



SÃO PAULO

FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA  
REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA

## SISTEMA DE SEGURANÇA PARA AMBIENTES COM ATMOSFERA EXPLOSIVA

### SAFETY SYSTEM FOR ENVIRONMENTS WITH EXPLOSIVE ATMOSPHERE

Daniel Mendes de Carvalho<sup>1, i</sup>

Flavio da Cruz<sup>2, ii</sup>

#### RESUMO

Com a atual evolução tecnológica se faz necessário técnicas de segurança de equipamentos laboratoriais dentro de ambientes industriais, pois possíveis vazamentos de gases podem tornar esses locais de risco iminente e uma grande ameaça à saúde e ao meio ambiente. O objetivo principal dessa análise é estabelecer uma forma de classificar o ambiente que permite identificar uma atmosfera explosiva e tratar as variáveis de risco por meio da automação entre detectores de gases, qual o tipo de célula a ser utilizado em um ambiente que possa ter a presença de hidrogênio, exaustão e quantidade de ar necessária para manter o ambiente com baixo nível de concentração de gás e manter as características de um ambiente seguro. Foi realizado para este trabalho um estudo com cenário específico de um laboratório de análise de hidrogênio para ter compreensão dos dados a serem medidos e mitigados em caso de vazamento, qual tempo necessário para tomar devidas medidas de segurança, e foi desenvolvido um diagrama de instrumentação de toda a malha de controle. A utilização do controlador lógico programável se fez necessário para monitorar e atuar em possíveis vazamento no local, onde possui equipamento de análise como cromatografia gasosa e painéis de amostragem de gases.

Palavras-chave: Cromatografia Gasosa. Atmosfera Explosiva. Hidrogênio.

#### ABSTRACT

Due to the technology evolution, security techniques regarding laboratory equipment inside industrial environments are necessary, since the possibility of gas leaks can turn these places into great threats to the environment and human health. The main objective of this analysis is to establish a way to classify the workplace according to the risk that those might contain an explosive atmosphere, and treat the risk variables using automation between gas detectors. These variables could be the cell to use into those detectors within an environment that could possibly have gaseous hydrogen, the exhaust system and quantity of air that has to be removed by it to keep the environment at low gas concentration and therefore, at safe condition. For that objective, a study was conducted using a hydrogen analysis laboratory as a test area, to have full comprehension of the data that had to be measured and risks to be mitigated in case of a leak and how much time is needed to take

<sup>1</sup> Pós-Graduando em Redes Industriais de Comunicação e Controle. E-mail: dmc.mcarvalho@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Me da Faculdade Senai de Tecnologia Mecatrônica Mestre em Engenharia Mecânica. E-mail: flavio.dacruz@sp.senai.br

the appropriate safety measures. An instrumentation diagram was developed containing the entire control network. The utilization of a programmable logic controller is necessary for monitoring and action in possible leak scenarios, where analysis equipment such as gaseous chromatographs and gas sample panels could be located.

Keywords: Gaseous Chromatography. Explosive Atmosphere. Hydrogen.

Data de submissão: 25/05/2018

Data de aprovação: 06/09/2018

## **1 INTRODUÇÃO**

É cada vez maior a notoriedade nas empresas de segmento industrial, que abrange um cenário de risco em uma atmosfera explosiva. Adotam-se técnicas de segurança para conter tais riscos nas suas instalações elétricas, existem várias ferramentas de que podem diagnosticar perigo de operabilidade e apontar possíveis causas de segurança.

O cromatógrafo gasoso trata-se de um equipamento que por meio da técnica que separa a análise de uma mistura de substâncias voláteis, por meio da separação de ionização de chama em dependências químicas. Geralmente usa-se o gás hidrogênio para oxidar moléculas orgânicas, para gerar um sinal elétrico no equipamento e em caso de vazamento ativar um sistema de emergência.

O fato do Hidrogênio ser um gás inflamável, não tóxico, incolor, inodoro e insípido evidencia risco de vazamento de gás inflamável, implicando em uma atmosfera explosiva que deve ser analisada e quantificada em reação ao local do equipamento.

Todo os equipamentos elétricos instalados no local do Cromatógrafo Gasoso devem atender o grau de risco de uma atmosfera explosiva, já que são fontes de risco em potencial, sendo assim a seleção, montagem, instalação, manutenção procedimentos operacionais devem ser feitos de modo que possam assegurar total segurança ocupacional e operacional.

