



PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs-PBH

Guia de Boas Práticas
Controle de Vazamento



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Dilma Rousseff

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE

Izabella Teixeira

SECRETARIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE AMBIENTAL

Carlos Augusto Klink

DEPARTAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Adriano Santhiago de Oliveira

GERÊNCIA DE PROTEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

Magna Ludovice

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
SECRETARIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E QUALIDADE AMBIENTAL
DEPARTAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

1

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs-PBH

Guia de Boas Práticas
Controle de Vazamento

MMA
Brasília, 2015.

COORDENAÇÃO

Frank Amorim

Stefanie von Heinemann

AUTORIA

Rolf Huehren

Gutenberg da Silva Pereira

REVISÃO TÉCNICA

Pedro de Oliveira Serio

COLABORAÇÃO

Gabriela Teixeira Rodrigues Lira

FOTOGRAFIA

Gutenberg da Silva Pereira

Rolf Huehren

PROJETO GRÁFICO, DIAGRAMAÇÃO E ARTE

Agência Duo Design

REVISÃO ORTOGRÁFICA

Sete Estrelas Comunicação

SECRETARIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E

QUALIDADE AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS,

GERÊNCIA DE PROTEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

SEPN 505, Lote 2, Bloco B,

Ed. Marie Prendi Cruz

CEP: 70.730-542 – Brasília-DF

Telefone: (61) 2028-2248

E-mail: ozonio@mma.gov.br

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE

ZUSAMMENARBEIT (GIZ) GMBH

SCN Quadra 1, Bloco C, Sala 1501,

Ed. Brasília Trade Center

CEP: 70.711-902 – Brasília-DF

Telefone: (61) 2101-2170

E-mail: giz-brasilien@giz.de

Catálogo na Fonte

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

B823p

Brasil. Ministério do Meio Ambiente.

Programa Brasileiro de eliminação dos HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 1: controle de vazamento / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2015.

48 p. ; Il. Color.

ISBN 978-85-7738-247-7

1. Manual (Refrigeração). 2. Ar condicionado. 3. Camada de ozônio. 4. HCFCs-PBH. 5. Protocolo de Montreal. I. Ministério do Meio Ambiente. II. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. III. Departamento de Mudanças Climáticas. IV. Título.

CDU(2.ed.)621.565

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Brasileiro de eliminação dos HCFCs-PBH: Guia de boas práticas 1: controle de vazamento.** Brasília: MMA, 2015. 48 p.

REPRODUÇÃO DESTE DOCUMENTO

Este documento pode ser reproduzido na íntegra ou em parte sem consentimento prévio por escrito desde que a parte reproduzida seja atribuída ao Ministério do Meio Ambiente e à Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

ÍNDICE

PREFÁCIO: IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS	08
1.TIPOS E IDENTIFICAÇÃO DOS VAZAMENTOS MAIS COMUNS	09
2. REGULAMENTOS E NORMAS	13
2.1. Regulamento europeu F-gas Nº 517/2014	13
2.1.1. Escopo do regulamento F-gas	13
2.1.2. Detalhes dos requisitos do Artigo 3 (Prevenção das emissões de gases fluorados com efeito de estufa)	13
2.1.3. Detalhes dos requisitos do Artigo 4 (Verificação para detecção de vazamentos)	14
2.1.4. Detalhes dos requisitos do Artigo 5 (Sistemas de detecção de vazamentos)	14
2.1.5. Detalhes dos requisitos do Artigo 6 (Registros)	15
2.1.6. Detalhes dos requisitos do Artigo 8 (Recolhimento)	15
2.1.7. Detalhes dos requisitos do Artigo 10 (Treinamento e certificação)	15
2.1.8. Reparo de vazamentos	15
2.1.9. Verificações de acompanhamento	16
2.1.10. Verificação de vazamentos em novos sistemas	16
2.1.11. Taxas de vazamento	16
2.1.12. Redução do consumo de HFCs e restrições de uso	17
2.2. Regulamento europeu de substâncias destruidoras da camada de ozônio 2037/2000	18
2.3. EN378/2008 – Sistemas de refrigeração e bombas de calor: requisitos ambientais e de segurança	18
2.3.1. Relação de pressão com a pressão máxima admissível PS (EN378-2)	19
2.3.2. Constatação de vazamento geral e problemas de testes de pressão no campo	19
2.3.3. Efeitos colaterais de vazamentos de fluido frigorífico	20
2.3.4. Princípios de tecnologia de teste	20
2.4. Qualificação de competência técnica para detecção e teste de vazamento	22
2.5. Norma ABNT NBR 16186:2013 (Refrigeração comercial, detecção de vazamentos, contenção de fluido frigorífico, manutenção e reparos)	23
2.5.1. Vazamentos de fluido frigoríficos em sistemas de refrigeração comercial	23
2.5.2. Pontos de vazamentos	23

3. TECNOLOGIAS E EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO	24
3.1. Teste de aumento da pressão de vácuo	24
3.2. Teste de queda de pressão (aplicação em campo)	25
3.3. Testando o sistema com gás comprimido	26
3.3.1. Pressão de teste	26
3.3.2. Procedimento de teste de vazamentos, questões gerais	27
3.3.3. Substâncias de teste de pressão	28
3.4. Equipamentos para uso em campo de Nitrogênio Seco e Sem Oxigênio (OFDN)	29
3.4.1. Uso do gás OFDN	29
3.4.2. Regulador de pressão para uso com OFDN	31
4. MÉTODOS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTO	32
4.1. Métodos diretos de detecção de vazamento	33
4.1.1. Teste de espuma de sabão (solução de água e sabão)	34
4.1.2. Detector de vazamento hálide (lamparina)	35
4.1.3. Contrastes ultravioletas de detecção de vazamentos	35
4.1.4. Detectores de gás eletrônico	36
4.1.5. Vazamento de referência para a calibração do detector de gás	38
4.1.6. Teste de vazamentos N ₂ /H ₂ (Detecção de vazamento com gás marcador)	40
4.1.7. Detectores de Vazamento Eletrônico Ultrassônico	42
4.1.8. Detector de gás eletrônico infravermelho	42
4.2. Métodos indiretos de detecção de vazamento de fluido refrigerante	43
5. Manutenção Preventiva Planejada (PPM)	45
ANEXO	
Anexo 1: Relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante	45

PREFÁCIO

IMPORTÂNCIA DAS ATIVIDADES PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS

No século 20, uma das maiores conquistas do homem no ramo da engenharia foi o desenvolvimento e crescimento do setor de refrigeração e ar condicionado (RAC). É difícil imaginar o modo atual de vida sem estes sistemas, que são utilizados para diversas aplicações na refrigeração industrial, comercial e doméstica. No entanto, um dos principais desafios tem sido a obtenção de sistemas RAC minimamente selados, no qual o fluido frigorífico permaneça restrito ao circuito de refrigeração, sem vazamentos para atmosfera.

Em todo sistema RAC que trabalhe pressurizado podem ocorrer vazamentos, que acontecem devido às “falhas” que podem ocorrer em cada tipo de junção, seja em uma conexão do tipo flange, seja em uma conexão do tipo brasada. O tamanho do vazamento pode variar de gramas por ano a quilogramas por segundo. Mesmo com a utilização de tecnologias de detecção mais avançadas (de maior sensibilidade), alguns vazamentos podem ser muito pequenos ou apresentar difícil localização para serem detectados. Se determinadas influências internas ou externas estiverem presentes em um sistema RAC, devido à tensão térmica ou ambiental e também devido à vibração, será uma questão de tempo para que um vazamento de menor proporção atinja um maior nível até se tornar detectável.

Um vazamento é simplesmente descrito como o caminho físico (fenda, furo ou imperfeição) pelo qual o fluido frigorífico possa passar. Um sistema de refrigeração é considerado à prova de vazamentos se a taxa de vazamento admissível não for excedida. Valores de taxas de vazamentos podem ser encontrados no regulamento “F-gas” da União Europeia (veja o capítulo 2).

No setor de RAC componentes e sistemas devem ser constantemente testados contra vazamentos, para garantir que estejam abaixo dos limites especificados. Diversos regulamentos internacionais estão em vigor para conter, prevenir e reduzir as emissões de fluidos frigoríficos, seja de substâncias que destroem a camada de ozônio (SDOs), no âmbito do Protocolo de Montreal, seja de gases fluorados que contribuem com o efeito estufa, no âmbito do Protocolo de Quioto.

Neste documento são abordados importantes componentes, relacionados aos requisitos do regulamento Europeu, para controle da emissão de fluidos frigoríficos para atmosfera. Os conteúdos técnicos apresentados demonstram como lidar com essas exigências e apontam os caminhos para uma implementação bem-sucedida.

1. TIPOS E IDENTIFICAÇÃO DOS VAZAMENTOS MAIS COMUNS

Se houver suspeita de vazamento em um sistema de RAC, é recomendável verificar primeiramente os lugares com maiores chances de apresentarem vazamentos. Estes lugares podem ser diferentes de sistema para sistema, mas as experiências adquiridas têm mostrado que alguns pontos críticos devem ser nomeados. Predominantemente, levando em conta todas as fontes potenciais de vazamento, as conexões mecânicas são identificadas como as mais críticas. O “Relatório de análise de vazamento de fluido refrigerante”, presente no Anexo 1 desse documento, fornece orientações a respeito da identificação do local de vazamento de fluido refrigerante e a respeito das medidas de monitoramento de ajustes e otimização de sistema.

Vazamentos mais comuns podem ser encontrados em:

- **Junções de tubulações por meio de alargamento:**

- Usar conexões com alargamento industrial;
- Certificar-se de que as dimensões do alargamento são adequadas;
- Práticas de fabricação inadequadas (processo de remoção da rebarba dos tubos e uso de óleo para encaixe da junção);
- Expansão/contração térmica;
- Verificar se há sinais de óleo.

- **Juntas mecânicas e flanges:**

- Junta preparada de forma inapropriada;
- Falta de substituição da gaxeta no momento da substituição do núcleo do filtro;
- Substituir as gaxetas dos flanges e remover completamente os resíduos da gaxeta antiga antes de aplicar a nova;
- Evitar o uso de politetrafluoretileno (PTFE) como TEFLON em conjunto com fluidos refrigerantes HFC. Usar vedação apropriada;
- Aperto irregular;
- Apertar os flanges aplicando uniformemente a regra de aperto padrão “opostos” ou “cruzado” até que o flange esteja selado corretamente;
- Torques incorretos.

- **Vedações do eixo:**

- Desgaste geral ao longo do tempo;
- Lubrificação incorreta;
- Instalação incorreta e montagem de novas vedações;
- Teste de vazamento da vedação do eixo com compressor em operação;
- Usar vedação do eixo adequada no caso de reparo e substituição da vedação.

- **Válvulas de fechamento e do tipo globo (esfera):**
 - Conjunto de vedação danificado ou desgastado;
 - Tampas não instaladas após a manutenção do sistema.

- **Válvulas Schrader:**
 - Tampa geralmente não apertada ou não disponível;
 - Tampa inadequada;
 - Núcleo não apertado;
 - Sem vedação ou vedação danificada.

- **Válvulas de alívio de pressão, plugue fusível, discos de ruptura:**
 - Grandes variações de temperatura e pressão enfraquecem a ligação entre o núcleo da solda e o plugue;
 - Não apertar novamente após a liberação de fluido refrigerante com alta pressão;
 - Caso haja vazamento, substituir as válvulas de alívio de pressão adequadamente;
 - Sempre realizar testes de vazamento na saída das válvulas de liberação de pressão;
 - Se possível, utilizar válvulas de alívio de pressão dupla com mudança de posição;
 - Se possível, evitar o uso de plugues fusíveis;
 - Sempre realizar testes de vazamento em plugues fusíveis e discos de ruptura;
 - Verificar o indicador do disco de ruptura para indicação de vazamento.

- **Condensadores:**
 - Corrosão;
 - Dano mecânico;
 - Água sem tratamento ou com tratamento inadequado (condensador resfriado a água);
 - Vibração;
 - Substituir os ventiladores se estiverem desbalanceados;
 - Verificar se há sinais de óleo nas aletas.

- **Evaporadores:**
 - Corrosão;
 - Dano mecânico;
 - Vibração;
 - Substituir os ventiladores se estiverem desbalanceados;
 - Verificar se há resíduos de óleo na drenagem de água.

- **Curvaturas dos evaporadores e dos condensadores:**
 - Corrosão (por exemplo: atmosfera agressiva);
 - Dano mecânico;
 - Dano ocasionado por ação térmica;
 - Verificar se há sinais de óleo;
 - Quando substâncias químicas para limpeza forem utilizadas, garantir que estas substâncias sejam totalmente retiradas após a limpeza química.

