



ESTUDO DE CASO DE VENTILAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL EM UMA SALA DE BATERIAS DO TIPO CHUMBO-ÁCIDAS

Douglas Osternack (UTFPR)

Douglasosternack@yahoo.com

Carlos Augusto Sperandio (UTFPR)

ca.sperandio@yahoo.com

Felipe Diogo Teixeira (UTFPR)

felipedio2@yahoo.com.br

Rodrigo Eduardo Catai (UTFPR)

catai@utfpr.edu.br

Adalberto Matoski (UTFPR)

adalberto@utfpr.edu.br

Instalações de banco de baterias do tipo chumbo ácidas oferecem risco de explosões. Isto se deve a formação de atmosferas explosivas, dada a emissão de gás hidrogênio pelas baterias, aliado ao calor ou centelhamento de equipamentos elétricos, inerentes a estes ambientes. A fim de se reduzir o risco de explosões investe-se na ventilação, a fim de se limitar o teor de gases gerados nas instalações de baterias. Sendo os referenciais normativos deste trabalho: NBR IEC 60079, API RP-505 e EN 50272-2. Propõe-se um estudo sobre as normas citadas, com vistas a comparar os sistemas de ventilação natural e ventilação artificial. Aplicou-se a verificação da ventilação em uma sala de baterias na região metropolitana de Curitiba, sendo propostas melhorias para mesma. Os resultados mostraram que a sala classificou-se como risco 2, exigindo cuidados especiais nas instalações elétricas, mas seria possível chegar ao status de ambiente não classificado com a inserção de um exaustor.

Palavras-chaves: Ventilação, Eficiência energética, Baterias, Explosão, Grau de risco.

1. Introdução

Em uma planta fabril ou mesmo em prédios comerciais os acidentes mais danosos, são os causados por explosões e em decorrência disso os incêndios, podendo ocasionar paralisação das atividades econômicas e inclusive causar perda de vidas.

Hoje, em praticamente todas as indústrias e prédios comerciais onde as atividades essenciais dependem de energia elétrica existem salas com bancos de baterias, utilizadas para suprir a falta de energia elétrica durante uma falha ou manutenção do sistema de abastecimento de energia elétrica. Nestas salas, independente da forma construtiva das mesmas, é liberado para o ambiente o hidrogênio, um gás de alta explosividade. Pode-se formar, assim, uma atmosfera explosiva, cujo potencial explosivo depende da concentração relativa da mistura hidrogênio-oxigênio.

Conforme a probabilidade de formação desta atmosfera se exigirá cuidados especiais, para instalação de equipamentos elétricos nas salas de baterias, no que diz respeito a provocarem centelhas ou alta temperatura, que podem se tornar fontes de ignição.

Este trabalho visa, neste contexto, apresentar um estudo da ventilação de uma sala de baterias, localizado na região metropolitana de Curitiba, e propor uma discussão de alternativas de melhorias para a ventilação desta sala.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Conceitos iniciais

- Ponto de Fulgor: Menor temperatura na qual um líquido libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006b)

- Limite de Inflamabilidade: São os limites de concentração dos gases inflamáveis que determinam a possibilidade do gás inflamar. Sendo a mínima concentração na qual a mistura se torna inflamável conhecida como Limite Inferior de Inflamabilidade e a temperatura a ela

associada é chamada de Ponto Inferior de Inflamabilidade (JORDÃO, 2002). Lembrando que existe também um limite superior, de concentração de hidrogênio, ao qual não ocorre a explosão, o Limite Superior de Inflamabilidade;

-Atmosfera explosiva: Mistura com ar, sob condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor, névoa ou poeira, na qual após ignição, inicia-se uma combustão auto-sustentada através da mistura remanescente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006a).

É preciso saber que uma faísca (centelha) ou chama não é indispensável para que se produza uma explosão. Um aparelho pode, por elevação de temperatura em sua superfície, atingir a temperatura de inflamação do gás e provocar a explosão.