Tais necessidades de segurança devem ser tomadas e aplicadas no local que está instalado o equipamento analítico, através do método de ionização de chama.

Como reduzir o perigo desse ambiente tornando o local com o menor risco possível de uma atmosfera explosiva?

## **2 SISTEMA DE SEGURANÇA PARA AMBIENTES COM ATMOSFERA EXPLOSIVA**

Para criarmos um sistema de segurança para ambientes com atmosfera explosiva devemos conhecer todos os riscos, área de abrangência e qual categoria que se encaixam os equipamentos, esse procedimento posteriormente será mostrado.

A norma regulamentadora NR 10 de 7 de setembro de 2004 do ministério do Trabalho e emprego, contempla obrigação a segurança das pessoas nas áreas em que haja possibilidade de explosão.

Deve ser ressaltado que somente a certificação dos equipamentos que funcionem dentro de um ambiente que possua uma atmosfera explosiva não atendem as exigências legais.

As explosões nas áreas com presença de atmosfera explosiva podem acontecer por meio de uma fonte ignição, eletrostática, calor entre outras energias.

Por esses motivos, as avaliações de riscos são necessárias a todos os equipamentos que devem ser verificados e analisados por profissionais certificados que tenham a plena capacidade de identificar os riscos enfrentes a uma eventual falha ou mesmo um desvio do processo.

Após ser identificado os tipos de fontes de ignição e grau de risco para gases e vapores podemos mapear as áreas com seu devido risco, segundo a norma ABNT NBR 60079-10 (2), as definições de zoneamento para gases e vapores são classificadas em:

- a) Zona 0 – Local onde a ocorrência de mistura inflamável é contínua ou existe por longos períodos.
- b) Zona 1 – Local onde a ocorrência de mistura inflamável acontece em condições normais de operação do equipamento.
- c) Zona 2 – Local onde a ocorrência de mistura inflamável é pouco provável de acontecer e se acontecer é por curtos períodos, estando associada à operação anormal do equipamento de processo.

O quadro 1 demonstra as características específicas do Hidrogênio utilizado em cromatografia gasosa.

**Quadro 1 - Características do hidrogênio**

<b>Substância Inflamável</b>	<b>Hidrogênio</b>
Densidade relativa do Ar=1	0,07
Limite de Explosividade Inferior por volume (%)	4,0
Limite de Explosividade Superior por volume (%)	77,0
Temperatura de Autoignição	560°C
Classe de temperatura	T1
Grupo de equipamento	IIC

Fonte: Elaborado pelo autor

## **2.1 Especificações e medidas de segurança: Laboratório de análise de cromatografia gasosa**

O local de estudo analisado nesse trabalho ocupa área pequena da ordem de 3,0 m. por 2,80 m., e altura de 3,50 m., possuindo internamente 3 painéis metálicos de entrada de hidrogênio, além de alguns equipamentos, analisador de oxigênio, analisador de hidrocarbonetos e incluindo cromatógrafo para análise de contaminantes de hidrogênio. Conforme apresentado na figura 1.

**Figura 1 - Laboratório de análise de hidrogênio**

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os painéis de entrada se classificam em eventual ponto de risco, uma vez que o hidrogênio migra por canalizações adequadamente preparadas, a partir de pontos específicos do processo até o interior do laboratório. Conforme apresentado na figura 2.

**Figura 2 - Painel de amostragem de Hidrogênio**

Fonte: Elaborado pelo autor

O Laboratório possui um detector de gás no teto, em e uma das paredes laterais, e o equipamento de detecção atua diretamente junto com o sistema, permitindo que partes elétricas e eletrônica trabalhem conjuntamente para interromper o fluxo do produto, em caso de detecção de vazamentos. Conforme apresentado na figura 3.

**Figura 3 - Detector de Gás de Hidrogênio**

Fonte: Elaborado pelo autor

## 2.2 Riscos gerados

As fontes de risco locais são todas do tipo secundário, ou seja, com probabilidade baixa de ocorrerem e por isso não se esperam tais ocorrências em condições normais de

operação. Possivelmente para esse caso de eventuais vazamentos possivelmente não alcançariam o limite inferior de explosividade. O risco ocorre pelo vazamento do produto inflamável, em contato com o ar e na presença de fagulhas, o que desencadearia a ignição.

