

# Determinação da Extensão das Áreas Classificadas: Uma abordagem técnica!!



## **Resumo:**

Este artigo técnico tem como objetivo discutir a importância da determinação da extensão das áreas classificadas em ambientes com risco de explosão. Serão abordados diversos aspectos relacionados a esse processo, incluindo fontes de risco, grau da fonte de risco, propriedades de substâncias inflamáveis, tipos de liberação de produtos inflamáveis, considerações sobre ventilação e normas internacionais e nacionais relevantes para cada um desses aspectos.

## **1- Fontes de Risco**

As áreas classificadas apresentam riscos significativos de explosão devido à presença de substâncias inflamáveis, vapores, gases, poeiras ou fibras combustíveis. A identificação e o gerenciamento adequado das fontes de risco nessas áreas são essenciais para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das instalações.

## 1.1-Tipos de Fontes de Risco

Existem diferentes tipos de fontes de risco em áreas classificadas. Alguns exemplos comuns incluem:

a) **Substâncias Inflamáveis:** Produtos químicos inflamáveis, líquidos ou gasosos, que podem gerar vapores explosivos em determinadas condições. Normas internacionais, como a IEC 60079-10-1, e normas nacionais, como a ABNT NBR IEC 60079-10-1, fornecem critérios para a classificação e identificação dessas substâncias.

b) **Equipamentos Elétricos:** Equipamentos elétricos não adequados para uso em atmosferas explosivas podem representar fontes de ignição. Normas internacionais, como a **IEC 60079-0** (Atmosferas explosivas - Parte 0: Equipamentos - Requisitos gerais) e a **IEC 60079-14** (Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas), e normas nacionais correspondentes, como a **ABNT NBR IEC 60079-0** e a **ABNT NBR IEC 60079-14**, estabelecem requisitos para a seleção e instalação adequada de equipamentos elétricos em áreas classificadas.

c) **Processos Industriais:** Determinados processos industriais, como armazenamento, manuseio ou transferência de substâncias inflamáveis, podem gerar fontes de risco. Normas específicas para cada setor industrial podem ser aplicáveis para a identificação e gestão dessas fontes de risco.

## 1.2- Identificação e Gestão de Fontes de Risco

A identificação adequada das fontes de risco em áreas classificadas é crucial para a implementação de medidas de controle e mitigação adequadas. Normas internacionais e nacionais fornecem diretrizes para a identificação de fontes de risco e para a seleção e implementação de medidas de proteção, como o uso de equipamentos à prova de explosão, sistemas de ventilação adequados e procedimentos operacionais seguros.

## 1.3- Normas Internacionais e Nacionais:

Para a gestão eficaz das fontes de risco em áreas classificadas, é importante consultar as normas relevantes.

Alguns exemplos de normas internacionais incluem a **IEC 60079-10-1**, a **IEC 60079-0** e a **IEC 60079-14**, a **IEC 60079-10-2** (Atmosferas explosivas - Parte 10-2: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de poeiras combustíveis), que trata especificamente da classificação de áreas com presença de poeiras combustíveis, a **API RP 500** aborda a classificação de áreas em refinarias, terminais e outras instalações e **API RP 505**, aborda a classificação de áreas em plataformas de perfuração offshore. No âmbito nacional, podem-se mencionar as normas correspondentes, como a **ABNT NBR IEC 60079-10-1**, a **ABNT NBR IEC 60079-0**, **ABNT NBR IEC 60079-10-2** e a **ABNT NBR IEC 60079-14**.

## 2- Graus da Fonte de Risco

Em áreas classificadas, é essencial avaliar a fonte de risco de forma adequada para implementar medidas de segurança apropriadas. Os graus da fonte de risco são utilizados para classificar e quantificar a probabilidade de ocorrência de atmosferas explosivas, fornecendo uma base para a seleção de equipamentos e estratégias de mitigação de riscos.

Os graus da fonte de risco variam de acordo com as características das substâncias inflamáveis presentes e os processos industriais envolvidos. Alguns exemplos comuns incluem:

**Grau 0:** Indica que não há ou há uma probabilidade desprezível de ocorrer uma atmosfera explosiva. Nesse caso, não são necessárias medidas especiais de proteção.

**Grau 1:** Indica que a ocorrência de uma atmosfera explosiva é possível sob condições normais de operação. É necessário adotar medidas adequadas de proteção para minimizar o risco.

**Grau 2:** Indica que a ocorrência de uma atmosfera explosiva é provável em condições anormais de operação. São necessárias medidas especiais de proteção para mitigar o risco.

**Grau 3:** Indica que é altamente provável a ocorrência de uma atmosfera explosiva durante as operações normais. Medidas rigorosas de proteção devem ser implementadas para garantir a segurança.

### 2.1- Determinação e Avaliação dos Graus da Fonte de Risco

A determinação dos graus da fonte de risco envolve a análise das propriedades das substâncias inflamáveis presentes, como ponto de fulgor, limites de explosividade e características de combustão. Além disso, são considerados os processos industriais e as condições de operação.

A avaliação dos graus da fonte de risco pode ser realizada por meio de estudos de engenharia, análise de riscos e consultas a especialistas. É necessário considerar todos os fatores relevantes para determinar o grau apropriado e implementar as medidas de proteção adequadas.

#### 2.1.1- A Determinação dos Graus da Fonte de Risco por meio de estudos de Engenharia

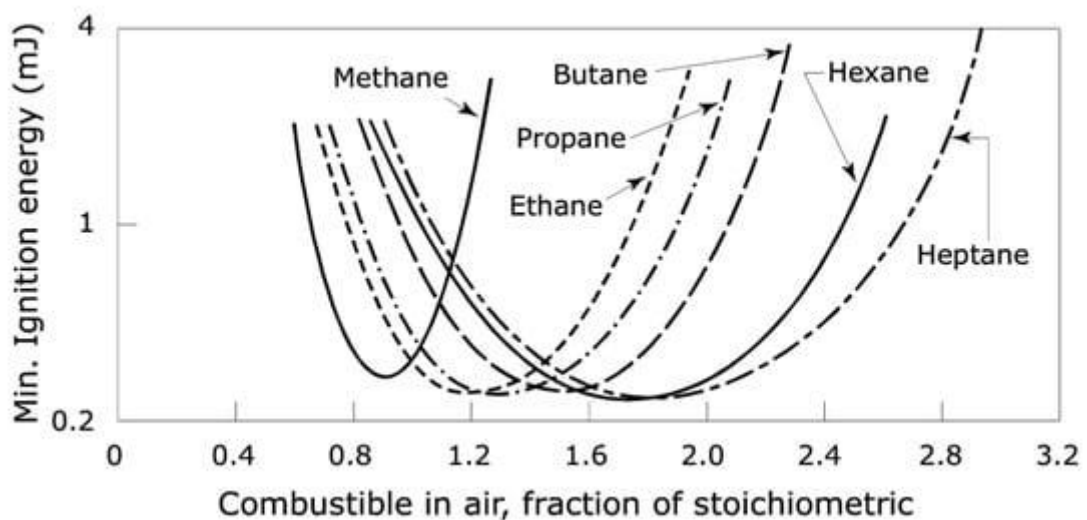
A determinação dos graus da fonte de risco por meio de estudos de engenharia envolve uma análise detalhada das características das substâncias inflamáveis presentes e dos processos industriais em questão. Esses estudos visam identificar e quantificar os riscos

associados à presença de atmosferas explosivas, permitindo a classificação apropriada das áreas.

A seguir estão algumas etapas comuns realizadas em estudos de engenharia para a determinação dos graus da fonte de risco:

### 1. Caracterização das substâncias inflamáveis:

Nessa etapa, as propriedades das substâncias inflamáveis presentes no ambiente de trabalho são identificadas e avaliadas. Isso inclui informações como ponto de fulgor, limites de explosividade, temperatura de ignição, energia de ignição e outras características relacionadas à combustibilidade das substâncias.



### 2. Análise dos processos industriais:

Os processos industriais envolvidos são cuidadosamente analisados para identificar as condições operacionais que podem levar à formação de atmosferas explosivas. Isso inclui a avaliação de aspectos como vazamentos, derramamentos, transferência de materiais, mistura de substâncias inflamáveis e outras situações que possam gerar uma atmosfera explosiva.

### 3. Avaliação da frequência e duração das condições de risco:

Com base nas informações obtidas na caracterização das substâncias inflamáveis e na análise dos processos, é realizada uma avaliação da frequência e duração das condições que podem levar à formação de atmosferas explosivas. Isso envolve a determinação da probabilidade de ocorrência de tais condições e por quanto tempo elas podem persistir.

### 4. Classificação dos graus da fonte de risco:

Com base nas informações coletadas e na avaliação cuidadosa dos riscos, os graus da fonte de risco são atribuídos às áreas específicas. Isso é feito seguindo as diretrizes

estabelecidas pelas normas internacionais e nacionais aplicáveis, como a **IEC 60079-10-1** e a **ABNT NBR IEC 60079-10-1**.

É importante ressaltar que a determinação dos graus da fonte de risco por meio de estudos de engenharia requer conhecimentos especializados e experiência na área de segurança industrial. É recomendado envolver profissionais qualificados, como engenheiros especializados em segurança de processos ou engenheiros de segurança industrial, para realizar esses estudos de forma precisa e confiável.

Os estudos de engenharia fornecem uma abordagem sistemática e embasada para a determinação dos graus da fonte de risco, permitindo uma classificação adequada das áreas e a implementação eficaz de medidas de proteção para mitigar os riscos associados às atmosferas explosivas.

### **3- Fatores e/ou Propriedade da Substância Inflamável que afetam a determinação da Extensão da Área Classificada**

A determinação da extensão da área classificada é um processo crítico para garantir a segurança em ambientes industriais onde substâncias inflamáveis estão presentes. A análise dos fatores e propriedades dessas substâncias desempenha um papel fundamental na classificação adequada da área, possibilitando a implementação de medidas de proteção adequadas.

#### **3.1- Características físico-químicas da substância inflamável**

As características físico-químicas da substância inflamável desempenham um papel crucial na determinação da extensão da área classificada. Propriedades como ponto de fulgor, limites de inflamabilidade, temperatura de autoignição e pressão de vapor são consideradas para avaliar o potencial de geração de atmosferas explosivas.

#### **3.2- Limites de inflamabilidade**

Os limites de inflamabilidade indicam a faixa de concentração de uma substância inflamável no ar em que a mistura é explosiva. Esses limites são estabelecidos pelos valores mínimo e máximo de concentração necessários para que ocorra a combustão. A determinação precisa dos limites de inflamabilidade é essencial para definir a extensão da área classificada.

Os limites de inflamabilidade são determinados experimentalmente por meio de testes de laboratório específicos. Esses testes envolvem a medição da faixa de concentração de uma substância inflamável no ar em que a mistura é explosiva.

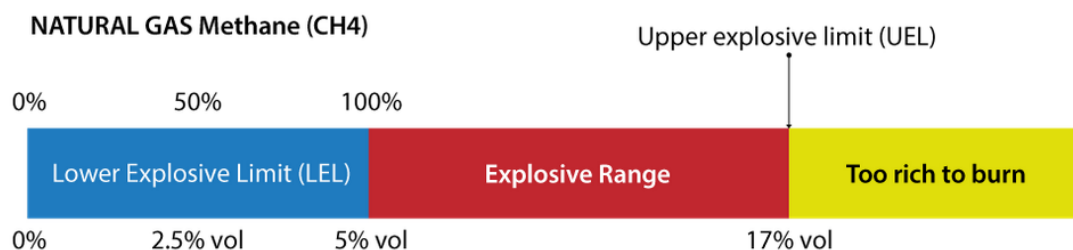
Existem dois limites de inflamabilidade importantes a serem considerados:

1. **Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) ou Limite Inferior de Explosividade (LIE):**

O LII é o menor percentual de concentração de uma substância inflamável no ar em que a mistura se torna explosiva. Abaixo desse limite, a concentração é muito baixa para sustentar a combustão. A presença de uma atmosfera explosiva é improvável.

2. **Limite Superior de Inflamabilidade (LSI) ou Limite Superior de Explosividade (LSE):**

O LSI é o maior percentual de concentração de uma substância inflamável no ar em que a mistura se torna explosiva. Acima desse limite, a concentração é muito alta para sustentar a combustão. A presença de uma atmosfera explosiva é improvável.



Os testes para determinação dos limites de inflamabilidade normalmente envolvem a preparação de misturas de ar e substância inflamável em diferentes concentrações. Essas misturas são então submetidas a uma fonte de ignição controlada, como uma chama ou uma faísca. A partir daí, observa-se se a mistura inflama ou explode.

Os resultados desses testes são registrados e analisados para determinar os limites de inflamabilidade. Os valores obtidos podem variar de acordo com as características específicas da substância inflamável, como sua composição química, temperatura e pressão.

É importante ressaltar que os limites de inflamabilidade podem ser afetados por outros fatores, como a presença de gases inertes, a temperatura ambiente e a pressão atmosférica. Portanto, ao realizar a classificação de áreas com base nos limites de inflamabilidade, é fundamental considerar esses fatores e seguir as diretrizes estabelecidas em normas internacionais e nacionais relevantes, para garantir uma avaliação precisa e confiável dos riscos.

### 3.3- Velocidade de propagação da chama:

A velocidade de propagação da chama é a **taxa** na qual uma chama se propaga em uma mistura inflamável.

A velocidade de propagação da chama é medida experimentalmente por meio de testes específicos, como o teste de tubo de chama ou o teste de chama em grade. Esses testes envolvem a ignição de uma mistura inflamável em condições controladas e a medição da taxa de propagação da chama através dessa mistura.

