

# **Manual Prático de Avaliação e Controle de Gases e Vapores**

**PGR**

1ª edição — 2000  
2ª edição — 2003  
3ª edição — 2009  
4ª edição — 2012  
5ª edição — 2013  
6ª edição — 2014  
7ª edição — 2016  
8ª edição — 2018  
9ª edição — 2023

AUTORIA

**MÁRCIA ANGELIM CHAVES CORRÊA**  
**TUFFI MESSIAS SALIBA**

---



# **Manual Prático de Avaliação e Controle de**

# **GASES E VAPORES**

# **PGR**

**9ª EDIÇÃO**

**2023**



LTr Editora Ltda.

© Todos os direitos reservados

Rua Jaguaribe, 571  
CEP 01224-003  
São Paulo, SP — Brasil  
Fone (11) 2167-1101  
www.ltr.com.br  
Abril, 2023

Produção Gráfica e Editoração Eletrônica: RLUX  
Projeto de capa: DANILO REBELLO  
Impressão: META BRASIL

Versão impressa — LTr 6404.6 — ISBN 978-65-5883-218-8  
Versão digital — LTr 9870.2 — ISBN 978-65-5883-219-5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

---

Corrêa, Márcia Angelim Chaves

Manual prático de avaliação e controle de gases  
e vapores [livro eletrônico] : PGR / Márcia Angelim  
Chaves Corrêa, Tuffi Messias Saliba. — 9. ed. —  
São Paulo : LTr, 2023.

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-5883-219-5

1. Gases 2. Segurança do trabalho 3. Vapores  
I. Saliba, Tuffi Messias. II. Título.

23-143575

CDD-363.119660043

Índice para catálogo sistemático:

1. Gases e vapores : Avaliação e controle :  
Segurança do trabalho 363.119660043

Henrique Ribeiro Soares – Bibliotecário – CRB-8/9314

### **Agradecimentos**

*Aos profissionais que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração deste manual, em especial: Lênio Sérgio Amaral — Engenheiro de Segurança do Trabalho; Fernanda Carolina Loureiro — Técnica de Segurança do Trabalho; Marcos Roberto de Paula — Técnico de Segurança do Trabalho; a todos os ex-colegas da FUNDACENTRO.*



## SUMÁRIO

<i>Apresentação</i> .....	11
<b>PARTE I</b>	
<b>DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÃO</b> .....	13
1.1. Considerações iniciais .....	13
1.2. Definições .....	14
1.3. Classificação dos gases e vapores.....	16
<b>PARTE II</b>	
<b>CONCEITOS E PARÂMETROS UTILIZADOS NAS AVALIAÇÕES</b> ..	21
2.1. Concentração.....	21
2.2. Vazão .....	23
2.3. Volume .....	23
2.4. Amostragem .....	24
2.5. Avaliação .....	24
2.6. Coleta.....	24
2.7. Zona de respiração .....	24
2.8. Zona de trabalho .....	24
2.9. Grupo Homogêneo de Exposição .....	24
2.10. Tipo de coleta .....	26
2.11. Estratégia de amostragem .....	27
<b>PARTE III</b>	
<b>LIMITES DE TOLERÂNCIA</b> .....	31
3.1. Critério NR-15 — Anexo 11 .....	31
3.2. Critério ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists .....	45

#### PARTE IV

<b>AVALIAÇÃO OCUPACIONAL DE GASES E VAPORES</b> .....	50
4.1. Considerações gerais .....	50
4.2. Coleta contínua com posterior análise laboratorial .....	52
4.3. Coleta contínua — dosímetro passivo — leitura direta ou indireta.....	62
4.4. Coleta instantânea com instrumentação eletrônica .....	63
4.5. Coleta instantânea com tubos reagentes (tubos colorimétricos).....	64
4.6. Outros métodos.....	67
4.7. Procedimentos de avaliação .....	68
4.8. Resumo dos métodos de amostragem de gases.....	74

#### PARTE V

<b>AVALIAÇÃO DE GASES E VAPORES PARA FINS DE INSALUBRIDADE E APOSENTADORIA ESPECIAL</b> .....	78
5.1. Critério quantitativo — anexo 11 .....	78
5.2. Critério qualitativo — anexo 13 .....	79
5.3. Aposentadoria especial .....	80

#### PARTE VI

<b>GASES E VAPORES INFLAMÁVEIS</b> .....	85
6.1. Limite de explosividade ou inflamabilidade.....	85
6.2. Áreas classificadas .....	87
6.2.1. Zonas de classificação .....	88
6.2.2. Extensão das zonas .....	89
6.2.3. Classificação das áreas .....	89
6.3. Medidas de proteção contra explosão .....	92
6.3.1. Evitar a ocorrência de atmosferas explosivas.....	92
6.3.2. Evitar ou controlar as fontes de ignição nos locais de atmosfera explosiva .....	92