### 2.3 Zona de Risco

O local de processamento de análise do hidrogênio é praticamente fechado (há apenas uma porta de acesso).

Vazamentos de hidrogênio podem gerar áreas classificadas de zona 1, ao entorno próximo aos pontos de conexão com os painéis, na forma de um cilindro, com raio de 1,5 metros ao redor do ponto crítico (área de conexão da linha de sucção com o ponto de abertura para conexão do cilindro) e altura de 5 m., A partir desse ponto crítico, até a conexão até o piso do local.

Como o local é fechado, devemos esperar uma outra zona de risco 2, constituída por um outro cilindro que se sobrepõem ao primeiro, com raio de 3,0 m. com centro no mesmo ponto da esfera anterior, e altura compatível com a cota do ponto crítico, tanto para cima, e para baixo, limitado ao espaço disponível no local. Pontos comuns aos dois cilindros virtuais são classificados em zona 1.

Segundo Rodrigues (2016) a cromatografia gasosa é:

[...] um método físico de separação dos componentes de uma mistura através de uma fase gasosa móvel (gás inerte) sobre um solvente estacionário. A cromatografia gasosa é utilizada para a separação de compostos voláteis, isto é, os analitos (soluções a serem analisadas) a serem separados devem apresentar uma razoável pressão de vapor à temperatura de separação, uma vez que a coluna é colocada dentro de um forno, o que exige estabilidade térmica da amostra. Durante a análise, a temperatura da coluna pode permanecer constante ou sofrer uma variação que pode alcançar cerca de 300°C, para que solutos de baixo ponto de ebulição possam ser eluídos. Dessa forma, quanto maior for o caráter iônico do composto, menor será sua volatilidade o que reduzirá também a possibilidade de separação via CG. Por outro lado, na cromatografia líquida separam-se compostos polares e não polares nos quais a pouca volatilidade não é inconveniente limitante. (RODRIGUES, 2013).

### 2.4 Detecção de gases em ambientes fechados

Quando existe um gás, como o Hidrogênio dentro de um ambiente fechado, devemos conhecer todos os seus riscos e particularidades para dimensionar os equipamentos para sua detecção e exaustão.

Existem uma variedade de sensores utilizados nas indústrias atuais, o que torna a escolha uma árdua tarefa, que exige um profundo conhecimento e uma clara distinção entre os métodos de detecção.

O princípio de funcionamento do sensor catalítico baseia-se em calor de reação, através de um disco de metal sinterizado que atua diretamente sobre o sensor, onde os gases combustíveis são queimados (oxidados) cataliticamente no elemento detector, onde se encontra uma alta temperatura.

A combustão interna, provém do oxigênio do ar ambiente, O calor desta combustão aquece o filamento detector dando início a alteração de um sinal elétrico do próprio elemento e conseqüentemente ao desequilíbrio da ponte de resistências. (Ponte de

Wheatstone), fazendo com que circule uma corrente elétrica pelo aparelho de medição é criado pela reação do gás, sendo proporcional à concentração dos gases combustíveis.

A proteção do detector de gás deve conter um elemento filtrante como uma barreira corta chamas, impossibilitando a oxidação (Combustão) que acontece dentro do equipamento de medição junto ao sensor catalítico, não se propague para a atmosfera exterior, evitando uma explosão. O sensor do método catalítico e o detector deve possuir uma proteção contra explosões tipo intrínseca para uso em Hidrogênio categoria IIC T6.

Um grande problema que se coloca nesse método de análise de sensibilidade cruzada, o sensor catalítico pode sofrer influências de condições de temperaturas, humidade ou condutibilidade térmica do ambiente ou mesmo de outros gases e vapores inflamáveis, contaminando o sensor por uma possível contaminação. A recomendação para uso de detecção é que o ambiente não atinja a insuficiência menor do que 11% de oxigênio.

Dentro do local cujos equipamentos analíticos estão instalados foi instalado um detector de gás Hidrogênio numa altura de 2 metros já que o Hidrogênio é um gás mais leve do que ar, tendendo a subir para o teto do local.

Explosividade de uma mistura de Hidrogênio no valor inferior (LIE) é de 4,0% e 75% no valor superior (LSE). Portanto se o valor abaixo desse limite não há combustível (Gás) suficiente para manter e propagar a combustão, caso o nível de concentração fique superior aos 75% não existirá ar suficiente para manter ou mesmo propagar uma combustão.