2.2. Classificação das áreas de risco

A classificação das áreas de risco visa identificar as diversas áreas de uma instalação e estabelecer o seu grau de risco, tornando possível utilizar equipamentos elétricos projetados especialmente para cada área. A classificação baseia-se no grau de periculosidade da substância combustível manipulada e na frequência de formação da atmosfera potencialmente explosiva (BULGARELLI, 2006).

Ambientes suscetíveis a atmosferas explosivas podem ser classificados conforme a norma técnica da IEC (*International Electrical Commission*) na sua tradução pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR IEC-60079-10. Esta norma classifica os ambientes em zonas, conforme Quadro 1. Sendo que poderia, ainda, ter-se áreas ditas “não classificadas” quando atendidos critérios de ventilação, em relação ao número de trocas de ar por hora e a vazão necessária para se manter os níveis de hidrogênio abaixo de certos parâmetros.

ZONAS	Descrição
ZONA 0	Local onde a ocorrência de mistura inflamável/explosiva é contínua, ou existe por longos períodos.
ZONA 1	Local onde a ocorrência de mistura inflamável/explosiva é provável de acontecer em condições normais de operação do equipamento de processo.

ZONA 2	Local onde a ocorrência de mistura inflamável/explosiva é pouco provável de acontecer e se acontecer é por curtos períodos, estando associado à operação anormal do equipamento de processo.
--------	--

Quadro 1 – Classificação em Zonas (JORDÃO, 2002)

2.3. Ventilação

A ventilação é um dos meios capazes de minimizar ou evitar a formação de uma atmosfera inflamável. É essencial que esse tipo de proteção assegure que em qualquer ponto do ambiente considerado, bem como em qualquer tempo não haverá a formação de mistura inflamável. Observe-se que é de fundamental importância uma boa avaliação das condições locais de instalação e da quantidade de gás ou vapor inflamável que pode ser liberado (JORDÃO, 2002).

A ventilação adequada será aquela, natural ou artificial, considerada como suficiente para evitar o acúmulo de quantidades significativas de mistura inflamável em concentrações que estejam acima de 25% de seu Limite Inferior de Inflamabilidade (LII). Caso seja realizada a medição do número de trocas de ar (N) do ambiente e o valor esteja maior ou igual seis (6) trocas por hora considera-se que o ambiente está adequadamente ventilado. Se o valor de trocas for obtido através de um método matemático, a norma API RP 500 recomenda a aplicação de um fator de segurança ($f_s=2$) elevando o número mínimo de trocas para doze (12) trocas por hora. O número de trocas de ar por hora (N) é obtido pela relação entre a vazão real do ar mecânica ou natural (Q) em m^3/h , e o volume do ambiente (V) em m^3 , ($N = Q/V$) (Norma API RP 500, 1997).

Áreas internas podem ser consideradas adequadamente ventiladas se a vazão de ar for no mínimo quatro (4) vezes o valor da vazão de ar necessária para diluir uma determinada liberação de material inflamável abaixo de 25% do Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) ($Q_{25\%LII} = 4 \cdot Q$). Se a vazão de ar for tal que resultar num número de trocas de ar menor do que três por hora, é recomendável que haja monitoração de presença de gás através de detectores de gás de instalação fixa, de modo que não seja ultrapassado o limite de 25% do Limite Inferior de Inflamabilidade (LII). Esta ventilação pode ser conseguida por meio natural ou mecânico (JORDÃO, 2002).

Caso a ventilação seja suficiente para assegurar que não haja acúmulo de mistura inflamável de hidrocarboneto em concentração acima de 25% de seu Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) por períodos de tempo significativos. Este conceito é aplicável para liberações que sejam relativamente pequenas em quantidade ou curtas em duração (Norma API RP 500, 1997).

2.4. Exigência à ventilação

Através da ventilação em uma sala de baterias deve ser mantida a concentração de hidrogênio abaixo do limite inferior de inflamabilidade (LII) de 4% do volume. Salas de baterias são consideradas sem risco de explosão, quando a concentração de hidrogênio é mantida abaixo do limite de segurança através de ventilação natural ou mecânica.