- **Válvulas perfuradoras:**
 - As válvulas perfuradoras são apenas para uso temporário;
 - As válvulas perfuradoras devem ser removidas após uso e seu local de instalação deve ser vedado corretamente.
- **Pressostatos:**
 - Se possível, utilizar pressostatos de foles duplos;
 - Vibração;
 - Corpo do pressostato fixado inadequadamente;
 - Falha na conexão mecânica do pressostato;
 - Atrito na tomada de pressão;
 - Sempre que possível utilizar tomadas de pressão com tubos flexíveis;
 - Usar conexões roscadas de fabricação industrial;
 - Substituir os tubos de cobre quando forem usadas as tomadas de pressão com tubos flexíveis;
 - Sempre realizar testes de vazamento na parte interna dos pressostatos.
- **Válvulas solenoides:**
 - Considerar a ação hidráulica do líquido (exemplo, tamanho selecionado incorretamente);
 - Verificar se há sinais de óleo;
 - Certificar que os selos de vedação para substituição são adequados e ajustam-se ao corpo da válvula;
 - Passar óleo para vedação antes da montagem.
- **Tubos capilares:**
 - Atrito devido à fixação insegura;
 - Vibração;
 - Corrosão.
- **O-rings e gaxetas:**
 - Desgaste, endurecimento, achatamento;
 - Vazamento após retrofit de fluido frigorífico.
- **Tubulação para drenagem de condensado:**
 - Corrosão;
 - Quando possível, substituir a tubulação por um material plástico;
 - Verificar se há sinais de óleo.
- **Visores de líquido:**
 - Verificar a montagem do visor de líquido e se o vidro não está danificado;
 - Verificar se há sinais de óleo.

A Figura 1.1 a seguir mostra um diagrama de fluxo de trabalho para identificação de vazamento no campo, mostrando o momento das atividades para a detecção de vazamentos.

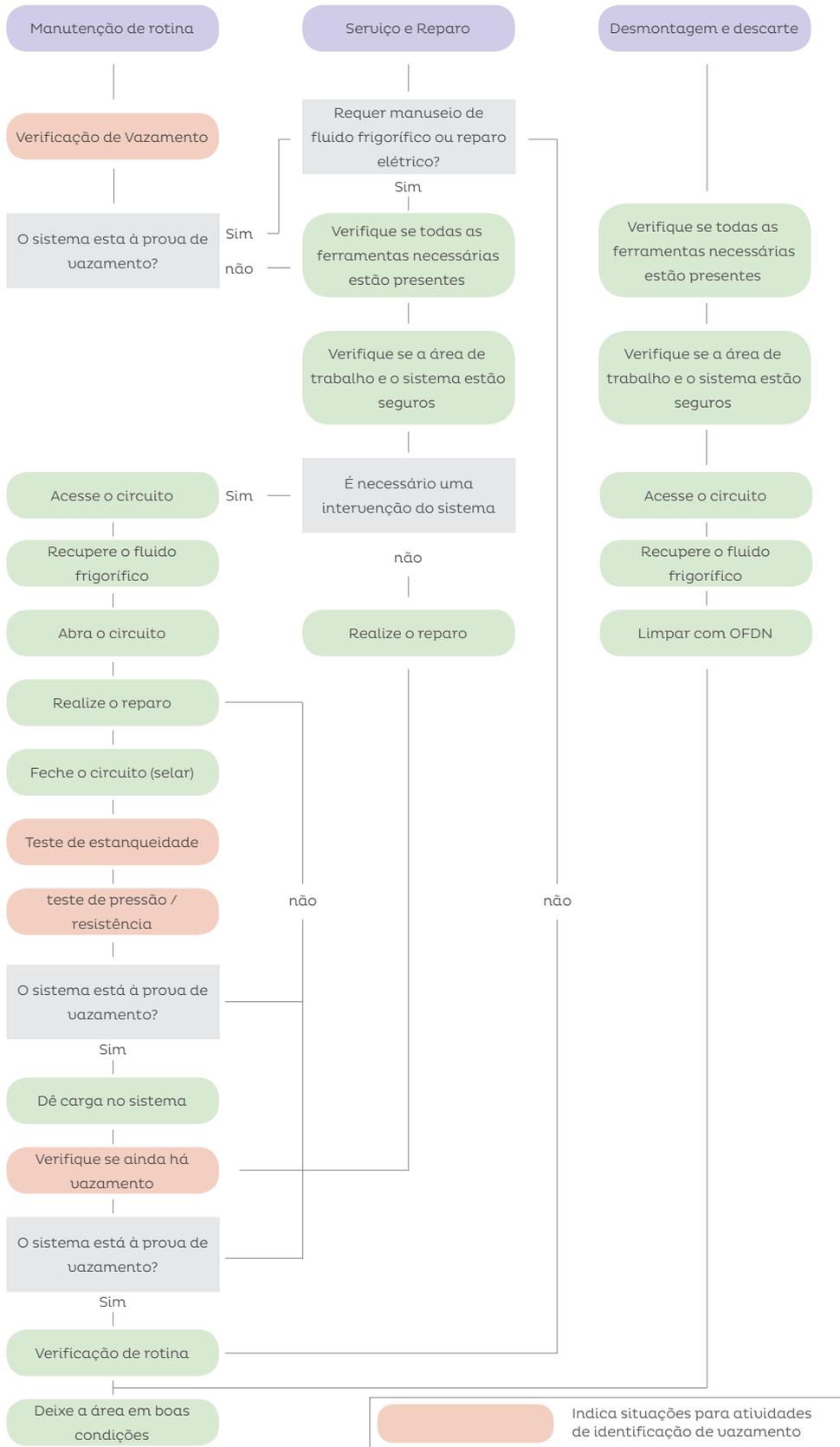


Figura 1.1: Diagrama de fluxo de trabalho para identificação de vazamento no campo.

2. REGULAMENTOS E NORMAS

2.1. REGULAMENTO EUROPEU F-GAS Nº 517/2014

O Regulamento europeu F-gas descreve condições e medidas de redução de emissão de fluido refrigerante conforme listado abaixo.

2.1.1. ESCOPO DO REGULAMENTO F-GAS

Inclui equipamentos estacionários de refrigeração, ar condicionado, bombas de calor e aplicações de proteção contra incêndios que contenham cargas de fluido refrigerante fluorados > 3 kg (6 kg para sistemas hermeticamente fechados).

Capítulo II: Contenção

Art. 3: Prevenção das emissões de gases fluorados com efeito de estufa

Art. 4: Verificação para detecção de vazamentos

Art. 5: Sistemas de detecção de vazamentos

Art. 6: Registros

Art. 7: Emissões de gases fluorados com efeito de estufa relativos à produção

Art. 8: Recolhimento

Art. 9: Regimes de responsabilidade do produtor

Art. 10: Treinamento e certificação

Capítulo III: Colocação no mercado e restrições de uso

Art. 11: Restrições à colocação no mercado

Art. 12: Etiquetagem de produtos e equipamentos

Art. 13: Restrições de uso

Art. 14: Pré-carregamento de equipamentos com hidrofluorcarbonetos

Capítulo IV: Redução da quantidade de hidrofluorcarbonetos colocados no mercado

Art. 15: Redução da quantidade de hidrofluorcarbonetos colocados no mercado

Art. 16: Atribuição de quotas para colocação de hidrofluorcarbonetos no mercado

Art. 17: Registros

Art. 18: Transferência de quotas e autorização de utilização das quotas para a colocação no mercado de hidrofluorcarbonetos em equipamentos importados

Capítulo V: Relatórios

Art. 19: Relatórios de produção, importação, exportação, utilização como matéria-prima e destruição de fluidos refrigerantes

Art. 20: Recolha de dados relativos às emissões

2.1.2. DETALHES DOS REQUISITOS DO ARTIGO 3 (PREVENÇÃO DAS EMISSÕES DE GASES FLUORADOS COM EFEITO DE ESTUFA)

- É proibida a liberação intencional para a atmosfera de gases fluorados com efeito estufa, se a liberação não for tecnicamente necessária no âmbito da utilização pretendida;
- Os operadores dos equipamentos que contêm gases fluorados com efeito de estufa devem tomar precauções para evitar a liberação não intencional desses gases e devem tomar todas as medidas que sejam tecnicamente e economicamente viáveis para minimizar os vazamentos de gases fluorados com efeito de estufa;
- Se forem detectados vazamentos de gases, os operadores devem providenciar sem demora o reparo do equipamento. A eficácia do reparo deve ser verificada no prazo de um mês após o reparo;
- O operador de sistema de RAC deve garantir que o reparo seja realizado apenas por profissional certificado sob a vigência dos Regulamentos F-gas para realizar uma determinada atividade.

2.1.3. DETALHES DOS REQUISITOS DO ARTIGO 4 (VERIFICAÇÃO PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS)

- Os operadores de equipamentos que contenham mais de 3 kg (6 kg para sistemas hermeticamente fechados) de fluidos frigoríficos fluorados devem assegurar que verificações regulares de vazamento sejam realizadas por profissionais qualificados. (Ver tabela 2.1).

2.1.4. DETALHES DOS REQUISITOS DO ARTIGO 5 (SISTEMAS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTOS)

- Equipamentos que contenham gases fluorados com efeito de estufa em quantidades iguais ou superiores a 500 toneladas de equivalente de CO₂ devem providenciar um sistema de detecção de vazamentos que alerte o operador ou uma empresa de assistência técnica de qualquer vazamento;
- Os sistemas de detecção de vazamentos devem ser inspecionados pelo menos uma vez de 12 em 12 meses para garantir o seu correto funcionamento.

Tabela 2.1: Frequência das verificações de vazamento.

Frequência das verificações de vazamento	CO ₂ eq.	Ano	R-134a	R-407C	R-410A	R-404A
			GWP: 1430	GWP: 1770	GWP: 2090	GWP: 3920
Sistemas não hermeticamente fechados Cada 12 meses (cada 24 meses no caso de ter instalado um sistema de detecção de vazamento)	≥5t	2015	3,5 kg	3,0 kg	3,0 kg	3,0 kg
		2017	3,5 kg	2,8 kg	2,4 kg	1,3 kg
Sistemas hermeticamente fechados Cada 12 meses (cada 24 meses no caso de ter instalado um sistema de detecção de vazamento)	≥10t	2015	7,0 kg	6,0 kg	6,0 kg	6,0 kg
		2017	7,0 kg	5,7 kg	4,8 kg	2,6 kg
Todos os sistemas Cada 6 meses (cada 12 meses no caso de ter instalado um sistema de detecção de vazamento)	≥50t	2015	35 kg	28 kg	24 kg	13 kg
Todos os sistemas Na prática, a cada 6 meses devido à exigência do sistema de detecção de vazamento. (A partir de 2017 para ciclos orgânicos de rankine.) Caso contrário, a cada 3 meses.	≥500t	2015	350 kg	282 kg	239 kg	128 kg

2.1.5. DETALHES DOS REQUISITOS DO ARTIGO 6 (REGISTROS)

- Todos os sistemas de RAC devem possuir um registro do equipamento. O registro deve estar disponível no local da instalação e incluir informações sobre a quantidade e tipo de fluidos refrigerantes fluorados instalados, as quantidades adicionadas e as quantidades recolhidas durante os serviços, manutenção e destino final, a identificação do técnico ou empresa de serviço, as datas e os resultados de verificação de vazamento;
- Quando a causa do vazamento for conhecida ela deve ser mencionada no registro do equipamento;
- Os operadores de equipamentos devem conservar os registros durante, pelo menos, cinco anos;
- As empresas que prestem aos operadores os serviços devem conservar cópias dos registros durante, pelo menos, cinco anos;
- Requisitos similares em relação aos registros se aplicam para empresas vendedoras e compradoras de HFCs.

2.1.6. DETALHES DOS REQUISITOS DO ARTIGO 8 (RECOLHIMENTO)

- Para que haja recolhimento adequado, os operadores devem instituir medidas, por meio de um profissional certificado para realizar a reciclagem, regeneração ou destruição de fluidos refrigerantes fluorados;
- Circuitos de refrigeração de equipamentos móveis e estacionários de refrigeração, ar condicionado e bomba de calor.

2.1.7. DETALHES DOS REQUISITOS DO ARTIGO 10 (TREINAMENTO E CERTIFICAÇÃO)

- Os Estados-membros da União Europeia são obrigados a estabelecer programas de treinamentos e órgãos de certificação para garantir o treinamento e certificação de profissionais e empresas em todos os setores relevantes.
- Os programas de treinamento e certificação devem abranger o seguinte:
 - a) Regulamentação e normas técnicas aplicáveis;
 - b) Prevenção de emissões;
 - c) Recolhimento de gases fluorados com efeito de estufa;
 - d) Manuseio seguro de equipamentos do tipo e da dimensão abrangidos pelo certificado;
 - e) Informações sobre tecnologias relevantes para substituir ou reduzir a utilização de gases fluorados com efeito de estufa e a sua manipulação segura.
- A certificação é necessária para pessoas que trabalham na instalação, manutenção, verificação de vazamento, e descomissionamento de sistemas.

2.1.8. REPARO DE VAZAMENTOS

- O operador de sistema de RAC deve garantir que o reparo seja realizado apenas por profissional certificado sob a vigência dos Regulamentos F-gas para realizar uma determinada atividade;
- Se necessário, o fluido refrigerante deve ser recolhido antes que o reparo seja realizado;
- Para evitar reincidência, a causa do vazamento deve ser identificada o quanto antes;
- Se necessário, um teste com OFDN (“Oxygen Free Dry Nitrogen” – Nitrogênio Seco

sem Oxigênio) ou outro tipo de teste de pressão com um fluido seco e apropriado deve ser realizado para garantir que o sistema está totalmente selado e sem vazamentos. Após esse teste realizar a evacuação, a carga de fluido refrigerante e o teste final de vazamento;

- Quando a causa do vazamento for conhecida ela deve ser mencionada no registro do equipamento.

