

Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH



Treinamento e Capacitação para Boas Práticas em
Sistemas de Ar Condicionado do Tipo Janela e *Mini-Split*



PROGRAMA
BRASILEIRO DE
ELIMINAÇÃO DOS
HCFCs
Projeto para o Setor de Serviços

30
PROTOCOLO
DE MONTREAL
cuidando de toda a vida sob o sol

Presidência da República

Michel Temer

Ministério do Meio Ambiente

José Sarney Filho

Secretaria Executiva

Marcelo Cruz

Secretaria de Mudança do Clima e Florestas

Everton Frask Lucero

Ministério do Meio Ambiente
Secretaria de Mudança do Clima e Florestas
Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima
Coordenação-Geral de Proteção da Camada de Ozônio

Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH

**Treinamento e Capacitação
para Boas Práticas em
Sistemas de Ar Condicionado
do Tipo Janela e *Mini-Split***

Brasília
MMA
2017

© 2017 Ministério do Meio Ambiente – MMA
Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial
ou total, por qualquer meio, se citados a fonte do
Ministério do Meio Ambiente ou sítio da Internet
no qual pode ser encontrado o original em:
<http://www.mma.gov.br/publicacoes-mma>

**Departamento de Monitoramento, Apoio
e Fomento de Ações em Mudança do Clima**
Adriano Santhiago de Oliveira

**Coordenação-Geral de
Proteção da Camada de Ozônio**
Magna Leite Ludovice

Coordenação Técnica
Frank Amorim
Stefanie von Heinemann

Autoria
Gutenberg da Silva Pereira

Colaboração
Gabriela Teixeira Rodrigues Lira
Tatiana Lopes de Oliveira
Oswaldo Bueno
Rolf Huehren

Fotografia
Gutenberg da Silva Pereira,
Jefferson Costa e Rolf Huehren

Projeto Gráfico, Diagramação e Arte
Danilo Koch

Revisão
Susana Ferraz, Sete Estrelas Comunicação

Secretaria de Mudança do Clima e Florestas
Departamento de Monitoramento, Apoio
e Fomento de Ações em Mudança do Clima
Coordenação-Geral 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

Dados Internacionais para Catalogação na Publicação - CIP

B823p Brasil. Ministério do Meio Ambiente.

Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH : treinamento e capacitação para boas práticas em sistemas de ar condicionado do tipo janela e mini Split [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudança do Clima e Florestas, Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima – Brasília, DF: MMA, 2017.

ISBN: 978-85-7738-355-9 (on-line)

Modo de acesso: World Wide Web: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/clima/category/110-protecao-da-camada-de-ozonio>>

1.Protocolo de Montreal. 2.Destruição da camada de ozônio. 3.Ar condicionado. 4.Segurança na refrigeração. 5.Fluidos frigoríficos. 6.Manutenção preventiva. I.Secretaria de Mudança do Clima e Florestas. II.Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima. III.Título.

CDU: 502.1:614.72(81)

Lista de Figuras

Figura 1 – Mecanismo de destruição da molécula de ozônio	22
Figura 2 – Concentração de ozônio (Unidades <i>Dobson</i>).....	23
Figura 3 – Exemplo de luvas de trabalho antiderrapantes	27
Figura 4 – Exemplo de luvas para trabalho com fluido refrigerante.....	27
Figura 5 – Exemplo de luvas para trabalho com brasagem	27
Figura 6 – Exemplo de avental para trabalho com brasagem	27
Figura 7 – Exemplo de calçados de segurança.....	27
Figura 8 – Exemplo de macacões, calças e casaco para trabalho normal	28
Figura 9 – Exemplo de óculos de segurança com proteção lateral.....	28
Figura 10 – Exemplo de óculos de segurança com proteção de cobertura total	28
Figura 11 – Exemplo de protetor para audição (abafador)	28
Figura 12 – Exemplo de protetor para audição (auricular).....	28
Figura 13 – Exemplo de máscara para respiração descartável.....	29
Figura 14 – Exemplo de capacete de segurança.....	29
Figura 15 – Exemplo de luva de proteção resistente aos fluidos refrigerantes e aos lubrificantes	31
Figura 16 – Exemplo de mão afetada pelo contato com fluido refrigerante líquido.....	31
Figura 17 – Exemplo de placa de sinalização de proibido fumar.....	31
Figura 18 – Exemplo de cilindro retornável para recolhimento de fluido refrigerante	32
Figura 19 – Exemplo de cilindro rompido após ter ultrapassado o limite de pressão máxima	34
Figura 20 – Exemplo de temperatura do cilindro e do espaço de expansão do líquido interno	34
Figura 21 – Exemplo de conjunto manifold com base de quatro válvulas	39
Figura 22 – Exemplo de mangueira padrão para fluido refrigerante com duas conexões fêmeas de ¼" ...	39
Figura 23 – Exemplo de mangueira com válvula de esfera	40
Figura 24 – Exemplo de conjunto de engate rápido do tubo à mangueira de fluido refrigerante	40
Figura 25 – Exemplo de ferramenta para remoção de núcleo de válvula <i>Schrader</i>	41
Figura 26 – Exemplo de válvula perfuradora	41
Figura 27 – Exemplo de alicate perfurador	41
Figura 28 – Exemplo de recolhedor	41
Figura 29 – Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio	42
Figura 30 – Exemplo de vacuômetro	42
Figura 31 – Exemplo de balança	42
Figura 32 – Exemplo de termômetro de contato.....	42
Figura 33 – Exemplo de termômetro infravermelho.....	43
Figura 34 – Exemplo de alicate amperímetro	43
Figura 35 – Exemplo de multímetro	43
Figura 36 – Exemplo de alicates com cabo isolado.....	44

Figura 37 – Exemplo de chave de fenda com isolamento no cabo e na haste.....	44
Figura 38 – Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio e recipientes de óleo.....	45
Figura 39 – Exemplo de cortador para tubos com 6 a 35 mm de diâmetro.....	47
Figura 40 – Exemplo de cortador de tubos com 3 a 16 mm de diâmetro.....	47
Figura 41 – Exemplo de cortador de tubos capilares.....	47
Figura 42 – Exemplo de escareador interno e externo para tubulação de cobre.....	47
Figura 43 – Exemplo de ferramenta para retirar rebarbas (a lâmina pode ser girada).....	47
Figura 44 – Exemplos de esponjas abrasivas plásticas.....	48
Figura 45 – Exemplo de escova de encaixar.....	48
Figura 46 – Exemplo de escova de aço.....	48
Figura 47 – Exemplo de jogo de ferramentas com conexões, conectores e adaptadores.....	48
Figura 48 – Exemplo de conector de tubo de cobre reto.....	48
Figura 49 – Exemplo de conector de tubo em curva de 90°.....	49
Figura 50 – Exemplo de conector para tubulação com redução.....	49
Figura 51 – Exemplos de espelhos de inspeção.....	49
Figura 52 – Exemplo de conjunto base, cone e soquete para flangeamento.....	49
Figura 53 – Exemplo de curvador de tubos.....	50
Figura 54 – Exemplo de conjunto oxiacetileno.....	50
Figura 55 – Exemplo de conjunto propano/oxigênio.....	50
Figura 56 – Exemplo de unidade de brasagem com propano.....	50
Figura 57 – Exemplo de unidade de brasagem com acetileno.....	51
Figura 58 – Exemplo de conjunto cilindro de nitrogênio.....	51
Figura 59 – Exemplo de acendedor de maçarico.....	51
Figura 60 – Exemplo de regulador de pressão.....	51
Figura 61 – Exemplo de tubulação de cobre macio.....	52
Figura 62 – Exemplo de curvador de tubos.....	52
Figura 63 – Exemplo de haste para fixação do tubo no curvador de tubos.....	53
Figura 64 – Fixando tubo no curvador.....	53
Figura 65 – Posição inicial do curvador para realização da curva.....	53
Figura 66 – Movimentando a haste para curvatura.....	54
Figura 67 – Retirada do tubo.....	54
Figura 68 – Cortando o tubo.....	55
Figura 69 – Removendo as rebarbas.....	55
Figura 70 – Limpeza do tubo.....	55
Figura 71 – Exemplo de conjunto base-flangeador.....	56
Figura 72 – Fixando tubo e flangeador na base.....	56
Figura 73 – Flangeando o tubo.....	56
Figura 74 – Exemplo de flange.....	57

Figura 75 – Exemplo de flange e união	57
Figura 76 – Aperto do conjunto.....	57
Figura 77 – Exemplo de torquímetro de boca aberta.....	58
Figura 78 – Exemplo de chave ajustável	58
Figura 79 – Exemplo de conjunto porca e união com flange	59
Figura 80 – Exemplo de alargador de impacto	59
Figura 81 – Exemplo de soquete expansor	59
Figura 82 – Exemplo de expansor de tubos	60
Figura 83 – Tubo sendo cortado	61
Figura 84 – Remoção das rebarbas internas.....	61
Figura 85 – Limpeza do tubo	62
Figura 86 – Limpeza na montagem	62
Figura 87 – Montagem do conjunto a ser brasado	62
Figura 88 – Exemplos de chamas.....	63
Figura 89 – Pré-aquecimento.....	64
Figura 90 – Aplicação do material de adição	64
Figura 91 – Aplicação de fluxo.....	65
Figura 92 – Penetração na brasagem.....	65
Figura 93 – Proteção com uso de nitrogênio	65
Figura 94 – Corpo de prova	66
Figura 95 – Exemplo de sistema de ar condicionado compacto de janela	69
Figura 96 – Exemplo de unidade condensadora de ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>).....	71
Figura 97 – Exemplo de unidade evaporadora de ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>).....	71
Figura 98 – Interligação entre unidade interna e externa do ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>)	72
Figura 99 – Aparelho no ciclo de resfriamento (ciclo-frio).....	73
Figura 100 – Aparelho no ciclo de aquecimento (ciclo-quente)	74
Figura 101 – Exemplo de adaptador para brasagem/flange industrial	75
Figura 102 – Núcleo da válvula <i>Schrader</i>	76
Figura 103 – Tampa hexagonal com borracha de vedação	77
Figura 104 – Tampa recartilhada com borracha de vedação	77
Figura 105 – Tampa hexagonal com superfície cônica para vedação	77
Figura 106 – Tampa hexagonal com superfície cônica para vedação	77
Figura 107 – Esboço do ambiente a ser condicionado.....	81
Figura 108 – Correção indicada de acordo com a região.....	88
Figura 109 – Distâncias mínimas recomendadas para instalação do ar condicionado compacto de janela.....	91
Figura 110 – Distância mínima entre aparelhos de ar condicionado compacto de janela.....	92
Figura 111 – Posicionamento da unidade evaporadora no ambiente.....	92

Figura 112 – Condições inadequadas para instalação de unidade condensadora	93
Figura 113 – Sifão com unidade interna mais elevada do que unidade externa	94
Figura 114 – Sifão com unidade externa mais elevada do que unidade interna	95
Figura 115 – Etiqueta para registro da quantidade de fluido refrigerante do sistema	97
Figura 116 – Situações de drenagem	98
Figura 117 – Comparação da sensibilidade dos métodos de teste de vazamentos	103
Figura 118 – Exemplo de teste de vazamento com nitrogênio no sistema de ar condicionado compacto de janela	105
Figura 119 – Exemplo de teste de vazamento com nitrogênio no sistema de ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>)	106
Figura 120 – Exemplo de detecção de vazamento por hidrogênio no sistema de ar condicionado compacto de janela	107
Figura 121 – Exemplo de detecção de vazamento por hidrogênio no sistema de ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>)	108
Figura 122 – Exemplo de teste de vazamento com detector de gases halogenados no sistema de ar condicionado compacto de janela	109
Figura 123 – Exemplo de teste de vazamento com detector de gases halogenados no sistema de ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>)	110
Figura 124 – Dispositivo de vazamento de referência para fixação na válvula do cilindro de fluido refrigerante	111
Figura 125 – Métodos indiretos e diretos para inspeção de vazamentos	112
Figura 126 – Corrosão nas serpentinas	114
Figura 127 – Recolhimento por transferência de vapor	117
Figura 128 – Recolhimento por transferência de líquido e separação de óleo	118
Figura 129 – Recolhimento rápido (<i>push-pull</i>)	118
Figura 130 – Exemplo de identificador de fluidos refrigerantes	121
Figura 131 – Exemplo de recicladora doada pelo Plano Nacional de Eliminação dos CFCs (PNC)....	123
Figura 132 – Reciclagem de ciclo único	124
Figura 133 – Reciclagem de ciclo contínuo	125
Figura 134 – Fluxograma do processo de reciclagem de fluido refrigerante	126
Figura 135 – Exemplo de central de regeneração doada no âmbito do PNC	127
Figura 136 – Exemplo de regeneradora de fluidos refrigerantes doada no âmbito do PNC	127
Figura 137 – Exemplo de laboratório	128
Figura 138 – Fluxograma do processo de regeneração de fluido refrigerante	129
Figura 139 – Limpeza com nitrogênio	130
Figura 140 – Exemplo de vácuo no sistema	133
Figura 141 – Exemplo para carga de fluido refrigerante	136
Figura 142 – Exemplo para verificação final de vazamento	140