Na aplicação de detecção do gás Hidrogênio, o primeiro alarme está programado para atuar quando a concentração estiver em 4%, atuando no fechamento das válvulas de amostragem e combustível gasoso do cromatógrafo e aumentando a troca de ar da sala.

## 2.5 Exaustão de ar em atmosfera de locais fechados

Troca de ar de um ambiente é caracterizada pelo processo de retirar ou colocar ar dentro de um local por meios mecânicos ou naturais em um recinto fechado.

Para que possamos entender a complexidade do cenário em uma atmosfera explosiva temos que conhecer bem todas as variáveis atmosféricas que possam acarretar na substituição do ar, sem que ocorra um eventual risco.

Devido ao risco da operação de troca de ar as medidas de segurança estão sendo aplicadas no mesmo critério de um espaço confinado em relação a troca de ar.

Segundo a NR 33 para que o local seja considerado espaço confinado, é necessário que existam os três critérios simultaneamente no quadro 2 é apresentado critérios de um análise que possa ser um espaço confinado.

**Quadro 2 - Critérios de espaço confinado**

Local	Laboratório de Análise
Não foi projetado para ocupação humana	Falso
Entrada e Saída Limitada	Verdadeiro
Ventilação Precária	Verdadeiro
Espaço confinado	Falso

Fonte: Elaborado pelo autor.

A equipe multidisciplinar deve possuir todos os dados de todos os equipamentos que façam parte do cenário que trabalhe diretamente com cromatografia gasosa por meio de chama. Sendo assim o primeiro dado a ser levantado é o volume da sala do qual o equipamento está em trabalhando.

Nessa solução será utilizado ventilação mecânica tipo exaustor turbo axial com pá de poliamida para que não ocorra atrito no ar, eliminando assim uma nova variável de risco em caso de vazamento, mais um motor a prova de explosão atendendo a categoria IIC para uso em Hidrogênio. Conforme apresentado na figura 4 a seguir.

**Figura 4 - Exaustor para atmosfera explosiva**



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 2.6 Especificações do cenário: Laboratório de Análise de Hidrogênio

No quadro 3 é apresentado especificações do cenário como vazão, quantidade de trocas necessárias para realização do cálculo de vazão.

**Quadro 3 - Especificações do Cenário**

Cenário	
Local	Laboratório de Análise
Volume local:	36m <sup>3</sup>
Quantidade de trocas:	25
Nível de Explosividade inferior LEL do Hidrogênio	4%
Quantidade de Produto em caso de vazamento. (Alcançado nível de explosividade).	1.44 m <sup>3</sup>
Vazão do Exaustor em 25 trocas em 1 hora	900 m <sup>3</sup>
Vazão do Exaustor por minuto	15 m <sup>3</sup>
Hidrogênio de Alimentação do Equipamento Rosemount (FID)	1000 ml/minuto (Gás)

Fonte: Elaborado pelo autor.

O volume do laboratório onde o cromatógrafo gasoso está instalado é de: 36m<sup>3</sup>.

Em ambientes onde não foi construído para entrada do ser humano como os poços de mineração, tanques e qualquer atividade nível subsolo utiliza-se técnicas de troca de ar desse ambiente de um espaço confinado, conforme NR 33 a troca de ar desse local é de

aproximadamente 15 vezes por hora, para ter um local em condições normais a níveis permitidos de oxigênio, posteriormente a troca de ar deve ser realizada uma verificação de todos os gases possíveis para posteriormente liberar a entrada.

Para determinar a quantidade de volume de ar de troca do laboratório, ou seja, a fórmula será de:

$$Q = N \times V$$

Onde:

$Q =$  Vazão do Exaustor

$N =$  Número de trocas por hora

$V =$  Volume do ambiente

Na aplicação apresentada o volume do ambiente é de  $36 \text{ m}^3$  e a quantidade de trocas de ar foi estipulada em 25 trocas por hora conforme quadro 3.

$$25 \times 36 \text{ m}^3 = 900 \text{ m}^3$$

O nível de inflamabilidade inferior do gás Hidrogênio é de 4% do volume do local (Cenário) que é de  $36 \text{ m}^3$ , para que ocorra um eventual risco de segurança temos que ter um preenchimento de  $1.44 \text{ m}^3$  dentro do ambiente para se tornar uma área de risco, atingindo o primeiro nível de alarme.