A importância da velocidade de propagação da chama na classificação da área está relacionada à determinação da extensão da área classificada. A velocidade de propagação da chama influencia a distância que a chama pode percorrer antes de se extinguir. Quanto maior a velocidade de propagação da chama, maior a distância que ela pode percorrer e, portanto, maior a extensão da área classificada necessária.

A classificação adequada da área é essencial para garantir a segurança em ambientes onde substâncias inflamáveis estão presentes. Uma área classificada incorretamente, com uma extensão subestimada, pode resultar em riscos significativos para os trabalhadores e para a instalação como um todo. Por outro lado, uma área classificada superestimada pode levar a custos desnecessários na implementação de medidas de proteção.

Ao considerar a velocidade de propagação da chama na classificação da área, é importante avaliar as propriedades da substância inflamável em questão, como sua composição, concentração e características físico-químicas. Além disso, normas internacionais e nacionais, como a **IEC 60079-10-1** e a **ABNT NBR IEC 60079-10-1**, fornecem diretrizes e critérios para a classificação da área com base na velocidade de propagação da chama e em outros fatores relevantes.

### 3.4- Importância da Determinação Precisa da Extensão da Área Classificada:

A determinação precisa da extensão da área classificada é fundamental para a implementação de medidas de proteção adequadas. Uma área classificada definida incorretamente pode resultar em medidas de segurança inadequadas, expondo os trabalhadores a riscos desnecessários de explosões e incêndios.

## 4- Tipos de liberação de Produtos Inflamáveis

A manipulação e armazenamento de produtos inflamáveis apresentam riscos significativos de incêndio e explosão. É essencial compreender os diferentes tipos de liberação desses produtos, bem como seguir as normas internacionais e nacionais relevantes para garantir a segurança das instalações e dos trabalhadores. Neste item, discutiremos os principais tipos de liberação de produtos inflamáveis e as normas aplicáveis para mitigar os riscos.

### 4.1- Liberação Contínua:

A liberação contínua de produtos inflamáveis ocorre quando há uma fonte constante de liberação, como um vazamento em um equipamento ou tubulação. Essa liberação pode ser resultante de falhas mecânicas, corrosão, erros de operação ou outros fatores. Para lidar com esse tipo de liberação, as normas internacionais, como a **ISO 13702:2015** - Petroleum and natural gas industries - Control and mitigation of fires and explosions on offshore production installations - Requirements and guidelines, e normas nacionais, como a **ABNT NBR 17505-3:2019** - Atmosferas explosivas - Parte 3: Classificação de áreas - Presença de substâncias inflamáveis em forma de gases ou vapores, fornecem diretrizes para a detecção, contenção e mitigação de vazamentos contínuos.

### 4.2- Liberação Instantânea:

A liberação instantânea de produtos inflamáveis ocorre de forma repentina e rápida, muitas vezes devido a uma falha catastrófica de equipamentos, como ruptura de tubulações ou explosões. Esse tipo de liberação apresenta um alto potencial de causar incêndios e explosões em curtos períodos de tempo.

Existem normas específicas para a identificação de áreas de risco de liberação instantânea. Uma dessas normas é a **API RP 752** (Recommended Practice 752) intitulada **"Management of Hazards Associated with Location of Process Plant Permanent Buildings"**. Essa norma foi desenvolvida pelo American Petroleum Institute (API) e fornece diretrizes para a análise e avaliação de riscos associados à localização de edifícios permanentes em plantas industriais que lidam com substâncias inflamáveis.

A **API RP 752** estabelece critérios e métodos para determinar as distâncias seguras entre edifícios permanentes e fontes de riscos, como unidades de processamento, tanques de armazenamento e áreas com potencial de liberação instantânea de produtos inflamáveis. Essa norma leva em consideração fatores como a quantidade de substâncias inflamáveis, a probabilidade de liberação instantânea, a taxa de liberação de energia e outros parâmetros relevantes.

Além da **API RP 752**, é importante mencionar que diferentes países e regiões podem ter suas próprias normas e regulamentações específicas para a identificação de áreas de risco de liberação instantânea. Por exemplo, no Brasil, a **NR-20** (Norma Regulamentadora 20) do Ministério do Trabalho estabelece requisitos para a segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis, incluindo a identificação de áreas de risco.

Portanto, ao realizar a identificação de áreas de risco de liberação instantânea, é fundamental consultar as normas e regulamentações específicas do país ou região em que a instalação está localizada, bem como envolver profissionais qualificados e experientes nesse processo.

#### **4.3- Liberação por Dispersão de Gases e Vapores:**

A liberação por dispersão de gases e vapores ocorre quando há a liberação de uma substância inflamável em forma de gás ou vapor em um ambiente aberto ou confinado. A dispersão desses gases ou vapores pode formar uma atmosfera explosiva se estiver dentro dos limites de inflamabilidade. Normas internacionais, como a **IEC 60079-10-1:2015** - Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres, e normas nacionais, como a **ABNT NBR IEC 60079-10-1:2020** - Atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas de gases inflamáveis, fornecem diretrizes para a classificação de áreas com base nos limites de inflamabilidade e para a implementação de medidas de controle de riscos em ambientes com atmosferas explosivas.

#### **5- Considerações sobre Ventilação**

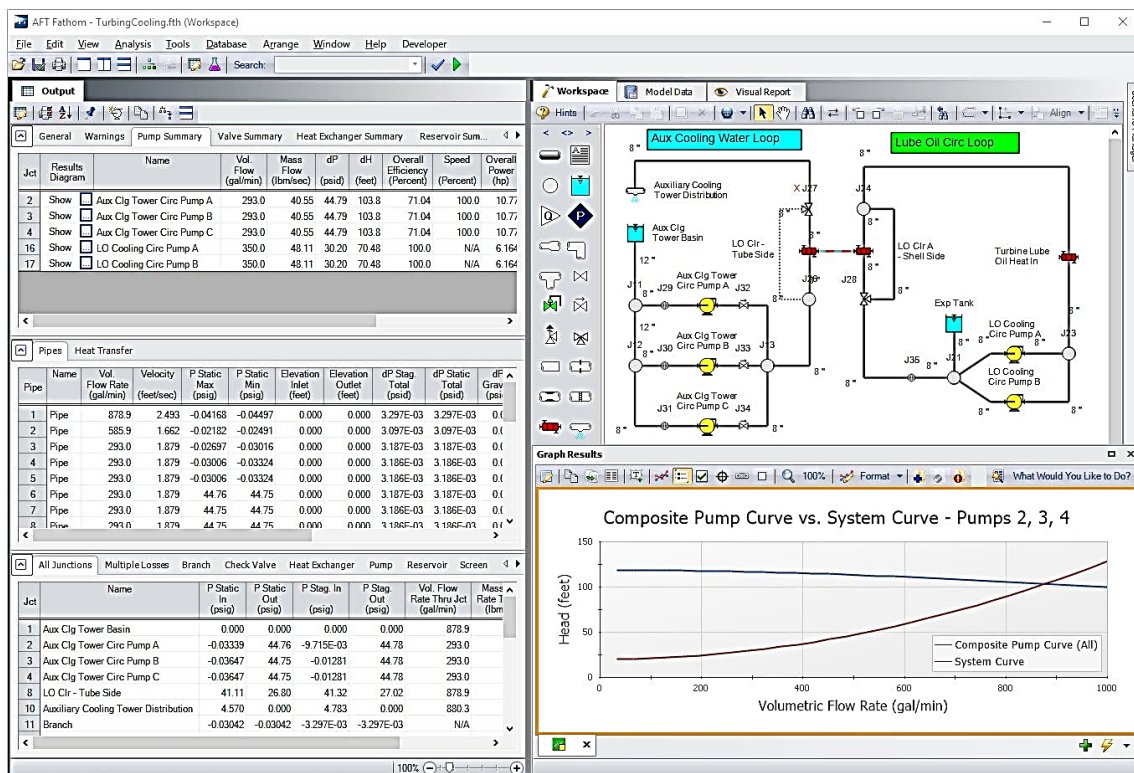
A ventilação adequada em áreas classificadas, onde há a presença de atmosferas potencialmente explosivas, é de extrema importância para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das instalações.

Antes de abordar a ventilação em áreas classificadas, é essencial compreender a classificação dessas áreas. Normas internacionais, como a **IEC 60079-10-1:2015** - Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres, e normas nacionais, como a **ABNT NBR IEC 60079-10-1:2020** - Atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas de gases inflamáveis, fornecem diretrizes para a classificação de áreas com base nos limites de inflamabilidade dos gases presentes. Essas normas estabelecem zonas e divisões, como **Zona 0, Zona 1, Zona 2** e **Divisão 1, Divisão 2**, com critérios específicos para cada uma delas.

Existem várias ferramentas de modelagem computacional disponíveis que podem auxiliar na determinação dos requisitos de ventilação em áreas classificadas.

Essas ferramentas utilizam métodos de simulação e cálculos para analisar o fluxo de ar, a dispersão de gases e outros parâmetros relevantes. Embora a escolha da ferramenta possa depender das necessidades específicas e da disponibilidade, vou fornecer algumas opções comumente utilizadas:

1. **Computational Fluid Dynamics (CFD):** A dinâmica dos fluidos computacional é uma ferramenta poderosa e amplamente utilizada para modelar o fluxo de ar e a dispersão de substâncias em ambientes complexos. O **CFD** permite simular o comportamento do ar, considerando fatores como velocidade, pressão e temperatura, e pode fornecer informações detalhadas sobre o movimento do ar e a distribuição de contaminantes em uma área classificada.
2. **Software específico para ventilação em áreas classificadas:** Existem softwares especializados no projeto e na análise de sistemas de ventilação em áreas classificadas. Essas ferramentas podem ajudar a determinar os requisitos de ventilação, considerando parâmetros como a taxa de renovação do ar, a distribuição de fluxo de ar, a pressão diferencial e a dispersão de gases inflamáveis. Alguns exemplos de softwares específicos para ventilação em áreas classificadas são o **AFT Fathom**, o **VentSim**, o **Flacs**, entre outros.



AFT Fathom | Fluid Dynamic Simulation Software

É importante ressaltar que o uso dessas ferramentas requer conhecimento técnico adequado para interpretar os resultados e aplicar as informações corretamente na concepção e no projeto do sistema de ventilação. É recomendável contar com a expertise

de profissionais qualificados, como engenheiros especializados em segurança industrial, para realizar as análises utilizando essas ferramentas e para garantir que os requisitos de ventilação sejam atendidos de acordo com as normas e regulamentações aplicáveis.

### 5.1- Ventilação em Áreas Classificadas:

A ventilação em áreas classificadas tem como objetivo principal prevenir a formação de atmosferas explosivas, reduzindo a concentração de gases inflamáveis ou explosivos abaixo dos limites de inflamabilidade. Normas internacionais, como a API RP 500: Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities, e normas nacionais, como a ABNT NBR 5418:2019 - Instalações elétricas de baixa tensão, estabelecem requisitos para a ventilação adequada em áreas classificadas. Essas normas abordam aspectos como a taxa de renovação do ar, a seleção de equipamentos de ventilação seguros para uso em atmosferas explosivas e as diretrizes para a instalação e manutenção desses sistemas.

A ventilação adequada em áreas classificadas desempenha um papel fundamental na segurança dos trabalhadores de diversas maneiras. A seguir estão alguns dos principais benefícios e contribuições da ventilação adequada nessas áreas:

1. **Prevenção de Atmosferas Explosivas:** A ventilação adequada em áreas classificadas tem como objetivo principal reduzir a concentração de gases inflamáveis ou explosivos abaixo dos limites de inflamabilidade. Ao proporcionar uma taxa adequada de renovação do ar e a remoção eficiente de gases inflamáveis, a ventilação minimiza o risco de formação de atmosferas explosivas. Isso ajuda a prevenir acidentes graves, como explosões e incêndios, que poderiam causar danos às instalações e colocar em risco a vida dos trabalhadores.
2. **Remoção de Gases Tóxicos:** Além de gases inflamáveis, as áreas classificadas também podem conter gases tóxicos que representam riscos para a saúde dos trabalhadores. A ventilação adequada auxilia na remoção desses gases, mantendo sua concentração abaixo dos limites permitidos. Isso contribui para a proteção dos trabalhadores contra efeitos adversos à saúde, como intoxicação por gases tóxicos, irritação respiratória e outros problemas respiratórios.
3. **Controle de Temperatura e Umidade:** Em algumas áreas classificadas, a ventilação também desempenha um papel no controle da temperatura e da umidade. Ambientes excessivamente quentes, úmidos ou frios podem causar desconforto aos trabalhadores, afetando sua produtividade e bem-estar. A ventilação adequada permite o ajuste desses parâmetros, proporcionando um ambiente de trabalho mais confortável e seguro.
4. **Eliminação de Partículas e Fumos:** Além dos gases, as áreas classificadas podem conter partículas e fumos suspensos que podem representar riscos à saúde dos trabalhadores, como irritação respiratória e danos pulmonares. A ventilação adequada, juntamente com sistemas de filtragem apropriados, auxilia na

remoção dessas partículas, melhorando a qualidade do ar e reduzindo os riscos à saúde.

5. **Conformidade com Normas e Regulamentações:** A ventilação adequada em áreas classificadas é um requisito estabelecido por normas e regulamentações internacionais e nacionais. Ao implementar sistemas de ventilação em conformidade com essas normas, as empresas garantem a conformidade legal e a segurança dos trabalhadores, evitando penalidades e riscos associados à não conformidade.

## 5.2- Controle de Fluxo de Ar:

O controle adequado do fluxo de ar é fundamental na ventilação de áreas classificadas.

O controle adequado do fluxo de ar em áreas classificadas é determinado levando em consideração diversos fatores, como a classificação da área, a taxa de renovação do ar necessária e as características específicas do ambiente. Embora não haja um método único para calcular o controle exato do fluxo de ar em todas as situações, existem diretrizes gerais que podem ser seguidas.