Lista de Quadros

Quadro 1 – Cronograma de eliminação do consumo de HCFCs	16
Quadro 2 – Atos normativos referentes ao controle de SDOs	20
Quadro 3 – Referências normativas	35
Quadro 4 – Classificação do grupo de segurança dos fluidos refrigerantes	37
Quadro 5 – Fluidos refrigerantes usados em condicionadores de ar do tipo janela e <i>mini-split</i>	37
Quadro 6 – Formulário para cálculo simplificado de carga térmica de verão conforme referência da norma ABNT NBR 5858/1983, acrescida com a taxa de renovação do ar	79
Quadro 7 – Medidas das áreas das janelas	81
Quadro 8 – Seleção do fator de proteção para as janelas	82
Quadro 9 – Somatório da carga térmica das janelas por insolação	82
Quadro 10 – Carga térmica das janelas por transmissão (vidro comum)	83
Quadro 11 – Carga térmica das paredes externas e internas	83
Quadro 12 – Carga térmica do teto	84
Quadro 13 – Carga térmica do piso	84
Quadro 14 – Carga térmica da quantidade de pessoas	84
Quadro 15 – Carga térmica das lâmpadas/aparelhos elétricos	85
Quadro 16 – Carga térmica de portas ou vãos sempre abertos	85
Quadro 17 – Resumo dos resultados do exemplo dado	88
Quadro 18 – Formulário para o relatório de instalação	99
Quadro 19 – Relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante	115
Quadro 20 – Seleção da bomba de vácuo	131
Quadro 21 – <i>Checklist</i> para <i>Start-up</i>	137
Quadro 22 – <i>Checklist</i> de registro de trabalho	143
Quadro 23 – Modelo para a ficha de reparo do sistema	144

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 1 do PBH	17
Tabela 2 – Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 2 do PBH	18
Tabela 3 – Características de reguladores de pressão	52
Tabela 4 – Valores padrão de torque de aperto para conexão flangeada em tubulação de refrigeração e ar condicionado	58
Tabela 5 – Conversão de valores de vácuo	134
Tabela 6 – Referência padrão para amostra de fluidos contaminados, conforme AHRI 740/2016 ...	149
Tabela 7 – Condições de temperatura e umidade do ar externo (verão)	151
Tabela 8 – Condições de temperatura e umidade do ar externo (inverno)	151
Tabela 9 – Condições de temperaturas internas de referência (verão)	152
Tabela 10 – Condições das temperaturas internas de referência (inverno)	152

Sumário

PREFÁCIO	12
1. O PROTOCOLO DE MONTREAL E A DESTRUÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO.....	14
1.1 As Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (SDOs) e a refrigeração	15
1.2 A adesão do Brasil ao Protocolo de Montreal	15
1.3 O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH).....	16
1.4 O IBAMA e o Cadastro Técnico Federal	19
1.5 A legislação brasileira e o Protocolo de Montreal	20
1.6 A Camada de Ozônio – suas causas e efeitos.....	22
2. IMPORTÂNCIA DE RECOLHER, RECICLAR E REGENERAR FLUIDOS FRIGORÍFICOS E REDUZIR VAZAMENTOS	24
3. SEGURANÇA NA REFRIGERAÇÃO	26
3.1 Equipamentos de Proteção Individual – EPIs	27
3.2 Segurança durante o trabalho em sistemas de ar condicionado	29
3.3 Recomendações de segurança para o manuseio de fluidos frigoríficos.....	30
3.4 Cilindros de fluido frigorífico	32
3.5 Manuseio de cilindros de fluido frigorífico	33
3.6 Referências normativas.....	35
4. FLUIDOS FRIGORÍFICOS.....	36
4.1 Classificação dos fluidos frigoríficos	36
4.2 Fluidos frigoríficos usados em sistemas de ar condicionado do tipo janela e <i>mini-split</i>	37

5. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS.....	38
5.1 Equipamentos e ferramentas para manuseio e contenção de fluidos frigoríficos.....	38
5.2 Instrumentos para medição.....	42
5.3 Ferramentas elétricas.....	43
5.4 Manutenção dos equipamentos e ferramentas.....	44
6. OPERAÇÃO COM TUBULAÇÕES.....	46
6.1 Tubulações.....	46
6.2 Ferramentas e equipamentos para o manuseio com tubulações.....	46
6.3 Curvas em tubulações de cobre/alumínio.....	52
6.4 Flangeamento.....	55
6.5 Expansão e ligamentos de tubos e componentes.....	59
6.6 Processos de brasagem.....	60
7. AR CONDICIONADO.....	68
7.1 Termos e definições.....	68
7.2 Sistema de ar condicionado compacto de janela.....	69
7.3 Sistema de ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>).....	70
7.4 Partes integrantes de um sistema de ar condicionado dividido (<i>mini-split</i>).....	70
7.5 Sistemas de ar condicionado ciclo-reverso.....	73
7.6 Sistemas de ar condicionado em condições seladas.....	75
8. CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA SIMPLIFICADO PARA AMBIENTES COM AR CONDICIONADO...78	
8.1 Formulário para cálculo simplificado de carga térmica de verão.....	78
8.2 Exemplo de cálculo simplificado de carga térmica de verão (resfriamento).....	80
9. INSTALAÇÃO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADOS DO TIPO JANELA E MINI-SPLIT.....90	
9.1 Definição da instalação.....	90
9.2 Posicionamento e instalação dos aparelhos de ar condicionados.....	91
10. VAZAMENTOS: DESCOBRIR E EVITAR..... 100	
10.1 Requisitos para a detecção de vazamentos.....	100
10.2 Inspeção de vazamentos consertados.....	100
10.3 Contenção do fluido frigorífico.....	101
10.4 Detecção de vazamento.....	102
10.5 Trabalhos preparatórios para o teste de vazamento.....	104
10.6 Testes de vazamento.....	104

10.7	Localização de vazamentos em ar condicionados.....	113
10.8	Causas dos vazamentos.....	114
10.9	Análise dos pontos de vazamento.....	115
11.	RECOLHIMENTO, RECICLAGEM E REGENERAÇÃO	116
11.1	Recolhimento.....	116
11.2	Reciclagem.....	122
11.3	Regeneração.....	126
12.	OPERAÇÕES NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	130
12.1	Limpeza do circuito do ar condicionado (<i>flushing</i>) com nitrogênio seco.....	130
12.2	Evacuação do circuito de ar condicionado.....	131
12.3	Carga de fluido frigorífico.....	135
12.4	Procedimento de partida (<i>start-up</i>) e balanceamento do sistema frigorífico.....	137
12.5	Verificação final de vazamento.....	140
13.	MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA.....	142
13.1	Registro de dados técnicos.....	143
13.2	Sistema Online para Documentação de Atividades de Manutenção – Pró-Ozônio.....	144
14.	FIM DA VIDA ÚTIL.....	146
14.1	Desativação do sistema.....	146
14.2	Destinação final de fluidos frigoríficos e componentes do sistema.....	146
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147
	ANEXO 1: REQUISITOS PARA A REGENERAÇÃO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS	148
	ANEXO 2: TABELAS PARA AUXÍLIO DO CÁLCULO DA RENOVAÇÃO DE AR.....	151

Prefácio

Em 2007, durante a comemoração dos 20 anos de existência do Protocolo de Montreal e após o bem-sucedido processo de eliminação do consumo de CFCs (clorofluorcarbonos), os Países Parte do Protocolo de Montreal decidiram antecipar o cronograma de eliminação do consumo de HCFC (hidroclorofluorcarbono), por meio da aprovação da Decisão XIX/6.

Para isso, o governo brasileiro coordenou a elaboração do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH), contando com a participação de entidades representativas dos setores privado e governamental. O cronograma de eliminação do consumo de HCFCs foi dividido em etapas. A etapa 1 do PBH, que ocorreu no período de 2013 a 2015, eliminou 32,36% do consumo de HCFC-141b e 6,51% do consumo de HCFC-22, perfazendo a eliminação total de 16,6% do consumo de HCFCs. A etapa 2, aprovada em novembro de 2015, tem como finalidade a eliminação de 90,03% do consumo de HCFC-141b até 2020 e de 27,10% do consumo de HCFC-22 até 2021. Uma terceira etapa está prevista para eliminação do consumo residual de HCFCs no período entre 2022 a 2040.

O PBH inclui projetos para a redução do consumo do HCFC-22 nos setores de manufatura e serviços de equipamentos de refrigeração comercial e de ar condicionado; e também a eliminação do consumo de HCFC-141b no setor de manufatura de espumas de poliuretano, matéria-prima de produtos como volantes de automóveis e divisórias de escritórios.

No setor de serviços, as ações do PBH estão direcionadas para redução dos vazamentos de HCFC-22, por meio da aplicação das boas práticas durante os serviços de reparo, manutenção, instalação e operação de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Neste sentido, destaca-se o Projeto de Treinamento e Capacitação de Mecânicos e Técnicos para boas práticas em sistemas de ar condicionado do tipo janela e *mini-split*, que tem como meta a capacitação de 7.000 técnicos atuantes neste setor.

Este manual foi elaborado com o objetivo de ilustrar as mais importantes ferramentas e técnicas utilizadas nos serviços de instalação, manutenção e reparo de sistemas de ar condicionado do tipo janela e *mini-split*. Tem como finalidade oferecer orientação profissional aos mecânicos e técnicos que trabalham no setor para a aplicação das boas práticas durante os trabalhos, principalmente para o fornecimento de conhecimento sobre contenção de vazamentos de fluidos frigoríficos.

Sabe-se que uma quantidade significativa de emissões de HCFC-22 poderia ser evitada por meio da aplicação de boas práticas durante a instalação, operação, manutenção e reparo de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Boas práticas incluem atividades de manutenção preventiva, detecção de vazamentos, registro de dados técnicos, operação adequada, além do recolhimento, reciclagem e manuseio correto dos fluidos frigoríficos, entre outros procedimentos. Essas atividades demandam profissionais devidamente capacitados e treinados, que podem contribuir para uma redução significativa do consumo de fluidos frigoríficos no Brasil.

As boas práticas trazem benefícios ao meio ambiente e qualidade aos serviços prestados, proporcionando maior vida útil e melhor eficiência energética dos sistemas de refrigeração e ar condicionado.

Espera-se que esta apostila facilite e proporcione acumulação e intercâmbio de conhecimento durante as aulas de capacitação dos profissionais do setor e, ao mesmo tempo, sirva como material de capacitação para os técnicos que não puderam participar dos cursos promovidos no âmbito do projeto.

As ilustrações contidas no material têm como objetivo comunicar, identificar e reforçar o aprendizado, de forma didática e acessível, fortalecendo as ações de boas práticas nos serviços de instalação e manutenção de sistemas de refrigeração e ar condicionado.

Está prevista a atualização deste manual em base regular para integrar sugestões recebidas e para manter o ritmo da evolução das ações desenvolvidas.

1 O Protocolo de Montreal e a destruição da Camada de Ozônio

O Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio é um tratado internacional que objetiva proteger a Camada de Ozônio do Planeta por meio da eliminação da produção e consumo das Substâncias Destruidoras do Ozônio (SDOs). Foi adotado em 1987 em resposta à destruição da Camada de Ozônio que protege a Terra contra a radiação ultravioleta emitida pelo sol.

O Protocolo de Montreal estabeleceu metas de eliminação para todos os Países Parte, respeitando o princípio das responsabilidades comuns, porém, diferenciadas. Para prover assistência técnica e financeira aos países em desenvolvimento¹, em 1990 foi instituído o Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal (FML).

O Fundo é administrado pelo Comitê Executivo do Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal, composto por sete países desenvolvidos e sete países em desenvolvimento. Os projetos que o Fundo apoia são realizados em 147 países em desenvolvimento, por meio das agências implementadoras multilaterais das Nações Unidas e bilaterais dos países desenvolvidos doadores.

Agências Implementadoras Multilaterais:

- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD;
- Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – ONUDI;
- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA; e
- Banco Mundial.

