



**PAULA
SCARDINO**
SEGURANÇA DO TRABALHO

DIVISÃO TÉCNICA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

CONTROLE DE OPERAÇÕES EM ESPAÇOS CONFINADOS



Paula Scardino
Coordenação Nacional NBR 14.787 e 16.577 ABNT
Membro GT Tripartite NR-33
Comendadora Prevencionista 2024 pela ANIMASEG
Cel: +55 11 99267-3526

*Technical Coordinator: NBR's 14.787 and 16.577 ABNT National
Coordination*

Member of the Work Group NR-33

Preventionist Commander 2024 by ANIMASEG

www.paulascardino.com.br

paula@paulascardino.com.br



33.3 Responsabilidades

33.3.1 É responsabilidade da organização:

- a) indicar formalmente o responsável técnico pelo cumprimento das atribuições previstas no item 33.3.2 desta NR;
- b) assegurar os meios e recursos para o responsável técnico cumprir as suas atribuições;
- c) assegurar que o gerenciamento de riscos ocupacionais contemple as medidas de prevenção para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente com os espaços confinados;
- d) providenciar a sinalização de segurança e bloqueio dos espaços confinados para evitar a entrada de pessoas não autorizadas;
- e) providenciar a capacitação inicial e periódica dos supervisores de entrada, vigias, trabalhadores autorizados e da equipe de emergência e salvamento;
- f) fornecer as informações sobre os riscos e as medidas de prevenção, previstos no Programa de Gerenciamento de Riscos, da NR-01 (Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais), aos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente com os espaços confinados;
- g) garantir os equipamentos necessários para o controle de riscos previstos no Programa de Gerenciamento de Riscos;
- h) assegurar a disponibilidade dos serviços de emergência e salvamento, e de simulados, quando da realização de trabalhos em espaços confinados; e
- i) supervisionar as atividades em espaços confinados executadas pelas organizações contratadas, observado o disposto no subitem 1.5.8.1 da NR-01, visando ao atendimento do disposto nesta NR



33.3 Responsabilidades

33.3.2 Compete ao responsável técnico:

- a) identificar e elaborar o cadastro de espaços confinados;
- b) adaptar o modelo da Permissão de Entrada e Trabalho - PET de modo a contemplar as peculiaridades dos espaços confinados da organização;
- c) elaborar os procedimentos de segurança relacionados ao espaço confinado;
- d) indicar os equipamentos para trabalho em espaços confinados;
- e) elaborar o plano de resgate; e
- f) coordenar a capacitação inicial e periódica dos supervisores de entrada, vigias, trabalhadores autorizados e da equipe de emergência e salvamento.

Obs.: Glossário: Responsável técnico: profissional legalmente habilitado ou qualificado, em segurança do trabalho, para executar as medidas previstas no item 33.3.2 desta NR.



33.3 Responsabilidades

33.3.3 Compete ao supervisor de entrada:

- a) emitir a PET antes do início das atividades;
- b) executar os testes e conferir os equipamentos, antes da utilização;
- c) implementar os procedimentos contidos na PET;
- d) assegurar que os serviços de emergência e salvamento estejam disponíveis e que os meios para os acionar estejam operantes;
- e) cancelar os procedimentos de entrada e trabalho, quando necessário;
- f) encerrar a PET após o término dos serviços;
- g) desempenhar a função de vigia, quando previsto na PET; e
- h) assegurar que o vigia esteja operante durante a realização dos trabalhos em espaço confinado.

DEFINIÇÕES de EC



33.2.2 Considera-se espaço confinado qualquer área ou ambiente que atenda simultaneamente aos seguintes requisitos:

- a) não ser projetado para ocupação humana contínua;
- b) possuir meios limitados de entrada e saída; e
- c) em que exista ou possa existir atmosfera perigosa.

33.2.2.1 Considera-se atmosfera perigosa aquela em que estejam presentes uma das seguintes condições:

- a) deficiência ou enriquecimento de oxigênio;
- b) presença de contaminantes com potencial de causar danos à saúde do trabalhador; ou
- c) seja caracterizada como uma atmosfera explosiva.

33.2.2.2 Os espaços não destinados à ocupação humana, com meios limitados de entrada e saída, utilizados para armazenagem de material com potencial para engolfar ou afogar o trabalhador são caracterizados como espaços confinados.

NBR 16.577
ABNT



**PAULA
SCARDINO**
SEGURANÇA DO TRABALHO

NORMA
BRASILEIRA

**ABNT NBR
16577**

Primeira edição
28.03.2017

Versão corrigida
06.04.2017

**Espaço confinado — Prevenção de acidentes,
procedimentos e medidas de proteção**

Confined space — Accidents prevention, protection procedures and
measurements



ICS 13.100

ISBN 978-85-07-06860-0



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 16577:2017
37 páginas

© ABNT 2017

Disponível para uso exclusivo - ABNT/ICS-225 - Espaço Confinado

Impresso por: ABNT/ICS-225. Regulado por: Paula Scardino

Definição de Espaço Confinado ABNT 16577:

qualquer área não projetada para ocupação humana contínua, a qual tem meios limitados de entrada e saída ou uma configuração interna que possa causar aprisionamento ou asfixia em um trabalhador e na qual a ventilação é inexistente ou insuficiente para remover contaminantes perigosos e/ou deficiência/enriquecimento de oxigênio que possam existir ou se desenvolver ou conter um material com potencial para engolfar/afogar um trabalhador que entrar no espaço

Espaço Confinado "Não perturbado" e "Perturbado" *16577*



ESPAÇO CONFINADO "NÃO PERTURBADO"

característica técnica do espaço confinado, definida no cadastro com os riscos inerentes ao local, antes de o trabalhador adentrar tal espaço. As medidas de controle de riscos são norteadas pela permissão de entrada e trabalho **(PET)**

ESPAÇO CONFINADO "PERTURBADO"

característica da alteração ocasionada pela(s) atividade(s) que será(ão) executada(s) no interior do espaço confinado, sua dinâmica de evolução de riscos associadas aos riscos presentes no espaço confinado "não perturbado". Neste caso, as medidas de controle de riscos são baseadas na análise preliminar de risco **(APR)**

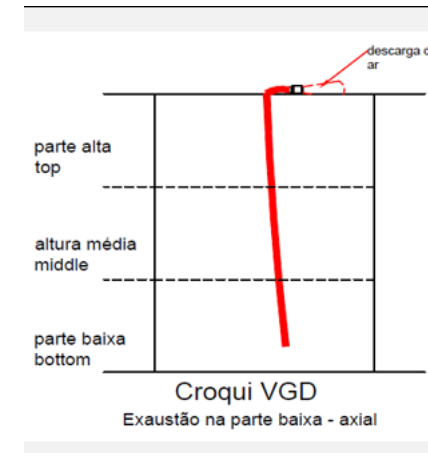
33.4.2 A organização que possuir espaço confinado deve elaborar e manter o cadastro do espaço confinado, contemplando:

- a) identificação do espaço confinado, podendo para esse fim, ser utilizado código ou número de rastreio;
- b) volume do espaço confinado; (*utilizar m³*)
- c) número de aberturas de entrada e "bocas de visita", e suas dimensões;
- d) formas de acesso, suas dimensões e geometria;
- e) condição do espaço confinado (ativo ou inativo);
- f) *croqui do espaço confinado (com previsão de bloqueios e raquetes); e*
- g) utilização e/ou produto armazenado e indicação dos possíveis perigos existentes antes da liberação de entrada.