A seguir estão alguns aspectos a serem considerados ao determinar o controle adequado do fluxo de ar em áreas classificadas:

1. **Classificação da Área:** A classificação da área, conforme definido pelas normas internacionais e nacionais aplicáveis, é um fator importante a ser considerado. As diferentes zonas ou divisões têm requisitos específicos de ventilação que devem ser seguidos. Por exemplo, uma Zona 1 pode exigir uma taxa de renovação de ar maior do que uma Zona 2.
2. **Taxa de Renovação do Ar:** A taxa de renovação do ar necessária depende da natureza dos materiais inflamáveis presentes na área e dos riscos associados. Normas e regulamentações podem fornecer orientações específicas sobre as taxas mínimas de renovação do ar para diferentes tipos de áreas classificadas. Essas taxas podem ser expressas em termos de volume de ar por hora ( $m^3/h$ ) ou em trocas de ar por hora (**ACH - Air Changes per Hour**).
3. **Características do Ambiente:** As características do ambiente, como o tamanho da área, sua geometria, a presença de obstáculos e a disposição dos equipamentos, também influenciam o controle do fluxo de ar. É necessário analisar como o ar se move e circula no espaço, identificando pontos críticos onde a ventilação pode ser necessária para evitar o acúmulo de gases inflamáveis.
4. **Seleção e Localização de Dispositivos:** A seleção e a localização adequada de dispositivos de controle do fluxo de ar, como dampers (registros), válvulas e ventiladores, são fundamentais para garantir a direção correta do fluxo de ar e a minimização dos riscos. Esses dispositivos devem ser projetados para operar com segurança em atmosferas explosivas e devem ser instalados de acordo com as normas e regulamentações aplicáveis.

É importante ressaltar que, devido à complexidade e à natureza específica de cada área classificada, a determinação do controle adequado do fluxo de ar pode exigir a avaliação de um profissional especializado, como um engenheiro de segurança ou um consultor técnico com experiência nessa área. Esses profissionais podem realizar estudos mais detalhados e utilizar ferramentas de modelagem computacional para determinar os requisitos específicos de ventilação em uma determinada instalação ou ambiente classificado.

Normas internacionais, como a **IEC 60079-17:2014** - Explosive atmospheres - Part 17: Electrical installations inspection and maintenance, e normas nacionais, como a ABNT **NBR IEC 60079-17:2020** - Atmosferas explosivas - Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas, fornecem diretrizes para o projeto e a operação de sistemas de controle de fluxo de ar. Essas normas estabelecem critérios para a seleção e a localização adequada de dispositivos, como dampers, válvulas e ventiladores, visando garantir a direção correta do fluxo de ar e a minimização de riscos de formação de atmosferas explosivas.

## 6- Grau de Ventilação

A ventilação adequada em áreas classificadas desempenha um papel crucial na prevenção de riscos associados a atmosferas explosivas e gases tóxicos. O **grau de ventilação** necessário nessas áreas é determinado por meio de normas internacionais e nacionais que estabelecem diretrizes específicas para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das instalações.

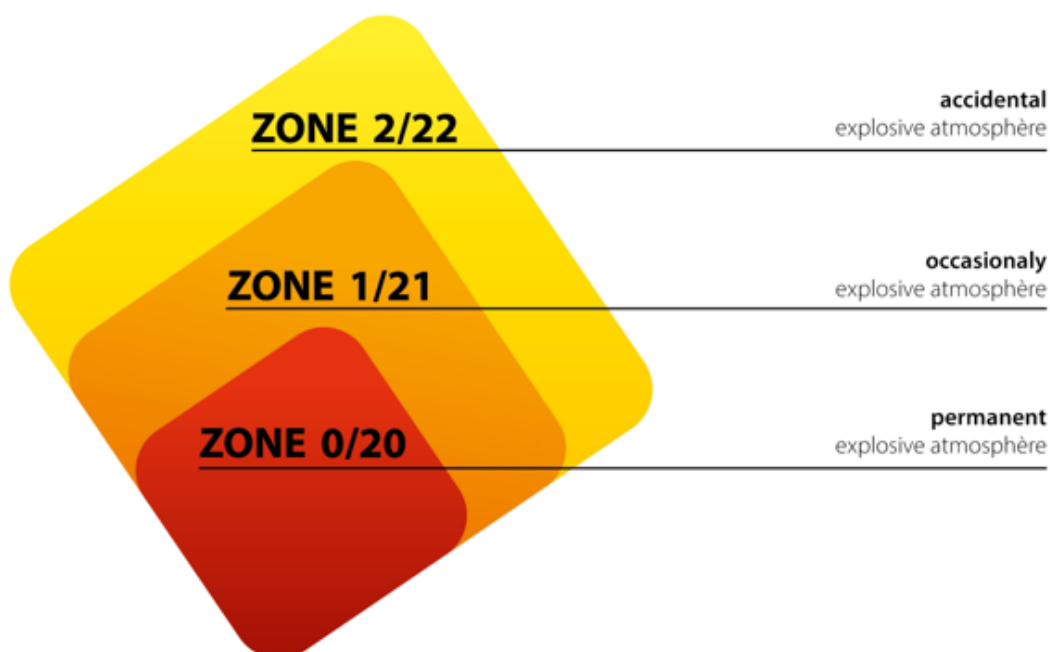
Emission degree	Ventilation						
	Degree						
	High			Medium			Low
	Availability						
	Good	Adequate	Scarce	Good	Adequate	Scarce	Good Adequate or Scarce
Continuous	Not dangerous zone	Zone 2	Zone 1	Zone 0	Zone 0 + Zone 2	Zone 0 + Zone 1	Zone 0
First	Not dangerous zone	Zone 2	Zone 2	Zone 1	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 + Zone 2	Zone 1 or Zone 0
Second	Not dangerous zone	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1 or Zone 0

(Table b1 of EN 60079-10)

## 6.1- Cálculo ou Determinação do Grau de Ventilação

O cálculo ou determinação do grau de ventilação em áreas classificadas envolve a consideração de diversos fatores e pode variar dependendo das normas e regulamentações aplicáveis. Embora não haja um método único que se aplique a todas as situações, existem diretrizes gerais que podem ser seguidas. A seguir estão alguns aspectos importantes a serem considerados:

1. **Classificação da Área:** A classificação da área é um fator fundamental na determinação do grau de ventilação necessário. As áreas classificadas são geralmente divididas em zonas ou divisões, como **Zona 0**, **Zona 1**, **Zona 2** para atmosferas explosivas de gases, ou **Zona 20**, **Zona 21**, **Zona 22** para atmosferas explosivas de poeira, dependendo das normas aplicáveis. Cada zona tem requisitos específicos de ventilação que devem ser seguidos.



2. **Taxa de Renovação do Ar:** A taxa de renovação do ar necessária em uma área classificada depende do tipo e quantidade de substâncias inflamáveis presentes, bem como dos riscos associados. Normas e regulamentações podem fornecer orientações sobre as taxas mínimas de renovação do ar para diferentes tipos de áreas classificadas. Essas taxas podem ser expressas em termos de volume de ar por hora ( $m^3/h$ ) ou em trocas de ar por hora (**ACH - Air Changes per Hour**).
3. **Características do Ambiente:** As características específicas do ambiente, como o tamanho da área, a geometria, a presença de obstáculos e a disposição dos equipamentos, também influenciam o grau de ventilação necessário. É necessário considerar como o ar se move e circula no espaço e identificar pontos críticos onde a ventilação é necessária para evitar o acúmulo de gases inflamáveis ou poeira.

4. **Dispositivos de Controle de Ventilação:** A seleção e o dimensionamento adequados de dispositivos de controle de ventilação, como ventiladores, dampers (registros) e sistemas de exaustão, são cruciais para alcançar o grau de ventilação desejado. Esses dispositivos devem ser projetados para operar com segurança em atmosferas explosivas e devem ser instalados de acordo com as normas e regulamentações aplicáveis.

É importante ressaltar que a determinação do grau de ventilação em áreas classificadas pode exigir a avaliação de um profissional qualificado, como um engenheiro de segurança ou um consultor técnico especializado nessa área. Esses profissionais podem realizar análises mais detalhadas, levando em consideração os parâmetros específicos da área e utilizando ferramentas de simulação, como a dinâmica dos fluidos computacional (CFD), para determinar o grau de ventilação necessário com maior precisão.

Normas Internacionais:

1. **IEC 60079-10-1:** Esta norma, publicada pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), trata especificamente das propriedades das substâncias inflamáveis e combustíveis, bem como dos métodos para seleção e dimensionamento de equipamentos elétricos em áreas classificadas. Ela fornece orientações sobre a ventilação necessária em diferentes zonas ou divisões de acordo com a classificação da área.
2. **IEC 60079-10-2:** Também publicada pela IEC, esta norma aborda a classificação de locais com poeiras explosivas e define os requisitos para a ventilação adequada nessas áreas. Ela estabelece diretrizes para a avaliação do grau de proteção necessário para evitar a formação de atmosferas explosivas de poeira e a seleção de sistemas de ventilação apropriados.

Normas Nacionais:

1. **ABNT NBR IEC 60079-10-1:** A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotou a norma IEC 60079-10-1 como referência para o Brasil. Ela estabelece os requisitos para a seleção e instalação de equipamentos elétricos em áreas classificadas e define as diretrizes para a ventilação adequada de acordo com as zonas de risco.
2. **ABNT NBR IEC 60079-10-2:** Assim como a norma internacional correspondente, a **ABNT NBR IEC 60079-10-2** adota as diretrizes da IEC para a classificação de locais com poeiras explosivas e estabelece os requisitos de ventilação nessas áreas específicas.

Além dessas normas, é importante mencionar que cada país pode ter suas próprias normas e regulamentações específicas relacionadas à ventilação em áreas classificadas. É fundamental estar ciente das normas nacionais aplicáveis ao planejar, projetar e operar instalações industriais e comerciais sujeitas a riscos de explosão.

## 7- Disponibilidade da Ventilação

A disponibilidade adequada da ventilação em áreas classificadas é essencial para garantir a segurança dos trabalhadores e a integridade das instalações em ambientes com riscos de explosão. Normas internacionais e nacionais desempenham um papel importante ao fornecer diretrizes e requisitos específicos para assegurar a disponibilidade apropriada da ventilação nessas áreas.

O cálculo ou dimensionamento da disponibilidade de ventilação em áreas classificadas envolve a consideração de diversos fatores e pode variar dependendo das normas e regulamentações aplicáveis. Embora não haja um método único que se aplique a todas as situações, existem diretrizes gerais que podem ser seguidas. A seguir estão alguns aspectos importantes a serem considerados:

1. **Classificação da Área:** É fundamental conhecer a classificação da área em termos de zonas ou divisões, como **Zona 0, Zona 1, Zona 2** para atmosferas explosivas de gases, ou **Zona 20, Zona 21, Zona 22** para atmosferas explosivas de poeira. Cada zona tem requisitos específicos de ventilação que devem ser seguidos.
2. **Taxa de Renovação do Ar:** É necessário determinar a taxa de renovação do ar necessária para a área classificada. Isso depende do tipo e quantidade de substâncias inflamáveis presentes, bem como dos riscos associados. As normas e regulamentações podem fornecer diretrizes sobre as taxas mínimas de renovação do ar para diferentes tipos de áreas classificadas.
3. **Fluxo de Ar:** O dimensionamento adequado do fluxo de ar é essencial para garantir a disponibilidade de ventilação. Isso envolve considerar o tamanho da área, a geometria, a presença de obstáculos e a disposição dos equipamentos. É necessário projetar sistemas de ventilação que possam fornecer o fluxo de ar necessário para controlar o acúmulo de gases inflamáveis ou poeira.
4. **Dispositivos de Controle de Ventilação:** A seleção e o dimensionamento adequados de dispositivos de controle de ventilação, como ventiladores, dampers (registros) e sistemas de exaustão, são cruciais para alcançar a disponibilidade desejada. Esses dispositivos devem ser projetados para operar com segurança em atmosferas explosivas e devem ser instalados de acordo com as normas e regulamentações aplicáveis.
5. **Verificação e Manutenção:** É essencial realizar verificações regulares e manutenção adequada dos sistemas de ventilação em áreas classificadas para garantir sua disponibilidade contínua. Isso pode incluir a calibração de instrumentos de medição, a limpeza e inspeção regular dos equipamentos, e a substituição de componentes desgastados ou danificados.

É importante ressaltar que o cálculo ou dimensionamento da disponibilidade de ventilação em áreas classificadas pode exigir a avaliação de um profissional qualificado, como um engenheiro de segurança ou um consultor técnico especializado nessa área.

Esses profissionais podem realizar análises mais detalhadas, levando em consideração os parâmetros específicos da área e utilizando ferramentas de simulação, como a dinâmica dos fluidos computacional (CFD), para determinar a disponibilidade de ventilação necessária com maior precisão.

#### Normas Internacionais:

1. IEC 60079-10-1: Esta norma, publicada pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), estabelece requisitos para a seleção e instalação de equipamentos elétricos em áreas classificadas. Ela também aborda a disponibilidade da ventilação, considerando a classificação da área e fornecendo diretrizes para a manutenção adequada dos sistemas de ventilação.
2. IEC 60079-14: Também publicada pela IEC, esta norma aborda a instalação elétrica em áreas com atmosferas explosivas. Ela inclui requisitos específicos para a disponibilidade da ventilação, como projetos apropriados de sistemas de ventilação, monitoramento contínuo da eficácia da ventilação e procedimentos de manutenção preventiva.
3. NFPA 497, intitulada "Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas", fornece diretrizes para a classificação de líquidos, gases ou vapores inflamáveis e para a instalação elétrica em áreas com risco de explosão em instalações químicas.