Conforme quadro 3 o cromatógrafo gasoso em operação necessita de  $1000 \text{ ml/minuto}$  de hidrogênio para estar em sua condição normal de operação, sendo assim, vamos usar esse dado de vazão para um eventual vazamento nesse cenário.

Caso ocorra um vazamento de hidrogênio no ambiente numa média de  $1.000 \text{ ml/minuto}$  será alcançado o nível de inflamabilidade inferior de explosividade, ocupando o volume inferior de 4% do laboratório que é de  $1.44 \text{ m}^3$ . Em vinte e quatro horas esse local se tornará uma atmosfera explosiva, temos combustível e comburente faltando somente a ignição.

Tendo a exaustão correta na aplicação em vazamento desse equipamento a troca será favorável já que a vazão mínima será mitigada pela troca por minuto, ou seja, conforme a formula apresentada (1).

Vazão do Exaustor:

$$\frac{900 \text{ m}^3}{15 \text{ m}^3} = \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ minuto}} \quad (1)$$

A troca do equipamento em condição normal sem alteração do valor de vazão é de  $15 \text{ m}^3$ . Já o possível vazamento é de  $1000 \text{ ml/minuto}$ . Está mais do que dimensionado para um eventual risco de vazamento.

Por isso a importância de um dimensionamento correto dos equipamentos destinados para essa área e a substituição da troca de ar tem a suma importância de retirar uma variável o combustível.

### 3 TUBULAÇÕES DE EQUIPAMENTOS ANALÍTICOS PARA SISTEMA DE AMOSTRAGEM

A primeira coisa a ser considerada no projeto é a tubulação do sistema de amostragem, a tubulação deve possuir um bom nível de qualidade, devido contaminações

de gases que possam penetrar na própria estrutura do tubo ou mesmo vazamentos entre conexões que possam existir, contaminando a amostra de um gás ou mesmo gerando um novo risco de vazamento.

O risco entre conexões e reduções entre linhas faz uso de uma prática utilizada em aplicações de gases especiais que é a solda orbital, em função da alta sensibilidade requerida pelos equipamentos analíticos como estabilidade de pressão, vazão / fluxo de gás e níveis controlados de impurezas e contaminantes. O principal objetivo da solda orbital é manter estanqueidade da tubulação, facilitando a limpeza do trecho de tubulação e purga das linhas.

### 3.1 Saída de ventilação e purga do equipamento

A purga do cromatógrafo gasoso deve ser conduzida e ventilada para o ambiente externo e um local seguro.

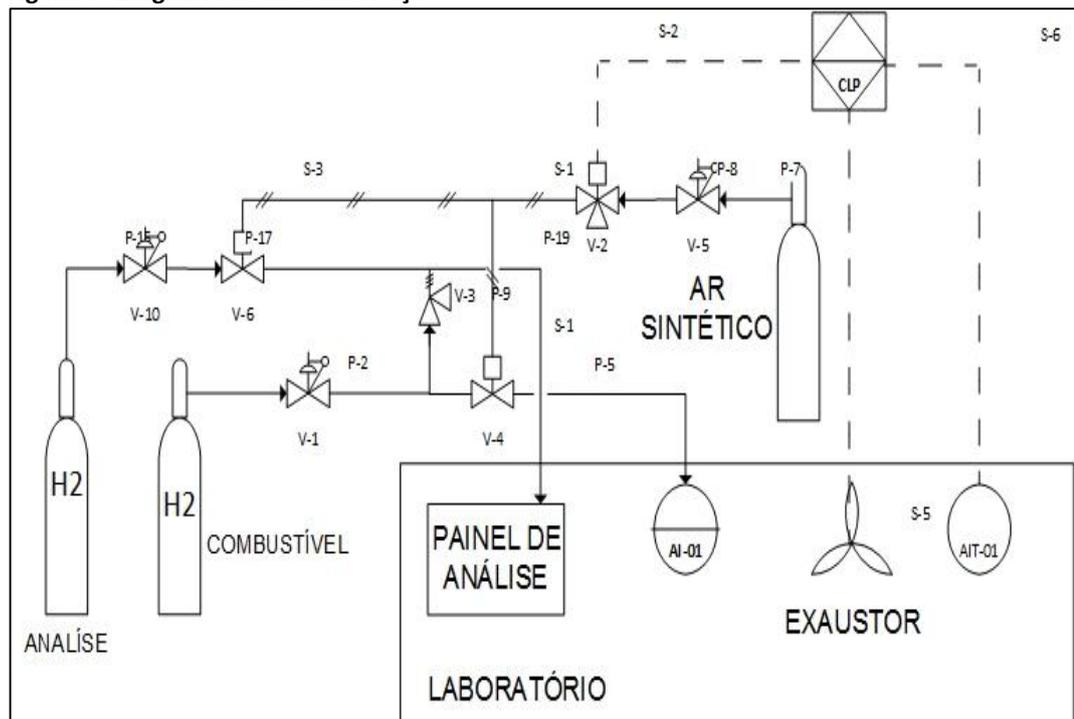
A saída de ventilação em qualquer ponto de saída da ventilação (Exaustor), onde uma mistura inflamável possa ser liberada, possibilita a formação de uma atmosfera explosiva. Por isso deve ser realizado uma análise de risco para cada cenário.