O volume de ar ou vazão necessário para ventilar uma sala de baterias, deve ser calculado com a Equação 1.

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{gás} \cdot CN \cdot 10^{-3} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q = volume de ar (vazão) em m³/h

v = fator de diluição do hidrogênio: (100% - 4%)/4% = 24;

q = 0,42 . 10⁻³ m³/Ah de hidrogênio liberado;

s = 5, fator de segurança;

n = número de baterias;

I_{gás} = corrente que gera o desenvolvimento do gás, em mA/Ah da capacidade nominal, pode ser a corrente de flutuação I_{flut} ou corrente de carga I_{carga};

CN = Capacidade total das baterias em Ah.

	Baterias de chumbo células fechadas Sb <3% ¹	Baterias de chumbo células lacradas	Baterias de NiCd células fechadas ²
Fator de emissão de gases (f _g)	1	0,2	1
Fator de segurança para emissão de gases (f _s) (inclui 10% de baterias defeituosas e velhas)	5	5	5
Tensão de flutuação (U _{flut} ³)	2,23	2,27	1,40

V/bateria			
Corrente de flutuação típica (I_{flut}) mA/ Ah	1	1	1
Corrente (carga de flutuação) ($I_{gás}$) mA/Ah	5	1	5
Tensão de carga rápida (U_{carga}^3) V/bateria	2,40	2,40	1,55
Corrente de carga rápida típica (I_{carga}) mA/Ah	4	8	10
Corrente (carga rápida) ($I_{gás}$) mA/Ah	20	8	50
1) Quando o teor de antimônio é maior, os dados adequados devem ser verificados junto ao fabricante. 2) Em baterias de NiCd com recombinação interna, devem ser observadas as instruções do fabricante. 3) A tensão de retenção e de carga pode variar, conforme o peso específico do eletrólito da bateria de chumbo.			

Quadro 2 - Valores para corrente $I_{gás}$ nas baterias em carga e flutuação
Fonte: Norma Européia VDE: EN 50272-2, 2001.

2.5. Ventilação natural

A maior parte do volume de ar deve preferencialmente ser garantido através de ventilação natural, caso contrário através de ventilação mecânica.

Salas ou armários de baterias exigem uma abertura de entrada e saída para a ventilação com área mínima, que é calculada com a seguinte equação:

$$A = 28 \cdot Q \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

A = abertura livre em cm^2

Q = vazão de ar efetiva em m^3/h

As aberturas para entrada e saída de ar devem ser bem posicionadas em local apropriado, para alcançar as melhores condições para a troca de ar, isto é:

- Aberturas em paredes opostas;
- Distância de separação no mínimo de 2,0 m, quando as aberturas se encontram na mesma parede.

2.6. Ventilação mecânica

Quando o volume de ar Q não pode ser assegurado através de ventilação natural, é necessária ventilação mecânica e o carregador precisa ser acoplado ao sistema de ventilação para que conforme a operação de carga a necessidade do volume de ar seja garantida,

devidamente para o estado operacional momentâneo. O ar que é transportado da sala de baterias deve ser enviado à parte externa do prédio ao ar livre. A ventilação deve ser dimensionada conforme a corrente máxima possível do carregador.

3. Metodologia

A seguir são apresentadas equações que serão utilizadas no processo de verificação das condições de ventilação.