2.1.9. VERIFICAÇÕES DE ACOMPANHAMENTO

Uma vez que um vazamento tenha sido identificado e consertado, deve haver uma verificação de acompanhamento que foque no local do reparo e nas partes indiretas do sistema em que a tensão tenha sido aplicada durante o reparo. Esta verificação de acompanhamento deve ocorrer dentro de um mês, mas pode ser realizada imediatamente após o conserto.

2.1.10. VERIFICAÇÃO DE VAZAMENTOS EM NOVOS SISTEMAS

Após novos sistemas serem colocados em funcionamento, deve-se verificar imediatamente se há vazamento.

2.1.11. TAXAS DE VAZAMENTO

Além da obrigação dos operadores de equipamentos operando com gases fluorados de tomar precauções para evitar a liberação não intencional desses gases e para minimizar os vazamentos de gases fluorados com efeito de estufa, os operadores de equipamentos estacionários de refrigeração e sistemas de ar condicionado, incluindo bombas de calor, na Alemanha, têm que garantir que as taxas de vazamento não ultrapassem os valores limites, conforme Regulamento Alemão “*Chemicals Climate Protection*” de 2008 (veja a Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Taxas aceitáveis de vazamento, conforme Regulamento Alemão “*Chemicals Climate Protection*” de 2008.

Taxas de vazamento de fluido refrigerante aceitáveis e os prazos que os equipamentos estacionários de refrigeração, sistemas de ar condicionado e bombas de calor devem obedecer				
	Carga de fluido refrigerante	Instalação no local		
		Até a data de 30 de junho de 2005	Após 30 de junho de 2005 até a data de 30 de junho de 2008	Após a data de 30 de junho de 2008
Sistemas instalados no local	< 10 kg	8 %	6 %	3 %
	10 a 100 kg	6 %	4 %	2 %
	>100 kg:	4 %	2 %	1 %
Sistemas selados de fábrica	≥ 3 kg	1 %	1 %	1 %
Deve cumprir com a data de >		Após a data de 01 de julho de 2011		Diretamente (novos sistemas)

As taxas de vazamento admissíveis individuais referem-se à pressão de saturação de fluido refrigerante, à temperatura ambiente. Elas se aplicam às juntas dos sistemas de refrigeração. A DIN 8964 aplica-se aos elementos do circuito. A específica perda de fluido refrigerante permitida prevalece em todos os casos, porque o número de juntas pode variar muito de um sistema para o outro. As taxas específicas admissíveis de vazamento da Tabela 2.2 aplicam-se à “operação normal” dos sistemas.

2.1.12. REDUÇÃO DO CONSUMO DE HFCs E RESTRIÇÕES DE USO

A Figura 2.1 abaixo mostra o cronograma de redução do consumo de HFCs previsto no regulamento europeu F-gas Nº 517/2014. A redução inicia-se em 2015 com uma série de cortes em relação à linha de base¹.

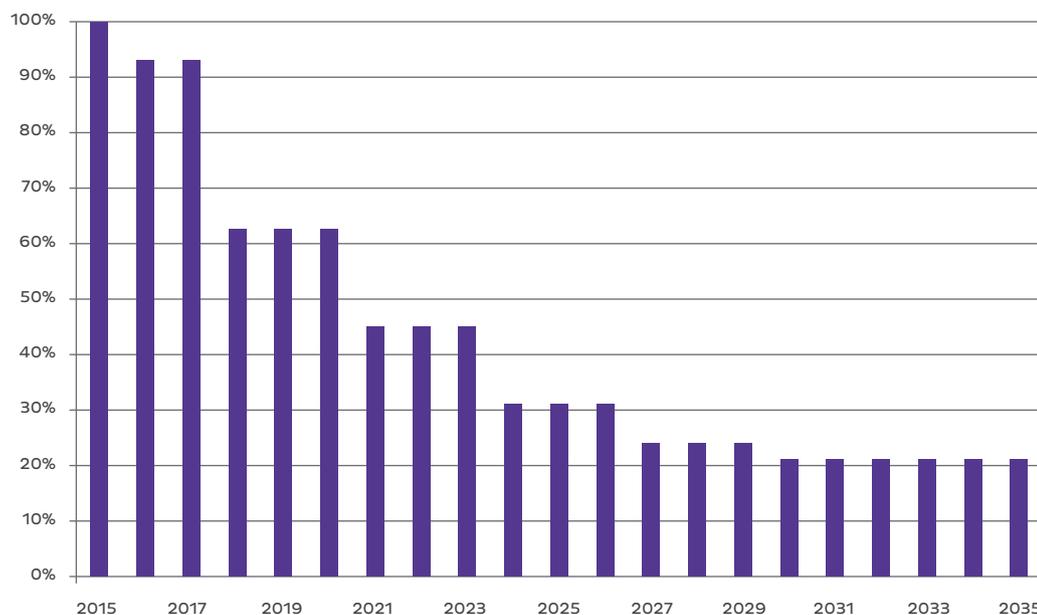


Figura 2.1: Cronograma de redução do consumo de HFCs.

¹ Linha de base = Consumo médio entre os anos 2009 e 2012.

O novo regulamento F-gas prevê também a proibição de serviços em equipamentos utilizando fluidos refrigerantes com GWP maior que 2500 (404A / 507). Isenções existem para os seguintes casos:

- Carga inferior a 40 toneladas de CO₂ eq. (para R404A = 10,2 kg);
- Temperaturas abaixo de -50 °C;
- Equipamento militar.

A partir de 2020 somente fluidos refrigerantes reciclados com GWP maior que 2500 são permitidos para serviços. A partir de 2030 o serviço não é mais permitido.

A Tabela 2.3 a seguir mostra um resumo de algumas proibições de uso de HFCs previstas no regulamento europeu F-gas Nº 517/2014.

Tabela 2.3: Resumo de algumas proibições de uso de HFCs.

Equipamento	Data de Proibição
Refrigeradores domésticos GWP \geq 150	01.01.2015
Refrigeradores comerciais, hermeticamente fechados, GWP \geq 2500	01.01.2020
Equipamento de refrigeração estacionário para temperaturas acima -50 °C, GWP \geq 2500	01.01.2020
Manutenção em equipamentos com novos fluidos frigoríficos com GWP \geq 2500 para temperaturas ≥ -50 °C e carga \geq 40 t CO ₂ eq. (exceto equipamento militar). Fluidos frigoríficos reciclados ainda podem ser utilizados.	01.01.2020
Refrigeradores comerciais, hermeticamente fechados, GWP \geq 150	01.01.2022
Sistemas múltiplos de refrigeração centralizada para uso comercial com uma capacidade nominal de 40 kW e com GWP \geq 150, exceto no circuito refrigerador primário de sistemas em cascata nos quais podem ser utilizados gases fluorados com GWP \geq 1500	01.01.2022
Sistemas de ar condicionado unitários com carga inferior a 3 kg com GWP \geq 750	01.01.2015
Manutenção em equipamentos com novos fluidos frigoríficos com GWP \geq 2500 para temperaturas ≥ -50 °C e carga \geq 40 t CO ₂ eq. (exceto equipamento militar).	01.01.2030

2.2. REGULAMENTO EUROPEU DE SUBSTÂNCIAS DESTRUIDORAS DA CAMADA DE OZÔNIO 2037/2000

Sob o Regulamento de substâncias destruidoras da camada de ozônio (SDOs) é obrigatório que fluidos frigoríficos clorofluorcarbono (CFC) e hidrocloreofluorcarbonos (HCFCs) sejam recolhidos, reciclados ou destruídos. O Regulamento prevê que é responsabilidade do usuário garantir que aplicações que contenham mais de 3 kg dessas substâncias sejam verificadas quanto à vazamentos anuais e que medidas adequadas sejam tomadas para detectar e corrigir vazamentos de fluido frigorífico.

2.3. EN378/2008 – SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO E BOMBAS DE CALOR: REQUISITOS AMBIENTAIS E DE SEGURANÇA

Esta norma europeia está relacionada com os requisitos ambientais e de segurança de sistemas de refrigeração, abordando temas desde a concepção até o fim de vida útil. Um fator importante é a definição do projeto adequado de equipamentos de refrigeração e de testes de pressões para garantir a estanqueidade do sistema e, conseqüentemente, minimizar a emissão de fluido frigorífico. A fim de atender essa exigência de projeto do sistema de refrigeração, o projetista deve determinar a pressão máxima admissível nas diferentes partes do sistema levando em conta uma temperatura ambiente máxima como apropriada para o local de instalação. O valor mínimo da pressão máxima admissível deve ser determinado pelas temperaturas mínimas especificadas na Tabela

2.4 para determinar a pressão do fluido frigorífico saturado. Quando os evaporadores estiverem sujeitos a pressões elevadas, por exemplo, durante a operação de ciclo reverso (aparelho de sistema A/C), a temperatura especificada do lado de alta pressão deve ser utilizada.

Tabela 2.4: Temperaturas mínimas especificadas para determinar a pressão do fluido frigorífico saturado.

Condições ambientais	≤32 °C	≤38 °C	≤43 °C	≤55 °C
Lado de alta pressão com condensador resfriado a ar	55 °C	59 °C	63 °C	67 °C
Lado de alta pressão com condensador resfriado a água ou bomba de água	Temperatura máxima de saída de água + 8 K			
Lado de alta pressão com condensador evaporativo	43 °C	43 °C	43 °C	55 °C
Lado de baixa pressão com trocador de calor exposto à temperatura ambiente externa	32 °C	38 °C	43 °C	55 °C
Lado de baixa pressão com trocador de calor exposto à temperatura ambiente interna	27 °C	33 °C	38 °C	38 °C

2.3.1. RELAÇÃO DE PRESSÃO COM A PRESSÃO MÁXIMA ADMISSÍVEL PS (EN378-2)

O sistema e os componentes devem ser projetados para atender à relação de pressão fornecida na Tabela 2.5 abaixo.

2.3.2. CONSTATAÇÃO DE VAZAMENTO GERAL E PROBLEMAS DE TESTES DE PRESSÃO NO CAMPO

O teste de pressão é essencial para atender à Diretiva Europeia de Equipamentos sob

Tabela 2.5: Pressão de projeto máxima permitida (EN378-2).

Pressão de projeto	≥ PS
Pressão de teste de resistência	1.1 a 1.43 x PS
Pressão de teste de estanqueidade para montagens	1 x PS
Ajuste do pressostato de segurança para limitar a pressão de sistemas com dispositivo de alívio	≤ 0.9 x PS
Ajuste do pressostato de segurança para limitar a pressão para sistemas com dispositivo de alívio	≤ 1,0 x PS
Ajuste do dispositivo de alívio de pressão	1.0 x PS
A válvula de alívio de pressão atinge o fluxo necessário a 1,1 PS	≤ 1.1 x PS

Pressão (PED). Regulamentos internacionais adicionais estão em vigor com os mesmos requisitos ou requisitos similares de projeto e construção. Os procedimentos de teste de pressão (resistência) devem ser realizados após a finalização de novas instalações ou após a fabricação de equipamentos, porém antes da montagem de quaisquer componentes ou do isolamento da tubulação.

Os critérios de projeto descritos acima devem ser levados em conta para equipamentos, aparelhos ou instalações sujeitas à manutenção e reparo. Os mesmos critérios também se aplicam para teste de pressão. A equipe de manutenção é obrigada a verificar as condições do local e definir todas as atividades que deverão ser realizadas quando um sistema RAC apresentar vazamento. Testes de estanqueidade, como a pressurização do sistema com OFDN em combinação com a aplicação de uma solução de água com sabão, podem ser realizadas com uma pressão relativamente baixa, próxima de 10 bar. Os seguintes princípios de tecnologia de teste de vazamento devem ser considerados.

2.3.3. EFEITOS COLATERAIS DE VAZAMENTOS DE FLUIDO FRIGORÍFICO

Em primeiro lugar, há o aspecto ambiental diretamente afetado pela emissão de fluido frigorífico na atmosfera. Também é importante entender que qualquer sistema RAC com falta de fluido frigorífico tem sua eficiência reduzida, fato que levará a custos de energia mais elevados e maior emissão indireta de CO₂ (com duplo efeito para o meio ambiente). Um sistema com vazamento contínuo é sempre um caso de recorrentes solicitações de manutenção, com geração de custos adicionais, podendo ocasionar a queima do compressor. Dependendo

do tipo de fluido frigorífico e da localização do vazamento, poderá haver sérios impactos à saúde e à segurança, podendo levar a asfixia em ambientes confinados quando os limites de concentração e exposição se excederem.

Os procedimentos de teste de vazamento e pressão (Tabela 2.6) podem ser entendidos como atividades de controle de qualidade que visam garantir a integridade da instalação RAC. Os testes devem ser não destrutivos e realizados de uma única vez, sem causar impacto ao meio ambiente e aos operadores. Os procedimentos descritos a seguir estão relacionados à testes de campo que poderão ser aplicados por engenheiros e técnicos de refrigeração.