Recomendações: Dutos de ar do sistema de exaustão também deve estar aterrado eletricamente para que não ocorra nenhuma fuga de corrente entre equipamentos e carcaça da tubulação.

## 4 INSTALAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA DO SISTEMA CROMATÓGRAFO GASOSO

Sistema de segurança do cromatógrafo gasoso inicia se na detecção preventiva de um possível vazamento. Para isso utiliza se o detector de gás (Figura 5, componente AIT-01).

Figura 5 - Diagrama de Instrumentação



Fonte: Elaborado pelo autor

Caso ocorra um vazamento dentro do local onde o equipamento está instalado, o detector de gás envia um sinal elétrico de 24VDC para o controlador lógico programável atua diretamente na válvula solenoide 3 vias, normalmente fechada (Figura 5 componente S1), cortando o ar sintético de todas as válvulas pneumáticas do sistema.

No quadro 4 representado abaixo apresenta os valores de fechamentos e de operação do equipamento.

**Quadro 4 - Especificações da válvula de alívio do sistema de cromatografia gasosa**

<b>Equipamento Válvula de Alívio</b>	<b>Pressão</b>
Valor de ajuste da válvula	59 Psi
Pressão admissível do Equipamento	60 Psi
Pressão do Cromatógrafo Gasoso	45 Psi

Fonte: Elaborado pelo Autor

Devido o equipamento necessitar de ar sintético para geração da chama de análise do cromatógrafo gasoso, ele será usado como piloto de uma válvula pneumática (Normal Fechada, 2 vias, conforme figura 5, componente V4) instalada na linha de Hidrogênio.

Quando o gás oxidante (Gás Sintético) acabar, a válvula pneumática é fechada interrompendo automaticamente o fluxo do Hidrogênio do cromatógrafo gasoso.

Em condições normais do processo o Exaustor troca 25 vezes o volume da sala, caso ocorra um vazamento e ultrapasse o limite inferior de explosividade de 20%LEL o sistema aumenta a rotação do motor via inversor de frequência, aumentando a quantidade de troca de ar deste local.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentado abordou um assunto importante na segurança de detecção de gases em locais fechados que utilizem métodos de análise por ionização de chamas. Através do estudo de classificação da área do laboratório foi criado um cenário de eventuais riscos de vazamento que possa existir para possíveis técnicas de segurança.

O possível teste de resposta entre o detector de gás e a central de gases/controlador lógico programável só é possível de ser realizado quando ocorre calibração do próprio instrumento. O sistema responde numa média de trinta segundos após o vazamento do gás padrão de Hidrogênio, fechando todas as válvulas pneumáticas do sistema.

Todas as informações foram verificadas conforme especificações dos equipamentos, inclusive tópicos importantes como tipo de célula do detector de gases, exaustão e fechamento da fonte do possível vazamento. Para uma validação do projeto se faz necessário um estudo e teste de dispersão de gases, verificando se as condições apresentadas nesse estudo atendem a segurança exigida da aplicação.