A	B	C
2. Ventilação		
VOLUME m ³	Nº TROCAS ARI/Hora	VAZÃO m ³ /h
1083	30	32490
SELEÇÃO 1 - Ventilação de Pré Entrada e VGD (Ventilação Geral Diluidora)	SELEÇÃO 2 (Se for necessário um ventilador/exaustor com	**SELEÇÃO 3 - Ventilação Local Exaustora (VLE)
Relativo à Dutos Flexíveis		
Comprimento máximo de dutos flexíveis em cada ventilador (m)		
40		50
Quantidade de dutos flexíveis em cada ventilador (pç)		
1		1
Num. máx. de Curvas (R=1D) em cada duto		
2		2
Diâmetro dos dutos flexíveis (mm)		
550		400
Ponto Operacional de Cada Sistema		
Vazão disponível (m ³ /h)		
9300		5250
Perda de Carga (mmH ₂ O)		
28		46
Associação/Combinação de ventiladores em série		
n.a.		n.a.
Quantidade de sistemas portáteis		
1		1
Modelo Selecionado		
CSE550AC - AMBIPAR		CSE420AC - AMBIPAR
Tipo ventilador		
axial		axial
*Vazão de ar livre do modelo selecionado		
14250		7870
Função / Implementação / Modo		
VGD		VLE
exaustão		solda, corte térmico limpeza e similares
na parte baixa com com retorno de ar natural pela BV superior		

Resultados Finais / Final Results	
Tempo de Ventilação para pré-entrada	Renovações por hora conf. Seleção VGD
210 min p/ 30 trocas	9



33.4.3 Quando o trabalho em espaço confinado for realizado por prestador de serviço, o contratante e a contratada, além do previsto no item 1.5.8 da NR-01, devem atender:

- a) a contratante deve fornecer à contratada o cadastro dos espaços confinados em que a contratada realizará os trabalhos;
- b) a contratante deve fornecer à contratada, nos termos do subitem 1.5.8.3 da NR-01, as informações sobre os riscos ocupacionais sob sua gestão e que possam impactar nas atividades da contratada e, quando aplicável, as medidas de prevenção a serem adotadas; e
- c) a contratada deve fornecer o inventário de riscos do trabalho em espaço confinado, nos termos do item 1.5.8.4 da NR-01, realizando a identificação dos perigos e a avaliação dos riscos, de acordo com a especificidade do trabalho a ser realizado, conforme subitem 33.4.1.2 desta NR, nos espaços confinados em que realizará os trabalhos, e promovendo a adequação das medidas de prevenção conforme esta NR.

33.4.3.1 A não obrigatoriedade da organização contratante do cumprimento desta NR não exime a organização contratada de levantar as informações necessárias e implementar as medidas de prevenção previstas nesta Norma.



Atmosfera de Risco:



PAULA
SCARDINO
SEGURANÇA DO TRABALHO



Condição em que **a atmosfera**, em um espaço confinado, possa oferecer riscos ao local e expor os trabalhadores ao perigo de morte, incapacitação, restrição da habilidade para auto-resgate, lesão ou doença aguda causada por:

Riscos em Escavações



Durante escavações, poços ou obras subterrâneas, o solo pode liberar gases naturais gerados pela decomposição de matéria orgânica, bolsões geológicos ou proximidade de redes de utilidades. Os principais riscos atmosféricos encontrados no subsolo são:



Riscos Atmosféricos em escavações

Metano CH_4 : Gás incolor e inodoro. É altamente **inflamável**, gerando risco de explosões, e pode causar **asfixia** ao deslocar o oxigênio do ambiente.

Sulfeto de Hidrogênio H_2S : Conhecido como gás sulfídrico ou "gás de ovo podre". É **extremamente tóxico** e, em altas concentrações, paralisa o nervo olfativo e o sistema respiratório, podendo ser fatal.

Dióxido de Carbono CO_2 : Gás incolor e inodoro, mais pesado que o ar. Atua como **asfixiante simples**, acumulando-se em áreas baixas e fundos de escavação, o que diminui o oxigênio disponível para a respiração.

Outros gases: Em solos ricos em compostos orgânicos, também podem ocorrer emissões de **Monóxido de Carbono CO** e **Nitrogênio N_2**



Deficiência e Excesso de Oxigênio

O₂

Concentração de oxigênio atmosférico abaixo de 19,5 % ou acima de 23 % em volume;



>23% Aumento da inflamabilidade dos materiais

20.9% Nivel normal de oxígeno no ar

19.5% Nivel mínimo de oxígeno para uma entrada segura.

Teores abaixo de 19,5 podem causar:

10-11% A respiração se acelera e falta de coordenação, incremento da pulsação, euforia e dor de cabeça.

6 -10% Nauseas e vômitos, dificuldade de movimentos, perda de conhecimento, falhas mentais, rosto palido e labios azuis.

<6% A respiração cessa, seguindo de parada respiratória e a Morte em minutos.

NOTA O percentual de oxigênio aceitável é de 19,5 % a 23 % de VOL, desde que a causa da redução ou enriquecimento de O₂ seja conhecida. A presença de outros gases tóxicos ou inertes em concentrações perigosas podem não alterar a leitura do sensor de O₂



Deficiência de Oxigênio

Causas da deficiência de oxigênio (1):

Consumo:

Ocorre tanto na combustão, quando o O_2 do ar reage com o material combustível (incêndios, por ex.), como na oxidação de metais (nas superfícies internas de reservatórios, em equipamentos de processo de aço-carbono sem pintura e fechados, e que sofreram jateamento recente, ou tratamento equivalente: paredes metálicas polidas podem oxidar resultando consumo de oxigênio presente e atingir condições IPVS)



Causas da deficiência de oxigênio (2):



Inertização:

O processo de inertização ocorre geralmente pela diluição da atmosfera interior pelo gás inerte (N_2 , CO_2 , Argônio, Hélio, etc..). Este deslocamento da atmosfera devido a entrada do gás inerte, é uma inertização que impede a explosão.

Portanto **a inertização** substitui uma atmosfera inflamável /explosiva por uma atmosfera asfixiante, geralmente **IPVS**.

Causas da deficiência de oxigênio (3):



Adsorção:

Pode ocorrer em leitos de carvão ativo no interior de reatores ou câmaras, tornando perigosas as operações de inspeção, recarga ou manutenção.

ABSORÇÃO:

Ato de impregnar-se de um líquido, gás etc., por ação capilar, osmótica, química ou solvente: *Absorção de água pela madeira.* **3 Fisiol** Penetração de uma substância através das mucosas ou da pele ou da membrana celular para o meio interno ou para o protoplasma. **4 Quím** Ato pelo qual um gás ou um vapor penetra intimamente em uma substância inorgânica.

ADSORÇÃO:

Apresamento e acumulação de gases, vapores ou matérias em solução na superfície de corpos sólidos com os quais entram em contato, por adesão molecular. *Cf absorção.*

Atmosfera Enriquecida de Oxigênio:



O respirar excesso de oxigênio se chama *Hiperoxia*



Efeitos a médio/longo prazo de exposição:

- ✓ vaso dilatação cerebral (risco de edema)
- ✓ riscos no pulmão: bronco displasia (inflamação e espessamento)
- ✓ aumento de radicais livres de oxigênio no sangue, e como consequência: Lesão no Sistema Nervoso Central, o que por sua vez pode piorar o edema cerebral.

Gases e Vapores Inflamáveis



L.I.L. é o ponto onde existe **a mínima concentração** para que uma mistura de ar + gás/vapor se inflame.

L.S.I. é o **ponto máximo** onde ainda existe uma concentração de mistura de ar + gás/vapor capaz de se inflamar.



Combustível 0%

L.I.L.

L.S.I.