Agência de Cooperação Técnica Bilateral:

- Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Com as ações adotadas pelos países no âmbito do Protocolo de Montreal, estima-se que, entre 2050 e 2075, a Camada de Ozônio sobre a Antártica retorne aos níveis que apresentava em 1980. Estimativas apontam que, sem as medidas globais desencadeadas pelo Protocolo, a destruição da Camada de Ozônio teria crescido ao menos 50% no Hemisfério Norte e 70% no

Hemisfério Sul, isto é, o dobro de raios ultravioleta alcançaria o norte da Terra e o quádruplo ao sul. A quantidade de SDOs na atmosfera seria cinco vezes maior.²

Em 2017 o Protocolo de Montreal completa 30 anos e tem como tema a seguinte frase: “Cuidando de toda a vida sob o sol”. Este acordo, universalmente estabelecido pelos 197 Países Parte, apresenta resultados notáveis em favor da conscientização ambiental e da proteção da natureza.

1.1 As Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (SDOs) e a refrigeração

As SDOs são substâncias químicas sintetizadas pelo homem para diversas aplicações. Essas substâncias foram muito utilizadas na refrigeração doméstica, comercial, industrial e automotiva, na produção de espumas (agente expensor do poliuretano), na agricultura para desinfecção do solo (controle de pragas), para proteção de mercadorias (desinfecção), em laboratórios, como matéria-prima de vários processos industriais, entre outros. As mais comuns são: clorofluorcarbono (CFC), hidroclorofluorcarbono (HCFC), brometo de metila e halon.

No setor da refrigeração, os CFCs foram aos poucos sendo substituídos pelos HCFCs e HFCs. Essas substâncias possuem alta capacidade para absorver calor, não são inflamáveis e nem tóxicas ao ser humano. No entanto, os CFCs apresentam alto poder de destruição da Camada de Ozônio. Já os HCFCs também destroem a Camada de Ozônio, mas em menores proporções.

Atualmente, o Brasil consome apenas HCFCs, com destaque para o HCFC-141b, utilizado na manufatura de espumas de poliuretano, e para o HCFC-22, utilizado como fluido frigorífico em aparelhos e equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

Os CFCs, HCFCs e HFCs são substâncias que contribuem para o aquecimento global. Portanto, a liberação de qualquer destas substâncias na atmosfera traz enormes prejuízos ao meio ambiente.

1.2 A adesão do Brasil ao Protocolo de Montreal

Por meio do Decreto nº. 99.280, de 6 de junho de 1990, os textos da Convenção de Viena e do Protocolo de Montreal foram promulgados pelo governo federal, determinando que fossem executados e cumpridos integralmente no Brasil.

Desde essa época, o Brasil tem feito a sua parte em relação aos esforços internacionais para a proteção da Camada de Ozônio e tem cumprido com as metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal, colaborando para a defesa do meio ambiente e para a modernização e aumento da competitividade da indústria brasileira.

¹ Aqueles cujo nível anual de consumo de substâncias controladas listadas no Anexo A do Protocolo de Montreal seja inferior a 0,3 kg per capita na data de entrada em vigor do Protocolo de Montreal ou em qualquer data posterior nos dez anos que se seguem à data de entrada em vigor do Protocolo.

² <http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/sites/protocolodemontreal.org.br/pt-br/site.php?secao=saladeimprensa>, acesso em 11/01/2017.

O País concluiu a eliminação do consumo dos CFCs em janeiro de 2010. Nos últimos 15 anos, o trabalho desenvolvido pelo governo brasileiro, com recursos do Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal, conseguiu reduzir o consumo anual de 9.276 toneladas de CFCs em 2002 para zero em 2010. Isto corresponde ao equivalente a mais de 600 milhões de toneladas de gás carbônico de emissões evitadas no período, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente.

O Plano Nacional para Eliminação dos CFCs (PNC), aprovado em 2002, possibilitou a implantação de um sistema de recolhimento, reciclagem e regeneração de Substâncias Destruídas da Camada de Ozônio (SDOs) em todo o País, composto de cinco centrais de regeneração e 120 unidades de reciclagem para fluidos frigoríficos. Como resultado desse Plano, mais de 24,6 mil técnicos foram capacitados em boas práticas de refrigeração e mais de 200 empresas nacionais obtiveram apoio para a eliminação dos CFCs em equipamentos de refrigeração e na fabricação de espumas de poliuretano.

1.3 O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH)

Depois do sucesso da eliminação dos CFCs, o Protocolo de Montreal entrou em uma nova fase voltada para a eliminação da produção e consumo dos HCFCs, considerando que essas substâncias, além do potencial de destruição da Camada de Ozônio, possuem alto potencial de aquecimento global. Em setembro de 2007, os Países Parte do Protocolo de Montreal decidiram, por meio da Decisão XIX/6, antecipar os prazos de eliminação dessas substâncias.

De acordo com a decisão acima, todos os países se comprometem em cumprir um novo cronograma de eliminação dos HCFCs. No caso dos países em desenvolvimento, os prazos para eliminação dos HCFCs (regra geral) foram definidos conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Cronograma de eliminação do consumo de HCFCs

Ano	Ação
2013	Congelamento do consumo dos HCFCs (média do consumo de 2009 e 2010)
2015	Redução de 10,0% do consumo
2020	Redução de 35,0% do consumo
2025	Redução de 67,5% do consumo
2030	Redução de 97,5% do consumo
2040	Eliminação do consumo

A redução do consumo de HCFCs afeta diversos setores industriais, entre eles os de refrigeração e ar condicionado, espumas, solventes e extinção de incêndio.

Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 1 do PBH

O Brasil, por meio da Etapa 1 do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH), reduziu o consumo de HCFCs em 16,6% em 2015. A estratégia de eliminação do consumo de HCFCs constava da realização de ações regulatórias, da execução de projetos de conversão de tecnologias para o setor de espuma e da execução de projetos de contenção de vazamentos para o setor de serviços, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 1 do PBH

	SETOR	APLICAÇÃO	Quantidade (toneladas métricas)	Quantidade (toneladas PDO*)
HCFC-141b	Manufatura PU**	Painéis Contínuos	294,1	32,4
		Pele Integral/Flexível Moldada	789,21	86,8
		PU Rígido	450,91	49,6
	Subtotal		1.534,22	168,8
HCFC-22	Ações Regulatórias	Refrigeração e Ar Condicionado	26,7	1,5
	Serviços	Refrigeração e Ar Condicionado	909,09	50
	Subtotal		935,79	51,5
TOTAL			2.470,01	220,3

*PDO = Potencial de Destruição do Ozônio

**PU= Poliuretano

Ações para a melhor contenção de vazamentos para o setor de serviços – Etapa 1 do PBH

- Treinamento e capacitação de 4.800 mecânicos e técnicos de refrigeração, que atuam na área de refrigeração comercial em supermercados;
- Treinamento e capacitação de 100 mecânicos e técnicos de refrigeração, que atuam na área de sistemas de ar condicionado do tipo *split*;
- Realização de quatro projetos demonstrativos de contenção de HCFCs em supermercados, com o objetivo de apresentar procedimentos que melhorem a estanqueidade dos sistemas de refrigeração, a partir da substituição de peças antigas e ineficientes;
- Introdução de uma aplicação interativa para a documentação do consumo de HCFCs e monitoramento das atividades de manutenção de equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 2 do PBH

A Etapa 2 do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) define as diretrizes e ações a serem executadas no Brasil relacionadas ao cumprimento das metas no período de 2016 a 2021.

Nesta segunda etapa, a estratégia de eliminação do consumo de HCFCs consta da realização de ações regulatórias, da execução de projetos de conversão de tecnologias para o setor de espuma, da execução de projetos de conversão de tecnologias para o setor de refrigeração e ar condicionado e da execução de projetos de treinamento e capacitação para o setor de serviços, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 2 do PBH

	SETOR	APLICAÇÃO	Quantidade (toneladas métricas)	Quantidade (toneladas PDO*)
HCFC-141b	Ações Regulatórias	PU Rígido	480,04	52,80
	Manufatura PU**	PU Rígido	1.602,40	176,26
	Subtotal		2.082,44	229,06
HCFC-22	Ações Regulatórias	Refrigeração e Ar Condicionado	26,70	1,50
	Manufatura de RAC	Refrigeração e Ar Condicionado	1.110,04	61,06
	Manufatura de PU	PU Rígido	11,09	0,61
	Serviços	Refrigeração e Ar Condicionado	1.818,18	100,00
	Subtotal		2.658,01	146,22
TOTAL			4.740,45	375,28

*PDO = Potencial de Destruição do Ozônio

**PU= Poliuretano

O PBH foi construído de forma conjunta e participativa, por meio de um processo aberto, transparente e democrático, cuja participação de todos os setores envolvidos, governo e iniciativa privada, foi crucial.

Coordenação da implementação do PBH

O PBH é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio da Secretaria de Mudanças do Clima e Florestas, e conta com o apoio do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) e dos demais Ministérios integrantes do Comitê Executivo Interministerial para a Proteção da Camada de Ozônio – PROZON (Decreto de 6 de março de 2003). A sua execução é apoiada pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, como agência líder, pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – ONUDI e pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, como agências cooperadoras.

A GIZ é a agência de cooperação bilateral que atua, no âmbito do PBH, na implementação dos projetos de contenção de vazamentos no setor de serviços, com o objetivo de reduzir os vazamentos de HCFC-22.

O setor de serviços de refrigeração e ar condicionado responde por aproximadamente 82% do consumo de HCFC-22 do Brasil. Uma quantidade significativa de emissões de HCFC-22 poderia ser evitada por meio da aplicação de boas práticas durante a instalação, operação, manutenção e reparo de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Boas práticas incluem atividades de manutenção preventiva, detecção de vazamentos, registro de dados técnicos, operação adequada, além do recolhimento, reciclagem e manuseio correto dos fluidos frigoríficos, entre outros procedimentos. Essas atividades demandam profissionais devidamente capacitados e treinados, no qual podem contribuir para uma redução significativa do consumo de fluidos frigoríficos.

Neste contexto, o Projeto de Treinamento e Capacitação de Mecânicos e Técnicos de Refrigeração, na Etapa 2 do PBH, foi desenvolvido com apoio da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) e visa introduzir e reforçar técnicas e procedimentos que contribuam para a redução das perdas de fluidos frigoríficos, ao mesmo tempo em que diminui as necessidades de manutenção e aumenta a vida útil dos equipamentos. Está prevista a capacitação de 7.000 mecânicos e técnicos de refrigeração para boas práticas em sistemas de ar condicionado do tipo janela e *mini-split*.

Outras medidas previstas na Etapa 2 do PBH

- Treinamento e capacitação de 1.238 mecânicos e técnicos de refrigeração para boas práticas em sistemas de refrigeração comercial;
- Treinamento e capacitação de 1.000 mecânicos e técnicos de refrigeração em boas práticas no uso seguro e eficiente de fluidos alternativos de zero PDO e baixo GWP em sistemas de ar condicionado e refrigeração comercial;
- Estímulo ao recolhimento, reciclagem e regeneração das SDOs por meio da infraestrutura existente no País, composta por centrais de regeneração e unidades de reciclagem de fluidos frigoríficos;
- Conscientização do setor por meio da divulgação de boas práticas e tecnologias alternativas de zero PDO e baixo GWP;
- Projeto de Assistência Técnica com Pequenas e Médias Empresas (PMEs) e Fornecedores de Componentes do setor de refrigeração comercial;
- Projetos de conversão tecnológica de empresas do setor de refrigeração e ar condicionado;
- Projetos de conversão industrial de empresas, que operam no subsetor de espuma rígida.

1.4 O IBAMA e o Cadastro Técnico Federal

O IBAMA é a instituição responsável pelo controle da produção, importação, exportação e consumo de Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (SDOs) no País. O Instituto estabelece as cotas de importação das substâncias; é responsável pela anuência de licenças de importação e pelo cadastro de todas as pessoas físicas e jurídicas manipuladoras de SDOs; realiza o monitoramento do comércio e utilização dessas substâncias; e atua na fiscalização do setor, garantindo que o Brasil atenda aos limites estabelecidos pelo Protocolo e pela legislação brasileira.

A Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, instituiu o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF), que é gerenciado pelo IBAMA. O Cadastro tem por objetivo prover informações sobre as pessoas físicas e

jurídicas que interferem direta ou indiretamente no meio ambiente, impactando a sua qualidade, assim como sobre as atividades potencialmente poluidoras que realizam e as matérias-primas, produtos e resíduos dos processos produtivos.

1.5 A legislação brasileira e o Protocolo de Montreal

O Quadro 2 apresenta a relação de atos normativos que formam o respaldo legal para o controle e eliminação das SDOs.