#### Normas Nacionais:

1. ABNT NBR IEC 60079-10-1: A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotou a norma IEC 60079-10-1 como referência para o Brasil. Ela estabelece requisitos para a seleção e instalação de equipamentos elétricos em áreas classificadas, incluindo diretrizes relacionadas à disponibilidade da ventilação.
2. ABNT NBR IEC 60079-14: Assim como a norma internacional correspondente, a ABNT NBR IEC 60079-14 adota as diretrizes da IEC para a instalação elétrica em áreas com atmosferas explosivas. Essa norma inclui requisitos específicos para garantir a disponibilidade adequada da ventilação, como a realização de inspeções regulares, a manutenção preventiva e a calibração de equipamentos de ventilação.

É importante ressaltar que cada país pode ter suas próprias normas e regulamentações específicas relacionadas à disponibilidade da ventilação em áreas classificadas. É fundamental estar ciente das normas nacionais aplicáveis ao planejar, projetar e operar instalações industriais e comerciais sujeitas a riscos de explosão.

## 7.1- Ferramentas de Simulação mais comumente usadas para determinar a Disponibilidade de Ventilação

1. **Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD):** A CFD é uma técnica de simulação que utiliza equações matemáticas para modelar e analisar o comportamento de fluidos, como o fluxo de ar em uma área específica. Ela pode ser usada para avaliar a distribuição do fluxo de ar, a velocidade, a pressão e a concentração de substâncias dentro de uma área classificada. A CFD permite simular diferentes cenários e otimizar o projeto do sistema de ventilação para garantir a disponibilidade adequada.
2. **Software de Modelagem e Análise de Fluxo de Ar:** Existem vários softwares de modelagem e análise de fluxo de ar disponíveis que permitem criar modelos virtuais de áreas classificadas e simular o fluxo de ar dentro delas. Esses softwares geralmente possuem recursos para definir geometrias, inserir propriedades do fluido, aplicar condições de contorno e visualizar os resultados. Eles são úteis para dimensionar e otimizar sistemas de ventilação em áreas classificadas.
3. **Software de Classificação de Áreas:** Alguns softwares específicos de classificação de áreas podem auxiliar na determinação da disponibilidade de ventilação em áreas classificadas. Esses softwares levam em consideração diferentes variáveis, como a quantidade e as características das substâncias inflamáveis presentes, as taxas de fluxo de ar necessárias e outras informações relevantes para fornecer a classificação correta da área e as diretrizes de ventilação.

É importante destacar que essas ferramentas de simulação devem ser utilizadas por profissionais qualificados e experientes, como engenheiros de segurança ou consultores especializados em áreas classificadas. Eles possuem o conhecimento técnico necessário para interpretar e aplicar corretamente os resultados da simulação, levando em consideração as normas e regulamentações aplicáveis. Além disso, os dados de entrada utilizados nas simulações devem ser precisos e baseados em informações confiáveis sobre a área classificada em questão.

## 8- Avaliação do Grau de Ventilação e a sua Influência na classificação de Área

A avaliação do grau de ventilação e sua influência na classificação de área é um aspecto importante no projeto e na segurança de instalações industriais onde substâncias inflamáveis estão presentes. A ventilação adequada desempenha um papel crucial na prevenção de atmosferas explosivas, reduzindo o risco de incêndio e explosão.

A avaliação do grau de ventilação envolve a análise da eficácia do sistema de ventilação no controle do acúmulo de gases inflamáveis, vapores ou poeiras em uma área

designada. Ela considera fatores como taxas de fluxo de ar, taxas de renovação do ar e a eficiência dos equipamentos de ventilação.

O grau de ventilação tem um impacto direto na classificação de áreas perigosas, o que é essencial para determinar a seleção e instalação adequadas de equipamentos elétricos, instrumentação e outros dispositivos. Uma ventilação adequada pode ajudar a prevenir a formação de atmosferas explosivas, diluindo ou removendo substâncias inflamáveis, reduzindo assim o risco de ignição e possíveis explosões.

Além das normas internacionais e nacionais mencionadas anteriormente, existem métodos e diretrizes específicas disponíveis para avaliar a ventilação e sua influência na classificação de áreas. Esses métodos podem incluir modelos computacionais, dados empíricos e cálculos de engenharia.

As simulações de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) são comumente utilizadas para analisar e otimizar sistemas de ventilação. Modelos de CFD podem simular os padrões de fluxo de ar, distribuição de temperatura e concentração de substâncias inflamáveis em uma determinada área. Ao utilizar a CFD, os engenheiros podem avaliar diferentes cenários de ventilação, analisar o impacto de vários fatores no grau de ventilação e otimizar o projeto e a disposição dos sistemas de ventilação de acordo.

Dados empíricos e medições de campo também desempenham um papel crucial na avaliação da eficácia da ventilação. Dados como taxas de renovação do ar, velocidades do fluxo de ar e níveis de concentração de gases podem ser coletados por meio de medições diretas ou registros históricos. Essas medições ajudam a validar o desempenho dos sistemas de ventilação e fornecem informações valiosas para avaliar o grau de ventilação.

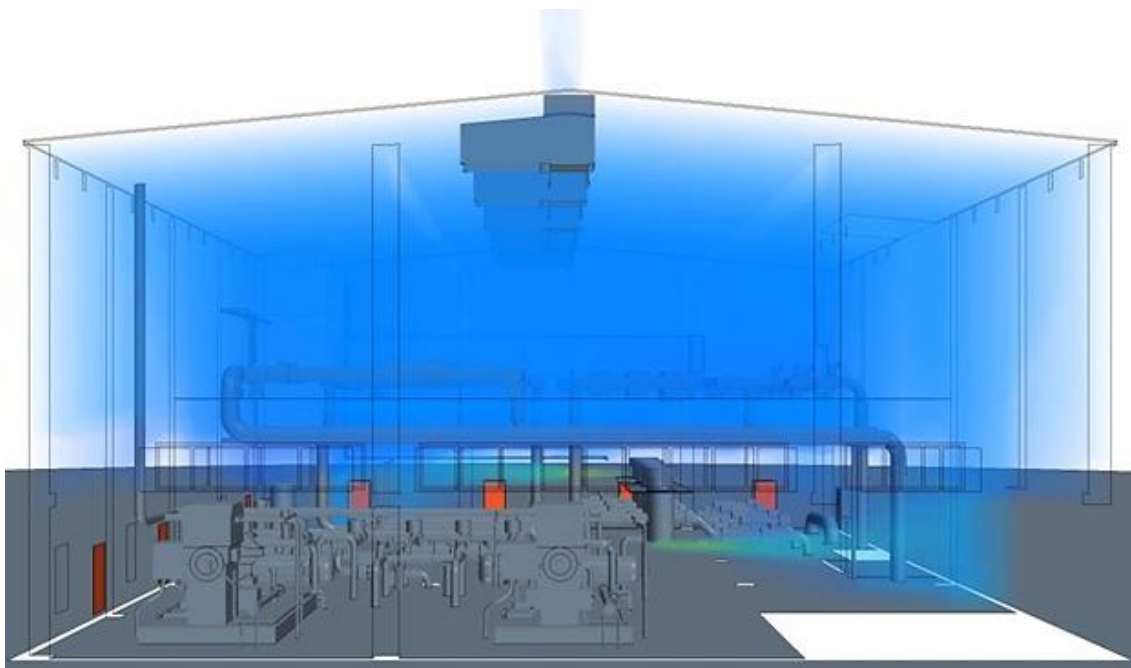
É importante ressaltar que a avaliação da ventilação e sua influência na classificação de áreas deve ser realizada por profissionais qualificados, com experiência em classificação de áreas perigosas, projeto de ventilação e normas e regulamentos relevantes. Eles podem garantir que as avaliações sejam precisas, confiáveis e estejam em conformidade com os códigos e diretrizes aplicáveis.

Ao considerar o grau de ventilação e sua influência na classificação de áreas, as instalações industriais podem implementar estratégias de ventilação eficazes para minimizar o risco de explosões e criar ambientes de trabalho mais seguros para os funcionários.

Lembre-se de que os requisitos e diretrizes específicas podem variar dependendo do país, da indústria e das regulamentações aplicáveis. É essencial consultar as normas relevantes e as autoridades reguladoras em sua região específica para garantir a conformidade com os requisitos locais e as melhores práticas.

## 8.1- Simulação de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD)

A simulação de Dinâmica dos Fluidos Computacional (**CFD**) é uma ferramenta poderosa que os engenheiros podem utilizar para otimizar o projeto de sistemas de ventilação. Aqui estão algumas maneiras pelas quais a simulação de **CFD** pode contribuir para a otimização do projeto de ventilação:



Simulação CFD

1. **Análise do fluxo de ar:** A simulação de CFD permite aos engenheiros visualizarem e analisar os padrões de fluxo de ar dentro de uma área específica. Isso ajuda a identificar zonas de estagnação, áreas de recirculação e pontos de alta velocidade do ar. Com base nesses resultados, os engenheiros podem fazer ajustes no design dos dutos, posicionamento de ventiladores e direcionamento do fluxo de ar para melhorar a eficiência da ventilação.
2. **Distribuição da temperatura:** A simulação de CFD também permite a análise da distribuição de temperatura em um ambiente. Isso é particularmente importante em áreas onde a dissipação de calor é crítica, como salas elétricas ou salas de processos industriais. Através da simulação, os engenheiros podem identificar regiões com temperaturas excessivas e otimizar o projeto dos sistemas de ventilação para garantir uma dissipação eficiente do calor.
3. **Avaliação da dispersão de substâncias:** Em ambientes industriais onde gases ou vapores inflamáveis estão presentes, a simulação de CFD pode ser utilizada para avaliar a dispersão dessas substâncias. Os engenheiros podem simular cenários de vazamento e analisar como o fluxo de ar dispersa e dilui essas substâncias. Com base nesses resultados, podem ser feitos ajustes no design dos

sistemas de ventilação para melhorar a captura e remoção de substâncias perigosas.

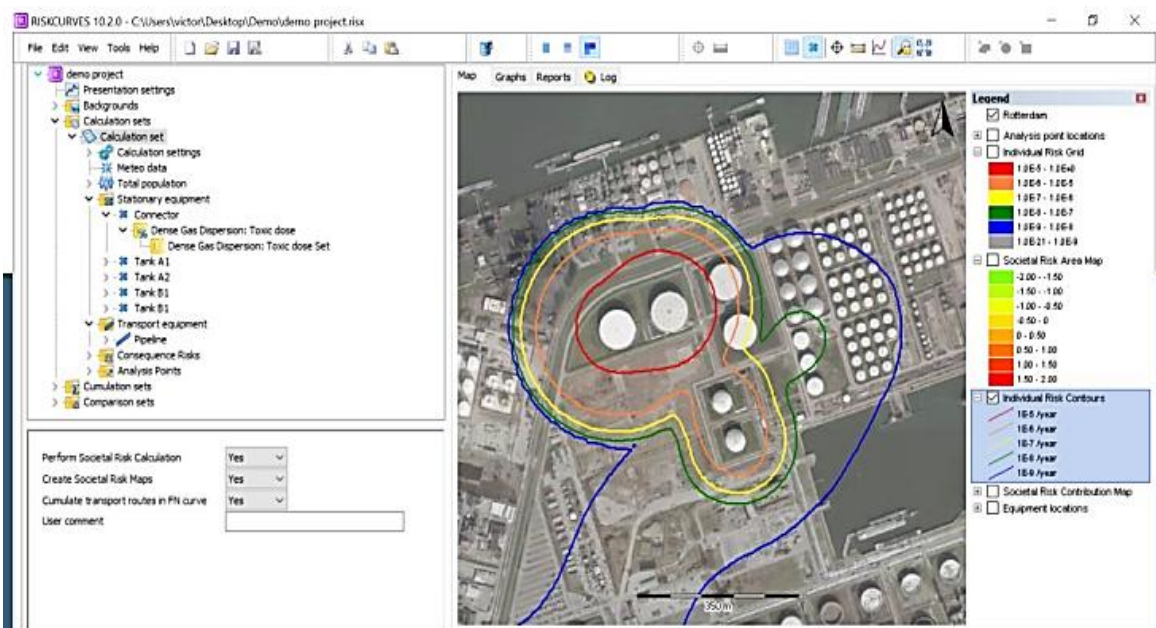
4. **Otimização do posicionamento dos pontos de exaustão e insuflação:** Através da simulação de CFD, os engenheiros podem testar diferentes configurações e posições de pontos de exaustão e insuflação de ar. Eles podem avaliar o impacto desses pontos na circulação de ar e na renovação do ambiente. Ao otimizar o posicionamento desses pontos, é possível garantir uma ventilação adequada em todas as áreas importantes, minimizando áreas de acúmulo de substâncias perigosas.
5. **Análise de cenários de emergência:** A simulação de CFD permite a análise de cenários de emergência, como vazamentos de gases tóxicos ou inflamáveis. Os engenheiros podem simular a propagação desses gases no ambiente e avaliar a eficácia dos sistemas de ventilação de emergência, como exaustores de alta capacidade ou cortinas de ar, na contenção e evacuação desses gases.