100% Combustível

0% Ar

POBRE

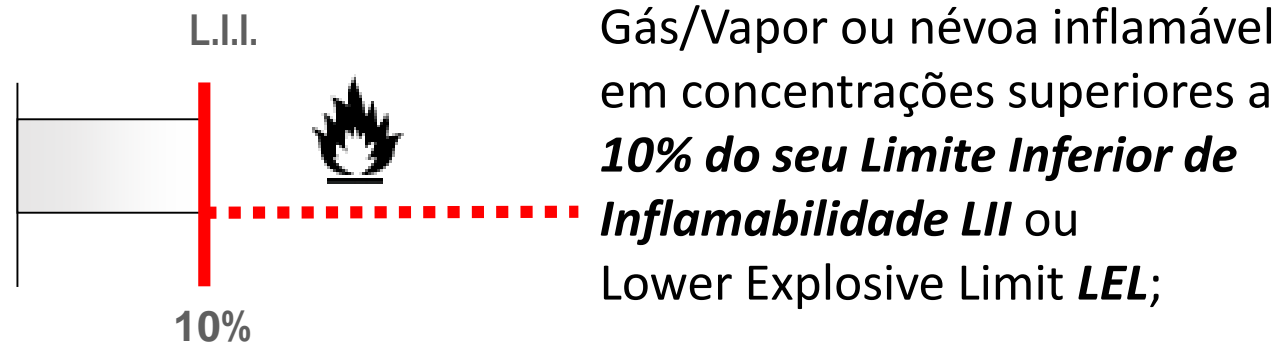
EXPLOSIVA

RICA

Pouco Gás

Muito Gás e pouco Ar

Gases e Vapores Inflamáveis



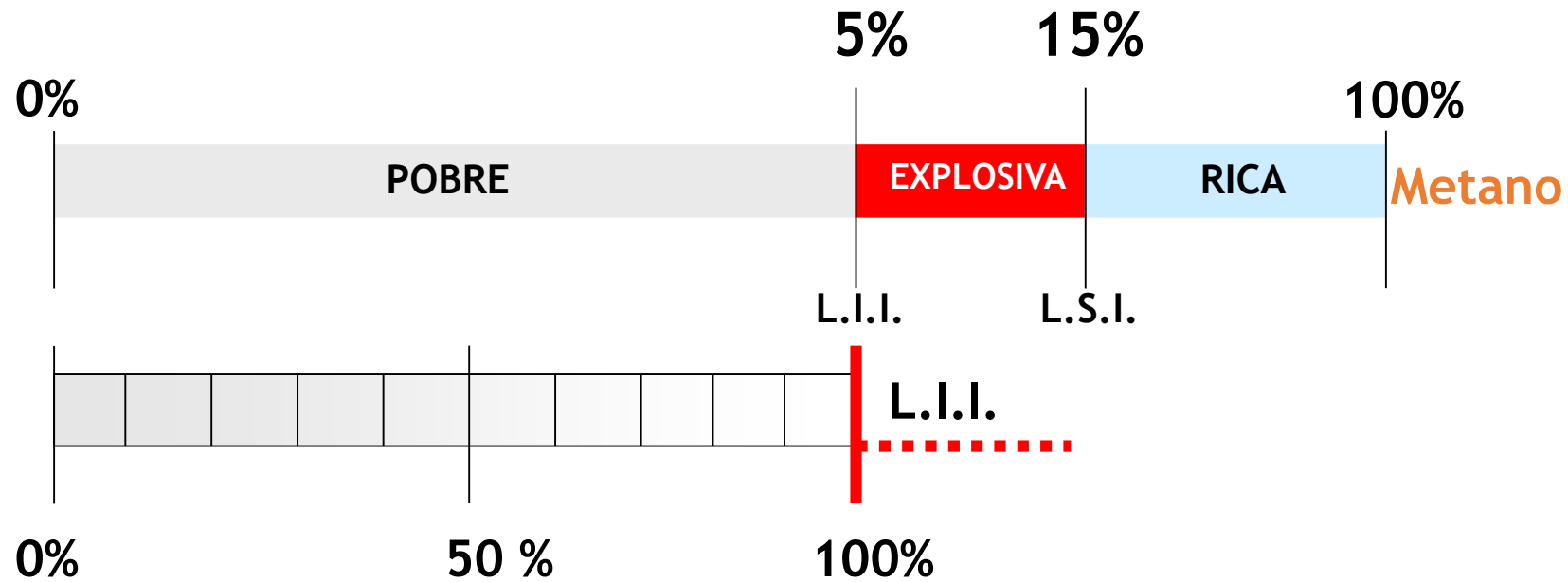
LII, LIE (limite inferior de explosividade), ou **LEL** (*lower explosive limit*) = fração expressa em volume

Correlação entre os gases combustíveis ou inflamáveis e o gás de calibração escolhido pelo usuário (16.577 item 6.2.2)

- a) o sensor que mede gases combustíveis ou inflamáveis deve estar ajustado para o gás-alvo que se deseja medir, porém no ambiente industrial dificilmente se encontra apenas um gás. Neste caso, o ajuste pode ser feito para um gás cuja resposta do sensor seja suficientemente próxima ao(s) valor(es) real(ais) da mistura ou para valores mais restritivos;
- b) o fabricante e/ou fornecedor do equipamento deve descrever no manual de operação, entregue com o detector, os fatores de correlação quando o detector for utilizado com gases diferentes daquele utilizado na calibração;
- c) a escolha do gás-alvo de ajuste e do fator de correlação tem como objetivo a correção das leituras nos instrumentos. As leituras nos espaços confinados podem dar uma falsa indicação de segurança, quando estiverem presentes gases cujos limites inferiores de explosividade forem muito baixos;
- d) deve-se considerar atmosfera de risco de inflamáveis igual ou superior a 10 % do LIE do(s) gas(es) previamente identificado(s).