- a) Cálculo do número de trocas de ar por hora (N) através das aberturas

$$N = Q / V \quad (\text{Equação 3})$$

Onde: N = número de trocas de ar por hora
 Q_{efetivo} = vazão de ar efetiva em m^3/h
V = volume do ambiente em m^3

- b) Cálculo da vazão de ar mínima para diluir a concentração de Hidrogênio a 25% do LII - regime de Flutuação e Carga Profunda das Baterias:

$$Q_{\text{minH2Flut.}} = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gás}} \cdot C_N \cdot 10^{-3} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde: n = número de baterias
 $I_{\text{gás}}$ = corrente que gera o desenvolvimento do gás, em mA/Ah da capacidade nominal, pode ser a corrente de flutuação I_{flut} ou corrente de carga I_{carga}
 C_N = Capacidade total das baterias em Ah

- c) Cálculo da vazão de ar mínima para diluir a concentração de Hidrogênio a 25% do LII - Área interna adequadamente ventilada

Para uma área interna considerada adequadamente ventilada a vazão de ar deve no mínimo ser quatro (4) vezes o valor da vazão de ar necessária para diluir uma determinada liberação de material inflamável abaixo de 25% do Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) (Equação 5).

$$Q_{25\%LII} = 4 \cdot Q_{\text{minH2}} \quad (\text{Equação 5})$$

4. Resultados

4.1. Análise da situação atual

O ambiente analisado consiste em uma sala contendo baterias tipo chumbo ácidas, construída em alvenária com as seguintes características:

- Dimensões da sala: Altura = 3,0 m; Largura = 1,80 m; Comprimento = 5,50 m;
- Composição do Banco de Baterias: 2 bancos de baterias tipo chumbo ácidas ventiladas com 24 elementos cada banco, com capacidade total de 100Ah;
- Dimensões das aberturas existentes para ventilação: Uma abertura inferior tipo veneziana com 0,20 m de altura com 0,60 m de largura. Uma abertura superior com diâmetro de 0,60 m com um equipamento de exaustão (desativado).



Figura 1 - Saída de ar da Sala de baterias analisada em uma indústria na região metropolitana de Curitiba.
Fonte: Autor (2008).



Figura 2 - Entrada de ar da Sala de baterias analisada em uma indústria na região Metropolitana de Curitiba.
Fonte: Autor (2008).

a) *Cálculo do número de trocas de ar por hora (N) através das aberturas:*

Como a sala possui duas aberturas uma com 1.200 cm² (20 cm x 60 cm) e outra com 2.827 cm² (diâmetro de 60 cm) foi adotado como parâmetro para os cálculos a menor abertura, considerando área livre de 50% de sua área, devido a veneziana. Além disto, não foi aplicado o índice de correção da vazão para áreas de entrada saída desiguais em um ambiente a título de acréscimo no fator de segurança da instalação. Assim, tem-se o seguinte valor para a vazão de ar a partir da Equação 2.

$$Q_{\text{efetivo}} = 21,43 \text{ m}^3 / \text{h}$$

E aplicando esta vazão e o volume da sala (29,7 m³) na Equação 3 obtêm-se o número de trocas de ar por hora:

$$N = 0,72 \text{ trocas de ar por hora.}$$

b) *Cálculo da vazão de ar mínima para diluir a concentração de Hidrogênio a 25% do*

LII:

b.1) *Para o regime de Flutuação das Baterias:*

Conforme tabela 4 o valor, $I_{gás} = 5 \text{ mA/Ah}$

$n = 48$ baterias

$C_N = 100 \text{ Ah}$.

Aplicando na Equação 4 tem-se:

$$Q_{\min H_2 \text{Flut.}} = 1,2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

b.2) *Cálculo da vazão de ar mínima para o regime de Carga Profunda das*

Baterias:

Conforme tabela 4 o valor $I_{gás} = 20 \text{ mA/Ah}$.

$n = 48$ baterias

$C_N = 100 \text{ Ah}$.