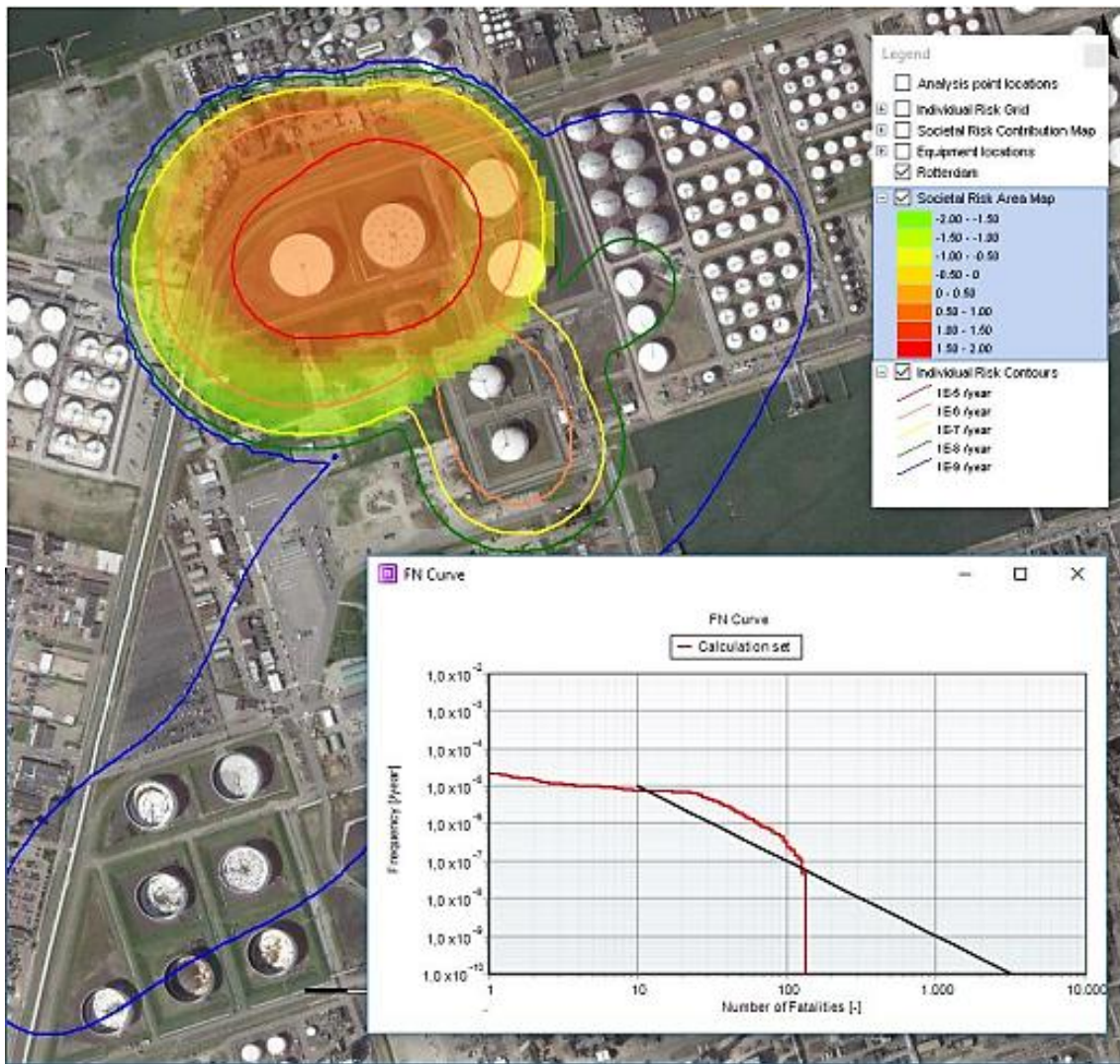
### 8.1.1- Execução de uma Simulação de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD)

Para realizar uma simulação de **Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD)**, geralmente são seguidas as seguintes etapas:

1. **Definição dos objetivos:** A primeira etapa é estabelecer claramente os objetivos da simulação. Isso inclui determinar o que se pretende analisar ou otimizar, como o fluxo de ar, a distribuição de temperatura ou a dispersão de substâncias. Além disso, é importante definir os critérios de sucesso da simulação.
2. **Coleta de dados:** Nesta etapa, os engenheiros devem reunir todas as informações relevantes para a simulação. Isso inclui dados geométricos, como as dimensões e características da área a ser simulada, além de dados sobre as condições iniciais e de contorno, como a vazão de ar, a temperatura ambiente, a localização dos pontos de entrada e saída de ar, entre outros.
3. **Modelagem geométrica:** A modelagem geométrica envolve a criação de um modelo tridimensional da área a ser simulada. Isso pode ser feito utilizando softwares de modelagem **3D**, onde são definidas as paredes, dutos, equipamentos e outras características relevantes para a simulação. A geometria precisa ser criada com base nas dimensões reais e nas características físicas do ambiente.
4. **Geração da malha (meshing):** A malha é uma estrutura de elementos discretos que divide o domínio geométrico em pequenos volumes ou células. A qualidade da malha é fundamental para a acurácia da simulação. Existem diferentes métodos e ferramentas disponíveis para a geração de malhas, como malhas estruturadas, malhas não estruturadas ou malhas híbridas. A malha deve ser refinada adequadamente para capturar os detalhes importantes do fluxo de ar e das características do ambiente.

5. **Definição das condições de contorno:** Nesta etapa, as condições de contorno são definidas. Isso inclui a especificação das condições iniciais, como a velocidade e temperatura do ar no início da simulação, bem como as condições de contorno, como a especificação das velocidades, temperaturas ou concentrações de ar nos pontos de entrada e saída. Além disso, podem ser definidas condições especiais, como fontes ou dissipadores de calor, ou a presença de obstáculos.
6. **Escolha do modelo de turbulência e propriedades dos fluidos:** Dependendo das características do fluxo de ar a ser simulado, é necessário escolher um modelo de turbulência adequado para capturar os efeitos turbulentos. Além disso, as propriedades físicas dos fluidos, como a viscosidade e a densidade, devem ser definidas com base nas condições de operação.
7. **Configuração do solucionador e execução da simulação:** Nesta etapa, são configurados os parâmetros do solucionador CFD, como o tipo de equações a serem resolvidas, os métodos numéricos, as tolerâncias de convergência, entre outros. Em seguida, a simulação é executada utilizando-se um software de CFD, que realiza o cálculo iterativo das equações do fluxo para obter os resultados desejados.
8. **Análise dos resultados:** Após a conclusão da simulação, os resultados são analisados. Isso inclui a interpretação dos dados, a visualização dos resultados em forma de gráficos, imagens ou animações, e a comparação com os critérios de sucesso estabelecidos na etapa inicial. A análise dos resultados pode fornecer informações valiosas para a otimização do design do sistema de ventilação.
9. **Validação e refinamento:** Se necessário, os resultados da simulação podem ser validados comparando-os com dados experimentais ou com simulações anteriores. Caso haja discrepâncias significativas, o modelo ou as configurações da simulação podem ser refinados para obter resultados mais precisos.





Essas são as principais etapas envolvidas na realização de uma simulação de CFD. Vale ressaltar que a complexidade e o detalhamento de cada etapa podem variar dependendo da natureza do problema e dos recursos disponíveis

Normas internacionais e nacionais fornecem diretrizes e critérios para a avaliação do grau de ventilação e sua consideração na classificação de áreas. A seguir, serão mencionadas algumas normas relevantes nesse contexto:

1. **IEC 60079-10-1:** Esta norma internacional, publicada pela International Electrotechnical Commission (IEC), fornece diretrizes para a classificação de áreas com risco de explosão, incluindo a influência da ventilação. Ela descreve os métodos para avaliar o grau de ventilação e fornece critérios para determinar a influência da ventilação na classificação de áreas.
2. **NFPA 497:** Publicada pela National Fire Protection Association (NFPA), essa norma fornece recomendações para a classificação de líquidos inflamáveis, gases ou vapores e para a instalação elétrica em áreas classificadas. A NFPA 497 aborda

a importância da ventilação adequada e fornece orientações sobre a seleção e projeto de sistemas de ventilação em áreas com atmosferas explosivas.

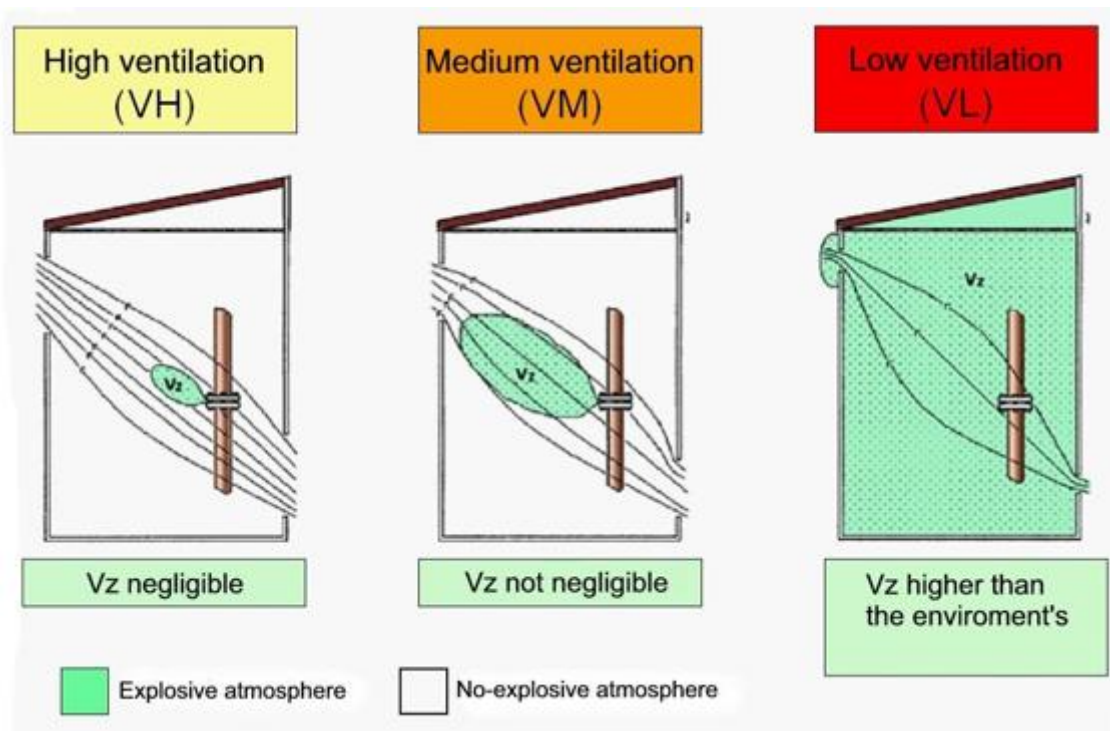
3. **ABNT NBR IEC 60079-10-1**: No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotou a norma **IEC 60079-10-1** como a **ABNT NBR IEC 60079-10-1**, que estabelece critérios para a classificação de áreas com risco de explosão. Essa norma também aborda a avaliação do grau de ventilação e sua influência na classificação de áreas.

A avaliação do grau de ventilação leva em consideração vários fatores, como o tipo de substância inflamável presente, a taxa de liberação de gases ou vapores, a taxa de renovação do ar e a eficácia dos sistemas de ventilação existentes. Esses fatores são analisados de acordo com critérios estabelecidos pelas normas mencionadas.

Além das normas internacionais e nacionais, as autoridades reguladoras e órgãos de segurança de cada país podem emitir regulamentos específicos que devem ser seguidos para a avaliação do grau de ventilação e classificação de áreas. É importante consultar as normas e regulamentos aplicáveis no país em questão para garantir a conformidade com os requisitos locais.

## 9- A Determinação do Volume Hipotético $V_z$

A determinação do Volume Hipotético  $V_z$  é um importante parâmetro utilizado na análise de riscos industriais e de segurança. O  $V_z$  é definido como o volume máximo de uma nuvem de substância perigosa que poderia ser gerada em caso de vazamento ou liberação acidental. Esse volume é utilizado para avaliar a extensão dos cenários de acidentes e para dimensionar medidas de segurança, como sistemas de ventilação, dispositivos de alívio de pressão e distâncias de segurança.



A determinação do **Volume Hipotético  $V_z$**  leva em consideração diversos critérios para avaliar a extensão potencial de uma nuvem de substância perigosa em caso de vazamento ou liberação acidental. Os principais critérios considerados são:

1. **Propriedades físico-químicas da substância:** As propriedades da substância em questão são fundamentais na determinação do  $V_z$ . Isso inclui características como densidade, pressão de vapor, temperatura de ebulição, viscosidade, entre outras. Essas propriedades afetam diretamente o comportamento da substância, sua dispersão e a formação da nuvem de vapor.
2. **Taxa de vazamento:** A taxa de vazamento é um fator crítico na determinação do  $V_z$ . Ela representa a quantidade de substância que é liberada por unidade de tempo. A taxa de vazamento pode variar dependendo do tipo de vazamento (por exemplo, vazamento contínuo, vazamento instantâneo) e das condições operacionais da instalação.

3. **Condições ambientais:** As condições ambientais, como temperatura, pressão atmosférica e velocidade do vento, têm um impacto significativo na dispersão da nuvem de vapor. O Vz deve levar em consideração esses fatores para determinar a extensão da dispersão e o alcance da nuvem.
4. **Layout da instalação:** O layout da instalação industrial, incluindo a presença de obstáculos físicos, como paredes, equipamentos e estruturas, influencia a dispersão da nuvem de vapor. É importante considerar a configuração espacial da área afetada para determinar o Vz com precisão.
5. **Ventilação e sistemas de contenção:** A presença de sistemas de ventilação, como exaustores ou sistemas de diluição, pode influenciar a dispersão da nuvem de vapor e, portanto, o Vz. Além disso, a existência de sistemas de contenção, como diques ou paredes de contenção, pode limitar a propagação da nuvem e, conseqüentemente, afetar o Vz.
6. **Normas e regulamentações:** Normas internacionais e nacionais fornecem critérios e orientações específicas para a determinação do Vz em diferentes setores industriais. Essas normas estabelecem métodos e procedimentos padronizados para garantir a consistência e a segurança das análises de risco.