Monitorando Gases e Vapores Inflamáveis

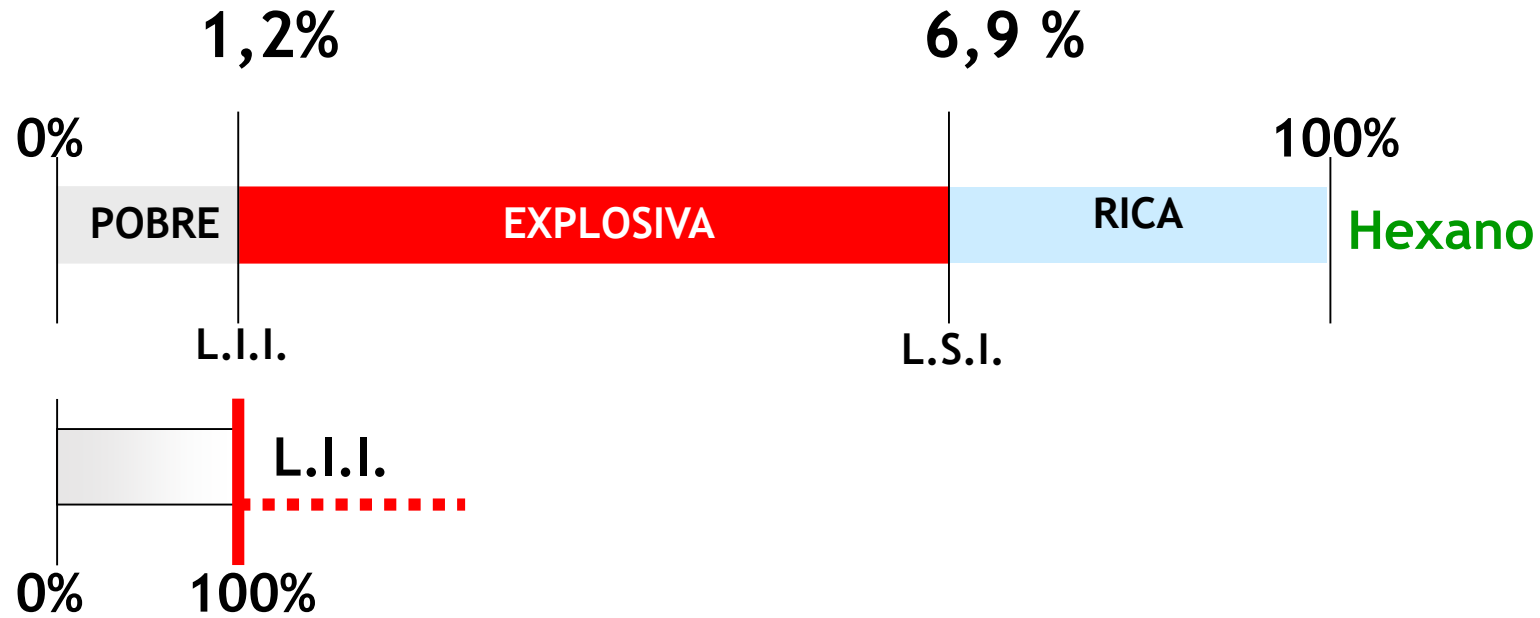
Limites de Inflamabilidade



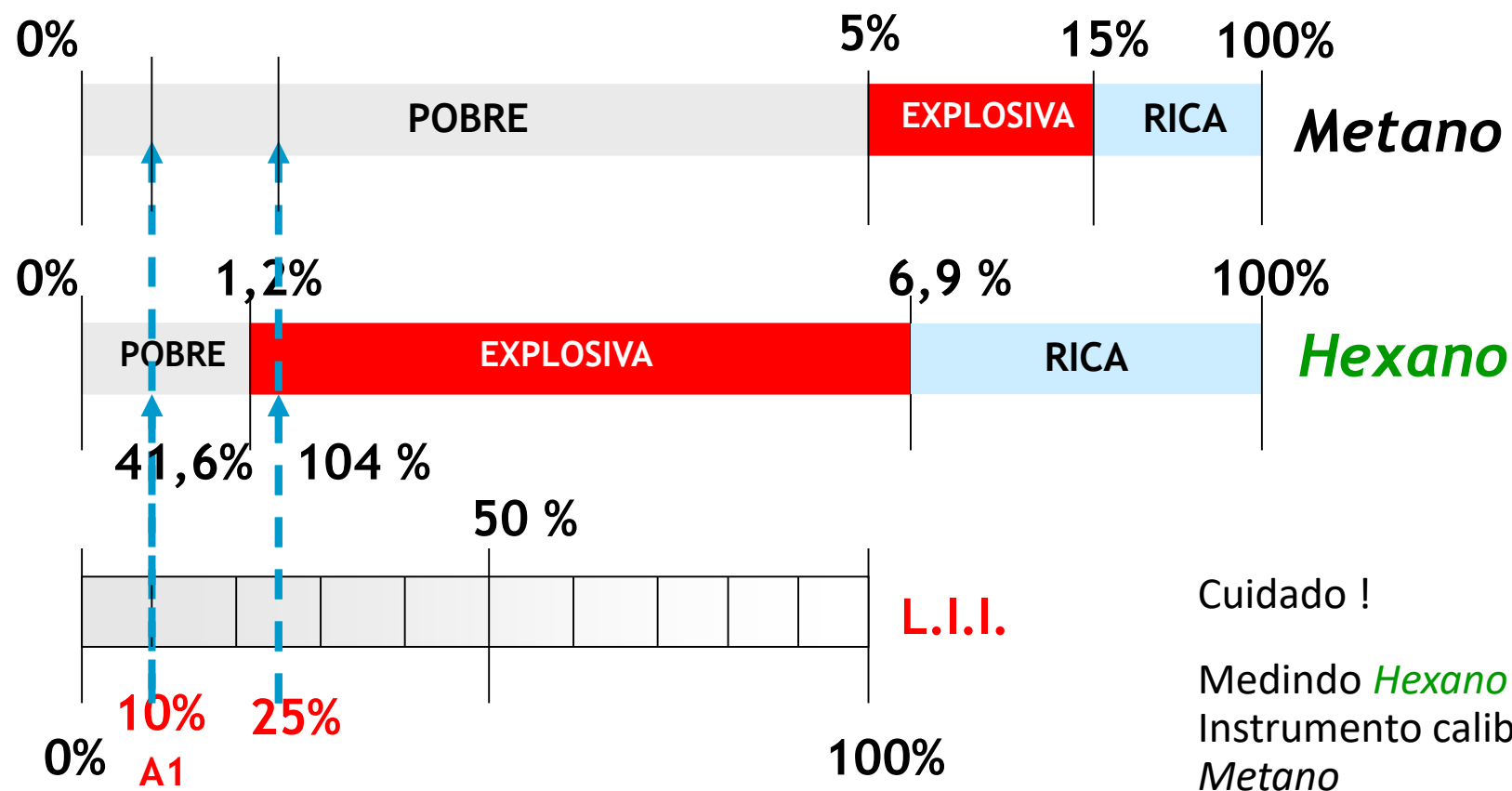
L.I.I. = Limite Inferior de Inflamabilidade

Monitorando Gases e Vapores Inflamáveis

Limites de Inflamabilidade



Correlação com gás de calibração Metano x Hexano



Cuidado !

Medindo *Hexano* com um Instrumento calibrado para *Metano*



Exercício correlação x gás de calibração:

$\text{CH}_4 = 5\% \text{ VOL}$

$\text{QAV} = 0,7\% \text{ VOL}$

Fator correlação: 7,14

$10\% \times 7,14 = 71,40\%$

A1: $5\% = 35,7\%$

A2: $10\% = 71,4\%$

Pentano = $1,4\% \text{ VOL}$

$\text{QAV} = 0,7\% \text{ VOL}$

Fator correlação = 2

A1: $10\% \times 2 = 20\%$

A2: $20\% \times 2 = 40\%$

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS MAIS COMUNS

Substância	Densidade de Vapor (AR=1)	Ponto de Fulgor (°C)	Limites de Inflamabilidade (% Volume)		Temperatura de Ignição (°C)	Classe de Temperatura	Grupo
			Inferior	Superior			
Acetaldeído	1,52	- 38,00	4,00	60,00	204,00	T3	IIA
Acetato de Amila	4,48	25,00	1,00	7,10	375,00	T2	IIA
Acetato de Butila	4,01	22,00	1,40	8,00	370,00	T2	IIA
Acetato de Etila	3,04	- 4,00	2,10	11,50	460,00	T1	IIA
Acetato de Isobutil	4,00	18,00	2,40	10,50	420,00	T2	---
Acetato de Metila	2,56	- 10,00	3,10	16,00	475,00	T1	IIA
Acetato de Vinila	2,97	< 0,00	2,60	13,40	385,00	T2	---
Acetilacetona	3,50	34,00	1,70	---	340,00	T2	IIA
Acetileno	0,90	---	2,30	100,00	305,00	T2	IIC
Acetoacetato de Metila	4,00	67,00	---	---	280,00	T3	IIA
Acetona	2,00	- 19,00	2,50	13,00	535,00	T1	IIA
Acido Acético	2,07	40,00	4,00	17,00	464,00	T1	IIA
Acrilato de Etila	3,45	9,00	1,80	---	---	---	IIB
Acrilato de Metila	3,00	- 3,00	2,80	25,00	---	---	IIB
Acrilonitrila	1,83	- 5,00	3,00	17,00	480,00	T1	IIB
Acroleína	1,94	< 0,00	2,80	31,00	278,00	T3	---
Álcool Alílico	2,00	21,00	2,50	18,00	378,00	T2	---
Álcool Butílico-N	2,55	29,00	1,40	11,20	340,00	T3	IIA
Álcool Butílico Secundário	2,55	24,00	1,70	9,80	390,00	T2	---
Álcool Butílico Terciário	2,55	11,00	2,30	8,00	408,00	T2	---
Álcool Isoamílico Primário	3,04	43,00	1,20	9,00	343,00	T3	---
Álcool Isobutílico	2,55	27,00	1,68	10,90	427,00	T2	IIA
Álcool Isopropílico	2,10	11,00	2,00	12,00	400,00	T2	IIA
Álcool Tetrahydro-furfúrico	3,52	70,00	1,50	9,70	280,00	T3	IIB
Álcooldiacetona	4,00	58,00	1,80	6,90	640,00	T1	IIA
Aldeído Butírico	2,48	< 0,00	1,40	12,50	230,00	T3	IIA
Aldeído Crotonico	2,41	13,00	2,10	15,50	232,00	T3	---
Alileno	1,38	---	1,70	---	---	---	IIB