2.3.4. PRINCÍPIOS DE TECNOLOGIA DE TESTE

- O teste de vazamento somente deve ser realizado após a execução do teste de resistência à pressão (após a fabricação, instalação ou reparos de componentes do circuito de refrigeração);
- A direção da carga de teste deve seguir a mesma direção da carga operacional;
- A pressão de teste no sistema deve ser igual à pressão máxima admissível, caso possível;
- Deve-se realizar teste de grandes vazamentos antes de realizar teste de vazamentos menores;
- As amostras a serem testadas devem estar limpas;
- Se para o teste de vazamento forem utilizadas misturas de gases, o sistema a ser testado deve ser preenchido com uma mistura de gás homogênea. Após isso realize o recolhimento e o descarte adequado do fluido para não prejudicar o meio ambiente;
- Os testes de vazamentos preliminares, na forma de testes de vazamentos menores, devem ser realizados com a utilização de dispositivos

de detecção com o sistema na pressão máxima admissível. É indicado especialmente para as partes e componentes do sistema que não podem ser facilmente acessados;

- Antes de cada procedimento de detecção de vazamento deve-se verificar o posicionamento correto do dispositivo de detecção, a aferição da sensibilidade do dispositivo por meio de um vazamento de referência (calibração) e a aplicação correta dos procedimentos de detecção;
- Os testes de vazamentos e a detecção devem ser realizados somente por pessoas competentes e qualificadas, conforme descrito na Regulamentação Europeia nº 303 de abril de 2008. Outros procedimentos podem ser encontrados na norma EN 13313 de dezembro de 2010 “Refrigeration Systems and Heat Pumps” “Competence of Personnel” (Seção “Technical Competence Qualification for Leak Detection/Leak Testing”);
- Condições específicas da infraestrutura do local devem ser verificadas antes dos testes de vazamentos e da detecção.

Tabela 2.6: Resumo dos procedimentos para detecção e dos testes de vazamentos (Tanto para a linha de produção como para aplicação em campo).

Detecção de vazamentos e Procedimentos de testes de vazamentos	Meio de teste	Breve avaliação	Classificação de teste
Teste de queda de pressão (teste de nível de pressão)	Nitrogênio	Detecção de vazamentos maiores. Medição da taxa total de vazamento	Teste preliminar
Teste de aumento de pressão (teste de aumento de pressão a vácuo)	Ar	Detecção de vazamentos maiores. Medição da taxa total vazamento	Teste preliminar
Detecção por espuma (revestimento com líquido) = teste com bolha de sabão	Nitrogênio, fluido de operação	Procedimento de detecção de vazamentos maiores	Teste preliminar
Detecção por bolha (imersão) = teste com bolhas sob líquido usado para realizar o teste	Nitrogênio	Procedimento de detecção de vazamentos maiores ou menores	Teste preliminar, teste final para componentes do circuito
Teste com gás marcador (detectores de hidrogênio)	Fluido frigorífico, misturas de fluido frigorífico e nitrogênio ou gás marcador (5% de hidrogênio, 95% de nitrogênio)	Detecção de vazamentos maiores e menores	Teste preliminar, teste final
Teste com um gás marcador (detectores de gás hélio)	Hélio, mistura de hélio e nitrogênio	Detecção de vazamentos menores	Teste preliminar, teste final
Teste com um gás marcador (detectores de gás seletivo)	Hélio, hidrocarbonetos halogenados, misturas, hidrocarbonetos, dióxido de carbono	Detecção de vazamentos menores	Teste preliminar, teste final
Detecção por aditivos fluorescentes e luz ultravioleta	A adição de um aditivo ao circuito de refrigeração é necessária	Procedimento complementar. Apenas vazamentos de óleo são detectados	Teste preliminar
Detecção com espectrômetros de infravermelho	Fluido frigorífico, principalmente amônia	Medição sensível a uma baixa concentração, com tempos muito longos	Medidas especiais

2.4. QUALIFICAÇÃO DE COMPETÊNCIA TÉCNICA PARA DETECÇÃO E TESTE DE VAZAMENTO

O teste de vazamento em sistemas de refrigeração deve ser realizado por especialista competente, tais como engenheiros ou técnicos de refrigeração capacitados. Conforme EN 13313, o teste deve ser realizado por pessoa qualificada que adquiriu a “Qualificação de competência para detecção e teste de vazamento na área de refrigeração”. Além disso, o profissional deve ter tido uma participação bem-sucedida em um curso de formação ou apresentar qualificação de competência conforme estabelecido no Regulamento Europeu nº 303, de abril de 2008. A qualificação de competência técnica exige conhecimentos em áreas fundamentais e em procedimentos de testes, quando aplicável (consultar VDMA 24243-3), conforme apresentando a seguir:

- Detecção de vazamentos, teste de vazamentos e verificação do estado de funcionamento em relação à estanqueidade dos produtos instalados no sistema de refrigeração;
- Aplicação das normas e regulamentos relativos à estanqueidade ou detecção e teste de vazamentos de produtos e componentes instalados no sistema de refrigeração;
- Requisitos de estanqueidade (taxas de vazamento admissíveis);
- Princípios básicos quanto à vazamentos de fluidos: unidades de taxas de vazamento, fluxo de vazamentos, conversão da taxa de vazamento em função do material e pressão;
- Princípios de teste de vazamento;
- Teste de vazamentos por pressão e procedimento de detecção de vazamentos;
- Procedimentos baseados no aumento da pressão a vácuo;
- Avaliação do teste de vazamentos e procedimentos de detecção de vazamentos (incluindo sensibilidade de detecção);
- Influência de líquidos na estanqueidade do vazamento;
- Desempenho da detecção e teste de vazamentos, folhas de inspeção, registro de consumo de fluido frigorífico;
- Avaliação de dispositivos de detecção de vazamentos, abordando os princípios funcionais;
- Dispositivos eletrônicos de detecção de vazamento de halogenados, abordando propriedades, manuseio, posicionamento correto, vazamentos de referência (calibração);
- Dispositivos de detecção de vazamento durante a montagem, propriedades de dispositivos usados atualmente no mercado, necessidade de testes dos dispositivos de detecção de vazamento na montagem com vazamentos de referência antes de cada procedimento de detecção de vazamento;
- Detecção e teste de vazamentos com amônia e hidrocarbonetos;
- Detecção e teste de vazamentos com detectores de gás hélio e detectores de gás seletivos em base de espectrômetro de massa;
- Detecção e teste de vazamentos com a utilização de detectores de infravermelho;
- Procedimento especial: Detecção de óleo ou aditivos com luz ultravioleta.

2.5. NORMA ABNT NBR 16186:2013 (REFRIGERAÇÃO COMERCIAL, DETECÇÃO DE VAZAMENTOS, CONTENÇÃO DE FLUIDO FRIGORÍFICO, MANUTENÇÃO E REPAROS)

A Norma estabelece os requisitos mínimos e os procedimentos para redução da emissão de fluidos frigoríficos em equipamentos e instalações de refrigeração comercial. A Norma abrange a detecção de vazamentos de fluidos frigoríficos, manutenção e reparo em equipamentos e instalações.

2.5.1. VAZAMENTOS DE FLUIDO FRIGORÍFICOS EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO COMERCIAL

Tradicionalmente, os sistemas de refrigeração comercial são caracterizados por grandes car-

gas de fluidos frigoríficos e, potencialmente, por altas taxas de vazamentos, uma combinação que resulta em emissões consideráveis de fluidos frigoríficos. Segundo a Norma 16.186:2013, por meio de estudo realizado sobre emissões de HCFC-22 em sistemas de refrigeração comercial em supermercados, foi verificada uma recarga anual média em torno de 39%. O levantamento demonstrou que as melhores unidades pesquisadas tiveram uma recarga anual média de 4%. Com o emprego de técnicas atuais e modernas, é possível alcançar taxas de vazamento menores de vazamentos em benefício do meio ambiente, pois os fluidos frigoríficos comerciais normalmente utilizados contribuem para o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio.

2.5.2. PONTOS DE VAZAMENTOS

De acordo com a Norma, na Tabela 2.7 são apresentados os possíveis pontos de vazamentos em um equipamento de refrigeração comercial, informando a periodicidade de verificações e as recomendações.

Tabela 2.7: Tabela de verificação conforme ABNT NBR 16186:2013.

Descrição	Periodicidade (em semanas)	Recomendações
Compressor	4	Selo mecânico, guarnições, juntas, vibrações, válvulas de serviço e conexões para instrumentação.
Condensador evaporativo	4	Válvula de segurança, válvula de serviço e tubo de troca de calor.
Condensador	4	Válvula de segurança, válvula de serviço, tubo de troca de calor.
Conjunto de motor e ventilador	2	Verificação visual da vibração.
	12	Medição da intensidade de vibração.
Corrosão em peças metálicas	4	Linhas de fluido frigorífico e seus acessórios.
Curvas e tubulações do evaporador	4	Vibração, dilatação térmica, brasagem, abrasão e cabeceira da serpentina.
Componentes de refrigeração	4	Conexões por solda, brasagem ou mecânicas (flanges e porcas) em coletores e distribuidores, válvulas de expansão e tubos capilares.
Fixações das linhas de refrigeração	4	Vibração, dilatação térmica, brasagem e abrasão.

Descrição	Periodicidade (em semanas)	Recomendações
Operações de degelo do sistema	4	Dilatação ou deformação devido ao acúmulo de gelo.
Conexões por solda, brasagem ou mecânicas (flanges e porcas)	4	Vibração e dilatação térmica.
Separador de óleo	4	Verificar vazamentos na solda do corpo e conexões.
Tanque de líquido	4	Verificar vazamentos na solda do corpo e conexões.
Carga de fluido refrigerante	1	Verificar o nível no tanque de líquido pelo visor ou por sensores.
Tubulações flexíveis	4	Verificar vazamentos.
Válvula de serviço	4	Verificar conexão, haste, anel de vedação e tampa.
Válvulas de segurança ou de alívio	4	Verificação de vazamentos e ajustes.
Válvulas Schrader	4	Verificar vazamentos e substituir o mecanismo de acionamento (miolo) e o anel de vedação da tampa, se necessário.

Nota: A Norma também faz recomendações sobre projeto, fabricação, montagem e instalação dos sistemas de refrigeração, com os devidos ensaios de pressurização, estanqueidade e questões de segurança. Questões sobre serviços de operação, manutenção, segurança e desativação e 3R (recolhimento, reciclagem e regeneração) também são tratadas pela Norma.

3. TECNOLOGIAS E EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO

3.1. TESTE DE AUMENTO DA PRESSÃO DE VÁCUO

Para se obter um bom teste de aumento da pressão de vácuo, o valor de vácuo deve ser de aproximadamente 500 microns (0,67 mbar) e deve ser mantido por uma bomba de vácuo com sua mangueira metálica conectada no lado de alta e baixa pressão do circuito do sistema de refrigeração. Após o fechamento da válvula do manifold, entre o sistema e a bomba de vácuo, o vacuômetro deve ser observado por cerca de 5 a 20 minutos para permitir que a pressão do sistema se equalize. Uma rápida subida da pressão atmosférica irá indicar que o sistema ainda está com vazamento. Um aumento mais lento, a uma pressão de cerca de 1.500 microns (2 mbar), irá indicar que ainda há umidade no sistema. Neste caso, o vácuo deverá ser “quebrado” com a inserção de OFDN no sistema, sendo, posteriormente, realizado novamente.

O vacuômetro usado deve ser capaz de medir pressão absoluta com resolução de 0,1 mbar. No caso de sistema de refrigeração construído em campo, a faixa de medição deve ter uma resolução mínima de 1 mbar.

PERMEAÇÃO DE MANGUEIRAS DE TRANSFERÊNCIA DE FLUIDO FRIGORÍFICO DURANTE A EVACUAÇÃO

Mesmo com a tecnologia avançada e a qualidade das mangueiras de transferência de fluido refrigerante atuais, é importante perceber que a permeação através do composto de mangueiras existe. Cargas de fluido refrigerante e mangueiras de teste são geralmente projetados para pressão positiva. As únicas linhas de conexão entre a bomba e o sistema que são realmente projetadas para trabalhar em vácuo são a tubulação de cobre macio ou as mangueiras de metal flexíveis (ilustradas na Figura 3.1). Ao verificar aumento de pressão após a evacuação, a atmosfera vai permear pelas mangueiras devido à di-

ferença de pressão e o vacuômetro (eletrônico) vai indicar subida de leitura lentamente. Outra fonte de vazamento é o selo de vedação das válvulas e dos engates das mangueiras. Esta vedação é projetada para carga de fluido refrigerante e não fornece uma vedação “perfeita” necessária para um alto nível de vácuo de um circuito de refrigeração. A Figura 3.2 ilustra uma permeação durante a evacuação de um sistema de RAC e a Figura 3.3 ilustra uma permeação durante a transferência de fluido refrigerante.



Figura 3.1: Mangueira flexível de metal para refrigeração.

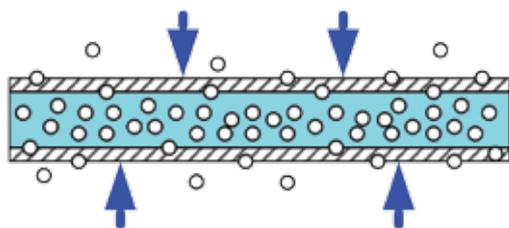


Figura 3.2: Permeação durante a evacuação de um sistema de RAC.

A atmosfera com pressão mais elevada (1013,00 mbar ao nível do mar) permeia para a pressão mais baixa no interior do tubo de transferência de fluido refrigerante.