Quadro 2 – Atos normativos referentes ao controle de SDOs

Ano	Dispositivo	Órgão	Objeto
1981	Lei Federal nº. 6.938/90, de 31 de agosto de 1981	Presidência	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, cria o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, para registro de pessoas físicas ou jurídicas que se dedicam a atividades potencialmente poluidoras e/ou à extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de produtos e subprodutos da fauna e flora.
1988	Portaria nº. 534, de 19 de setembro de 1988	Ministério da Saúde	Proibiu a fabricação e a comercialização de produtos cosméticos, de higiene, de uso sanitário doméstico e perfumes sob a forma de aerossóis que contivessem CFC.
1991	Portaria nº. 929, de 04 de outubro de 1991	Interministerial	Criou o Grupo de Trabalho do Ozônio (GTO): composto por órgãos do Governo e por entidades da iniciativa privada, exercendo a função de comitê técnico-consultivo sobre ações para a Proteção da Camada de Ozônio.
1995	Resolução nº. 13, de 13 de dezembro de 1995	CONAMA*	Estabeleceu um cronograma de eliminação do consumo das substâncias do Anexo A, de acordo com os diferentes usos.
1998	Lei Federal nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998	Presidência	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
1999	Decreto nº. 3.179, de 21 de setembro de 1999	Presidência	Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
2000	Lei nº. 10.165, de 27 de dezembro de 2000	Presidência	Altera a Lei nº. 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.
2000	Resolução nº. 267, de 14 de setembro de 2000	CONAMA	Estabelece cronograma de eliminação do uso e importação de substâncias constantes dos Anexos A e B do Protocolo de Montreal.
2002	Instrução Normativa nº. 1, de 10 de setembro de 2002	MAPA**, ANVISA*** e IBAMA	Estabelece cronograma de eliminação do uso de brometo de metila.

Quadro 2 – Atos normativos referentes ao controle de SDOs (Continuação)

Ano	Dispositivo	Órgão	Objeto
2003	Decreto de 6 de março de 2003	Presidência	Cria o Comitê Executivo Interministerial para a Proteção da Camada de Ozônio, com a finalidade de estabelecer diretrizes e coordenar as ações relativas à proteção da Camada de Ozônio.
2003	Resolução nº. 340, de 25 de setembro de 2003	CONAMA	Proíbe o uso de cilindros descartáveis na comercialização de CFC-12, CFC-114, CFC-115, R-502 e dos halons H-1211, H-1301 e H-2402.
2004	Instrução Normativa nº. 37, de 29 de junho de 2004 (<i>Em processo de revisão</i>)	IBAMA	Estipulou a obrigação de registro no Cadastro Técnico Federal (CTF) de todo produtor, importador, exportador, comercializador e usuário de quaisquer das substâncias, controladas pelo Protocolo de Montreal.
2008	Instrução Normativa nº. 207, de 19 de novembro de 2008	IBAMA	Dispõe sobre o controle das importações dos Hidroclorofluorcarbonos – HCFCs e misturas contendo HCFCs, durante os anos de 2009 a 2012.
2008	Resolução nº. 88, de 25 de novembro de 2008	Diretoria Colegiada da ANVISA	Proíbe a partir de 1º de janeiro de 2011, a produção e a importação de medicamentos inaladores de dose medida que utilizem CFC como gás propelente.
2010	Portaria nº. 41, de 25 de fevereiro de 2010; Portaria nº. 75, de 30 de março de 2010; e Portaria nº. 319, de 30 de agosto de 2010	MMA	Estabeleceu o Grupo de Trabalho sobre HCFCs, que tem por objetivo contribuir para a elaboração e execução do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs e seus respectivos projetos.
2012	Portaria nº. 212, de 26 junho de 2012	MMA	Institui o Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs - PBH no âmbito do Plano Nacional sobre Mudança do Clima.
2012	Instrução Normativa nº. 14, de 20 de dezembro de 2012 (<i>Em processo de revisão</i>)	IBAMA	Dispõe sobre o controle das importações de Hidroclorofluorcarbonos - HCFCs e de misturas contendo HCFCs, em atendimento à Decisão XIX/6 do Protocolo de Montreal, e dá outras providências.

*CONAMA = Conselho Nacional de Meio Ambiente

**MAPA = Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

***ANVISA = Agência Nacional de Vigilância Sanitária

Nota: Os instrumentos legais relacionados à eliminação e ao manuseio adequado das substâncias que destroem a Camada de Ozônio e de outras substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal podem ser obtidos em suas versões mais recentes nos seguintes websites: www.boaspraticasrefrigeracao.com.br e www.mma.gov.br/ozonio.

1.6 A Camada de Ozônio – suas causas e efeitos

O ozônio (O_3) é um dos gases mais importantes que compõe a atmosfera e cerca de 90% de suas moléculas se concentram entre 20 e 35 km de altitude, região denominada Camada de Ozônio. Sua importância está no fato de ser o único gás que filtra a radiação ultravioleta do tipo B (UV-B), nociva aos seres vivos.

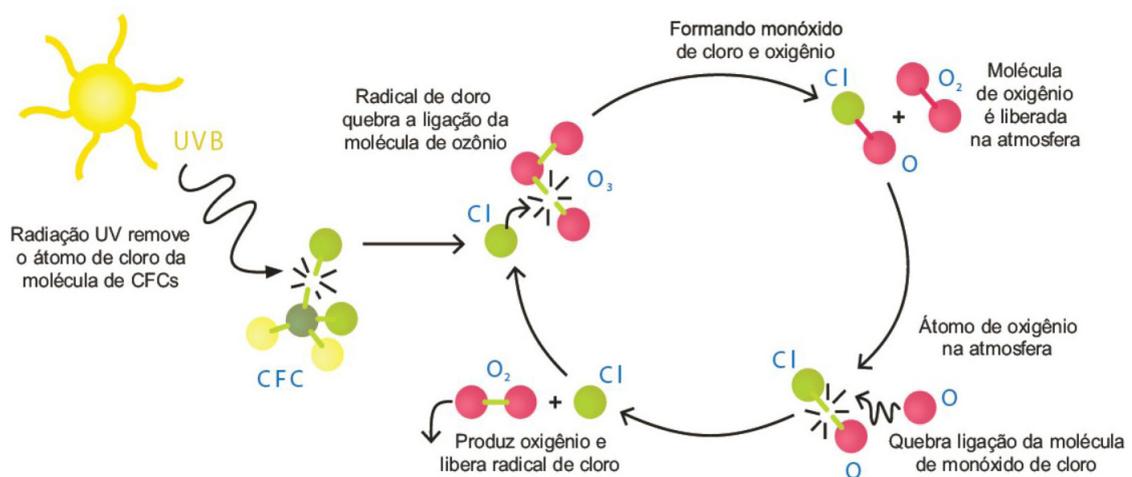
O ozônio tem funções diferentes na atmosfera, em função da altitude em que se encontra. Na estratosfera, o ozônio é criado quando a radiação ultravioleta, de origem solar, interage com a molécula de oxigênio, quebrando-o em dois átomos de oxigênio (O). O átomo de oxigênio liberado une-se a uma molécula de oxigênio (O_2), formando assim o ozônio (O_3). Na região estratosférica, 90% da radiação ultravioleta do tipo B é absorvida pelo ozônio. Ao nível do solo, na troposfera, o ozônio perde a sua função de protetor e se transforma em um gás poluente, responsável pelo aumento da temperatura da superfície, junto com o óxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

Nos seres humanos a exposição à radiação UV-B está associada aos riscos de danos à visão, ao envelhecimento precoce, à supressão do sistema imunológico e ao desenvolvimento do câncer de pele. Os animais também sofrem as consequências do aumento da radiação. Os raios ultravioletas prejudicam estágios iniciais do desenvolvimento de peixes, camarões, caranguejos e outras formas de vida aquáticas e reduzem a produtividade do fitoplâncton, base da cadeia alimentar aquática, provocando desequilíbrios ambientais.

Buraco na Camada de Ozônio

A Figura 1 apresenta um esquema didático de como a molécula de ozônio é destruída.

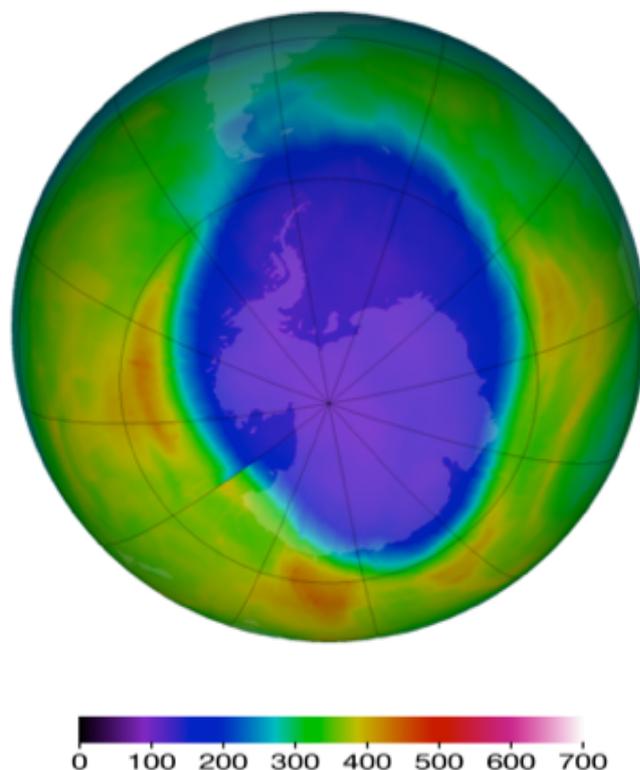
Figura 1 - Mecanismo de destruição da molécula de ozônio



Fonte: MMA.

No início da década 1980 descobriu-se uma queda acentuada na concentração do ozônio sobre o continente antártico, fenômeno que se convencionou chamar de “Buraco da Camada de Ozônio”. Na Figura 2 é possível visualizar a extensão da rarefação da Camada de Ozônio sobre a região da Antártica em setembro de 2016. A cor tendendo do azul para o violeta indica a baixa concentração de ozônio, a qual é medida em unidades *Dobson*.

Figura 2 - Concentração de ozônio (Unidades *Dobson*)



Fonte: *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, Setembro de 2016.

2 Importância de recolher, reciclar e regenerar fluidos frigoríficos e reduzir vazamentos

A atividade de recolhimento, reciclagem e regeneração de fluidos frigoríficos surge como iniciativa capaz de proporcionar ao mercado o atendimento da demanda do setor por fluidos frigoríficos em face das ações que estão sendo executadas para o cumprimento das metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal.

O recolhimento dos fluidos tem como objetivo principal evitar que SDOs sejam lançadas na atmosfera, destruindo a Camada de Ozônio e contribuindo para o aquecimento global. Por outro lado, surge como importante alternativa para o suprimento de substâncias voltadas para o setor de manutenção de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Neste sentido, o fluido deve ser recolhido e tratado por meio da reciclagem ou regeneração, para que posteriormente possa ser reutilizado, diminuindo a demanda por fluidos novos (virgens) importados e, consequentemente, o consumo brasileiro de SDOs.

A detecção e eliminação de vazamentos também se tornam ações primordiais, visto que existe um grande potencial para a redução dos vazamentos nos equipamentos de ar condicionado existentes. A instalação incorreta leva a emissões involuntárias, a elevadas contas de energia elétrica, prejudica a circulação de ar e causa problemas de manutenção. Portanto, a instalação adequada de unidades de ar condicionado é altamente positiva e necessária. As boas práticas de manutenção durante o reparo dos aparelhos de ar condicionado, em combinação com a adoção de medidas de segurança e práticas de recolhimento, reciclagem e reutilização do fluido frigorífico, trarão satisfação ao cliente ao mesmo tempo em que contribuirão para a redução dos vazamentos e a proteção do meio ambiente.

Neste sentido, a capacitação e o aperfeiçoamento da mão-de-obra existente constituem importantes medidas que devem ser adotadas para o setor, a partir de uma abordagem didática e simples, com treinamentos voltados para o aprendizado prático.

3 Segurança na refrigeração

O trabalho com sistemas de refrigeração expõe os técnicos do setor ao contato direto com máquinas, componentes, equipamentos, energia elétrica, gases, óleos, entre outros, propiciando riscos à saúde e a segurança pessoal.

Recomendações gerais quanto à segurança:

- Utilizar a norma ABNT NBR 16069 (Segurança em sistemas frigoríficos);
- Utilizar a norma ABNT NBR 16655 (Instalação de sistemas residenciais de ar condicionado – *Split* e compacto);
- Utilizar a norma ABNT NBR 13598 (Vasos de pressão para refrigeração);
- Utilizar cilindros adequados para o recolhimento, conforme a Resolução CONAMA n°. 340 e a norma ABNT NBR ISO 4706;
- Proceder o recolhimento, reciclagem e regeneração, conforme a norma ABNT NBR 15960 (3Rs);
- No caso de trabalhos elétricos, a norma ABNT NBR 5410 deverá ser adotada;
- Relógio, brincos, piercing, pulseiras, anéis, colares e outros acessórios devem ser retirados antes do início das atividades. No caso de cabelos longos, estes devem ser amarrados;
- O serviço somente poderá ser realizado por pessoal devidamente qualificado, portando Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e com o emprego de máquinas e ferramentas em bom estado de conservação e qualidade.