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS MAIS COMUNS

Substância	Densidade de Vapor (AR=1)	Ponto de Fulgor (°C)	Limites de Inflamabilidade (% Volume)		Temperatura de Ignição (°C)	Classe de Temperatura	Grupo
			Inferior	Superior			
Amil Metil Cetona	3,94	49,00	---	---	533,00	T1	IIA
Amônia	0,59	---	15,00	28,00	630,00	T1	IIA
Anfetamina	4,67	< 100,00			---	---	IIA
Anilina	3,22	75,00	1,20	8,30	617,00	T1	IIA
Benzaldeído	3,66	65,00	1,40		190,00	T4	IIA
Benzeno	2,70	- 11,00	1,20	8,00	560,00	T1	IIA
Bromobutano	4,72	< 21,00	2,50		265,00	T3	IIA
Bromoetano	3,76	< -20,00	6,70	11,30	510,00	T1	IIA
Butadieno	1,87	---	2,10	12,50	430,00	T2	IIB
Butano	2,05	- 60,00	1,50	8,50	365,00	T2	IIA
Butanol	2,55	29,00	1,70	9,00	340,00	T2	IIA
Buteno	1,94	---	1,60	10,00	440,00	T2	IIB
Butil Metilcetona	3,46	23,00	1,20	8,00	530,00	T1	IIA
Butila Amina	2,52	- 9,00	---	---	312,00	T2	IIA
Butildigol	5,59	78,00	---	---	225,00	T3	IIA
Butiraldeído	2,48	< - 5,00	1,40	12,50	230,00	T3	IIA
Ciclobutano	1,93	---	1,80	---	---	---	IIA
Ciclohexano	2,90	- 18,00	1,20	7,80	259,00	T3	IIA
Ciclohexanol	3,45	68,00	1,20	---	300,00	T2	IIA
Ciclohexanona	3,38	43,00	1,40	9,40	419,00	T2	IIA
Ciclohexeno	2,83	< 20,00	1,20	---	310,00	T2	IIA
Ciclohexilamina	3,42	32,00	---	---	290,00	T3	IIA
Ciclopropano	1,45	---	2,40	10,40	495,00	T1	IIB
Cloreto de Acetila	2,70	4,00	5,00	---	390,00	T2	IIA
Cloreto de Alila	2,64	< - 20,00	3,20	11,20	485,00	T1	IIA
Cloreto de Benzila	4,36	60,00	1,20	---	585,00	T1	IIA
Cloreto de Vinila	2,25	---	3,80	29,30	472,00	T 1	---
Clorobenzeno	3,88	28,00	1,30	7,10	637,00	T1	IIA

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS MAIS COMUNS

Substância	Densidade de Vapor (AR=1)	Ponto de Fulgor (°C)	Limites de Inflamabilidade (% Volume)		Temperatura de Ignição (°C)	Classe de Temperatura	Grupo
			Inferior	Superior			
Clorobutano	3,20	< 0,00	1,80	10,10	460,00	T1	IIA
Cloroetano	2,22		3,60	15,40	510,00	T1	IIA
Cloroetanol	2,78	55,00	5,00	16,00	425,00	T2	IIA
Cloroetano	2,15	--	3,80	29,30	470,00	T1	IIA
Clorometano	1,78	--	10,70	13,40	625,00	T1	--
Cloropropano	2,70	< - 20,00	2,60	11,10	520,00	T1	IIA
Cresol	3,73	81,00	1,10	-	555,00	T1	IIA
Decahidronaftaleno	4,76	54,00	0,70	4,90	260,00	T3	IIA
Di-Isobutileno	3,87	2,00	--	--	305,00	T2	IIA
Diaminoetano	2,07	34,00	--	--	385,00	T2	IIA
Diclorobenzeno	5,07	66,00	2,20	9,20	640,00	T1	IIA
Dicloroetano	3,42	- 10,00	5,60	16,00	440,00	T2	IIA
Dicloroetano	3,55	- 10,00	9,70	12,80	440,00	T2	IIA
Dicloropropano	3,90	15,00	3,40	14,50	555,00	T1	IIA
Dietilamina	2, 53	< - 20,00	1,70	10,10	310,00	T2	IIA
Dietilaminoetanol	4,04	60,00	--	--	---	---	IIA
Dimetilamina	1,55	--	2,80	14,40	400,00	T2	IIA
Dimetilanilina	4,17	63,00	1,20	7,00	370,00	T2	IIA
Dioxano	3,03	11,00	1,90	22,50	379,00	T2	IIB
Dioxolano	2,55	2,00	--	--	---	---	IIB
Dissulfeto de Carbono	2,64	< - 20,00	1,00	60,00	100,00	T5	--
Epoxipropano	2,00	< - 20,00	2,80	37,00	430,00	T2	IIB
Estireno	3,60	30,00	1,10	8,00	490,00	T1	IIA
Etano	1,04		3,00	15,50	515,00	T1	IIA
Etanol	1,59	12,00	3,30	19,00	425,00	T2	IIA
Etanolamina	2,10	85,00	--	--	---	---	IIA
Eteno	0,97	--	2,70	34,00	425,00	T2	IIB
Éter Clorodimetil	---	--	--	--	---	---	IIA

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS MAIS COMUNS

Substância	Densidade de Vapor (AR=1)	Ponto de Fulgor (°C)	Limites de Inflamabilidade (% Volume)		Temperatura de Ignição (°C)	Classe de Temperatura	Grupo
			Inferior	Superior			
Éter Diamílico	5,45	57,00	---	---	170,00	T4	IIA
Éter Dibutílico	4,48	25,00	1,50	7,60	185,00	T4	IIB
Éter Dietílico	2,55	< - 20,00	1,70	36,00	170,00	T4	IIB
Éter Diexílico	6,43	75,00	---	---	185,00	T4	IIA
Éter Dimetílico	1,59	---	3,70	27,00	---	---	IIB
Éter Dipropílico	3,53	< 21,00	---	---	---	---	IIB
Éter Isopropílico	3,53	< 0,00	1,40	21,00	443,00	T2	---
Etil Mercaptan	2,11	< - 20,00	2,80	18,00	295,00	T3	IIA
Etil Metilcetona	2,48	- 1,00	1,80	11,50	505,00	T1	IIA
Etil Metil Éter	2,07	---	2,00	10,10	190,00	T4	IIB
Etilbenzeno	3,66	15,00	1,00	6,70	431,00	T2	IIA
Etildigol	4,62	94,00	---	---	---	---	IIA
Etoxi-etanol	3,10	95,00	1,80	15,70	235,00	T3	IIB
Fenol	3,24	75,00	---	---	605,00	T1	IIA
Formaldeído	1,03	---	7,00	73,00	424,00	T2	IIB
Formidime Tilamida	2,52	58,00	2,20	16,00	440,00	T2	IIA
Formato de Etila	2,55	- 20,00	2,70	16,50	440,00	T2	IIA
Formato de Metila	2,07	< - 20,00	5,00	23,00	450,00	T1	IIA
Gás d'água	---	---	---	---	---	T1	IIC
Gás de Rua (de Carvão)	---	---	---	---	---	T1	IIB
Gasolina (56 a 60 Octanas)	3,40	- 48,00	1,40	7,60	280,00	T3	IIA
Gasolina (100 Octanas}	3,40	- 38,00	1,40	7,40	456,00	T2	IIA
Heptano	3,46	- 4,00	1,10	6,70	215,00	T3	IIA
Hexano	2,79	- 21,00	1,20	7,40	233,00	T3	IIA
Hexanol	3,50	63,00	1,20	---	---	---	IIA
Hidrogênio	0,07	---	4,00	75,60	560,00	T1	IIC
Isopreno	2,35	< 0,00	1,00	7,00	220,00	T3	---
Isopropilnitrato	---	20,00	2,00	100,00	175,00	T4	IIB