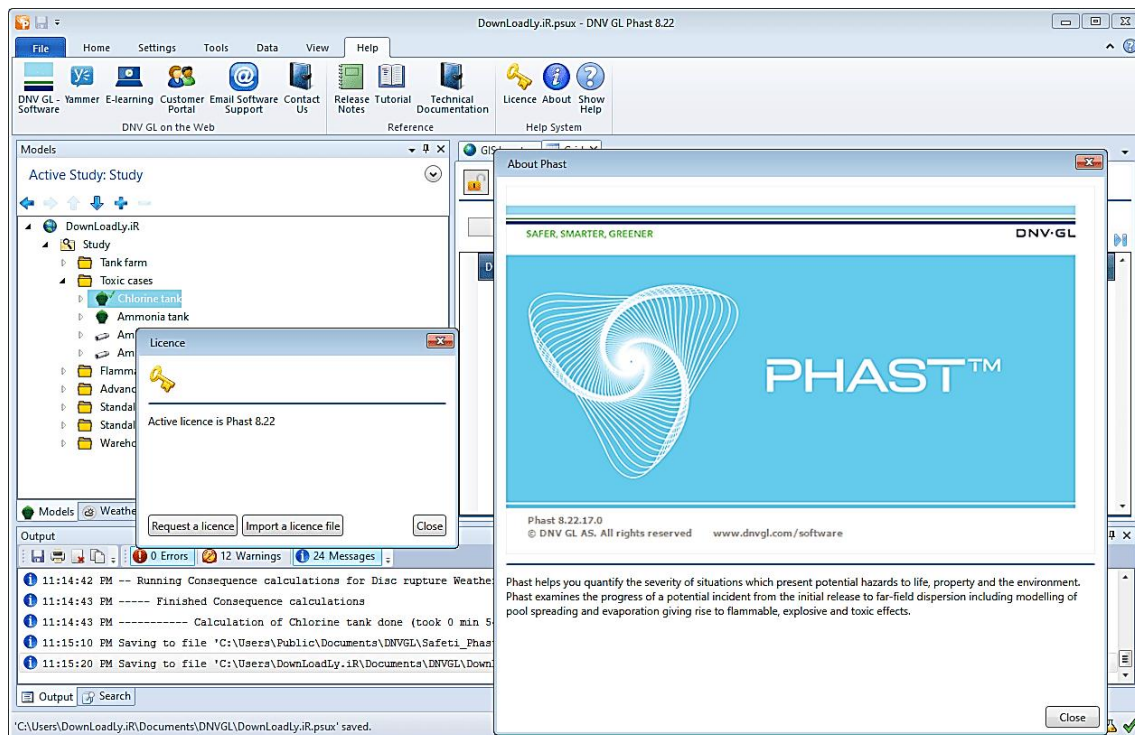
É importante ressaltar que a determinação do Volume Hipotético Vz é uma tarefa complexa que requer conhecimento técnico especializado. A utilização de softwares de modelagem e simulação de dispersão de vapores, baseados em equações de conservação de massa e energia, é comum para realizar essas análises com maior precisão.

Não existe uma fórmula matemática única e geral para calcular o Volume Hipotético Vz, pois a determinação desse volume depende de fatores específicos de cada situação e da substância em questão. No entanto, existem métodos e modelos matemáticos utilizados para estimar o Vz com base em parâmetros relevantes.

Um dos métodos amplamente utilizados é o método do modelo de dispersão atmosférica, que envolve a aplicação de equações de conservação de massa e energia para simular a dispersão da nuvem de substância perigosa. Esses modelos consideram variáveis como taxa de vazamento, propriedades físico-químicas da substância, condições ambientais e características do local.

Alguns dos modelos mais comuns incluem o modelo de densidade neutra, o modelo de plumas gaussianas e o modelo de plumas incompressíveis. Esses modelos levam em consideração a taxa de vazamento, a velocidade do vento, a estabilidade atmosférica e outras variáveis para estimar a extensão e o alcance da nuvem de vapor.

Além disso, é importante mencionar que a utilização de softwares especializados nessa área, como o **ALOHA** (Areal Locations of Hazardous Atmospheres), **PHAST** (Process Hazard Analysis Software Tool) e **SLAB**, pode facilitar o cálculo e a modelagem do Vz por meio de algoritmos e modelos embutidos.



**PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool)**

Portanto, embora não haja uma fórmula matemática única para o cálculo do Volume Hipotético  $V_z$ , existem métodos e modelos matemáticos que podem ser aplicados com base nas características específicas da situação em questão, levando em consideração as variáveis relevantes para estimar a extensão da nuvem de substância perigosa.

Normas internacionais e nacionais fornecem diretrizes e procedimentos para a determinação do Volume Hipotético  $V_z$ , a fim de garantir uma abordagem padronizada e segura. Dentre as normas internacionais mais relevantes, destacam-se:

- **API 2510:** Esta norma, publicada pelo American Petroleum Institute (API), fornece diretrizes para o projeto de instalações de armazenamento e manuseio de líquidos inflamáveis e combustíveis. Ela aborda a determinação do Volume Hipotético  $V_z$  para substâncias líquidas.
- **NFPA 30:** Publicada pela National Fire Protection Association (NFPA), a norma NFPA 30 abrange o armazenamento e manuseio de líquidos inflamáveis e combustíveis. Ela oferece orientações sobre como determinar o Volume Hipotético  $V_z$  para líquidos inflamáveis, considerando fatores como a temperatura, a pressão e a taxa de vazamento.
- **NFPA 59A:** Essa norma da NFPA é específica para a indústria de gás natural liquefeito (GNL). Ela aborda aspectos relacionados ao projeto, construção e operação de instalações de GNL, incluindo a determinação do Volume Hipotético  $V_z$  para vazamentos de GNL.

No âmbito nacional, cada país pode ter suas próprias normas e regulamentações para a determinação do Volume Hipotético Vz, de acordo com as características da indústria e dos produtos químicos utilizados. Por exemplo:

- **ABNT NBR 17505-2:** Esta norma brasileira, parte da série ABNT NBR 17505, fornece diretrizes para o dimensionamento de áreas de armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis. Ela inclui métodos para a determinação do Volume Hipotético Vz em caso de vazamentos.
- **NR-20:** No Brasil, a Norma Regulamentadora NR-20 estabelece requisitos mínimos para a segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis. Ela aborda a análise de riscos e a determinação de medidas de segurança, incluindo o dimensionamento do **Volume Hipotético Vz**.

É fundamental que os profissionais responsáveis pela determinação do Volume Hipotético Vz estejam familiarizados com as normas aplicáveis e sigam os procedimentos recomendados. Essas normas fornecem critérios técnicos para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados, contribuindo para a prevenção de acidentes e a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores e comunidades próximas a instalações industriais.

## 10- A Estimativa do Tempo de Persistência "t"

A estimativa do tempo de persistência "t" para ventilação em área classificada é um parâmetro fundamental na análise de riscos industriais e na implementação de medidas de segurança. O tempo de persistência refere-se ao tempo necessário para que a concentração de substâncias perigosas em uma determinada área seja reduzida a um nível seguro após a ventilação ser iniciada.

### 10.1- Principais fatores considerados na estimativa do Tempo de Persistência "t"

Na estimativa do tempo de persistência "t" para a ventilação em área classificada, diversos fatores são considerados para determinar o período necessário para reduzir a concentração de substâncias perigosas a níveis seguros. Os principais fatores incluem:

**Volume do ambiente:** O tamanho do ambiente afeta diretamente o tempo de persistência. Quanto maior o volume, mais tempo será necessário para ventilar completamente a área e reduzir a concentração da substância perigosa.

**Taxa de ventilação:** A taxa de ventilação, expressa em volume de ar movido por unidade de tempo, desempenha um papel crucial na estimativa do tempo de persistência. Uma

taxa de ventilação mais alta resultará em uma redução mais rápida da concentração de substâncias perigosas.

**Concentração inicial da substância:** A concentração inicial da substância perigosa no ambiente é um fator determinante. Quanto maior a concentração inicial, mais tempo será necessário para que a concentração seja reduzida a um nível seguro.

**Taxa de liberação da substância:** A taxa na qual a substância perigosa está sendo liberada no ambiente também influencia o tempo de persistência. Uma taxa de liberação mais alta exigirá uma ventilação mais intensa e prolongada para reduzir a concentração a níveis seguros.

**Características de dispersão da substância:** As características de dispersão da substância perigosa, como sua densidade, viscosidade e solubilidade, afetam a velocidade de dispersão e, conseqüentemente, o tempo de persistência. Substâncias mais densas e viscosas podem levar mais tempo para se dispersar completamente.

Além desses fatores, é importante considerar as condições ambientais, como a temperatura e a umidade relativa, que podem influenciar a eficiência da ventilação e a taxa de evaporação da substância.

A determinação do tempo de persistência "t" geralmente envolve o uso de modelos matemáticos e simulações computacionais que levam em consideração esses fatores para obter estimativas mais precisas. É importante ressaltar que as estimativas do tempo de persistência devem ser realizadas por profissionais qualificados, levando em conta as normas e regulamentos relevantes para garantir a segurança adequada nas áreas classificadas.

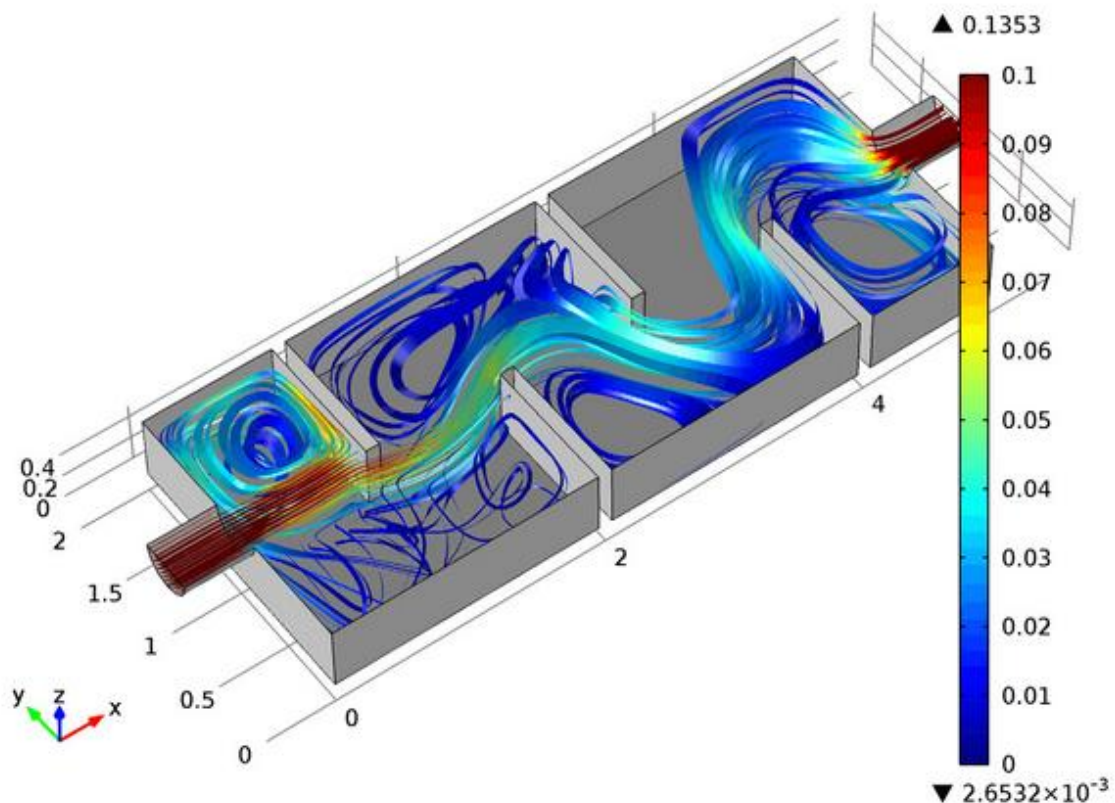
## **10.2- Modelos Matemáticos e Simulações computacionais utilizados para determinar o Tempo de Persistência "t"**

Existem diferentes modelos matemáticos e simulações computacionais que podem ser utilizados para determinar o tempo de persistência "t" em ventilação de áreas classificadas. Alguns dos principais são:

1. **Modelos de mistura perfeita:** Esses modelos assumem que a mistura do ar contaminado com o ar limpo ocorre de forma instantânea e completa. Eles são baseados em equações de conservação de massa e utilizam parâmetros como o volume do ambiente, a taxa de ventilação e a concentração inicial da substância para estimar o tempo necessário para reduzir a concentração a um nível seguro.
2. **Modelos de plumas gaussianas:** Esses modelos consideram a dispersão da substância perigosa na forma de uma pluma em um ambiente externo. Eles levam em conta fatores como a taxa de liberação da substância, a velocidade do vento,

a estabilidade atmosférica e as características da pluma para calcular a dispersão e o tempo de persistência.

3. **Modelos de plumas incompressíveis:** Esses modelos são semelhantes aos modelos de plumas gaussianas, mas são mais adequados para substâncias de densidade significativamente maior do que a do ar. Eles consideram a incompressibilidade da pluma e levam em conta fatores como a taxa de liberação, a velocidade do vento e as propriedades físicas da substância para estimar o tempo de persistência.
4. **Simulações computacionais de dinâmica dos fluidos (CFD):** As simulações CFD são abordagens mais avançadas que utilizam métodos numéricos para resolver as equações de **Navier-Stokes**, levando em conta as condições específicas do ambiente, a geometria do local e as propriedades do fluido. Essas simulações podem fornecer informações detalhadas sobre a dispersão da substância perigosa e estimar o tempo de persistência com maior precisão.