Figura 8 - Exemplo de macacão, calça e casaco para trabalho normal



Figura 9 - Exemplo de óculos de segurança com proteção lateral



Figura 10 - Exemplo de óculos de segurança com proteção de cobertura total



Figura 11 - Exemplo de protetor para audição (abafador)



Figura 12 - Exemplo de protetor para audição (auricular)



Figura 13 - Exemplo de máscara para respiração descartável



Figura 14 - Exemplo de capacete de segurança



Os seguintes EPIs são de uso obrigatório nos treinamentos:

- Luvas de trabalho antiderrapantes;
- Luvas, avental e camisa de manga comprida para trabalho com brasagem;
- Calçados de segurança;
- Calça comprida;
- Óculos de segurança com proteção lateral;
- Máscara para respiração descartável.

3.2 Segurança durante o trabalho em sistemas de ar condicionado

Durante a manutenção e/ou a instalação de aparelhos de ar condicionado, devem ser tomadas as seguintes medidas básicas de segurança:

1. O manual de manutenção e/ou a apostila de treinamento devem ser mantidos próximos para consulta;
2. Somente utilize peças de reposição recomendadas;
3. Sempre verifique as pressões de operação corretas dos fluidos frigoríficos;
4. Utilize somente manômetros de pressão calibrados;
5. Faça a carga apenas pelo lado de baixa pressão do sistema;
6. Assegure que todo o fluido frigorífico tenha sido recolhido.

3.2.1 Segurança de ferramentas e equipamentos

1. As ferramentas e equipamentos devem ser mantidos e inspecionados regularmente;
2. Somente utilize ferramentas adequadas para a realização do trabalho;
3. As ferramentas e equipamentos devem ser operados de acordo com as recomendações dos fabricantes;
4. Lâminas de arco de serra, brocas e outras ferramentas devem apresentar bom estado de conservação;
5. Os técnicos que operam as ferramentas e equipamentos têm a responsabilidade pessoal de usá-los corretamente e com cuidado.

3.2.2 Segurança ao usar ferramentas elétricas

1. Desligue os equipamentos quando não estiverem em uso, antes da manutenção e limpeza ou durante a troca de componentes;
2. Pessoas não envolvidas com o trabalho devem ser mantidas à distância do local;
3. Manuseie as ferramentas sempre com as duas mãos;
4. Não mantenha a mão sobre o interruptor da ferramenta elétrica;
5. Mantenha as ferramentas em bom estado de conservação e sempre limpas;
6. Remova ferramentas elétricas danificadas, identificando-as com a seguinte mensagem: “Não utilizar”;
7. Não transporte ou puxe ferramentas portáteis pelo cabo elétrico;
8. Não puxe o cabo elétrico para desligar a ferramenta elétrica;
9. Mantenha os cabos longe de fontes de calor, óleo e objetos cortantes;
10. Substitua os cabos danificados imediatamente.

3.2.3 Segurança elétrica

1. As razões mais comuns de falhas no funcionamento de aparelhos de ar condicionado tem origem no circuito elétrico ou em seus componentes;
2. Os componentes elétricos de um aparelho de ar condicionado devem ser aterrados para proteção contra choques elétricos;
3. Ferramentas elétricas e cabos de extensão, normalmente, apresentam três terminais conectados aos cabos elétricos. Estes terminais nunca devem ser cortados ou removidos, deixando o cabo elétrico “nu”;
4. Técnicos devem estar cientes dos potenciais riscos e das precauções que devem ser tomadas para redução dos riscos de acidentes.

3.3 Recomendações de segurança para o manuseio de fluidos frigoríficos

O manuseio de qualquer tipo de fluido frigorífico nos cilindros de armazenagem e reciclagem é considerada uma prática perigosa. Por esse motivo o trabalho deve ser executado seguindo normas rígidas de segurança e as observações fornecidas pelo fabricante do fluido frigorífico.

Para o uso seguro e adequado dos fluidos frigoríficos, certos requisitos são aplicáveis e devem ser cumpridos:

- Sempre use óculos de segurança ao manusear fluidos frigoríficos. O contato com os olhos pode causar queimaduras graves. Em casos de acidentes, lave imediatamente os olhos com muita água e procure assistência médica;
- Sempre use luvas de proteção ao manusear fluidos frigoríficos. O fluido frigorífico no estado líquido e o lubrificante nele contido não devem entrar em contato com a pele. Em caso de contato, lave imediatamente a área afetada com bastante água e procure assistência médica. Luvas de couro e têxteis não são adequadas, por isso, dê preferência a luvas de fluorelastômeros.

Cuidado: Ao manusear fluidos frigoríficos redobre a atenção, pois na fase líquida podem causar queimaduras devido à baixa temperatura.

Figura 15 - Exemplo de luva de proteção resistente aos fluidos frigoríficos e aos lubrificantes



Figura 16 - Exemplo de mãos afetadas pelo contato com fluido frigorífico líquido



- Existe risco de asfixia quando fluidos frigoríficos vazam em ambientes com baixa renovação de ar. Por serem mais pesados do que o ar, a partir de uma certa concentração, em torno de 12% do volume de ar, haverá falta de oxigênio, podendo acarretar problemas como perda de consciência e cardiovasculares. Por conta disso, recomenda-se que todas as áreas de trabalho devem ser adequadamente ventiladas;

Figura 17 - Exemplo de placa de sinalização de proibido fumar



- É proibido fumar ao manusear fluidos frigoríficos. A cinza de cigarros pode resultar na decomposição do fluido frigorífico causando a geração de substâncias tóxicas. Além disso, alguns fluidos frigoríficos podem ser inflamáveis;
- Riscos de incêndio também existem em sistemas que utilizam fluidos frigoríficos não inflamáveis. O incêndio pode ser causado por meio da ignição de resíduos de óleo e o material de isolamento, bem como pela névoa de óleo na ocorrência de vazamentos de grandes proporções.

Primeiros Socorros em caso de acidentes

No caso de ferimentos e queimaduras causados pelo contato do fluido frigorífico líquido com a pele, deve-se remover a roupa e lavar a área afetada com água limpa. No caso dos olhos, recomenda-se lavá-los continuamente por 15 a 20 minutos. Em seguida, a pessoa deve procurar assistência médica profissional. No caso de asfixia, deve-se imediatamente oferecer os primeiros socorros e entrar em contato com os serviços de emergência (SAMU ou Corpo de Bombeiros).

Se o técnico sofrer um choque elétrico, outras pessoas ao redor não deverão tocá-lo até que a fonte de alimentação de energia elétrica esteja desconectada. Em seguida, ofereça os primeiros socorros e encaminhe para assistência médica adequada.

3.4 Cilindros de fluido refrigerante

Os fluidos refrigerantes devem ser recolhidos em um cilindro adequado, conforme a ABNT NBR ISO 4706/2012 e a Resolução CONAMA n°. 340/2003.

A Resolução CONAMA n°. 340, de 25 de setembro de 2003, que dispõe sobre a utilização de cilindros retornáveis para o armazenamento de gases que destroem a Camada de Ozônio, é de cumprimento obrigatório em todo o território nacional.

Esta resolução proíbe a liberação dos fluidos refrigerantes controlados pelo Protocolo de Montreal na atmosfera. Ela também estabelece que os cilindros e as máquinas de recolhimento deverão ser projetados para conter dispositivo antitransbordamento. Este dispositivo irá, automaticamente, limitar o nível máximo do fluido refrigerante transferido, respeitando o nível de oitenta por cento do seu volume líquido.

Cuidado: Nunca se deve misturar fluidos refrigerantes diferentes, armazenando-os em um mesmo cilindro.

Figura 18 - Exemplo de cilindro retornável para recolhimento de fluido refrigerante



- 1 Cilindro de recuperação de fluido refrigerante DOT 4BA padrão (Estados Unidos) sem OFP (proteção contra transbordamento)
- 2 Interruptor de flutuador de nível de líquido para conexão da unidade de recolhimento (kit de instalação do cilindro)
- 3 Cilindro de recolhimento de fluido refrigerante DOT 4BA padrão (Estados Unidos) com OFP (proteção contra transbordamento)
- 4 Válvula de líquido/vapor (válvula dupla) com válvula de segurança interna

Importante: Somente utilize cilindros de recolhimento adequados e especificadamente projetados para armazenamento de fluidos refrigerantes, em conformidade com a legislação vigente.

Os recipientes destinados ao manuseio de fluido refrigerante (cilindros de serviço para recolhimento, cilindros de serviço para carga, etc.) e atividades devem atender às seguintes normas: ABNT NBR 13598/2011 (Vasos de Pressão para Refrigeração), ABNT NBR 15960/2011 (Fluidos refrigerantes – Recolhimento, reciclagem e regeneração – 3Rs) e DOT 4BA (norma que informa tipo, capacidade e pressão de trabalho dos cilindros).

Normalmente, os fluidos refrigerantes virgens são vendidos em cilindros descartáveis. Esses cilindros nunca devem ser reutilizados para atividades de recolhimento e devem ser descartados após o uso, conforme a legislação ambiental vigente.

Cuidado: Nunca se deve reutilizar cilindros descartáveis para o recolhimento de fluido refrigerante, pois eles podem causar graves acidentes, devido à sua estrutura mecânica não ser apropriada para tal finalidade e pela ausência de válvula de segurança, com risco de rompimento do cilindro.

O cilindro com fluido refrigerante retornável deve conter, pelo menos, as seguintes identificações:

- Informações da empresa fornecedora e/ou do envasador credenciado: nome, CNPJ, contato, etc.;
- Lacre inviolável com o logotipo do fornecedor;
- Tipo do fluido refrigerante, lote, peso bruto, tara e líquido.

3.5 Manuseio de cilindros de fluido refrigerante

- Os cilindros devem ser transportados pelo técnico com cuidado e fixados em local firme para evitar tombamento ou rotação;
- Não arremesse os cilindros de fluido refrigerante para não deformá-los. Na ocorrência de rupturas, ocorrerá a evaporação súbita do fluido em todas as direções, podendo causar acidentes. O mesmo raciocínio se aplica à válvula do cilindro quando quebrada. Portanto, cilindros somente podem ser transportados com a utilização de cobertura aparafusada sobre a tampa da válvula;
- Cilindros de fluido refrigerante não podem ser armazenados nas proximidades de dissipadores de calor. As temperaturas mais elevadas resultam em pressões mais elevadas, havendo perigo da pressão máxima admissível do cilindro ser excedida. Diretrizes para vasos de pressão especificam que temperaturas superiores a 50°C não devem ser excedidas;
- Não guarde os cilindros em local de elevada temperatura ou exposto ao sol;
- Nunca aqueça os cilindros de fluido refrigerante com chama aberta, para não danificar o material ou decompor o fluido refrigerante (no caso de temperaturas extremamente altas);
- Mantenha as válvulas fechadas de cilindros vazios para impedir a penetração de umidade;
- Verifique atentamente as informações contidas no rótulo dos cilindros;
- Códigos de segurança recomendam que os cilindros não devem ser preenchidos com mais de 80% do seu volume de líquido;
- Não misture tipos diferentes de fluidos refrigerantes ou coloque um fluido refrigerante em cilindros rotulados para outra substância;
- Utilize apenas cilindros limpos, livre de contaminação por óleo, ácido, umidade, etc.;