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS MAIS COMUNS

Substância	Densidade de Vapor (AR=1)	Ponto de Fulgor (°C)	Limites de Inflamabilidade (% Volume)		Temperatura de Ignição (°C)	Classe de Temperatura	Grupo
			Inferior	Superior			
Metaldeído	6,07	36,00	---	---	---	---	IIA
Metano (Grisú)	0,55	---	5,00	15,00	595,00	T1	I
Metano Industrial	---	---	---	---	---	T1	IIA
Metanol	1,11	11,00	6,70	36,00	455,00	T1	IIA
Metilamina	1,07		5,00	20,70	430,00	T2	IIA
Metilciclohexano	3,38	- 4,00	1,15	6,70	260,00	T3	IIA
Metilciclohexanol	3,93	68,00	---	---	295,00	T3	IIA
Metiletilcetona (Butanona)	2,48	- 1,00	1,80	11,50	505,00	T1	IIA
Metilisobutilcetona	3,45	23,00	1,40	7,50	459,00	T1	---
Metoxietanol	2,63	39,00	2,50	14,00	285,00	T3	IIB
Monóxido de Carbono	0,97	---	12,50	74,20	605,00	T1	IIB
Nafta de Carvão	---	---	---	---	272,00	T3	IIA
Nafta de Petróleo	2,50	< - 17,00	1,10	5,90	288,00	T3	IIA
Naftaleno	4,42	77,00	0,90	5,90	528,00	T1	IIA
Nitrobenzeno	4,25	88,00	1,80	---	480,00	T1	IIA
Nitroetano	2,58	27,00	---	---	410,00	T2	IIB
Nitrometano	2,11	36,00	---	---	415,00	T2	IIA
Nitropropano	3,06	49,00	---	---	420,00	T2	IIB
Nitropropano-2	3,06	39,00	2,60		420,00	T2	---
Nonano	4,43	30,00	0,80	5,60	205,00	T3	IIA
Nonanol	4,97	75,00	0,80	6,10	---	---	IIA
Octaldeído	4,42	52,00	---	---	---	---	IIA
Octano	3,94	12,00	0,80	6,50	210,00	T3	IIA
Octanol	4,50	81,00	---	---	---	---	IIA
Oxalato Dietílico	5,04	76,00	---	---	---	---	IIA
Óxido e Eteno	1,52	---	3,70	100,00	440,00	T2	IIB
Óxido de Mesitila	3,40	31,00	---	---	344,00	T2	---
Óxido de Propileno	2,00	< 0,00	2,10	21,50	430,00	T2	---

Substância	Densidade de Vapor (AR=1)	Ponto de Fulgor (°C)	Limites de Inflamabilidade (% Volume)		Temperatura de Ignição (°C)	Classe de Temperatura	Grupo
			Inferior	Superior			
Paraformaldeído	---	70,00		---	300,00	T2	IIB
Paraldeído	4,56	17,00	---	---	235,00	T3	IIA
Pentano	2,48	< - 20,00	1,40	8,00	285,00	T3	IIA
Pentanol	3,04	34,00	1,20	10,50	300,00	T2	IIA
Petróleo		< - 20,00	---	---	---	---	IIA
Piridina	2,73	17,00	1,80	12,00	550,00	T1	IIA
Propano	1,56	---	2,00	9,50	470,00	T1	IIA
Propanol	2,07	15,00	2,15	13,50	405,00	T2	IIA
Propilmetilcetona	2,97	16,00	1,50	8,20	505,00	T1	IIA
Propilamina	2,04	< - 20,00	2,00	10,40	320,00	T2	IIA
Propileno	1,50	---	2,00	11,70	455,00	T1	IIA
Querosene	---	38,00	0,70	5,00	210,00	T3	IIA
Sulfato Dietílico	5,31	104,00	---	---	---	---	IIA
Sulfato de Hidrogênio	1,19		4,30	15,50	270,00	T3	IIB
Tetrahydrofurano	2,49	17,00	2,00	11,80	260,00	T3	IIB
Tolueno	3,18	6,00	1,20	7,00	535,00	T1	IIA
Toluidina	3,70	85,00	---	---	480,00	T1	IIA
Trietilamina	3,50	< 0,00	1,20	8,00	---	---	IIA
Trietilamina	2,04	---	2,00	11,60	190,00	T4	IIA
Trimetilbenzeno	4,15	---	---	---	470,00	T1	IIA
Trioxano	3,11	45,00	3,60	29,00	410,00	T2	IIB
Turpentina	---	35,00	0,80	---	254,00	T3	IIA
Xileno	3,65	30,00	1,00	6,70	464,00	T1	IIA



Detector de gás:

quantifica uma atmosfera inflamável.

Cromatógrafo:

qualifica e quantifica qual gás inflamável está presente.

Cada substância inflamável possui um ***L.I.I. % de Volume***

- O sensor de gás inflamável do detector deve ser calibrado com um gás padrão, que será a referência do mesmo em % de volume;

Quando um detector for calibrado com gás metano, ***LII = 5,0% VOL*** (por ex.), e encontrar com uma atmosfera com gás hexano, ***LII = 1,2% VOL***, a leitura de **25%** do ***LII*** será, na verdade, de **104%** do ***LII***

(5,0/1,2 = 4,16 como fator de multiplicação);

HIDROCARBONETOS ALCANOS



Número de Carbonos	Hidrocarboneto / LIE
1	Metano – 5% VOL
2	Etano – 3% VOL
3	Propano – 2,1% VOL
4	Butano – 1,5% VOL
5	Pentano – 1,4% VOL
6	Hexano – 1,1% VOL
7	Heptano – 1,0% VOL
8	Octano – 0,8% VOL
9	Nonano – 0,8% VOL
10	Decano – 0,8% VOL

LEI DE LE CHATELIER

“Se for imposta uma alteração, de concentrações ou temperatura, a um sistema químico em equilíbrio, a composição do sistema deslocar-se-á no sentido de contrariar a alteração a que foi sujeita”:

Quando na atmosfera se encontrar a presença de mais de um gás inflamável, identificamos a mesma para obtenção dos Limites (inferior + superior) da atmosfera inflamável MISTA.



$$LII = \frac{P1 + P2 + P3}{\frac{P1}{LII1} + \frac{P2}{LII2} + \frac{P3}{LII3}} \quad (\% \text{ Vol})$$

$$LSI = \frac{P1 + P2 + P3}{\frac{P1}{LSI1} + \frac{P2}{LSI2} + \frac{P3}{LSI3}} \quad (\% \text{ Vol})$$

Sendo:
Pn a fração
de uma mistura

LEI DE LE CHATELIER:



Caso você obtenha de uma análise por cromatografia os valores:

- 1) Hexano 60%, LII = 1,2 Vol
- 2) Propano 20%, LII = 2,0 Vol
- 3) Butano 20%, LII = 1,5 Vol

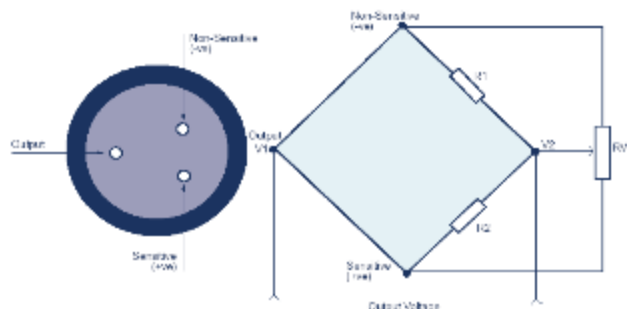
Então, aplicando-se a fórmula, teremos o novo LII na atmosfera acima:

$$LII = \frac{60}{60/1,2} + \frac{20}{20/2,0} + \frac{20}{20/1,5} = 1,36 \% Vol$$

Conversão de medidas



CONCENTRAÇÃO EM % VOLUME OU MOL	CONCENTRAÇÃO EM % LIE	CONCENTRAÇÃO EM PPM
0,6	12	6.000
1,0	20	10.000
1,5	30	15.000
2,0	40	20.000
2,5	50	25.000
3,0	60	30.000
3,5	70	35.000
4,0	80	40.000
4,5	90	45.000
5,0	100	50.000



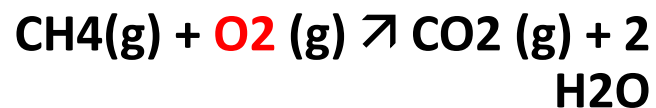
Sensor para medição de inflamáveis

(Princípios de Medição)

Catalítico

Se utiliza do *princípio de combustão*.