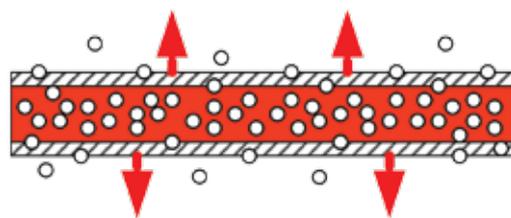


Figura 3.3: Permeação durante a transferência de fluido refrigerante.

Atenção: Com mangueiras de fluido refrigerante de boa qualidade, o valor do fluido refrigerante permeado durante o carregamento ou a medição do sistema é insignificante e não pode ser medido com um detector de gás convencional.

3.2. TESTE DE QUEDA DE PRESSÃO (APLICAÇÃO EM CAMPO)

Este método consiste em pressurizar o sistema com um gás em alta pressão, normalmente OFDN. Em seguida, a parte é isolada da carga de fluido refrigerante e, após um período de estabilização, sua pressão interna é observada ao longo do tempo. Se a pressão no sistema cair rapidamente, existe um grande vazamento presente naquele componente ou parte do sistema. Se a pressão do sistema cair lentamente, há um pequeno vazamento presente. Se a pressão permanecer a mesma (dependendo do tempo aplicado), supõe-se que tal componente não possui vazamentos. A sensibilidade de detecção de vazamentos está relacionada com o tempo de teste, a resolução do manômetro (ou transdutor) e o volume do sistema testado (manômetros de precisão com alta resolução devem ser utilizados).

Vários fatores externos, como variações de temperatura e deformações mecânicas, afetam este teste. A pressão interna, na verdade, depende da temperatura, e qualquer mudança na temperatura pode causar alterações de pressão e alterar os resultados. Felizmente, experiências com nitrogênio seco ocasionam pequenas mudanças de pressão quando o nitrogênio é exposto a pequenas variações de temperatura. A sensibilidade desta técnica de teste depende da resolução da medição de pressão, do tempo de teste e dos valores de pressão.

A desvantagem deste método é que ele não identifica a localização do vazamento, apenas identifica se um vazamento está ou não está presente.

3.3. TESTANDO O SISTEMA COM GÁS COMPRIMIDO

Antes de realizar qualquer teste com gases comprimidos como OFDN, os componentes ou dispositivos que são mais sensíveis devem ser desmontados primeiro e remontados somente após o teste. As passagens para a conexão da válvula de segurança devem possuir um flange cego para testes de pressão e válvulas instaladas durante o comissionamento do sistema. A duração de um teste de pressão não deve, normalmente, exceder mais que 15 a 20 minutos, e caso ocorra uma redução gradual na pressão será mais provável que haja um vazamento no sistema do que uma falha em um componente ou em uma junta, pois neste caso, normalmente

há uma queda súbita de pressão e geralmente acompanhada de efeito sonoro.

3.3.1. PRESSÃO DE TESTE

As pressões de trabalho do lado de alta de um sistema geralmente são diferentes das pressões do lado de baixa (ver também Tabela 3.1). O teste de pressão deve começar com a menor pressão de trabalho. Em seguida, o lado de baixa pressão (PB – pressão de baixa) deve ser separado por válvulas de isolamento ou flanges de seccionamento e o lado de alta pressão (PA – pressão de alta) deve ser testado separadamente. Em sistemas menores, como unidades do tipo split de A/C, a pressão de teste do lado de PB e PA será a mesma.

Quando o teste de pressão estiver sendo realizado, a pressão de teste deve ser aumentada lentamente dentro do circuito refrigeração até o valor determinado. Ao realizar esse teste as juntas brasadas, roscadas, soldadas, flanges, conexões mecânicas com rosca, gaxetas e conexões elétricas de compressores herméticos/semi-herméticos devem ser examinadas constantemente.

A pressão máxima de teste a ser utilizada deve ser a pressão máxima admissível PS x 1.1. O valor PS deve estar indicado na placa de dados do equipamento. Se as informações do sistema não estiverem disponíveis, a Tabela 3.1 apresentada a seguir poderá ser usada de acordo com os diferentes tipos de fluidos frigoríficos apresentados.

Tabela 3.1: Exemplos de pressões de testes adequadas, conforme EN378: 2008).

Fluido refrigerante	Lado da PB PS em bar	Lado da PB Pressão de teste PS x 1.1	Lado da PA PS em bar	Lado da PA Pressão de teste PS x 1.1
(temperatura de condensação de 55 °C / temperatura máxima do ambiente de 32 °C)				
R-22	11,5	12,7	20,8	22,9
R-290	10,3	11,3	18,1	19,9
R-717	11,4	12,5	22,1	24,3
R134a	7,2	7,9	13,9	15,3
R-407C	13,2	14,5	23,8	26,2
R-404A	14	15,4	24,8	27,3
R-410A	18,9	20,8	33,3	36,6
R-32	19,4	21,3	34,2	37,6

3.3.2. PROCEDIMENTO DE TESTE DE VAZAMENTOS, QUESTÕES GERAIS

Para verificação de vazamentos durante o procedimento de teste de pressão, a solução de água com detergente (solução de bolha) deve ser aplicada com um pincel ou um spray nas juntas mecânicas.

A maioria dos vazamentos podem ser identificados pela inspeção visual do circuito de refrigeração. Recomenda-se verificar se há vazamentos com o uso de um detector de gás eletrônico. O uso da mistura de gás marcador (Hidrogênio/Nitrogênio) em combinação com um detector eletrônico de gás marcador é uma tecnologia muito precisa e útil para procedimentos de identificação de pontos de vazamentos. Em processos de fabricação industrial, é

normalmente usado o hélio junto com os detectores de hélio.

Para os sistemas com amônia (R-717), o procedimento de teste de pressão é semelhante. Cerca de 10% do teste de pressão é feito com a própria amônia. Seguindo este método, o nitrogênio é introduzido no sistema até atingir o valor final de teste de pressão, logo os vazamentos serão identificados pelo próprio cheiro típico da amônia. Todas as juntas estão sujeitas a verificação (constatação de vazamento) com papel hidratado de tornassol ou fenolftaleína. Ao detectar um vazamento, o papel irá mudar de cor. Após o teste de pressão, a quantidade de amônia e mistura de nitrogênio introduzidas no sistema devem ser liberadas com segurança e misturadas em água para neutralização da amônia.

Para realizar os procedimentos de teste de pressão com segurança é importante usar equipamento correto e realizar uma avaliação de risco. Abaixo são apresentados requisitos de exemplos com sinalizações no local do sistema RAC, conforme ilustrado da Figura 3.4. abaixo:

1. Usar o equipamento de proteção pessoal se necessário;
2. Usar apenas ferramentas e equipamentos adequados e confiáveis;
3. Manter um ambiente de trabalho seguro;
4. Informar os operadores de prédios, proprietários, entre outros;
5. Se possível e necessário realizar as tarefas necessárias em períodos previamente determinados, dependendo do local (edifício/área) em questão;
6. Colocar sinais de alerta na área de trabalho;
7. Não permitir a entrada de pessoas não autorizadas na área de trabalho;
8. Ter um plano de emergência em caso de acidentes.



Figura 3.4: Sinalização de segurança no local de teste de pressão

3.3.3. SUBSTÂNCIAS DE TESTE DE PRESSÃO

Em alguns casos, o sistema de RAC com vazamento perde a maioria ou toda a sua carga de fluido refrigerante operacional. No caso de ainda haver carga de fluido no sistema, o fluido deve ser removido de acordo com as boas práticas de reco-

lhimento e de forma adequada e, posteriormente, o sistema deve ser pressurizado com gás comprimido. Para procedimentos de vazamento e testes de resistência, as substâncias indicadas na Tabela 3.2 podem ser utilizadas com segurança, sem provocar um impacto ambiental, quando houver manutenção e reparo no sistema de RAC.

Tabela 3.2: Qualidade das substâncias de teste de pressão.

Substância	Qualidade	Vol. % de pureza	Capacidade de umidade ppmu
Nitrogênio N ₂ (OFDN)	4,0	99,99	≤ 30
Mistura de gás marcador N ₂ /H ₂ 95% 5%	-	-	≤ 30
Dióxido de carbono - CO ₂	4,0	99,99	≤ 30

Atenção: O oxigênio, incluindo o ar comprimido, nunca deve ser usado, pois ele pode explodir quando misturado com óleo, podendo causar ferimentos, mortes ou mesmo danos materiais (equipamentos, etc.).

3.4. EQUIPAMENTOS PARA USO EM CAMPO DE NITROGÊNIO SECO E SEM OXIGÊNIO (OFDN) -

O nitrogênio é um gás natural e não contribui para a poluição do meio ambiente se liberado na atmosfera. O nitrogênio é insípido, inodoro e incolor, e está presente em 78,08% do ar que respiramos. Não é inflamável e não contribui para a combustão.

Para as tecnologias de refrigeração, o nitrogênio está disponível nas formas líquida e gasosa. O OFDN, que geralmente usamos para manutenção de sistemas de refrigeração e ar-condicionado, é fornecido e transportado em cilindros de alta pressão. Os cilindros de OFDN normalmente utilizados

em sistema de RAC estão especificados na Tabela 3.3.

Durante a instalação, serviços e manutenção de sistemas RAC somente deve ser utilizado o gás OFDN e cilindros em combinação com um regulador de pressão confiável e apropriado para reduzir a pressão do gás de forma segura e a um nível controlado. O gás OFDN só deve ser transferido para o circuito de refrigeração através da utilização de mangueiras de transferência desenvolvidas e certificadas para esta finalidade. Na maioria dos casos as mangueiras de transferência de fluido frigorífico possuem essa classificação, porém é necessário verificar se as mangueiras de refrigeração são confiáveis para serem utilizadas com gás OFDN pressurizado.

Tabela 3.3: Cilindros normalmente utilizados para OFDN e gás de marcador.

Conteúdo do cilindro (litros)	Pressão interna (bar)	Conteúdo do gás (m ³)	Peso bruto do cilindro (ca. kg)
5	200	1	9,8
10	200	1,911	15,7
20	200	3,822	37,0
50	200	9,556	77,7

Atenção: Procedimentos de testes de pressão são executados em altas pressões. As pressões são altas o suficiente para causar ferimentos graves ou morte. Para altas concentrações, o nitrogênio é um gás asfíxiante.

3.4.1. USO DO GÁS OFDN

Em geral, o gás OFDN é utilizado para as seguintes atividades relacionadas aos sistemas de refrigeração:

1. Para teste de vazamento em combinação com uma solução de água com sabão (teste com bolha de sabão);
2. Para teste de pressão (teste de resistência) em sistemas RAC;
3. Na mistura com hidrogênio (95% de nitrogênio e 5% de hidrogênio), nomeada de gás marcador para procedimentos de teste de vazamento, em combinação com detectores de vazamentos de hidrogênio;
4. Na limpeza de circuito de refrigeração para remover os contaminantes e, por exemplo, evitar a obstrução de componentes e capilares;

5. Como fluxo para eliminação do ar da tubulação, antes do aquecimento e durante a brasagem (evita a formação de óxidos de cobre sobre a superfície interna dos tubos);
6. Como fluxo para eliminar os fluidos frigoríficos da tubulação e dos componentes durante a brasagem, e para evitar a criação de produtos prejudiciais extremamente tóxicos e ácidos;
7. Para ser utilizado como “gás de proteção”, quando ele é adicionado como uma carga de fluido dentro de sistemas ou componentes que serão montados em uma unidade (evita a entrada de ar e umidade);
8. Para limpar a poeira e sujeira que se acumulam nas superfícies dos trocadores de calor (por exemplo: nos condensadores).

O OFDN pode ser usado na maior parte das atividades acima mencionadas. Além disso, tem a capacidade de absorver grande parte do conteúdo de água restante dentro de um circuito de refrigeração durante os procedimentos de comissionamento do sistema de refrigeração. A Figura 3.5 ilustra um exemplo de conjunto de um cilindro de OFDN.



Figura 3.5: Exemplo de um conjunto de cilindro de OFDN.

É essencial a utilização de um regulador de pressão adequado conectado ao cilindro de nitrogênio. O regulador tem um dispositivo para limitação da saída de fluxo. A classificação de tal dispositivo deve estar de acordo com o fluido frigorífico utilizado. Normalmente, um fluxo máximo de saída (pressão operacional) de 40 bar é suficiente para cobrir os fluidos frigoríficos HCFC, HFC e HC. O técnico deve monitorar a pressão absoluta dentro do sistema RAC, a fim de não pressurizar o sistema em excesso e causar danos ou criar uma situação de perigo.

Atenção: Se forem usados manifolds no procedimento de teste de pressão, é essencial que os conjuntos de manifolds não tenham visores! Esses visores podem se romper durante o teste de pressão, causando ferimentos graves.

Há kits de teste de pressão específicos de OFDN disponíveis para monitoramento do sistema de RAC. Conforme Figura 3.6, o manômetro intermediário instalado entre o sistema e o regulador de pressão de OFDN irá indicar o valor correto da pressão de teste de acordo com o fluido frigorífico utilizado.