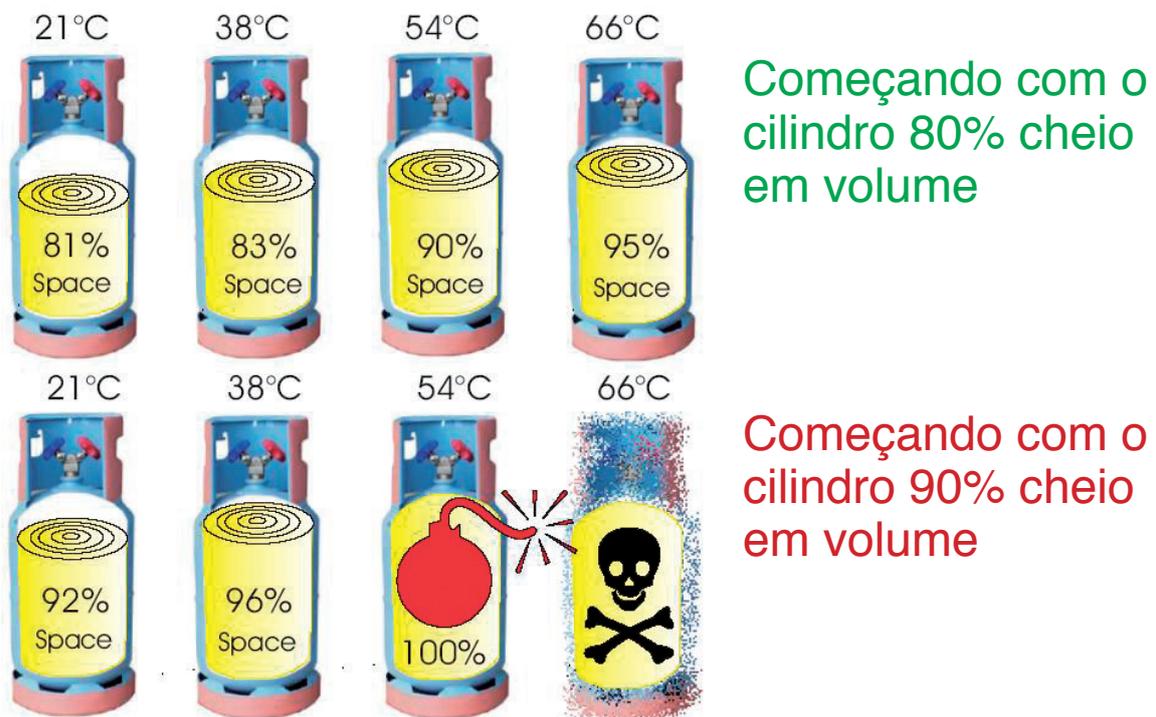
- Verifique visualmente cada cilindro antes do uso e assegure que estejam testados regularmente quanto à pressão;
- Os cilindros de recolhimento apresentam uma indicação específica, que não deve ser confundida com a do cilindro para fluido refrigerante virgem;
- Os cilindros contendo fluidos refrigerantes contaminados deverão ser devidamente rotulados;
- O óleo de refrigeração, usado nas instalações que utilizam halogenados, é considerado resíduo perigoso, sendo proibida a sua mistura com outros tipos de óleos ou substâncias. O armazenamento e descarte adequado deve estar em conformidade com as normas CONAMA n.º 362, de 23 de junho de 2005, e CONAMA n.º 450, de março de 2012.

Cuidado: O fluido refrigerante se expande ao ser aquecido, podendo haver explosão do cilindro no caso de enchimento acima do permitido.

Figura 19 - Exemplo de cilindro rompido após ter ultrapassado o limite de pressão máxima



Figura 20 - Exemplo de temperatura do cilindro e do espaço de expansão do líquido interno



3.6 Referências normativas

O Quadro 3 apresenta referências de normas técnicas nacionais e internacionais relacionadas à utilização de fluidos frigoríficos em sistemas de refrigeração e ar condicionado.

Quadro 3 - Referências normativas

Norma	Título
ABNT NBR 13598/2011	Vasos de pressão para refrigeração
ABNT NBR 16655-1/2017	Instalação de sistemas residenciais de ar condicionado - <i>Split</i> e compacto Parte 1: Projeto e instalação
ABNT NBR 16655-2/2017	Instalação de sistemas residenciais de ar condicionado - <i>Split</i> e compacto Parte 2: Procedimento para ensaio de estanqueidade, desidratação e carga de fluido frigorífico
ABNT NBR 16655-3/2017	Instalação de sistemas residenciais de ar condicionado - <i>Split</i> e compacto Parte 3: Método de cálculo da carga térmica residencial
ABNT NBR 16401-1/2008	Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários Parte 1: Projeto das instalações
ABNT NBR 16401-2/2008	Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários Parte 2: Parâmetros de conforto térmico
ABNT NBR 16401-3/2008	Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários Parte 3: Qualidade do ar interior
ABNT NBR 15976/2011	Redução das emissões de fluidos frigoríficos halogenados em equipamentos de refrigeração e ar condicionado – Requisitos gerais e procedimentos
ABNT NBR 15960/2011	Fluidos frigoríficos – Recolhimento, reciclagem e regeneração (3R)
ABNT NBR 16069/2010	Segurança em sistemas frigoríficos
ABNT NBR 16666/2017	Fluidos frigoríficos - Designação e classificação de segurança
ABNT NBR 16667/2017	Especificações para fluidos frigoríficos
ISO 5149/1993	Requerimentos de Segurança – Sistemas Mecânicos de Refrigeração Usados para Arrefecimento e Aquecimento (tradução pelo grupo de Componentes para Refrigeração e Condicionamento de Ar, ABIMAQ, 1995)
EN 378 Part 1 – 4/2016	<i>Refrigerating Systems and Heat Pumps-Safety and Environmental Requirements</i>
ANSI/ASHRAE 15/2016	<i>Safety Code for Mechanical Refrigeration</i>
B52-M 1983	<i>Mechanical Refrigeration Code</i>
BS 4434 Part 1 – 1989	<i>General Specifications for Requirements for Refrigeration Safety</i> (mais 3 normas específicas de mesmo código)

4 Fluidos frigoríficos

4.1 Classificação dos fluidos frigoríficos

Os fluidos frigoríficos são classificados de acordo com as características de toxicidade e inflamabilidade, estabelecidas na norma ABNT NBR 16666/2017. A classificação de segurança serve para determinar como o fluido deve ser usado, por exemplo, sua aplicabilidade em lugares ocupados ou a quantidade máxima permitida para espaços confinados. A classificação de segurança consiste em dois dígitos alfanuméricos, onde o símbolo alfabético indica a toxicidade e o numeral a inflamabilidade.

Classificação de toxicidade:

Classe A: menor grau de toxicidade

Classe B: maior grau de toxicidade

Classificação de inflamabilidade:

Classe 1: sem a propagação da chama

Classe 2: menor inflamabilidade “levemente inflamável”

Classe 3: maior inflamabilidade

Quadro 4 - Classificação do grupo de segurança dos fluidos refrigerantes

		Grupo de Segurança		
AUMENTO DA INFLAMABILIDADE ↑	Maior inflamabilidade		A3	B3
	Menor inflamabilidade	Velocidade de propagação > 10cm/s	A2	B2
		Velocidade de propagação ≤ 10cm/s	A2L	B2L
	Sem a propagação de chama		A1	B1
		Menor toxicidade	Maior toxicidade	
		AUMENTO DA TOXICIDADE →		

4.2 Fluidos refrigerantes usados em sistemas de ar condicionado do tipo janela e *mini-split*

Quadro 5 - Fluidos refrigerantes usados em condicionadores de ar do tipo janela e *mini-split*

Fluido Refrigerante	Composição	PDO*	GWP** (100 anos)	Grupo de segurança
HCFC-22	CHClF ₂	0,05	1810	A1
HC-290	C ₃ H ₈	0	3	A3
HFC-32	CH ₂ F ₂		675	A2L
HFC-407C	R32/125/134a		1774	A1
HFC-410A	R32/125		2088	A1
HFC-417A	R125/134a/600		2350	A1
HFC-438A	R32/R125/R134a/R600/R601a		2264	A1
HFC-161	CH ₃ CH ₂ F		12	A3

*PDO – Potencial de Destruição do Ozônio

**GWP – Potencial de Aquecimento Global

5 Equipamentos e ferramentas

Os técnicos de refrigeração e ar condicionado trabalham principalmente com equipamentos e ferramentas manuais. Para que o trabalho seja bem-sucedido, os técnicos, bem capacitados ou treinados, deverão utilizar ferramentas de boa qualidade e bem cuidadas. Os materiais devem ser adequados aos respectivos trabalhos, conforme as recomendações do fabricante. Utilizar equipamentos e ferramentas inadequadas pode trazer riscos ao trabalho. Por exemplo, ao utilizar uma chave de fenda, em vez de uma chave philips, a ponta da chave de fenda pode escorregar e causar ferimentos. O uso de equipamentos e ferramentas apropriadas contribui para melhorar a qualidade do trabalho de instalação, reparo e manutenção.

5.1 Equipamentos e ferramentas para manuseio e contenção de fluidos frigoríficos

Ferramentas apropriadas e em boas condições são essenciais para se manter a boa qualidade no trabalho e segurança. Além de chaves e alicates, o técnico de refrigeração também deverá portar algumas ferramentas básicas para o manuseio correto e seguro dos fluidos frigoríficos, bem como aferição mínima das condições do sistema frigorífico.

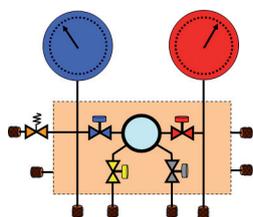
Nesta sessão são apresentadas algumas das ferramentas consideradas essenciais para o manuseio de sistemas com fluidos frigoríficos.

5.1.1 Conjunto *Manifold*

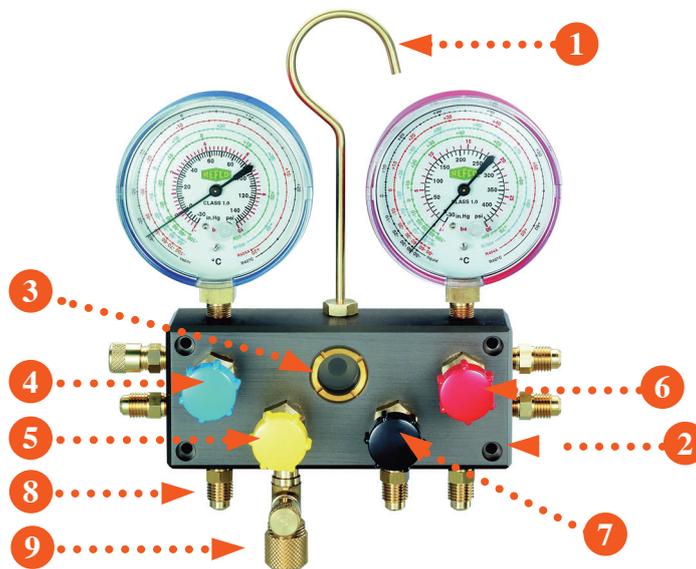
São utilizados para as medições de pressões e temperaturas de operação de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, para fins de transferência de fluido frigorífico e para a evacuação do sistema.

Os manômetros (alta/baixa pressão) são montados juntos a base com válvulas a fim de facilitar o manuseio.

Figura 21 - Exemplo de conjunto *manifold* com base de quatro válvulas



Vista esquemática do coletor de medição de serviço de quatro válvulas ao lado



- 1 Suporte
- 2 Base do *manifold*
- 3 Visor de líquido
- 4 Válvula do manômetro de baixa pressão
- 5 Válvula da bomba de vácuo
- 6 Válvula do manômetro de alta pressão
- 7 Conexão da válvula para carregamento do cilindro ou recuperação da unidade
- 8 Conexão para mangueira de 1/4"
- 9 Conexão para mangueira de vácuo de 1/4" e 3/8"

5.1.2 Mangueira e acessórios para transferência de fluido refrigerante

Ao utilizar mangueiras e acessórios para transferência de fluido refrigerante, observe a pressão máxima de operação e o estado de conservação para evitar acidentes e vazamentos.

As mangueiras não devem apresentar rachaduras e devem possuir os *orings* em bom estado.

Figura 22 - Exemplo de mangueira padrão para fluido refrigerante com duas conexões fêmeas de 1/4"



Figura 23 - Exemplo de mangueira com válvula de esfera



5.1.3 Engates rápidos

Este dispositivo permite que mangueiras e tubulações se interliguem de forma rápida e prática. Contudo, o seu uso deve ser limitado a intervenções de manutenções necessárias, sendo substituído por conexões apropriadas para a operação normal do sistema.

Figura 24 - Exemplo de conjunto de engate rápido do tubo à mangueira de fluido refrigerante



5.1.4 Ferramenta para substituição de núcleo *Schrader*

Esta ferramenta possui uma válvula de passagem, componentes de vedação interna e haste de remoção, permitindo a substituição do núcleo da válvula *Schrader* sem a perda de fluido refrigerante.

Para utilizar esta ferramenta siga os passos abaixo:

1. Mantenha a válvula de passagem da ferramenta fechada;
2. Conecte a ferramenta na válvula *Schrader*;
3. Abra a válvula de passagem da ferramenta;
4. Introduza a haste de remoção até o núcleo da válvula *Schrader* e a retire;
5. Levante a haste de remoção magnética com o núcleo da válvula *Schrader* e feche a válvula de passagem da ferramenta;
6. Substitua o núcleo da válvula *Schrader* e repita o procedimento, para instalar o novo núcleo.