As quantidades de troca do volume de ar em condições normais atendem de modo satisfatório os requisitos de um local insalubre.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador, A minha mãe Lourdes e minha esposa Franciana ambas heroínas que deram-me apoio e incentivo nas horas difíceis de desânimo e cansaço. Cada minuto da minha ausência vai valer a pena.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-10-2:2013 – Atmosferas Explosivas Parte 10: Classificação de Áreas – Atmosferas de Poeiras Combustíveis**. Rio de Janeiro, 2013. 28 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília: 2016. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493\\_C013906EC437E23BF/NR-10%20\(atualizada\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A38CF493_C013906EC437E23BF/NR-10%20(atualizada).pdf)>. Acesso em: 25 fev. 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 33 Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados**. Brasília: 2012. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR33.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

BRAGA, Newton Carvalho. **Ponte de Wheastone**. Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/8858-como-funciona-a-ponte-de-wheatstone-ins529>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

COSTA, Fernando Corner, MONTEIRO, Denis Pinto, PALMIERI, Marcelo Cesar. **Misturas GLP: Hidrogênio**. Disponível em: <[http://www.gasescombustiveis.com.br/premioglp/cases2011/APLICACOES\\_DO\\_GLP/MISTURAS\\_GLP\\_HIDROGENIO\\_OURO.pdf](http://www.gasescombustiveis.com.br/premioglp/cases2011/APLICACOES_DO_GLP/MISTURAS_GLP_HIDROGENIO_OURO.pdf)>. Acesso em: 05 set. 2016.

DALMOLIN, Carla. **Calor de reação**. Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, 2014. Disponível em: <[www.joinville.udesc.br/portal/professores/carlad/materiais/02\\_Calor\\_de\\_Rea\\_o.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carlad/materiais/02_Calor_de_Rea_o.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2016.

MOREIRA, Raphael Garcia; MOREIRA, Lucia Hiromi Higa; SANTOS FILHO, Sebastião Gomes. Sensoriamento de misturas de H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e CO por meio de uma matriz de quimioresistores. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 34, n. 1, p. 29-34, 2015. Disponível em: <<http://www.sbvacu.org.br/rbav/index.php/rbav/article/view/976/977>>. Acesso em: 7 out. 2016.

OLIVEIRA, Jaimes Medeiros. **Noções de ventilação industrial**. Disponível em: <<http://www.enautica.pt/publico/professores/jemilio/pdf/DIVER/enidh-sacor-JUN05.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

RODRIGUES, Lucas. **O que é a Cromatografia**. 2013. Disponível em: <<http://www.quimicasuprema.com/2013/12/o-que-e-cromatografia.html>>. Acesso em: 24 out. 2016.

SANTOS, Marcelo Lino, CARVALHO, Priscila da Silva. **Proposta de Controle e Monitoramento de um espaço confinado projetado para treinamento de NR-33**. 2016. Disponível em: <<http://bd.centro.iff.edu.br/bitstream/123456789/1126/1/proposta%20de%20controle%20e%20monitoramento%20de%20um%20espaço%20confinado%20projetado%20para%20treinamento%20de%20nr-33.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

#### Sobre os autores:

---

##### <sup>i</sup> DANIEL MENDES DE CARVALHO



Possui graduação em Automação Industrial pela Universidade Metodista de São Paulo (2011). Cursando atualmente a Pós-Graduação em Redes Industriais de Comunicação e Controle pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2017). Atualmente é Técnico Nacional De Serviços – Air Liquide. Tem experiência na área de Instrumentação, Elétrica, Mecatrônica e Automação.

##### <sup>ii</sup> FLAVIO DA CRUZ



Técnico Mecânico formado pelo SENAI Roberto Simonsen (1999), Tecnólogo Mecatrônico (2004), pós-graduado em Automação Industrial pelo SENAI Armando Arruda Pereira (2010) e mestre em Engenharia Mecânica (Automação Industrial) pela Universidade de Taubaté (2014). Trabalhou na indústria de máquinas Windmoeller & Hoelscher e, como técnico de produtos na Diretha, distribuidora da Sandvik. No SENAI Mercedes Benz, foi técnico de ensino do curso Produção Veicular, nas disciplinas de Tecnologia Mecânica e Automação Industrial. Em 2004 participou intercâmbio com os centros de formação profissional da Mercedes Benz, nas cidades de Sindelfingen e Untertürkheim, Alemanha. Entre os anos de 2009 e 2010, participou do convênio PLM *Competency Center* entre o SENAI, a empresa Dassault Systèmes e o Ministério da Educação Francesa. Atualmente, é professor de ensino técnico e tecnológico no SENAI-SP.