#### Navier-Stokes com média de Reynolds (RANS) das equações de Navier-Stokes

É importante ressaltar que a escolha do modelo ou simulação adequada depende das características específicas da situação e das substâncias envolvidas. Além disso, a utilização de softwares especializados, como **ALOHA** (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) e **PHAST** (Process Hazard Analysis Software Tool), pode facilitar a aplicação desses modelos matemáticos e simulações computacionais, fornecendo resultados mais precisos e detalhados para a estimativa do tempo de persistência "t".

Normas internacionais e nacionais fornecem diretrizes e critérios para a estimativa do tempo de persistência "t", garantindo uma abordagem padronizada e segura. A seguir, algumas normas relevantes:

1. **IEC 60079-10-1**: Esta norma, publicada pela International Electrotechnical Commission (IEC), aborda os requisitos para o projeto, seleção e manutenção de equipamentos elétricos em áreas classificadas. Ela fornece orientações sobre a estimativa do tempo de persistência "t" para permitir a ventilação adequada em áreas onde existem riscos de explosão.
2. **ABNT NBR IEC 60079-10-1**: No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotou a norma IEC 60079-10-1 como uma norma nacional. Ela estabelece os mesmos critérios e requisitos para a estimativa do tempo de persistência "t" em áreas classificadas.
3. **NFPA 30B**: Publicada pela National Fire Protection Association (NFPA), a norma NFPA 30B aborda o armazenamento e manuseio de líquidos inflamáveis em áreas de serviço. Ela inclui diretrizes para a estimativa do tempo de persistência "t" durante a ventilação de áreas classificadas para minimizar os riscos de incêndio e explosão.
4. **NR-10**: No Brasil, a Norma Regulamentadora NR-10 estabelece os requisitos mínimos para a segurança em instalações e serviços em eletricidade. Embora não aborde especificamente a estimativa do tempo de persistência "t", a NR-10 fornece orientações gerais sobre a ventilação adequada em áreas com riscos elétricos.

Além das normas e regulamentos mencionados anteriormente, existem outras referências internacionais e nacionais relevantes para a determinação do tempo de persistência "t" em ventilação de áreas classificadas. Aqui estão algumas delas:

1. **API RP 505**: Publicado pelo American Petroleum Institute (API), o API RP 505 fornece diretrizes para a seleção e uso adequado de ventiladores em áreas classificadas. Embora não aborde especificamente a determinação do tempo de persistência "t", o documento aborda considerações importantes relacionadas à ventilação, como a taxa de ventilação necessária em diferentes classificações de áreas.
2. **NFPA 91**: A NFPA 91, publicada pela National Fire Protection Association (NFPA), trata dos sistemas de exaustão de fumaça e calor em edifícios. Embora não seja específica para áreas classificadas, essa norma estabelece diretrizes para a ventilação adequada em situações de incêndio, o que pode ser relevante na determinação do tempo de persistência "t".
3. **IEC 61511**: A norma IEC 61511, desenvolvida pela International Electrotechnical Commission (IEC), trata da segurança funcional dos sistemas instrumentados de segurança em processos industriais. Embora não aborde diretamente a determinação do tempo de persistência "t", a norma fornece orientações gerais

sobre a identificação e avaliação de riscos, incluindo a ventilação adequada em áreas classificadas.

4. **NR-20:** No Brasil, a Norma Regulamentadora NR-20 estabelece os requisitos mínimos para a segurança e saúde no trabalho com inflamáveis e combustíveis. Embora não trate especificamente da determinação do tempo de persistência "t", a NR-20 aborda a ventilação adequada em áreas de trabalho com substâncias perigosas, o que pode ser relevante na consideração do tempo de persistência.

É importante consultar as normas e regulamentos específicos do país em que você está localizado, pois pode haver diferenças nas regulamentações entre países e regiões.

## 11- Estimativa do Grau de Ventilação

Ao estimar o grau de ventilação, é necessário considerar uma série de fatores, tais como o volume do ambiente, a taxa de ventilação necessária, a concentração inicial da substância perigosa, a taxa de liberação dessa substância e as características de dispersão no ambiente. Para determinar o grau de ventilação, podem ser utilizados modelos matemáticos, simulações computacionais e métodos empíricos, dependendo da complexidade do sistema e da substância envolvida.

É importante ressaltar que a estimativa do grau de ventilação deve ser realizada por profissionais qualificados e experientes, levando em consideração as normas aplicáveis e as condições específicas do local. Além disso, é fundamental realizar uma análise de risco abrangente, considerando não apenas a ventilação, mas também outras medidas de controle de engenharia, como isolamento, contenção e sistemas de detecção de gases.

### 11.1- Métodos Empíricos mais comuns utilizados para estimar o Grau de Ventilação

Existem vários métodos empíricos comumente utilizados para estimar o grau de ventilação em áreas classificadas. Esses métodos são baseados em experiências práticas e dados empíricos acumulados ao longo do tempo. Embora os métodos empíricos possam fornecer estimativas rápidas e simplificadas, é importante considerar suas limitações e verificar se eles são aplicáveis ao caso específico em questão. Aqui estão alguns dos métodos empíricos mais comuns:

1. **Método de tempo de meia-vida:** Esse método estima o tempo necessário para reduzir pela metade a concentração de uma substância perigosa em um ambiente. O tempo de meia-vida é determinado com base na taxa de ventilação

e na capacidade de diluição do ambiente. Essa abordagem assume uma taxa de decaimento exponencial da concentração da substância.

2. **Método do fator de renovação de ar:** Nesse método, o grau de ventilação é estimado com base no número de renovações completas de ar por hora em um determinado espaço. O fator de renovação de ar é calculado considerando a taxa de ventilação fornecida pelo sistema de ventilação em relação ao volume total do ambiente.
3. **Método de diluição de concentração:** Esse método considera a diluição da concentração de uma substância perigosa no ambiente por meio da mistura com o ar fresco. A estimativa do grau de ventilação é baseada na taxa de ventilação e nas características de dispersão da substância, levando em conta o volume do ambiente e a concentração inicial da substância.
4. **Método do nível de oxigênio:** Esse método avalia o grau de ventilação com base na medição dos níveis de oxigênio no ambiente. A concentração de oxigênio é um indicador da eficiência da ventilação, uma vez que altos níveis de oxigênio indicam uma boa renovação do ar e uma baixa concentração de contaminantes.

É importante ressaltar que os métodos empíricos podem fornecer estimativas iniciais úteis, mas eles geralmente não levam em consideração fatores complexos e específicos de cada situação. Portanto, é recomendável complementar a estimativa com métodos mais avançados, como simulações computacionais e modelos matemáticos, quando uma análise mais detalhada e precisa for necessária.

### 11.1.1- As Limitações dos Métodos Empíricos

Os métodos empíricos para estimar o grau de ventilação em áreas classificadas possuem algumas limitações importantes. Embora esses métodos possam fornecer estimativas rápidas e simplificadas, é necessário considerar suas restrições e limitações ao aplicá-los. Aqui estão algumas das principais limitações dos métodos empíricos:

1. **Simplificação da realidade:** Os métodos empíricos geralmente são baseados em simplificações da realidade e assumem condições ideais. Eles não levam em consideração a complexidade de fatores como a geometria do ambiente, a presença de obstáculos, a variação das condições meteorológicas e a interação entre diferentes substâncias presentes no ambiente. Essas simplificações podem levar a estimativas imprecisas.
2. **Sensibilidade aos parâmetros de entrada:** Os métodos empíricos dependem da entrada de dados, como taxas de ventilação, concentração inicial da substância, taxa de liberação e características de dispersão. Pequenas variações nesses parâmetros de entrada podem levar a grandes diferenças nos resultados estimados. Portanto, é necessário ter cuidado ao selecionar e medir esses parâmetros para obter estimativas confiáveis.
3. **Falta de validação experimental:** Os métodos empíricos geralmente são desenvolvidos com base em dados e experiências anteriores. No entanto, eles

podem não ser validados experimentalmente em todas as situações específicas. Portanto, é importante ter em mente que as estimativas obtidas podem não refletir com precisão as condições reais de ventilação em um ambiente específico.

4. **Limitações de substâncias específicas:** Alguns métodos empíricos podem ser limitados quando se trata de estimar o grau de ventilação para substâncias específicas, como substâncias com comportamento de dispersão complexo, substâncias altamente reativas ou substâncias com comportamento não linear de diluição. Nesses casos, métodos mais avançados, como simulações computacionais, podem ser necessários.
5. **Ausência de considerações de segurança intrínseca:** Os métodos empíricos geralmente não levam em conta as medidas de segurança intrínseca, como sistemas de detecção e alarme de gases, sistemas de supressão de incêndio ou sistemas de contenção. Esses elementos adicionais podem ser cruciais para a segurança em áreas classificadas e devem ser considerados além da estimativa do grau de ventilação.

Portanto, é recomendável que, ao utilizar métodos empíricos, sua aplicação seja feita com cautela, considerando suas limitações e verificando se são apropriados para a situação em questão. Em casos em que se busca uma estimativa mais precisa e abrangente, é aconselhável empregar métodos mais avançados, como simulações computacionais, que podem levar em conta uma variedade mais ampla de fatores e proporcionar resultados mais confiáveis.

Normas internacionais e nacionais fornecem diretrizes e critérios importantes para a estimativa do grau de ventilação em áreas classificadas, garantindo a conformidade com os requisitos de segurança. Algumas dessas normas incluem:

1. **IEC 60079-10-1:** Esta norma internacional, publicada pela International Electrotechnical Commission (IEC), aborda a seleção, instalação e manutenção de equipamentos elétricos utilizados em atmosferas explosivas. A seção 10-1 trata especificamente de requisitos relacionados à ventilação em áreas classificadas, fornecendo orientações sobre os métodos de ventilação apropriados, requisitos de fluxo de ar e critérios para a estimativa do grau de ventilação.
2. **NFPA 30:** Publicada pela National Fire Protection Association (NFPA), a NFPA 30 é uma norma reconhecida internacionalmente que trata do armazenamento e manuseio de líquidos inflamáveis e combustíveis. Embora não seja específica para a estimativa do grau de ventilação, a norma fornece diretrizes abrangentes para a ventilação adequada de áreas de armazenamento de líquidos inflamáveis, com o objetivo de prevenir a formação de atmosferas explosivas.
3. **ABNT NBR IEC 60079-10-1:** A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adotou a norma IEC 60079-10-1 como ABNT NBR IEC 60079-10-1, estabelecendo diretrizes nacionais para a seleção, instalação e manutenção de equipamentos elétricos em atmosferas explosivas. Essa norma também aborda a ventilação em áreas classificadas, fornecendo critérios para a estimativa do grau de ventilação.

Ao estimar o grau de ventilação em áreas classificadas, é fundamental considerar fatores como o volume do ambiente, a taxa de ventilação, a concentração inicial da substância, a taxa de liberação da substância e as características de dispersão da substância.

## 12- A Quantificação da Área Classificada

A quantificação da área classificada é um processo fundamental para identificar e delimitar zonas de risco de explosão dentro de uma instalação industrial. Trata-se de um procedimento crucial para garantir a segurança e proteção dos trabalhadores e do ambiente, uma vez que permite a implementação de medidas de prevenção e mitigação adequadas. Normas internacionais e nacionais desempenham um papel importante nesse processo, fornecendo diretrizes detalhadas para a correta quantificação das áreas classificadas.

Uma das principais normas internacionais nesse campo é a **IEC 60079-10-1**, emitida pela International Electrotechnical Commission (IEC). Essa norma estabelece os princípios gerais para a classificação de áreas onde há risco de explosão devido à presença de gases inflamáveis, vapores, névoas ou poeiras combustíveis. Ela fornece diretrizes detalhadas para a definição das zonas de risco, considerando fatores como a natureza das substâncias inflamáveis, as condições de risco, a ventilação e outras características do ambiente.

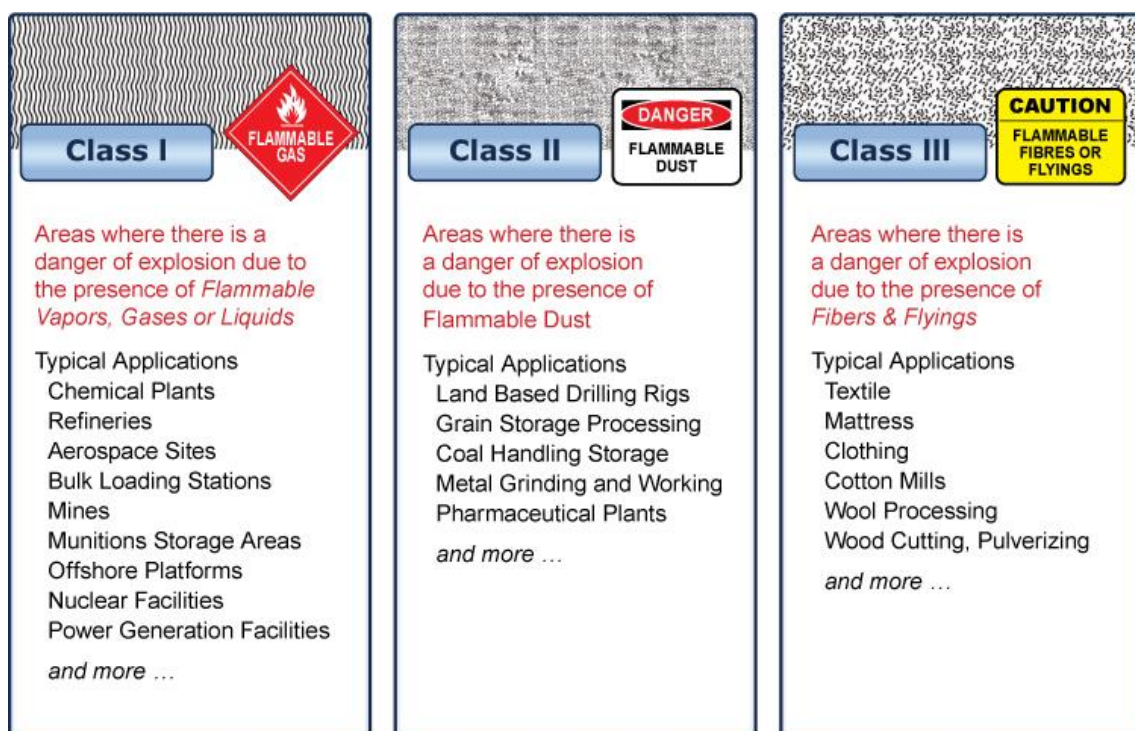
No contexto brasileiro, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) adota a **IEC 60079-10-1** como **ABNT NBR IEC 60079-10-1**, adaptando-a às especificidades nacionais. Essa norma estabelece os mesmos princípios e critérios da versão internacional, mas considera as particularidades do contexto brasileiro. Ela define os requisitos para a classificação de áreas em risco de explosão, levando em conta as características das substâncias inflamáveis e as condições operacionais típicas do país.