Figura 25 - Exemplo de ferramenta para remoção de núcleo de válvula *Schrader*



5.1.5 Ferramentas para perfuração de tubos

A válvula perfuradora e alicate perfurador são ferramentas usadas para obter o acesso das mangueiras ao sistema de refrigeração sem o escape de fluido refrigerante.

Cuidado: As ferramentas para perfuração de tubos devem ser utilizadas somente para instalação temporária no sistema, caso contrário será uma fonte potencial de vazamentos de fluido refrigerante.

Figura 26 - Exemplo de válvula perfuradora



Figura 27 - Exemplo de alicate perfurador



5.1.6 Recolhedora

Aparelho capaz de remover o fluido refrigerante de um sistema para um cilindro apropriado.

Figura 28 - Exemplo de recolhedora



5.1.7 Bomba de vácuo

Aparelho destinado a produção de pressão abaixo da pressão atmosférica (vácuo).

Figura 29 - Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio



5.2 Instrumentos para medição

5.2.1 Vacuômetro

Instrumento capaz de medir pressões abaixo da pressão atmosférica.

Figura 30 - Exemplo de vacuômetro



5.2.2 Balança

Instrumento utilizado para se medir a quantidade de fluido refrigerante introduzido ou retirado do sistema de refrigeração.

Figura 31 - Exemplo de balança



5.2.3 Termômetro de contato

Instrumento utilizado para medir temperatura, sendo que seu sensor deve estar em contato com o objeto ou substância no qual se deseja obter a temperatura.

Cuidado: O local de contato deverá estar limpo e isolado para evitar erros de leitura.

Figura 32 - Exemplo de termômetro de contato



5.2.4 Termômetro infravermelho

Instrumento utilizado para medir temperatura sem o contato com o objeto.

Cuidado: Os cuidados com relação à distância adequada e ao ambiente deverão seguir as recomendações do fabricante para evitar erros de leitura.

Figura 33 - Exemplo de termômetro infravermelho



5.3 Ferramentas elétricas

5.3.1 Alicate amperímetro

Instrumento capaz de medir grandezas elétricas, tais como tensão, resistência e corrente elétrica. No caso da corrente elétrica, esta pode ser medida por meio de campo magnético, sem intervenção no sistema.

Figura 34 - Exemplo de alicate amperímetro



5.3.2 Multímetro

Instrumento capaz de medir grandezas elétricas, tais como tensão, resistência e corrente elétrica. No caso da corrente elétrica, esta pode ser medida com intervenção no sistema.

Figura 35 - Exemplo de multímetro



5.3.3 Alicates e chaves isolados

O uso de alicates e chaves em trabalhos elétricos devem seguir as recomendações da norma ABNT NBR 5410 e regulamento NR-10. Essas peças devem possuir cabos totalmente isolados e, no caso das chaves, devem possuir hastes também isoladas para evitar acidentes.

Figura 36 - Exemplo de alicate com cabo isolado



Figura 37 - Exemplo de chave de fenda com isolamento no cabo e na haste



5.4 Manutenção dos equipamentos e ferramentas

A manutenção dos equipamentos e ferramentas abrange todas as ações necessárias para manter os materiais em boas condições de trabalho, podendo ser preventiva ou corretiva. A manutenção inclui inspeções programadas, lubrificação e troca de óleo/lubrificante para garantir o bom funcionamento.

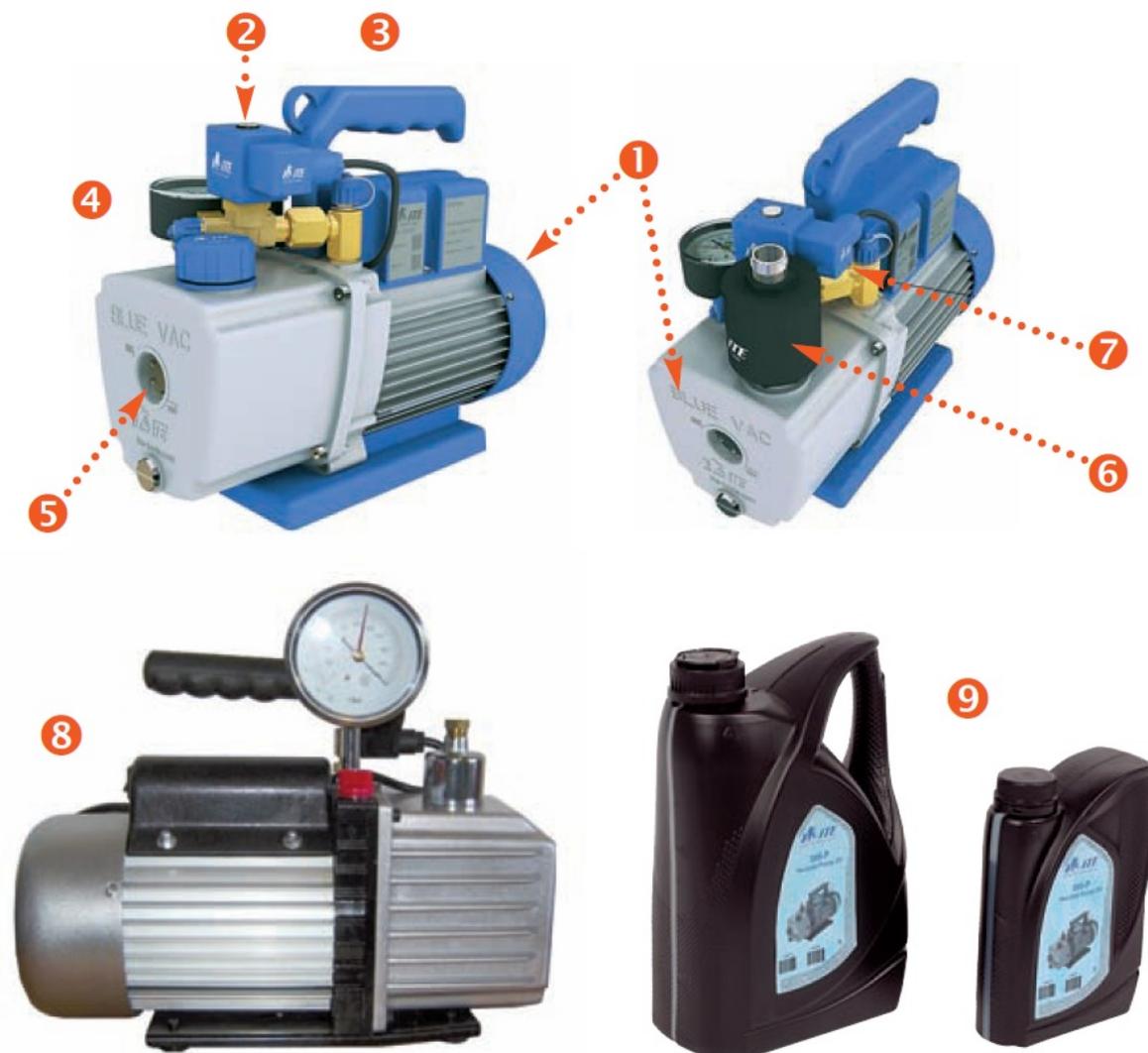
1. A manutenção de rotina é uma necessidade devido à utilização de equipamentos e ferramentas eletromecânicas;
2. Ações de manutenção preventiva programada de equipamentos e ferramentas visam evitar avarias e falhas inesperadas durante as atividades de a manutenção ou reparo;
3. O objetivo básico da manutenção é reduzir as falhas de ferramentas e equipamentos;
4. A manutenção é necessária para preservar e melhorar a confiabilidade das ferramentas e equipamentos;
5. A manutenção contribui para segurança e produtividade e evita desperdício, interrupção, acidentes e outros transtornos.

Óleo da bomba de vácuo

O nível do óleo deve ser verificado através do visor de óleo antes de cada utilização do equipamento. A principal causa de falha na bomba de vácuo é o baixo nível de óleo ou a presença de óleo contaminado. O óleo da bomba de vácuo deve ser trocado regularmente.

De acordo com as instruções do fabricante, a troca do óleo deve ser realizada após 100 horas de funcionamento ou após 200 reparos no sistema, ou mesmo antes, se o fluido refrigerante for recolhido de um sistema altamente contaminado. Use somente óleo de boa qualidade de acordo com o recomendado pelo fabricante.

Figura 38 - Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio e recipientes de óleo



- 1 Bomba de vácuo de duplo estágio 40 L/min (1,44 CFM) a 280 L/min (9,64 CFM), vácuo de ruptura descendo até 0,16 mbar (12 microns de mercúrio), provida de válvula de balastro de gás
- 2 Válvula solenóide
- 3 Cabo com exaustão do ar purgado
- 4 Manômetro para vácuo (relativo)
- 5 Visor do nível de óleo
- 6 Filtro de névoa de óleo
- 7 Conexão para mangueira de 3/8"
- 8 Bomba de vácuo 198 L/min (7 CFM)
- 9 Recipiente de óleo da bomba de vácuo (diferentes dimensões)

6 Operação com tubulações

6.1 Tubulações

Os tubos para fluidos frigoríficos utilizados em refrigeração normalmente possuem paredes muito finas para serem rosqueadas, por isso são usados outros métodos para a junção, como, por exemplo, conexão por flange e junção por brasagem, o que demanda métodos e ferramentas adequadas para o trabalho.

6.2 Ferramentas e equipamentos para o manuseio com tubulações

6.2.1 Cortador de tubos

Para cortar corretamente a tubulação, é necessário o uso de um cortador de tubos. Não utilize arco de serra para realizar a operação, pois irá produzir limalhas dentro da tubulação e imperfeições na região do corte.

Ao utilizar o cortador de tubos, encaixe o tubo entre as duas roldanas do cortador e encoste o disco de corte no tubo aplicando pouca pressão. Para cortar, gire o cortador 360° ao redor do tubo, e, conforme o cortador for ficando mais leve ao se girar ao redor do tubo, aplique mais pressão. Cuidado para não aplicar uma pressão excessiva entre o disco de corte e o tubo, pois poderá amassar a tubulação ou danificar o disco de corte.

Figura 39

Exemplo de cortador para tubos com 6 a 35 mm de diâmetro

**Figura 40** - Exemplo de cortador de tubos com 3 a 16 mm de diâmetro

6.2.2 Cortador de tubos capilares

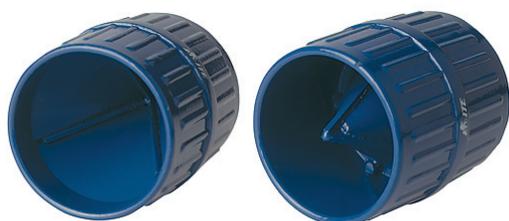
Ao utilizar o cortador, tenha cuidado para não obstruir ou deformar o diâmetro interno e o orifício do tubo, devendo ser previamente verificado o diâmetro do capilar, o tipo e a regulagem do cortador.

Figura 41 - Exemplo de cortador de tubos capilares

6.2.3 Escareador

É um dispositivo utilizado para retirada de rebarbas para facilitar o processo de alargamento e flangeamento de tubos, que por sua vez contribui para reduzir as possibilidades de ocorrência de vazamentos.

Cuidado: Ao utilizar o escareador, o tubo deve estar de cabeça para baixo para evitar a entrada de limalhas.

Figura 42 - Exemplo de escareador interno e externo para tubulação de cobre**Figura 43** - Exemplo de ferramenta para retirar rebarbas, a lâmina pode ser girada

6.2.4 Esponja abrasiva e escova de encaixar

A esponja abrasiva é utilizada para acabamento externo do tubo e a escova de encaixar para acabamento interno.

Figura 44 - Exemplos de esponjas abrasivas plásticas



Figura 45 - Exemplo de escova de encaixar



Cuidado: Ao utilizar a escova de encaixar, o tubo deve estar de cabeça para baixo para evitar a entrada de limalhas.

6.2.5 Escova de aço

É utilizada para limpeza externa de tubos de cobre, aço, latão e alumínio.

Figura 46 - Exemplo de escova de aço



6.2.6 Conexões por prensagem

Este tipo de conexão utiliza um alicate para prensar os conectores até a sua deformação e fixação na tubulação.

Figura 47 - Exemplo de jogo de ferramentas com conexões, conectores e adaptadores



Figura 48 - Exemplo de conector de tubo de cobre reto



Figura 49 - Exemplo de conector de tubo em curva de 90°



Figura 50 - Exemplo de conector para tubulação com redução



6.2.7 Espelho de inspeção de brasagem

Utilizado para a inspeção visual da brasagem em local de difícil visualização.

Figura 51 - Exemplos de espelhos de inspeção



6.2.8 Conjunto flangeador e alargador

É composto por uma base de fixação de tubos de diversos diâmetros e por um cone com soquetes para flangeamento e alargamento de tubos.