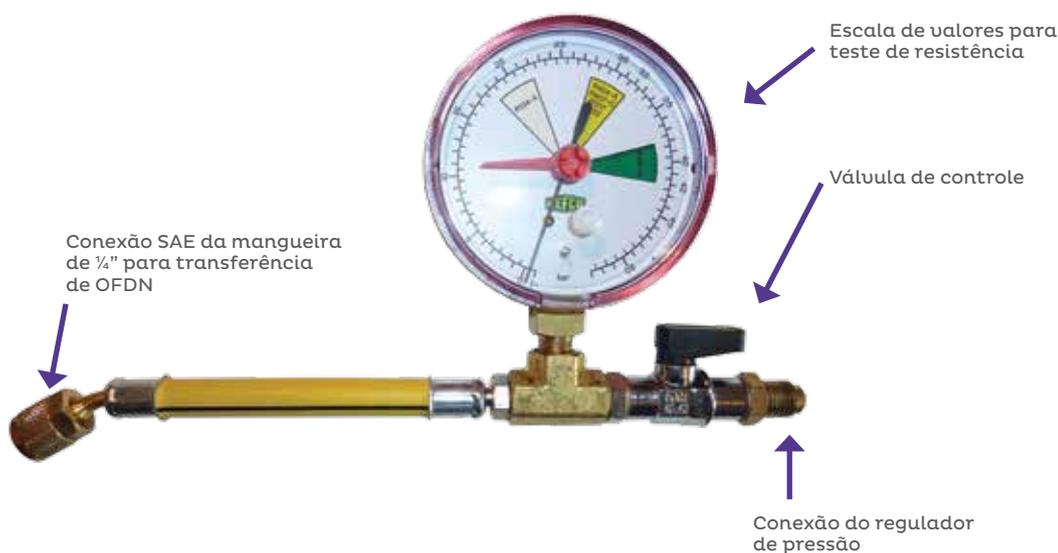


Figura 3.6: Montagem do manômetro de monitoramento de pressão intermediária.

3.4.2. REGULADOR DE PRESSÃO PARA USO COM OFDN

Os reguladores de pressão são projetados para controlar a pressão e junto com eles são fornecidos monômetros para indicar a pressão. Os re-

guladores não medem ou controlam o fluxo de fluido de OFDN, a menos que o conjunto esteja equipado com dispositivos, tais como válvula de medição ou medidor de fluxo (Figura 3.7), que são especialmente projetados para os fins indicados na Figura 3.6.

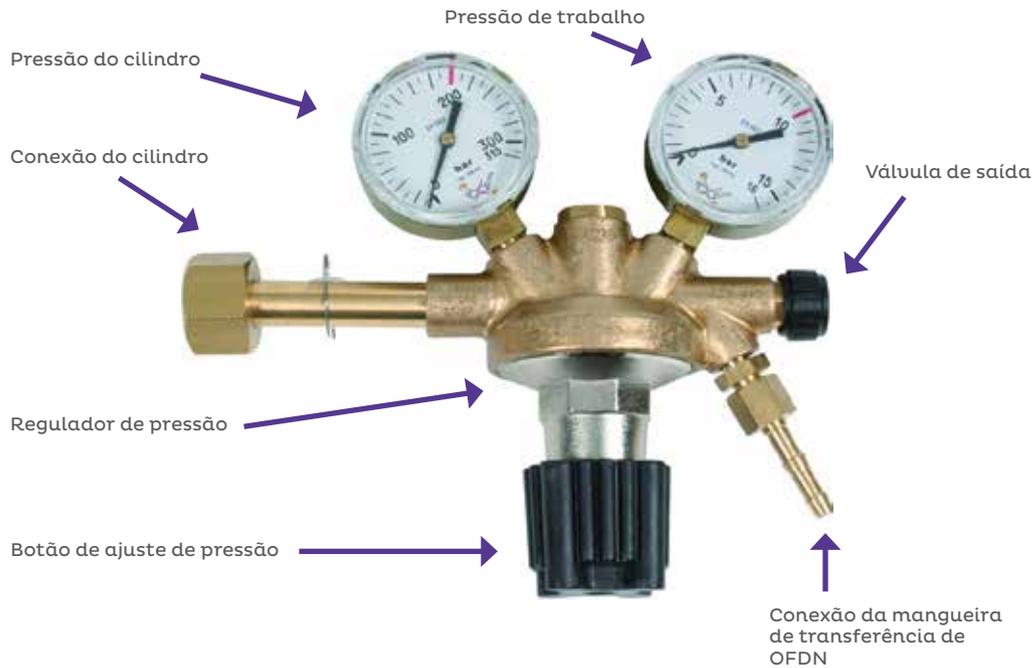


Figura 3.7: Exemplo de um regulador de pressão de OFDN.

4. MÉTODOS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTO

O objetivo desta seção é aumentar a conscientização sobre os diferentes métodos de teste de vazamentos para garantir um sistema RAC em condições seladas e para ajudar a definir o método mais adequado a ser usado em diferentes situações.

Ter o equipamento de teste adequado é pelo menos metade do trabalho. Existem diversos métodos para detecção de vazamento e vários tipos de equipamentos de teste, no entanto nem todo método se adapta a cada situação, principalmente se o fluido refrigerante em uso for inflamável. Para encontrar cada tipo de vazamento é necessário decidir qual método e tipo de equipamento é mais adequado.

Estas condições fazem do teste de vazamento uma das tarefas mais difíceis enfrentadas pelos técnicos de manutenção. As regulamentações existentes exigem que os técnicos realmente encontrem os vazamentos, proibindo a adição de novos fluidos refrigerantes somente para manter o sistema em funcionamento. Essa prática não é ambientalmente correta, além de resultar em aumento das situações de perigo no caso de sistemas com fluidos inflamáveis.

Enfim, a preocupação mais importante deve ser entregar ao cliente um sistema seguro e eficiente, que seja hermeticamente selado, contenha a menor quantidade de fluido refrigerante e seja instalado e configurado para operar conforme as especificações e recomendações de fabricação.

4.1. MÉTODOS DIRETOS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTO

Para proporcionar um circuito de refrigeração em condições seladas, os seguintes métodos diretos para detecção de vazamentos de fluido refrigerante são recomendados:

- 1º Teste de vazamento com o uso de um detector de gás eletrônico;
- 2º Teste de pressão (resistência) pressurizando o sistema com OFDN;

- 3º Teste de estanqueidade pressurizando o sistema com OFDN e em seguida “Teste com espuma de sabão”.

Alternativa:

Se o equipamento e o gás de teste estiverem disponíveis, pode ser realizado o teste de estanqueidade por pressurização do sistema com mistura do gás marcador N₂/H₂ e um detector de vazamento de gás marcador. A Tabela 4.1 apresenta uma visão geral dos métodos diretos recomendados para detecção de vazamentos.

Tabela 4.1: Visão geral de campo dos métodos diretos recomendados para detecção de vazamentos.

	Métodos diretos de detecção de vazamentos	a ser utilizado como:	Não recomendado	Deve-se ter e fazer	Será excelente
1	Teste de espuma de sabão com pressão do fluido refrigerante (só)	Teste de vazamento			
2	Detector de gás eletrônico (condutividade térmica)	Teste de vazamento			
3	OFDN Sistema pressurizado e Espuma de sabão	Teste de estanqueidade (Pressão de teste de até 10 bar é suficiente)			
4	N ₂ /H ₂ gás marcador Sistema pressurizado e Detector de gás marcador	Teste de estanqueidade (Pressão de teste de até 05 bar é suficiente)			
5	Pressurização do sistema com OFDN	Teste de Pressão PS x 1.1 Por exemplo, componentes do circuito de refrigeração estão sendo consertados ou substituídos			
6	Sistemas de detecção fixo de fluido refrigerante	Sistema de monitoramento de vazamento fixo. Cargas ≥300 kg conforme regulamentação para gases fluorados da UE			

4.1.1. TESTE DE ESPUMA DE SABÃO (SOLUÇÃO DE ÁGUA E SABÃO)

Soluções de espuma de sabão estão disponíveis no mercado com grande variedade. Alguns técnicos usam sua própria solução de água e sabão. Alguns tipos comercializados no mercado podem ser fornecidos com um pincel aplicador ou uma bola absorvente de algodão ligada a um fio rígido no interior de uma tampa. Algumas marcas podem até ter um aplicador de spray, como mostra a Figura 4.1, para cobrir rapidamente grandes áreas de tubulação em pouco tempo. Isto é uma vantagem, mas também apresenta dificuldade no momento da limpeza. Algumas

soluções de sabão até possuem substância anticongelante para impedir que congelem sobre superfícies frias. Outros podem ter uma menor densidade para torná-las ainda mais sensíveis a vazamentos de menor proporção.

A solução **teste com espuma de sabão**, conforme ilustrado na Figura 4.2, é provavelmente a maneira mais fácil e apresenta boa sensibilidade para testar vazamentos de sistemas RAC. No entanto, este método torna-se inadequado quando o sistema esteja sendo testado com a pressão do próprio fluido refrigerante e se parte do sistema ou seção está operando com baixa pressão ou em vácuo.

Sugestões para a utilização de soluções de espuma de sabão:

- Se o sistema não tiver uma pressão que seja suficiente para detecção de vazamentos, o fluido refrigerante deve ser recolhido do sistema e o sistema deve ser novamente pressurizado com nitrogênio seco para aumentar a pressão, tornando a indicação do vazamento mais fácil e rápida.
- Provavelmente, em alguns casos, o vazamento de nitrogênio pode ser ouvido, portanto indicando a localização de vazamentos.
- Aplicar a solução em um provável vazamento, por um período de tempo, pode proporcionar melhores resultados em relação à identificação de pequenos vazamentos.



Figura 4.1: Exemplo de spray “solução com espuma de sabão” (com aproximadamente 1 litro) disponível comercialmente.



Teste de bolhas de água e sabão e indicação de vazamento em conexão mecânica. Antes de aplicar a solução de sabão, o fluido refrigerante foi recolhido e o sistema foi pressurizado com OFDN com cerca de 10 bar.

Figura 4.2: A aplicação de uma solução de água e sabão.

4.1.2. DETECTOR DE VAZAMENTO HÁLIDE (LAMPARINA)

O detector hálide é de baixo custo, rápido e confiável, porém pode ser utilizado apenas para detectar fluidos refrigerantes clorados e vazamentos de até 150g por ano. A lamparina funciona segundo o princípio de que o ar é arrastado ao longo de um elemento de cobre aquecido por um combustível de hidrocarboneto. Se vapor do fluido refrigerante halogenado estiver presente, a chama muda da cor azul para a cor verde,



Figura 4.3: Tocha de haleto.

como apresentado na Figura 4.3. Não é tão sensível como o detector de gás eletrônico e pode ser perigoso por conta da chama aberta.

Atenção: A chama da tocha de haleto aplicada ao fluido refrigerante pode causar situações perigosas. Gases tóxicos podem ocorrer devido à decomposição do fluido refrigerante. Esses gases afetam seriamente a saúde. O uso do detector hálide é proibido na União Europeia.



Figura 4.4: Mudança da cor da chama.

4.1.3. CONTRASTES ULTRAVIOLETAS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTOS

Este é um método em que uma substância fluorescente ou colorida é inserida no sistema e se desloca com o lubrificante através dos componentes do circuito. A mancha de vazamento é indicada pelo vazamento de fluido refrigerante. Isto deve incluir uma lâmpada ultravioleta e um método de introduzir o contraste no siste-

ma, sem deixar que qualquer umidade ou ar entre dentro do sistema. Estes métodos de corante podem ser mais demorados, devido ao tempo que o corante leva para ser visível a olho nu. A detecção de vazamento ultravioleta é comumente usada em sistemas de ar condicionado automotivo. A Figura 4.5 e 4.6, respectivamente, mostram um kit de ferramentas de detecção de vazamento ultravioleta e um aditivo de vazamento ultravioleta.

Dicas e considerações sobre a utilização do método de corante:

- Os equipamentos de teste (manômetro e/ou mangueiras de fluido refrigerante) devem ser limpos após o uso em sistemas que contenham contraste; e o circuito de refrigeração do sistema de RAC deve ser cuidadosamente limpo após o reparo do vazamento;
- É necessário verificar a compatibilidade do contraste com os componentes do sistema;
- O fabricante do compressor deve ser consultado para autorizar a utilização e, em alguns casos, para não perder a garantia dos componentes;
- Em sistemas com dispositivos eficientes de separação de óleo, a eficácia desse método será significativamente reduzida.



Figura 4.5: Exemplo de kit de ferramentas de detecção de vazamento ultravioleta.



Figura 4.6: Exemplo de aditivo ultravioleta.

4.1.4. DETECTORES DE GÁS ELETRÔNICO

O detector de gás eletrônico, baseado na tecnologia TCD, geralmente é a maneira mais rápida de encontrar um vazamento desconhecido. Eles podem ser usados para que um vazamento seja encontrado rapidamente, e também para encontrar a área de vazamento de um sistema, quando técnicos nem sequer sabem por onde começar. Dispositivos confiáveis e modernos são sensíveis a faixas de vazamento tão pequenas quanto a 3 g por ano.

O detector apresenta uma sonda, que cria uma emissão elétrica na presença de um fluido refrigerante. O sinal elétrico é convertido no dispositivo em um sinal visual ou sonoro.

O detector de gás eletrônico permite ao técnico ficar muito próximo do vazamento. Depois de encontrar a área em que é detectado o vazamento, os técnicos normalmente podem diminuir a sensibilidade de alguns tipos de detectores para indicar o local do vazamento. O local de vazamento deve então ser revestido

com uma solução de sabão a fim de verificar o ponto exato do vazamento.