Além da **IEC 60079-10-1**, a **NFPA 70**, também conhecida como National Electrical Code (NEC), emitida pela National Fire Protection Association (NFPA), é uma referência importante no tema. Embora não seja exclusivamente voltada para a quantificação da área classificada, a **NFPA 70** contém orientações relevantes para a seleção e instalação adequada de equipamentos elétricos em áreas classificadas, incluindo critérios para a determinação das zonas de risco.

A quantificação da área classificada requer uma abordagem abrangente, considerando diversos fatores. Além das normas, é necessário levar em conta a natureza das substâncias inflamáveis presentes, como gases, líquidos inflamáveis ou poeiras combustíveis. A composição química, as propriedades físicas e as características de ignição dessas substâncias são avaliadas para determinar os riscos associados.

Outro fator importante é a análise do ambiente em si. A ventilação, a presença de obstáculos físicos, as condições de temperatura e pressão, bem como a frequência e a duração da presença de atmosferas explosivas, são considerados no processo de quantificação. Aspectos como a presença de equipamentos elétricos, fontes de ignição e a interação entre diferentes substâncias também são levados em conta.

A quantificação da área classificada é um trabalho que requer conhecimento técnico especializado. Engenheiros e profissionais de segurança capacitados são responsáveis por conduzir estudos de risco, realizar medições e análises de engenharia, bem como aplicar as normas pertinentes. Essa abordagem multidisciplinar garante uma avaliação precisa e completa das áreas classificadas, permitindo a implementação adequada de medidas de controle e proteção.



### 12.1- Critérios para determinar as Zonas de Risco de Explosão

Os critérios para determinar as zonas de risco de explosão são estabelecidos pelas normas internacionais e nacionais, como a **IEC 60079-10-1** e a **ABNT NBR IEC 60079-10-1**. Essas normas fornecem diretrizes detalhadas para a classificação de áreas onde há risco de explosão devido à presença de substâncias inflamáveis.

Os principais critérios considerados são:

1. **Natureza das substâncias inflamáveis:** As propriedades físicas e químicas das substâncias inflamáveis presentes são avaliadas, levando em conta fatores como ponto de fulgor, limites de inflamabilidade, temperatura de autoignição e pressão de vapor. Essas características determinam a probabilidade de formação de atmosferas explosivas.
2. **Concentração das substâncias inflamáveis:** Com base nas características das substâncias inflamáveis, são estabelecidos critérios para determinar os limites de concentração que definem as zonas de risco. Geralmente, são considerados limites inferior e superior de inflamabilidade para gases e vapores, bem como limites de concentração de poeiras combustíveis.
3. **Duração e frequência da presença de substâncias inflamáveis:** Além da concentração, é importante considerar a duração e a frequência em que as substâncias inflamáveis estão presentes no ambiente. Isso pode variar de acordo com a natureza do processo e as condições operacionais. A frequência e a duração influenciam na classificação das zonas de risco.
4. **Ventilação e diluição:** A ventilação e a capacidade de diluição do ambiente também são critérios importantes. Áreas bem ventiladas e com maior capacidade de diluição de substâncias inflamáveis podem resultar em zonas de risco de menor extensão.
5. **Presença de fontes de ignição:** A presença de fontes de ignição, como equipamentos elétricos, chamas abertas, faíscas ou superfícies quentes, também é considerada na classificação das zonas de risco. Esse critério envolve a análise da probabilidade de ignição das atmosferas explosivas em contato com essas fontes.
6. **Interferências e obstáculos físicos:** A presença de interferências e obstáculos físicos no ambiente, como paredes, estruturas, equipamentos ou outros elementos que possam influenciar a dispersão das substâncias inflamáveis, também pode ser levada em conta na determinação das zonas de risco.

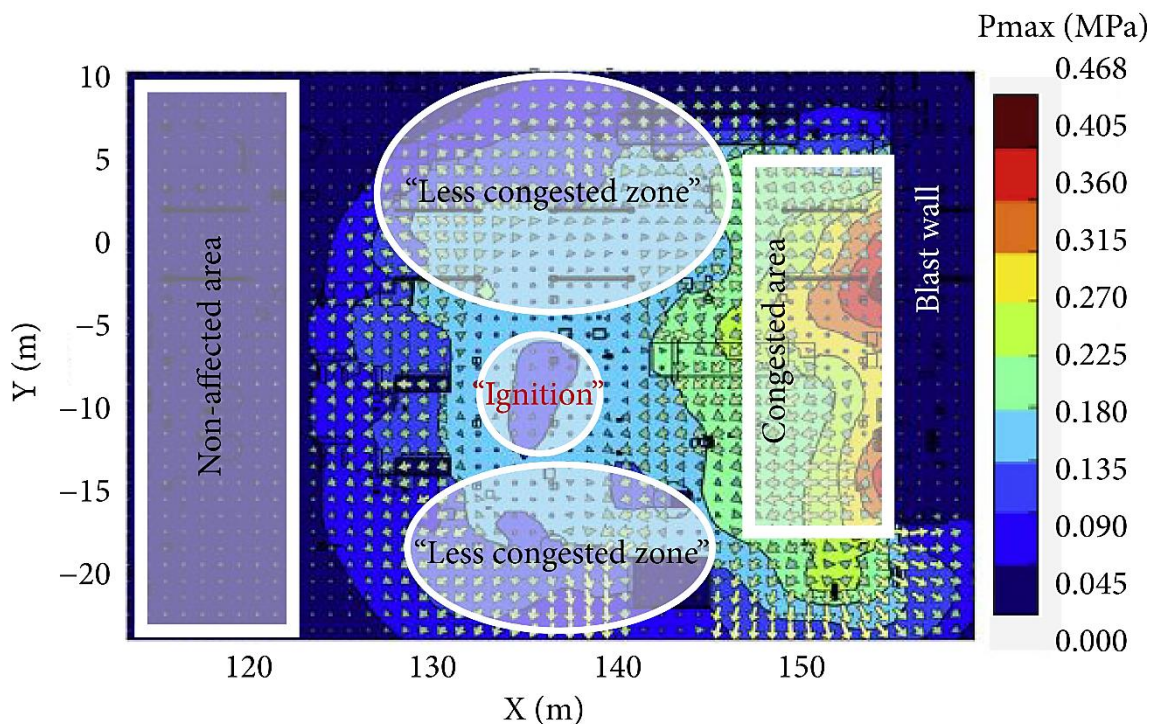
Esses critérios são aplicados de forma integrada, considerando as características específicas de cada instalação industrial. A combinação desses fatores permite estabelecer as zonas de risco de explosão de maneira precisa, garantindo a adoção das medidas de prevenção e proteção adequadas em cada área classificada.

## 12.2- Determinação das Zonas de Risco de Explosão

O cálculo ou determinação das zonas de risco de explosão envolve uma abordagem sistemática e baseia-se em avaliações técnicas realizadas por profissionais especializados, como engenheiros de segurança ou consultores especializados em proteção contra explosões. Embora seja um processo complexo e que requer conhecimentos específicos, vou fornecer uma visão geral dos passos envolvidos no cálculo das zonas de risco de explosão:

1. **Coleta de dados:** Inicialmente, é necessário coletar informações detalhadas sobre o ambiente de trabalho e as substâncias inflamáveis presentes. Isso pode incluir dados sobre os processos industriais, as características das substâncias inflamáveis, as fontes de emissão, a ventilação, a presença de equipamentos elétricos e outros fatores relevantes.
2. **Identificação das substâncias inflamáveis:** É importante identificar as substâncias inflamáveis presentes no ambiente de trabalho, como gases, vapores ou poeiras combustíveis. Essa identificação deve incluir informações sobre as propriedades físicas e químicas dessas substâncias, como ponto de fulgor, limites de inflamabilidade e outras características relevantes.
3. **Avaliação dos riscos:** Com base nas informações coletadas, é realizada uma avaliação dos riscos de explosão. Isso envolve a análise da probabilidade de formação de atmosferas explosivas, levando em consideração fatores como as concentrações das substâncias inflamáveis, a frequência e a duração de sua presença, a ventilação do ambiente e a presença de fontes de ignição.
4. **Classificação das zonas de risco:** Com base na avaliação dos riscos, são definidas as zonas de risco de explosão. As zonas são classificadas em categorias que indicam o nível de risco, como **Zona 0, Zona 1, Zona 2** para gases e vapores, e **Zona 20, Zona 21, Zona 22** para poeiras combustíveis. Essa classificação é feita de acordo com critérios como as concentrações das substâncias inflamáveis e a probabilidade de formação de atmosferas explosivas.
5. **Delimitação das zonas:** Após a classificação das zonas de risco, é necessário delimitar fisicamente cada zona no ambiente de trabalho. Isso pode ser feito por meio de mapeamento ou sinalização adequada, garantindo que as áreas de risco sejam claramente identificadas.

É importante ressaltar que o cálculo das zonas de risco de explosão é uma tarefa complexa e que requer conhecimentos especializados. Normas como a **IEC 60079-10-1** e a **ABNT NBR IEC 60079-10-1** fornecem diretrizes detalhadas sobre os procedimentos e critérios a serem adotados nesse processo.



### 13- Conclusão

A determinação da extensão das áreas classificadas é um processo técnico crucial para garantir a segurança em ambientes industriais onde há risco de explosão devido à presença de substâncias inflamáveis. Ao longo desse artigo, foram abordados diversos aspectos relevantes para essa abordagem técnica, e é importante resumi-los e fornecer informações adicionais.

No início, discutimos os critérios utilizados para determinar as zonas de risco de explosão. Esses critérios são estabelecidos por normas internacionais e nacionais, como a IEC 60079-10-1 e a ABNT NBR IEC 60079-10-1. Eles levam em consideração diversos fatores, como a natureza das substâncias inflamáveis presentes, as concentrações dessas substâncias, a duração e a frequência de sua presença, a ventilação do ambiente, a presença de fontes de ignição e interferências físicas. Esses critérios são essenciais para a correta classificação das zonas de risco.

Além disso, enfatizamos os limites de concentração para gases, vapores e poeiras combustíveis, conhecidos como Limites Inferior de Inflamabilidade (LII) e Limites Superior de Inflamabilidade (LSI). Esses limites indicam as faixas de concentração em que as misturas de substâncias inflamáveis com o ar se tornam potencialmente explosivas. É fundamental conhecer os LII e LSI das substâncias presentes no ambiente de trabalho para determinar corretamente as zonas de risco. Essas informações podem ser obtidas em literatura técnica, normas e fichas de segurança dos produtos químicos.

No entanto, o cálculo das zonas de risco de explosão é um processo complexo que requer conhecimentos especializados. É necessário coletar dados detalhados sobre o

ambiente de trabalho, como layout da instalação, processos industriais envolvidos, características das substâncias inflamáveis, fontes de emissão, ventilação e presença de equipamentos elétricos. Com base nessas informações, é realizada uma avaliação dos riscos de explosão, considerando a probabilidade de formação de atmosferas explosivas.

Após a avaliação dos riscos, é realizada a classificação das zonas de risco, seguindo os critérios estabelecidos pelas normas mencionadas anteriormente. As zonas são categorizadas em níveis de risco, como Zona 0, Zona 1 e Zona 2 para gases e vapores, e Zona 20, Zona 21 e Zona 22 para poeiras combustíveis. Essa classificação é baseada nas concentrações das substâncias inflamáveis e na probabilidade de formação de atmosferas explosivas.

Após a classificação, é essencial delimitar física e visualmente as zonas de risco no ambiente de trabalho. Isso pode ser feito por meio de mapeamento, onde as áreas classificadas são identificadas e demarcadas, ou por meio de sinalização adequada, como placas ou cores específicas. Essa delimitação auxilia na conscientização dos trabalhadores e na adoção de medidas de controle e proteção apropriadas nas áreas classificadas.

Em conclusão, a determinação da extensão das áreas classificadas requer uma abordagem técnica minuciosa, com base em critérios normativos e na análise de dados específicos de cada instalação industrial. A correta identificação e classificação das zonas de risco de explosão são fundamentais para garantir a segurança dos trabalhadores e prevenir acidentes em ambientes onde substâncias inflamáveis estão presentes. Consultar profissionais especializados e aderir às normas aplicáveis são medidas essenciais para realizar adequadamente esse processo complexo.

Eng. Elcio J. Blanco  
CEO at Grennmark Consulting  
Consultor Sênior de ESG / EHS/Explosive Atmosphere  
PMI- RMP