Reação de combustão



Por funcionar pelo princípio de combustão, é necessário que exista o *oxigênio* para seu funcionamento. Em atmosferas inertes - **Sem Oxigênio - não há medição**

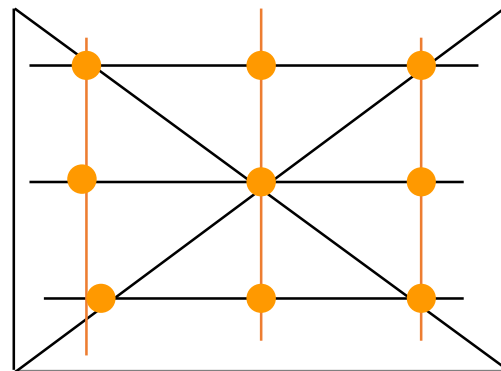
Dentro de uma pequena câmara porosa, um filamento metálico é embebido com *catalizador*. A combustão acontece quando o gás inflamável encontra este filamento, que está energizado. A temperatura é elevada a aprox. 400 graus dentro da câmara. A elevação da temperatura, altera a resistência de um dos elementos, desequilibrando a ponte de Wheatstone. Proporcionalmente a corrente deste circuito é alterada. Este sinal elétrico é tratado de forma que seja feita a medida de *0 a 100% L.L.I.*

Interferência entre sensores em detectores de gás

*Ex: Interferência do sensor de monóxido de carbono na presença de outros gases:
(cada fabricante deverá fornecer estes dados)*

Cross Sensitivity Table			
Gas Type	Concentration (ppm)	Exposure (mins)	Reading (ppm CO)
Acetone	1000	5	0
Acetylene	40	5	80
Ammonia	100	5	0
Carbon monoxide	100	5	100
Chlorine	2	5	0
Ethanol	2000	30	3
Ethylene	100	5	85
Hydrogen	100	5	20
Hydrogen sulphide	25	5	0
Iso-Propanol	200	120	0
Nitric Oxide	50	5	8
Nitrogen dioxide	800	30	20
Sulfur dioxide	50	600	0.5

Medir em diferentes níveis de altura, devido a densidade dos gases que poderão estar no interior do E.C.



Densidades relativas:

$$\text{H}_2 = 0,07$$

$$\text{CH}_4 = 0,55$$

$$\text{CO} = 0,97$$

$$\text{Ar} = 1,00$$

$$\text{H}_2\text{S} = 1,19$$

$$\text{Gasolina} = 3,40$$

AMOSTRAGEM EM ZONA 0 (área onde uma mistura explosiva ar/gás *está continuamente* ou presente por longos períodos)



**PAULA
SCARDINO**
SEGURANÇA DO TRABALHO



✓ **Em zona 0** somente poderemos utilizar instrumentos que na sua totalidade sejam classificados e certificados por OCC do Inmetro, como sendo intrinsecamente seguro **Ex ia ou Ex d ia se EPL for = Ga.**

✓ **Importante:** Caso o instrumento não seja apropriado para zona especificada, deveremos **fazer uso de sistema de amostragem, tipo bomba (elétrica ou manual)** succionando a amostra para o equipamento que deverá estar localizado no lado externo do espaço onde exista a atmosfera potencialmente explosiva.



Análise de FISPQ's – Produtos normalmente utilizados – Programa de Proteção Respiratória PPR aplicáveis à EC's

FISPQ tintas na obra

Alguns componentes que requerem proteção respiratória: metilcetona, butano, cicloexano, acetato de etilo, metilpentano, xileno, benzeno etílico, fenol, tricloroetileno (cancerígeno), diclorometano (cancerígeno) hidrocarbonetos, nafta... x PPR x Fit Test

Controle de atmosfera explosiva:

Análise por amostragem das FISPQs encontradas na obra:

- ✚ Ponto de fulgor: variando de -12°C / (BR1065), -4°C (fourthane vermelho)....
- ✚ LIE (LEL): menor 1,1% fator de multiplicação de 4,54 para instrumentos Honeywell ou calibrados com CH_4 . $10\% = 45,40\%$
Atenção!!!!
- ✚ Temperatura de Ignição: menor 200°C
- ✚ Densidade: na maioria, mais pesados que o ar ($\text{ar}=1$)

Acetileno – C_2H_2

Asfixiante Simples, irritante, anestésico



•Aparência:

•**Cheira à ALHO** e é dificilmente detectado pelo olfato em baixas concentrações.

Efeitos:

Concentrações moderadas podem causar dor de cabeça, sonolência, vertigem, náusea, vômito, excitação, excesso de salivação e inconsciência. O vapor liberado pelo líquido pode também causar a falta de coordenação e dores abdominais. Este efeito pode ser retardado. A falta de oxigênio pode levar a morte.

Onde encontramos:

☑ Indicado para os processos Oxicombustíveis:
Corte, Solda, Brasagem, Aquecimento, Goivagem, Flamagem de Plásticos, Têmpera Superficial, Geração de Fuligem e Metalização com Pó.



**PAULA
SCARDINO**
SEGURANÇA DO TRABALHO

Limites de inflamabilidade no ar:

LSI: 100 %

LII: 2,3 %

Temperatura de Autoignição

305 °C

Ponto de fulgor

Não pertinente

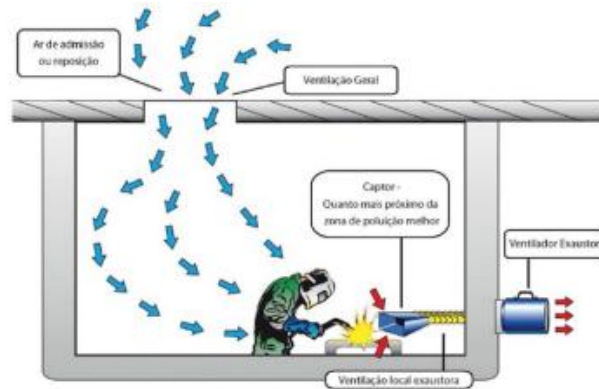
Densidade relativa do vapor

0,90

Solda e Corte



PAULA
SCARDINO
SEGURANÇA DO TRABALHO



Operações de solda e corte podem produzir *fumos metálicos* ou gases como *Monóxido de Carbono (CO)*, *Ozônio (O₃)* e *Óxidos Nítricos (NO_x)*.

Estes contaminantes podem trazer danos ao trabalhador, e podem ser facilmente controlados por uma *exaustão local*, capturando-os próximo à fonte geradora.

Gases Tóxicos (LT, IPVS)



**PAULA
SCARDINO**
SEGURANÇA DO TRABALHO



Deve-se manter a exposição do trabalhador abaixo do Limite de Tolerância (publicado na NR-15 do MTbE ou em recomendação mais restritiva – ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*).

Comparar LT's da NR-15 e ACGIH e adotar o mais restritivo.

Buscar informação na FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico

IPVS: Condição imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde)



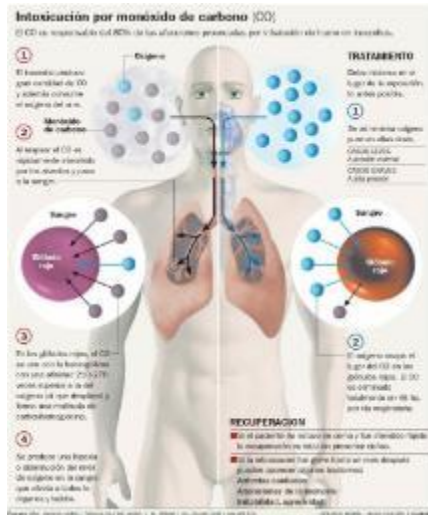
Qualquer condição que cause uma **ameaça imediata à vida** ou que possa **causar efeitos adversos irreversíveis** à saúde (*instantânea ou retardada, ou exposições agudas aos olhos que impeçam a fuga da atmosfera perigosa*) ou que **interfira com a habilidade dos indivíduos para escapar de um espaço confinado sem ajuda**.

*Nota: Algumas substâncias podem produzir efeitos transientes imediatos que, apesar de severos, possam passar sem atenção médica, mas são seguidos de **repentina possibilidade de colapso fatal** após 12 – 72 horas de exposição. A vítima pode não apresentar sintomas de mal-estar durante a recuperação de efeitos transientes, porém está sujeita a sofrer um colapso. Tais substâncias em concentrações perigosas são consideradas como sendo “imediatamente” perigosas à vida ou à saúde (ex. fumos de cádmio).*

IPVS = IDLH – Immediately Dangerous to Health and Life

CO

Monóxido de Carbono Gás Tóxico, Asfixiante Bioquímico e Inflamável Não apresenta odor nem cor



É absorvido pelo pulmão até **100 vezes mais rápido** que o Oxigênio.