Detectores de vazamento eletrônicos devem ser projetados para detectar um determinado tipo ou vários tipos de fluidos refrigerantes, ou seja, HFC, HCFC ou HC. O detector de gás, tal como mostrado na Figura 4.7, também deve ser seguro para utilização com HC. Critérios de desempenho para detectores eletrônicos de vazamento de fluidos refrigerantes são definidos com a Norma SAE 1627 desde abril de 2011.

Esta Norma SAE aplica-se a detectores eletrônicos de vazamento do tipo sonda, os quais são utilizados na manutenção de sistemas de ar condicionado automotivo. Esta norma não abrange todas as questões de segurança relativas ao seu projeto ou uso. A regulamentação europeia DIN EN 14624 de 2012 está relacionada ao “Desempenho de detectores de vazamento portáteis e de ambientes para fluidos refrigerantes halogenados”.

Com a utilização de detectores de gás eletrônicos, deve ser levado em conta as seguintes considerações e sugestões:

- Deve-se tomar cuidado, pois uma grande quantidade de tempo pode ser desperdiçada ao se utilizar um detector que não seja compatível com o fluido refrigerante que está sendo usado no teste de vazamentos do sistema;
- Um técnico deve conhecer as capacidades do detector de vazamentos e também do que ele não é capaz de detectar;
- Monóxido de carbono e álcool podem afetar a sensibilidade de alguns detectores eletrônicos de gás. Certifique-se de estes produtos não estejam presentes na detecção do vazamento;
- O dispositivo deve ser verificado pelo menos

uma vez por ano para garantir sua confiabilidade e precisão. O fornecedor do equipamento pode orientar o técnico para realizar a calibração;

- Para a maioria dos casos, é possível a utilização de uma “fonte de vazamento de referência” para a calibração do detector. Para que haja a detecção de vazamentos ideal, segure a ponta do sensor o mais próximo possível do tubo de fluido refrigerante de transferência. Movimente a ponta do sensor lentamente ao longo do tubo, com um máximo de 1 cm por segundo de velocidade;
- As conexões mecânicas (juntas rosçadas) ou outras conexões devem ser “analisadas” lentamente, movimente a ponta do sensor em torno de todo ponto de conexão;
- Quando o detector de gás indica um vazamento, é aconselhável manter a ponta do sensor longe do local identificado de vazamento, por aproximadamente 5 segundos. Em seguida, verifique se o dispositivo indica um vazamento no mesmo local novamente. Repita este procedimento passo-a-passo três vezes. Esse procedimento irá verificar se um vazamento realmente existe;
- Durante as outras atividades de trabalho com HCs (instalação, serviços, manutenção), coloque o detector de gás no chão da área de trabalho e o dispositivo poderá funcionar como um dispositivo de aviso de vazamento de gás HC!

Atenção: A maioria dos detectores eletrônicos de vazamento não são recomendados para serem usados em ambientes que contenham vapores ou fluidos refrigerantes inflamáveis ou explosivos. O sensor pode operar a uma temperatura extremamente elevada. Se este sensor entrar em contato com um gás combustível, ocorrerá ignição.



Figura 4.7: Detector de gás para uso múltiplo de refrigeração, incluindo os hidrocarbonetos.

4.1.5. VAZAMENTO DE REFERÊNCIA PARA A CALIBRAÇÃO DO DETECTOR DE GÁS

É muito importante saber se o detector de gás utilizado está funcionando na faixa de

sensibilidade adequada (também para o cumprimento do regulamento europeu F-gas). Vazamentos de referência calibrados (vazamento de teste) estão em uma faixa de emissão de fluido refrigerante de até 5 g/ano. A Figura 4.8 mostra o dispositivo a ser usado junto ao cilindro de fluido refrigerante para se obter um vazamento de referência de 5 g/ano, enquanto a Figura 4.9 mostra um dispositivo fixo para se obter um vazamento de referência superior a 11 g/ano de HFC. Dispositivos de vazamentos de referência estão disponíveis como “ferramenta” acoplável a um cilindro de fluido refrigerante normal, tendo uma conexão SAE de ¼» ou como um pequeno recipiente contendo um vazamento de referência com fluido refrigerante próprio.

A execução de testes com um dispositivo de vazamento de referência é a única maneira de verificar a sensibilidade e desempenho de um detector.

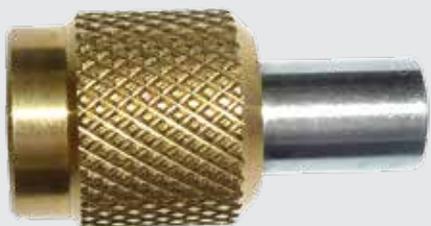


Figura 4.8: Dispositivo fixo de vazamento de referência.

Dispositivo fixo de vazamento de referência para a maioria dos fluidos refrigerantes (HC, HFC, HCFC), com taxa de vazamento de cerca de 5 g/ano (0,18 oz. / ano). Dispositivo para montar no cilindro de fluido refrigerante.



Figura 4.9: Lata para teste de vazamento de referência.

Dispositivo de vazamento de referência para HFC R-134a de 11 g/ano (0,4 oz/ano) e com uma vida útil de aproximadamente 1 ano.

QUAL O TAMANHO DO VAZAMENTO DE 5 GRAMAS POR ANO?



Figura 4.10: Exemplo de um pneu com vazamento.

Exemplo:

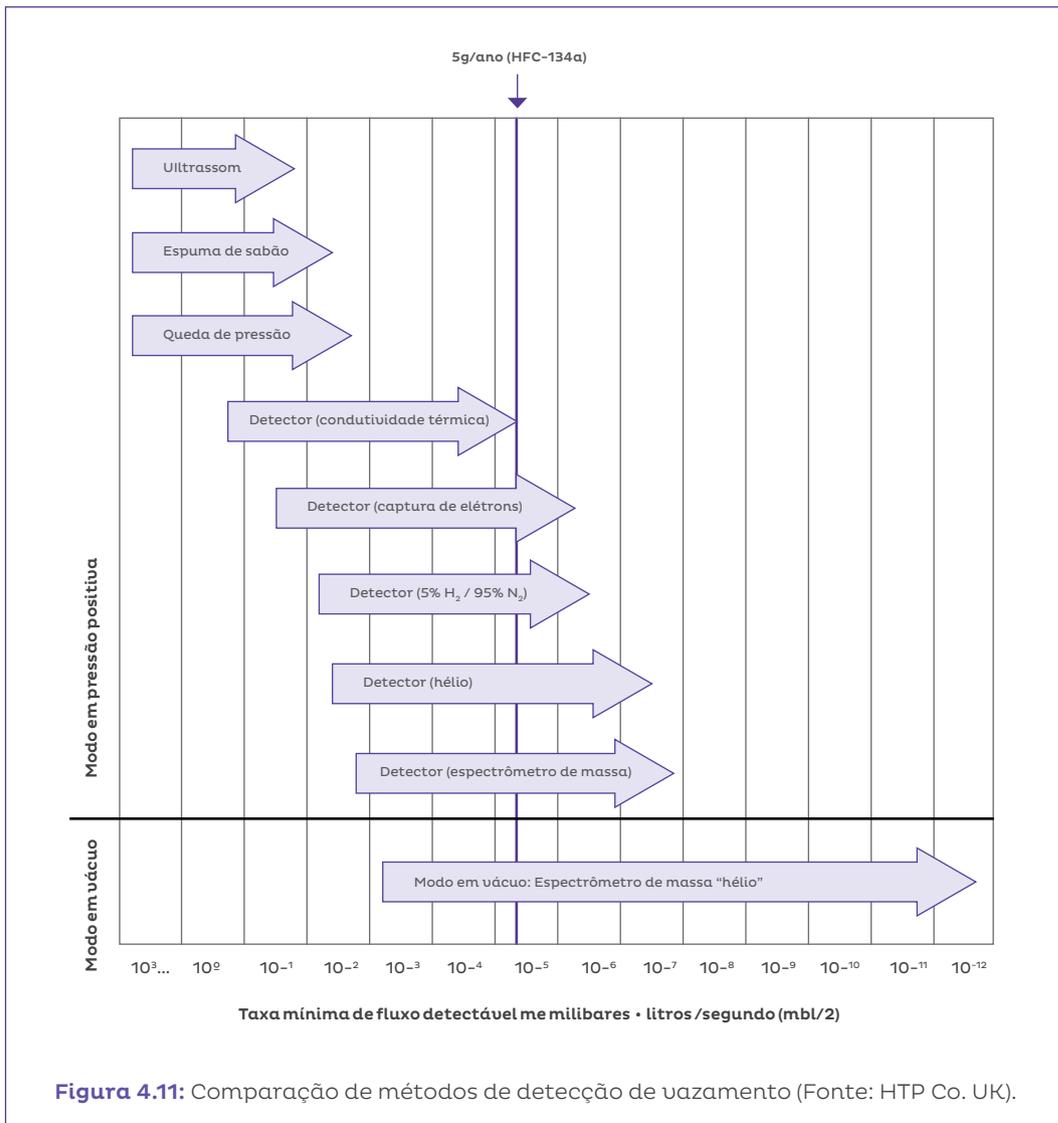
Um pneu de carro cheio com cerca de até 2,7 bar (40 PSI) de ar e com um vazamento de 5 g por ano leva mais de 4 anos para que ocorra queda da pressão de 0,1 bar (1.5 PSI).

Com um vazamento de gás de 5 g/ano disponível, uma solução de bolha leva mais de 20 horas para formar uma bolha de 1 ml e um teste de queda de pressão apenas mostraria uma mudança de cerca de 0,7 mbar (0,01 PSI) depois de 48 horas.

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTO

A Figura 4.11 mostra um diagrama esquemático de uma variedade de tecnologias de detecção de vazamentos amplamente utilizadas e do nível de precisão que cada uma pode fornecer.

O diagrama indica que um dispositivo de detecção de gás eletrônico (TCD) será a primeira escolha dos técnicos para auxiliar os métodos para encontrar vazamento e, finalmente, para testar os sistemas RAC para que estejam sem vazamentos e prontos para operação.



4.1.6. TESTE DE VAZAMENTOS N₂/H₂ (DETECÇÃO DE VAZAMENTO COM GÁS MARCADOR)

A detecção de vazamento com o uso de gás marcador é um método muito confiável e que é capaz de encontrar vazamentos de pequena proporção, com uma taxa de vazamento menor de 1 g por ano. Esta tecnologia permite que técnicos de manutenção realizem testes de vazamento em um sistema com baixa pressão.

O processo reconhecido como um “teste de

vazamento fino”, baseia-se na utilização do gás marcador como o gás de teste em conjunto com um detector de vazamento especial. O gás marcador é uma mistura de nitrogênio (N₂) e hidrogênio (H₂). Um detector eletrônico de gás adequado deve ser usado - um detector de gás padrão não é sensível ao hidrogênio. As propriedades físicas favoráveis de hidrogênio são utilizadas aqui para a detecção de vazamentos. A mistura de gás marcador na proporção de 95/5% para fins de RAC contém 95% de nitrogênio e 5% de hidrogê-

nio. O hidrogênio pode escapar mesmo nos menores vazamentos, e será detectado pelo detector de gás. A pressão de teste de cerca de 5 bar é adequada para um teste confiável de vazamento.

O gás hidrogênio é a menor molécula natural existente. A propriedade física favorável do gás H_2 significa que ele pode atravessar os materiais de isolamento (ou outro material de cobertura) se ocorrer um vazamento. Isto faz com que seja possível testar tubulações de transferência de fluido refrigerante ou componentes (incluindo as conexões mecânicas) cobertos com um material isolante, sem removê-lo ou danificá-lo. O gás pode penetrar em uma fita, espuma, entre outros. Detectores de vazamento de hidrogênio não têm uma sensibilidade cruzada e, por essa razão, um alarme de gases externos falso não é possível. Visto

que o gás de hidrogênio tem uma densidade menor que o ar (14 vezes mais leve), ele sempre sobe, devendo o “rastreamento” ser na parte superior dos tubos.

A ação do hidrogênio na mistura serve como gás marcador, e só este gás é selecionado pelo sensor eletrônico do detector de vazamento (Figura 4.12).

Esta tecnologia de teste de vazamento geralmente pode ser aplicada a todos os sistemas de RAC e bombas de calor e até mesmo para pequenos aparelhos autônomos ou refrigeradores domésticos. O hidrogênio é um gás natural e pode ser introduzido junto com nitrogênio dentro de um circuito de refrigeração sem fluido refrigerante (vazio). Depois de testar o vazamento, o gás pode ser liberado de forma segura para o meio ambiente.

Sugestões para o uso de detectores de vazamento de gás marcador hidrogênio (H_2):

1. O dispositivo deve ser verificado pelo menos uma vez por ano para garantir a confiabilidade e precisão;
2. Para realizar a detecção de vazamento ideal, segure a ponta do sensor o mais próximo possível ao longo do tubo de transferência de fluido refrigerante. Movimente a ponta do sensor lentamente ao longo do tubo, com um máximo de 0,2 cm por segundo de velocidade;
3. As conexões mecânicas (juntas rosçadas) ou outras conexões devem ser “analisadas” lentamente, movimente a ponta do sensor em torno de todo ponto de conexão;
4. Quando o detector de gás indicar um vazamento, é aconselhável manter a ponta do sensor longe do local identificado de vazamento, por aproximadamente 5 a 10 segundos. Em seguida, verifique se o dispositivo indica um vazamento no mesmo local novamente. Repita este passo até três vezes. Desta forma será possível verificar se o vazamento realmente existe!