Aplicando estes dados na Equação 4, obtêm-se:

$$Q_{\min H_2 \text{carga.}} = 4,8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

b.3) *Cálculo da vazão de ar mínima para diluir a concentração de Hidrogênio a 25% do LII:*

Aplicando a vazão calculada na alínea “b.2” na Equação 5, obtêm-se:

$$Q_{25\% \text{LII}} = 19,2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

4.2. Proposta de melhoria

Para se conseguir um resultado de ventilação satisfatório, com dimensionamento para número de trocas de ar por hora maior ou igual a 12, será necessário aplicar a Equação 3.

$$Q = 356,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

Obtêm-se pela aplicação da Equação 2, que esta vazão poderia ser conseguida por uma abertura lateral de área igual a:

$$A = 9979,2 \text{ cm}^2$$

Mas, com a instalação de um equipamento de exaustão eólico ou um exaustor motorizado de parede, atingir a vazão de 356,4 m³/h seria bastante simples. Um exaustor de parede da marca Vesper, modelo PE 300 M4, com 30 cm de diâmetro, atende a vazão de 2400 m³/h, conforme dados do fabricante. Ou ainda, com a utilização de um exaustor eólico da marca Lest, modelo Ventlesto 24”, com 57cm de diâmetro na exaustão atende a 4.000 m³/h desde que com vento de 10 km/h. Este sistema tem a desvantagem de perder em eficácia quando não há vento externo. Existe ainda um sistema combinado de exaustor eólico e exaustor mecânico que poderia ser uma boa saída.

Para a primeira situação, vazão igual a 2400 m³/h, com a Equação 3, obtêm-se:

$$N = 112 \text{ trocas de ar por hora.}$$

A partir dos valores obtidos elaborou-se uma tabela comparativa dos resultados (Tabela 1).

Tabela 1 - Tabela comparativa entre os valores obtidos na análise da sala, com valores de referência para se obter uma ventilação adequada.

Descrição da Variável	Valor Obtido (situação atual)	Situação proposta	Valores mínimos para a área ser considerada não classificada.
Número de trocas de ar (N) obtido a partir da abertura existente na sala.	0,7 trocas por hora	112	$N \geq 12$ Obtido através de cálculo matemático
Vazão de ar mínimo para diluir a concentração de Hidrogênio a 25% do LII.	21,4 m ³ /h.	356,4 m ³ /h	19,2 m ³ /h.

Baseado nas informações da tabela 9 observa-se que o ambiente em análise não possui boa ventilação, pois seu número de trocas de ar é menor que 12, mas a vazão de ar mínima para diluir a concentração de hidrogênio a 25% do LII é suficiente. Assim sendo, o ambiente pode ser classificado como: **Zona de Risco 2**.

Conforme informado o sistema de exaustão mecânica não está em condições de uso, pode-se observar que caso este sistema entre em funcionamento garantido, o número de trocas de ar (N) terá um resultado melhor podendo tornar o ambiente como não classificado, conforme a situação proposta.

5. Conclusões

Conforme se observou, a ventilação natural instalada demonstrou-se de acordo com os parâmetros esperados em termos de vazão, resultando em uma classe de risco que exige equipamentos elétricos com especial proteção para o ambiente da sala de baterias. Mas seria possível melhorar a ventilação, como proposto, o que levaria a um ambiente mais seguro pela não formação de atmosferas explosivas.

Sugere-se a verificação de sistemas mistos eólico-elétrico, com uso ou não de sensores fixos de gases, com a finalidade de se obter um sistema mais eficiente energeticamente.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-10**: Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas Parte 10: Classificação de áreas: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2006a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-00**: Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas Parte 0: requisitos gerais: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2006b.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API RP-505**: Recommended practice for classification of locations for electrical installations at petroleum facilities. Nov. 1997.

BULGARELLI, Roberval. **Projeto de classificação de áreas em uma indústria petroquímica – Segurança em atmosferas explosivas**. Revista o Setor Elétrico. Ed. 10. Nov., 2006.

JORDÃO, Dácio de Miranda. **Manual de Instalações Elétricas em Indústrias Químicas, Petroquímicas e de Petróleo. Atmosferas Explosivas. 3ª Ed.** Rio de Janeiro: Qualitymark Ed. 2002.

NORMA EUROPÉIA VDE: **EN 50272-2**: Exigências de segurança às baterias e instalações com baterias Parte 2: Baterias estacionárias. Bruxelas, 2001.