6.3.3. Limitação dos efeitos da explosão .....	95
6.3.4. Medidas administrativas .....	96
6.3.5. Equipamentos elétricos em atmosferas explosivas ..	98
6.3.6. Sinalização .....	99

## PARTE VII

<b>PGR</b> .....	100
7.1. Identificação dos perigos e caracterização da exposição...	100
7.2. Avaliação das exposições ocupacionais aos agentes físicos, químicos e biológicos .....	101
7.2.1. Severidade .....	103
7.2.2. Probabilidade .....	104
7.3. Classificação da exposição aos riscos.....	104
7.4. Medidas de controle adotadas .....	105
7.5. Determinação da probabilidade .....	106
7.6. Matriz de risco.....	106
7.7. Controle dos riscos ocupacionais .....	107
7.8. Plano de ação .....	109
7.9. Acompanhamento das medidas de controle implantadas...	109
7.10. A organização deve desenvolver ações em saúde ocupacional dos trabalhadores integradas às demais medidas de prevenção em SST, de acordo com os riscos gerados pelo trabalho (subitem 1.5.5.4.1 da NR-1).....	109

## PARTE VIII

<b>MEDIDAS DE CONTROLE PARA GASES E VAPORES</b> .....	110
8.1. Medidas relativas ao ambiente .....	110
8.2. Medidas relativas ao homem .....	114
8.3. Programa de Proteção Respiratória — PPR.....	116
<b>Referências</b> .....	121

## APÊNDICES

Apêndice I — Exemplo de avaliação estatística de gases e vapores.....	125
Apêndice II — Instrução Normativa MTP n. 2/2021, anexo IX.....	134
Apêndice III — Modelo de laudo .....	153
Apêndice IV — Atividades/operações envolvendo outros gases e vapores .....	155

## **APRESENTAÇÃO**

Dando continuidade à série de Manuais Práticos de Avaliação e Controle dos Agentes Ambientais, apresentamos, neste trabalho, de maneira prática e objetiva, os conceitos, os parâmetros e a metodologia de avaliação de gases e vapores.

Nas partes I e II, apresentamos as definições e os conceitos dos parâmetros básicos para avaliação ocupacional de gases e vapores.

Nos capítulos subsequentes, foram fornecidas explicações sobre instrumentos de medição, inclusive com ilustrações, e os procedimentos de avaliação e controle dos gases e vapores.

Nos apêndices, foram expostos modelos práticos de avaliação de gases e vapores, incluindo tratamento estatístico dos dados, com vistas à insalubridade, PPRA e aposentadoria especial. Convém ressaltar a necessidade de os leitores pesquisarem as bibliografias citadas, visando ao maior aprofundamento no estudo da matéria.



## PARTE I

### DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÃO

#### 1.1. Considerações Iniciais

Dentre os riscos ambientais gerados em um processo industrial, ocupam lugar de grande importância os agentes químicos, uma vez que qualquer tipo de produção envolve transformações físicas (operações unitárias) e/ou químicas (processos unitários ou conversão química), sendo que, em ambos os casos, dependendo de diversos fatores, poderá haver emissão dos referidos agentes para o ambiente.

O anexo 1 da NR-1 define agente químico como substância química, por si só ou em misturas, quer seja em seu estado natural, quer seja produzida, utilizada ou gerada no processo de trabalho, que em função de sua natureza, concentração e exposição, é capaz de causar lesão ou agravamento à saúde do trabalhador. Exemplos: fumos de cádmio, poeira mineral contendo sílica cristalina, vapores de tolueno, névoas de ácido sulfúrico.

A avaliação da exposição ocupacional aos gases e vapores é mais complexa do que os demais agentes, vez que pode penetrar no organismo por via respiratória, dérmica, digestiva ou parenteral. Desse modo, a análise da exposição deve abordar esses fatores, além do conhecimento da composição química básica da substância, suas transformações durante o processo e outras características físico-químicas. Outros parâmetros também deverão ser analisados, conforme será abordado posteriormente.

Outra característica importante de alguns gases e vapores é sua capacidade de criar atmosferas inflamáveis e explosivas, que poderão resultar em morte ou em efeitos à saúde irreversíveis.

Dando continuidade à série relativa aos riscos ambientais, enfocaremos neste livro os gases e os vapores, uma vez que ruído, vibração, calor, poeira e fumos já foram objeto de estudo em outros volumes.