Figura 4.12: Detector de vazamento de gás marcador.

4.1.7. DETECTORES DE VAZAMENTO ELETRÔNICO ULTRASSÔNICO

Um detector de vazamento ultrassônico (Figura 4.13) é um instrumento especialmente usado para detectar vazamentos de vapor ou de gás em lugares onde eles não podem ser vistos ou detectados pela audição ou olfato. Detectores ultrassônicos são frequentemente utilizados em aplicações industriais, onde eles podem ser utilizados para detectar vazamento de fluido refrigerante de componentes industriais de grandes dimensões. Estes dispositivos também podem ser usados com segurança em relação a gases tóxicos ou inflamáveis.

Um detector de vazamento ultrassônico pode detectar as vibrações criadas no ar por mínimos vazamentos de gás ou vapor sob pressão, e transformá-los em um som audível ou alarme que pode ser facilmente detectado pelo operador do detector de vazamento. O detector de vazamento ultrassônico usa ondas que viajam acima da frequência que os seres humanos podem ouvir. As ondas rebatem no ar circundante detectando interrupções ou mudança de comportamento dessas ondas, causadas pelo vazamento de gás ou vapor, que é então convertido eletronicamente em um som que é detectado pelo ouvido humano.



Figura 4.13: Exemplo de detector de vazamento ultrassônico.

4.1.8. DETECTOR DE GÁS ELETRÔNICO INFRAVERMELHO

Os detectores infravermelhos (Figura 4.14) têm uma superfície de detecção ótica por onde o fluido refrigerante passa. O fluido refrigerante absorve a radiação IV (radiação infravermelha). A superfície de detecção detecta a passagem e converte-a em um alarme, que depende da quantidade de IR absorvida. A tecnologia é muito precisa e menos sujeita à contaminação. Só recentemente foi implantada na tecnologia portátil, mas tem sido utilizada amplamente e por muitos anos em detectores fixos de ambientes.

Atenção: Verificar com o fabricante antes de usar em aplicações com HCs.



Figura 4.14: Exemplo de detector de vazamento infravermelho.

A Tabela 4.2 fornece uma visão geral de detectores utilizados no campo para as atividades de detecção de vazamentos direto (consulte as descrições detalhadas descritas anteriormente para mais informações).

Tabela 4.2: Descrições e tipo de uso de dispositivos de detecção de gases e fluidos.

	HCFCs	HFCs	HCs
Detector de gás eletrônico (TCD)	Sim	Sim	??? Verificar
Detectores de vazamento infravermelhos	Sim	Sim	??? Verificar
Detector de vazamento de gás marcador (N2/H2)	Sim	Sim	Sim
Detector de vazamento hálide	Sim	Não	Não
Aditivos fluorescentes	Sim	Sim	Sim
Deteção de vazamento ultrassônico	Sim	Sim	Sim
Solução de água e sabão	Sim	Sim	Sim

4.2. MÉTODOS INDIRETOS DE DETECÇÃO DE VAZAMENTO DE FLUIDO FRIGORÍFICO

A detecção indireta de vazamento de fluido refrigerante geralmente é acompanhada de medidas sensíveis, usadas por técnicos de manutenção aplicando as melhores práticas de serviço e procedimentos de manutenção no campo. As condições operacionais e parâmetros, o aspecto visual e o ruído emitido a partir de um sistema de RAC, geralmente, são a primeira indicação de que há uma falta de fluido refrigerante. Se métodos/atividades de detecção direta de vazamentos forem necessários, as informações obtidas levarão à decisão.

Uma ou mais das seguintes condições experimentadas constituem a presunção de perda de fluido refrigerante, ao se observar pela primeira vez o sistema:

- Sinais visíveis de corrosão;
- Formação de gelo;
- Vibração;
- Ruídos anormais;
- Vazamentos de óleo e película de óleo em componentes;
- Danos em materiais ou componentes em possíveis pontos de vazamento;

- Danos em interruptores de segurança, pressostatos, manômetros e conexões de sensores.

Dependendo do tipo de sistema, as medidas operacionais devem corresponder a valores esperados. Em alguns casos, o sistema de controle emite um sinal de que existe falta de fluido refrigerante.

Indicações de perda de fluido refrigerante através de parâmetros e leituras incluem:

- Capacidade de refrigeração insuficiente;
- Temperaturas;
- Pressões;
- Corrente do compressor;
- Indicadores de nível de líquido de fluido refrigerante;
- Perda de fluido refrigerante identificada pelos visores de líquido;
- Ativação do sistema de alerta fixo de fluido refrigerante;
- Sistema de controle eletrônico.

Se houver suspeita de perda/vazamento de fluido refrigerante, as atividades de teste de estanqueidade e detecção de vazamento direto devem ser realizadas oportunamente. Se uma intervenção para reparo do sistema de RAC for necessária, tais como a substi-

tuição de componentes e procedimentos de brasagem, devem ser realizadas as atividades de teste de pressão (resistência) nos locais necessários.

A seguir, a Figura 4.15 indica visualmente os processos e utilidades utilizadas para implementar os métodos diretos e indiretos de detecção de gás (vazamentos).

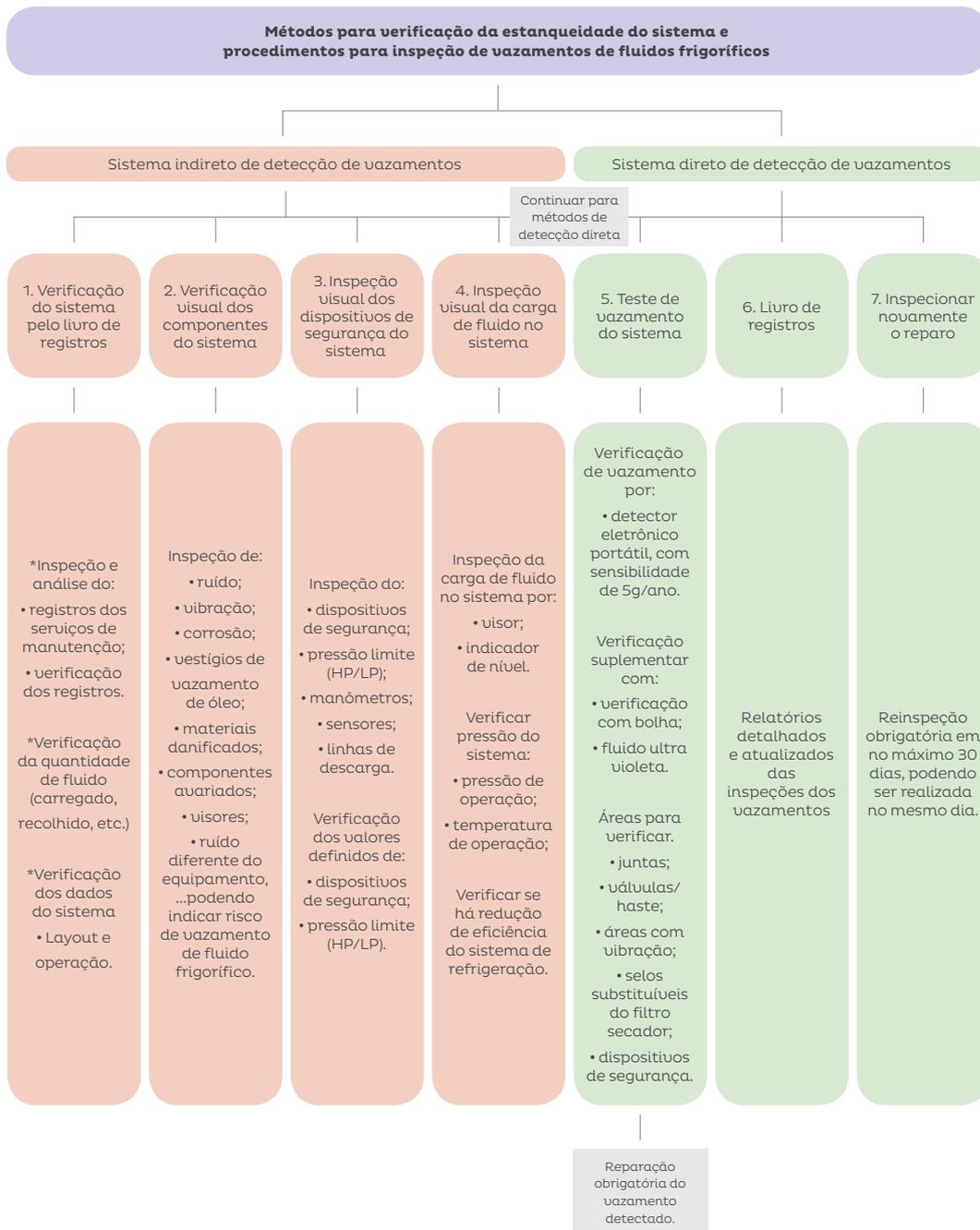


Figura 4.15: Quadro de detecção de gás direta e indireta.

5. MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA (PPM)

Atividades regulares de manutenção preventiva e planejada devem incluir atividades de detecção de vazamentos diretas e indiretas para evitar

que o sistema RAC tenha vazamentos de fluido refrigerante, que devem ser identificados antes que a emissão do fluido refrigerante ocorra. Isto irá proteger o meio ambiente, economizar muito dinheiro e consolidar a reputação profissional dos prestadores de serviços e dos técnicos.

ANEXO 1

Relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante.

Relatório para Análise de vazamento de fluido refrigerante		Nº:
Preencha este relatório e caso necessário faça um esboço do circuito refrigerante e anexe para orientação		
Informações Gerais		
(01) Técnico ou empresa de manutenção:		(02) Cliente/Endereço:
(03) Fabricante do sistema de refrigeração:		(04) Pessoa de contato e informações do operador do sistema:
(05) Data:	(6) Data de início de operação:	(06) Telefone:
Fluido Refrigerante		
(07) Tipo de fluido refrigerante: →R22 →R404A →R407A →R410A →R507 →R290 →R717 outro=		
(08) Fluido refrigerante acrescentado (vazamento)		(10) Recarga completa de fluido refrigerante
(09) Quantidade do fluido refrigerante acrescentado (kg)>		(11) Total de fluido refrigerante recarregado (kg) >
Informações da Instalação		
(12) Unidade condensadora tipo/modelo/nº:		(14) Fabricante do compressor:
(13) Conjunto de compressores tipo/modelo/nº:		(15) Compressor tipo/modelo/nº:
(16) Evaporador tipo/modelo/nº:		
(17) Temperatura para resfriados		(18) Temperatura para congelados
(19) Supermercado		(20) Armazém refrigerante
(21) Ar Condicionado (chiller “resfriador de líquido” para água gelada)		(22) Aparelhos individuais (plug-in)
(23) Ar Condicionado tipo split		(24) Outro =
Sistemas complementares		
(25) Degelo elétrico		(26) Sub-resfriador
(27) Degelo a gás quente		(28) Sistema de recuperação de calor

Relatório para Análise de vazamento de fluido refrigerante	Nº:
(29) Sistema de controle para nível de óleo	(30) Sistema de alarme para fluido refrigerante
Local do Vazamento	
(31) Linha de descarga do compressor	(32) Linha de condensado
(33) Linha de líquido	(34) Linha de injeção de gás
(35) Linha de sucção	(36) Medição de fluido refrigerante/linha de controle
(37) Amortecedor de vibração da linha de descarga	(38) Linha de distribuição de óleo
(39) Amortecedor de vibração da linha de descarga	(40) Distribuidor de sucção de gás
(41) Separador de líquido	(42) Separador de óleo
(43) Tanque de líquido	(44) Regulador de nível de óleo
(45) Sub-resfriador	(46) Resfriador líquido
(47) Evaporador	(48) Condensador do fluido refrigerante
(49) Dessuperaquecedor	(50) Compressor
(51) Válvula solenoide	(52) Válvula de segurança
(53) Válvula esfera/válvulas de parada de emergência	(54) Filtro secador - Linha de líquido
(55) Filtro secador - Linha de sucção	(56) Filtro do fluido refrigerante
(57) Indicador de nível de fluido refrigerante	(58) Indicador de nível de óleo
(59) Interruptor de pressão / Transmissor	(60) Manômetro de pressão
(61) Válvula de expansão	(62) Ponto de vazamento não acessível (coberto)
(63) Outros =	(64) Vazamento não encontrado
Motivo do Vazamento - Nota: Mais do que um motivo de vazamento pode ser aplicável!	
(65) Oscilação / Vibração	(66) Pulsação na descarga de gás
(67) Suporte da linha de transferência de fluido refrigerante inadequado	(68) Choque hidráulico na linha de líquido
(69) Ponto de brasagem inadequado	(70) Brasagem capilar deficiente
(71) Corrosão	(72) Ligação aparafusada mal vedada
(74) Conexão flangeada mal vedada	(75) Válvula Schrader mal vedada
(76) Flange mal vedado	(77) Formação de gelo
(78) Ponto de solda inadequado	(79) Danos de transporte
(80) Danos causados por terceiros	(81) Outros
(82) Parte defeituosa/fabricante e tipo do componente	(83) Assinatura do técnico

Apoio



Parceria



Implementação



Por meio da:



Coordenação

Ministério do
Meio Ambiente