IPVS = 1200 ppm

Limite de Tolerância (Brasil) = 39 ppm;
















TLV(EUA) = 25 ppm

Efeitos do CO (concentração x tempo de exposição):

- ✓ Ligeira dor de cabeça, desconforto (200ppm x 3hs)
- ✓ Dor de cabeça, desconforto (600ppm x 1 h)
- ✓ Confusão, dor de cabeça (1000 a 2.000 ppm x 2 hs)
- ✓ Tendência a cambalear (1.000 a 2.000 ppm x 1,5 hs)
- ✓ Palpitação leve (1.000 a 2.000 ppm x 30 minutos);
- ✓ Inconsciência (2.000 a 5.000 ppm);
- ✓ *Fatal (10.000 ppm).*

Limites de inflamabilidade no ar:
Limite Superior: 75 %
Limite Inferior: 12 %

Crenças sem sentido . . .

Monóxido de Carbono partes por milhão	Efeitos de Exposição a CO em homens e canários					
	5	10	20	40	80	160
2500 (0.25%)						
2000 (0.20%)						
1500 (0.15%)						
1000 (0.10%)						
500 (0.05%)						
	5	10	20	40	80	160



Gás Sulfídrico ou Sulfeto de Hidrogênio Gás Tóxico, Asfixiante Bioquímico e Inflamável

Considerado um dos piores agentes ambientais agressivos ao ser humano. **Em concentrações médias, inibe o olfato.**

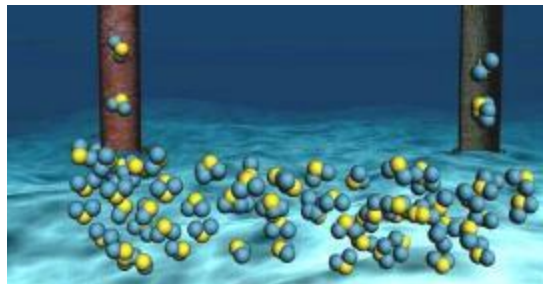
IPVS = 100 ppm

Limite de Tolerância (Brasil) LT = 8ppm

TLV (EUA) = 1ppm

Efeitos do H_2S (concentração x tempo de exposição):

- ✓ Nenhum (8 ppm x 8 hs)
- ✓ Irritação moderada nos olhos e garganta (50 a 100 ppm x 1 h)
- ✓ Forte irritação (200 a 300 ppm x 1 h)
- ✓ Inconsciência e **morte por paralisia respiratória** (500 a 700 ppm x 1,5 h)
- ✓ Inconsciência e **morte por paralisia respiratória** (>1000 ppm x minutos).



Limites de inflamabilidade no ar:
Limite Superior: 15%
Limite Inferior: 4,3%

Telas do Multigás



Para todos os sensores:

- **Tela de leitura instantanea**
- **Tela de leitura de pico (“peak”, “high”)**

Para os sensores que medem gases tóxicos em ppm:

- **Tela STEL – Short Time Exposure Limit – Limite de Exposição a curto prazo (15 minutos)**
- **Tela TWA – Time weighted average – Média ponderada através do tempo (8 horas) ou**
- **Tela LTEL – Long Time Exposure Limit – Limite de Exposição a longo prazo (8 horas)**

Os **gases tóxicos** podem causar vários efeitos prejudiciais à saúde humana.

Os efeitos dos gases tóxicos no organismo humano dependem diretamente

da concentração (**Risco Imediato**)

e do tempo de exposição –TWA (**Efeito Cumulativo**).

Programação nos detectores de gases LT atualizada

Como são feitos os cálculos STEL e TWA em um instrumento?



STEL

Exposição de 15 minutos a 35 ppm:

$$\frac{(15 \text{ minutos} \times 35 \text{ ppm})}{15 \text{ minutos}} = 35 \text{ ppm}$$

Exposição de 10 minutos a 35 ppm e exposição de 5 minutos a 5 ppm:

$$\frac{(10 \text{ minutos} \times 35 \text{ ppm}) + (5 \text{ minutos} \times 5 \text{ ppm})}{15 \text{ minutos}} = 25 \text{ ppm}$$

TWA

Exposição de 1 hora a 50 ppm:

$$\frac{(1 \text{ hora} \times 50 \text{ ppm}) + (7 \text{ horas} \times 0 \text{ ppm})}{8 \text{ horas}} = 6,25 \text{ ppm}$$

Exposição de 4 horas a 50 ppm e exposição de 4 horas a 100 ppm:

$$\frac{(4 \text{ horas} \times 50 \text{ ppm}) + (4 \text{ horas} \times 100 \text{ ppm})}{8 \text{ horas}} = 75 \text{ ppm}$$

Exposição de 12 horas a 100 ppm:

$$\frac{(12 \text{ horas} \times 100 \text{ ppm})}{8 \text{ horas}} = 150 \text{ ppm}$$

PADRÃO DE ALARMES PARA DETECTORES PORTÁTEIS PARA JORNADA DE TRABALHO 40 HS

SENSOR DE OXIGÊNIO

DEFICIÊNCIA: 19,5% VOL

EXCESSO: 23% VOL

SENSOR PARA INFLAMÁVEIS CALIBRADOS COM METANO

ALARME 1: 5% LIE OU LEL

ALARME 2: 10% LIE OU LEL

SENSOR PARA INFLAMÁVEIS CALIBRADO COM METANO SIMULADOS COM PENTANO

ALARME 1: 10% LIE OU LEL

ALARME 2: 20% LIE OU LEL

SENSOR DE CO - MONÓXIDO DE CARBONO

ALARME 1: 58 ppm

ALARME 2: 100 ppm

STEL: 125 ppm

TWA: 25 ppm

SENSOR DE H₂S - GAS SULFÍDRICO OU SULFETO DE HIDROGÊNIO

ALARME 1: 8 ppm

ALARME 2: 10 ppm

STEL: 5 ppm

TWA: 1 ppm

Fonte:

NBR 16.577, item 3.7, e): limite de tolerância - definido como a concentração atmosférica de qualquer substância cujo valor máximo está determinado na NR-15 do Ministério do Trabalho ou em recomendação mais restritiva (ACGIH), e que possa resultar na exposição do trabalhador acima do limite de tolerância.

Sensores:

CO: NR-15 = 39 ppm / ACGIH 2017: 25 ppm (mais restritivo ACGIH, que refere a jornada de 40 horas)

H2S: NR-15 = 8 ppm / ACGIH 2017: 1 ppm (mais restritivo ACGIH, que refere a jornada de 40 horas)

- Valores finais para programação de alarme TWA para sensores de gases tóxicos CO, H2S



Engolfamento / Envolvimento



Condição em que uma **substância sólida ou líquida**, finamente dividida e flutuante na atmosfera, possa envolver uma pessoa e no processo de inalação, possa causar inconsciência ou **morte por asfixia**.





**PAULA
SCARDINO**
SEGURANÇA DO TRABALHO



Bibliografia



**PAULA
SCARDINO**
SEGURANÇA DO TRABALHO



❖ NR - 33

❖ NBR 14787 e NBR 16577 da ABNT

❖ Manual de Instalações Elétricas em Indústrias Químicas, Petroquímicas e de Petróleo - Atmosferas Explosivas

Autor: Engº Dácio de Miranda Jordão - 3ª Edição

Editora Qualitymark - Tel.: 21-3860- 8422

Site: www.qualitymark.com.br

❖ Manual de Proteção Respiratória

Autores: Maurício Torloni e Antonio Vladimir Vieira

Site: www.abho.com.br

❖ TLV's e BEIs – Limites de Exposição para substâncias químicas, agentes físicos

Site: www.abho.com.br

❖ Limites de tolerância atualizados, fichas técnicas de substâncias: www.cetesb.sp.gov.br emergências químicas – manual de produtos químicos perigosos.