## 1.2. Definições

### A) Gases

Denominação dada às substâncias que, nas condições ambientais de temperatura e pressão (25°C e 760 mm Hg), estão no estado gasoso. São fluidos amorfos que podem mudar de estado físico unicamente por uma combinação de pressão e temperatura. Exemplo: hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

### B) Vapores

Fase gasosa de uma substância que, a 25°C e 760 mm Hg, se encontra sob o estado líquido ou sólido. O vapor pode passar para o estado líquido ou sólido atuando-se sobre a pressão ou sobre sua temperatura. Exemplos: vapores de água, vapores de gasolina.

### C) Pressão de vapor

A pressão de vapor de uma substância está relacionada com a capacidade dos líquidos ou sólidos de passar para a atmosfera sob a forma de vapor. Assim, se temos um recipiente fechado que contenha certo líquido, as moléculas deste passam para a atmosfera, acumulando-se no espaço livre, originando determinada pressão. Após um lapso de tempo, há uma interrupção dessa passagem das moléculas do líquido para a atmosfera, devido à saturação do ambiente, conforme ilustrado a seguir.



Assim, a pressão exercida pelo vapor de uma substância líquida, em equilíbrio com a fase líquida, a uma dada temperatura, chama-se pressão de vapor.

Depende a pressão de vapor unicamente da natureza e da temperatura da substância. Assim, no caso de um líquido, essa pressão não é constante, depende da temperatura, e o ponto de ebulição é atingido quando a pressão de vapor iguala-se à pressão atmosférica.

Desse modo, a concentração de vapores de uma substância, a uma determinada temperatura, não pode aumentar indefinidamente. Existe um ponto máximo denominado saturação, a partir do qual qualquer aumento na concentração transformará o vapor em líquido ou sólido. A concentração máxima que um vapor pode atingir em um ambiente fechado está, portanto, limitada pela pressão de vapor da substância, segundo a fórmula:

$$C = \frac{P_v}{760} \times 100$$

C = Concentração em %

$P_v$  = Pressão de vapor em mm Hg

A principal diferença entre gases e vapores é a concentração que pode existir no ambiente. Como na Higiene do Trabalho as concentrações estudadas são bem pequenas, situando-se normalmente abaixo do limite de saturação, não se torna necessário distinguir os gases dos vapores, sendo os dois estudados de uma só vez.

#### *D) Toxicidade*

Entende-se por toxicidade a capacidade inerente a uma substância química de produzir um efeito deletério sobre um sistema biológico. A toxicidade de uma substância depende de diversos fatores relacionados ao agente químico, tais como propriedades físico-químicas, impurezas e contaminantes, além daquelas relacionadas ao organismo (sexo, idade, peso corpóreo, fatores imunológicos, dentre outros. (Ribeiro, 2011)

#### *E) Condição Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde — IPVS (IDLH — Immediately Dangerous to Life or Health Air Concentration)*

Segundo a NR-33, atmosfera IPVS (Atmosfera Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde) é qualquer atmosfera que apresente risco imediato à vida ou produza imediato efeito debilitante à saúde. Exemplos:

Substância	IPVS em ppm
Acetona	2500
Ácido acético	50
Monóxido de carbono	1200

NOTA: Algumas substâncias podem produzir efeitos transientes imediatos que, apesar de severos, passem sem atenção médica, mas são seguidos de repentina possibilidade de colapso fatal após 12 — 72 horas de exposição. A vítima “sente-se normal” da recuperação dos efeitos transientes até o colapso. Tais substâncias em concentrações perigosas são consideradas como “imediatamente” perigosas à vida ou à saúde.

Nesse mesmo sentido, a NR-33 da Portaria n. 3.214/78 estabeleceu conceito idêntico.

Assim, para a acetona, por exemplo, os valores de IPVS = 2500 ppm; ácido acético — 50 ppm; monóxido de carbono — 1200 ppm.

#### F) Concentração Letal cinquenta — $CL_{50}$

Segundo a NTP 108 do INSHT— Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, é a concentração de um agente tóxico no ar que, ao ser inalada durante um período de 4 horas, causa mortalidade em cinquenta por cento (50%) dos animais, durante um período de 14 dias.

#### G) Dose Letal cinquenta — $DL_{50}$

Segundo a NTP 108 do INSHT, é a dose, expressa em miligramas por quilograma de peso do exemplar, que, administrada de uma vez por via oral a um grupo de animais, produz a morte de 50% destes em um período de 14 dias. É importante salientar que essa dose letal não considera a via de penetração do agente por inalação.

### 1.3. Classificação dos gases e vapores

#### A) Segundo os efeitos no organismo

A determinação da toxicidade de determinada substância é bastante complexa, vez que deverão ser levados em consideração diversos