Figura 52 - Exemplo de conjunto base, cone e soquete para flangeamento



6.2.9 Curvador de tubos

Esta ferramenta permite o técnico curvar tubos sem estrangulamento e com bom acabamento.

Figura 53 - Exemplo de curvador de tubos



6.2.10 Equipamentos para brasagem

O equipamento mais comum para brasagem é o conjunto oxiacetileno, constituído por um cilindro de oxigênio (comburente), um cilindro de acetileno ou propano (combustível), reguladores de pressão, válvulas de segurança corta fogo, mangueiras, válvulas de retenção (unidirecionais) e maçarico.

Figura 54 - Exemplo de conjunto oxiacetileno



Figura 56 - Exemplo de unidade de brasagem com propano



Figura 55 - Exemplo de conjunto propano/oxigênio



Figura 57 - Exemplo de unidade de brasagem com acetileno



Figura 58 - Exemplo de conjunto cilindro de nitrogênio



Nota: Além do nitrogênio podem ser usados outros gases inertes como CO₂ e HC para manter limpa a parte interna dos tubos durante o processo de brasagem.

6.2.11 Acendedor de maçarico

Sua função é criar uma faísca para o acendimento do maçarico de forma segura.

Figura 59 - Exemplo de acendedor de maçarico



6.2.12 Regulador de pressão

O uso do regulador de pressão é essencial para evitar acidentes devido à falta de controle da pressão no momento da brasagem e pressurização do sistema de refrigeração.

Figura 60 - Exemplo de regulador de pressão



Tabela 3 - Características de reguladores de pressão

Regulador de pressão	Pressão do cilindro (bar)	Pressão de trabalho (bar)	Norma técnica
Acetileno	26	0-2,5	EN ISO 2503
Propano	10	0-4	EN ISO 2503
Oxigênio	200	0-6	EN ISO 2503
Nitrogênio	200	0-60	EN ISO 2503
H ₂ N ₂ (5%/95%)	200	0-16	EN ISO 2503

Importante: Dispositivos de segurança tais como válvulas de retenção e corta chama devem ser utilizados.

6.3 Curvas em tubulações de cobre/alumínio

A tubulação deve estar isolada em suas extremidades para garantir que estejam limpas e secas.

Figura 61 - Exemplo de tubulação de cobre macio

6.3.1 Posição

O tubo deve ser inserido no canal de encaixe do curvador correspondente ao diâmetro do tubo de cobre.

Figura 62 - Exemplo de curvador de tubos

O tubo deve ser fixado por meio da haste do curvador, após ter sido verificada a posição da curva a ser realizada.

Figura 63 - Exemplo de haste para fixação do tubo no curvador de tubos



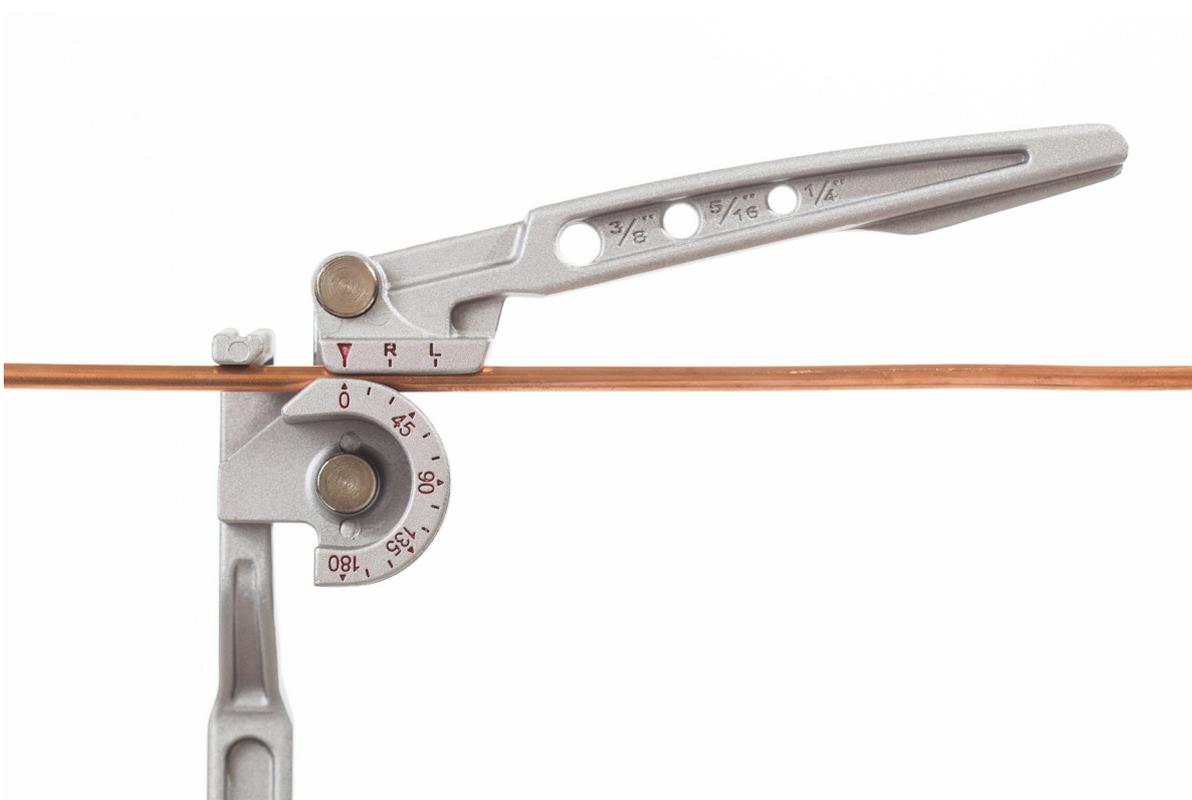
Figura 64 - Fixando tubo no curvador



6.3.2 Posição inicial para realização da curva

Fixe a tubulação no curvador e desloque a haste do curvador até atingir o ângulo de curvatura desejado.

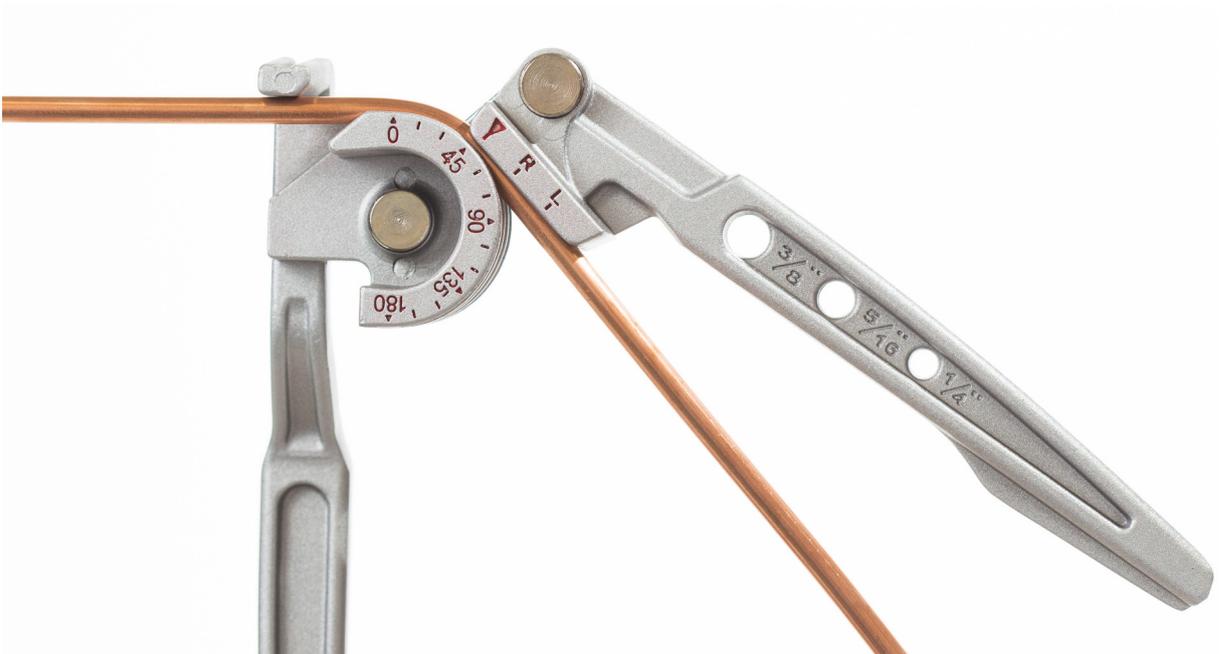
Figura 65 - Posição inicial do curvador para realização da curva



6.3.3 Curvar o tubo

Puxe as hastes em um movimento suave e contínuo. O ângulo da curvatura será indicado pela escala do curvador.

Figura 66 - Movimentando a haste para curvatura



Retire o tubo curvado abrindo as hastes e girando o tubo lateralmente de forma suave.

Figura 67 - Retirada do tubo



Importante: A tubulação deve ser projetada para utilizar o mínimo de curvas a fim de evitar o aumento da perda de carga.

6.4 Flangeamento

As uniões entre os tubos também podem ser realizadas por meio de conexões mecânicas chamadas de flanges, utilizadas muitas vezes em locais onde não se deseja ou não é permitida a introdução de calor.

6.4.1 Preparação para o flangeamento

Corte o tubo:

Figura 68 - Cortando o tubo



Remova as rebarbas internas:

Figura 69 - Removendo as rebarbas



Limpe a superfície do tubo:

Figura 70 - Limpeza do tubo



6.4.2 Conjunto base-flangeador

A base para fixação de tubos possui locais para fixação de tubos de diâmetros diferentes, e o flangeador possui um cone que irá moldar o tubo após sua aplicação.

Figura 71 - Exemplo de conjunto base-flangeador



Insira o tubo na base de fixação e deixe de 3 a 5 mm a face do tubo passando da base. Em seguida, encaixe o cone do flangeador na extremidade do tubo a ser flangeado.

Figura 72 - Fixando tubo e flangeador na base



Alinhe o cone do flangeador e aperte a haste do flangeador no sentido horário até o cone atingir a face da base.

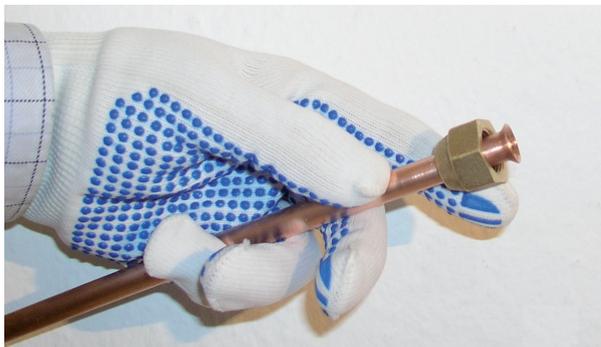
Figura 73 - Flangeando o tubo



6.4.3 Inspecione seu trabalho

Retire o tubo da base e verifique se o tubo apresenta flange uniforme e sem cortes e deformações. Caso o flange não esteja aceitável, repita a operação.

Figura 74 - Exemplo de flange



6.4.4 Montagem da porca e conexão união

Posicione a união na superfície flangeada e aproxime a porca.

Figura 75 - Exemplo de flange e união



Aproxime a porca da união com a mão para garantir que o flange não esteja sofrendo esforços e, após a união ter encostado na porca, realize o aperto com chaves apropriadas.

Figura 76 - Aperto do conjunto



As conexões flangeadas devem ficar restringidas ao uso de tubo recozido, cujo tamanho não exceda o diâmetro externo de 20 mm. Os materiais da tubulação de cobre são especificados pela Norma Europeia EN 12735-1 & -2. Isso é essencialmente importante para garantir os requisitos necessários para a instalação da tubulação e para resistência de pressão e durabilidade.

Para conexões flangeadas, é importante não apertar demais a união para não provocar danos intencionais como o enfraquecimento do flange. As medidas de torque para o correto aperto estão descritas na Tabela 4. Os flanges devem ser apertados com o torque designado por meio de uma chave de torque apropriada, em combinação com uma chave inglesa ajustável ou uma chave de torque ajustável.

Figura 77 - Exemplo de torquímetro de boca aberta



Figura 78 - Exemplo de chave ajustável



Tabela 4 - Valores padrão de torque de aperto para conexão flangeada em tubulação de refrigeração e ar condicionado

Tamanho do flange Diâmetro externo nominal (conforme EN12735-1 & 2)			Espessura mínima da parede (mm)	Torque de aperto (Nm)
Série métrica (mm)	Série imperial			
		(mm)	(pol)	
6			0,8	14 a 18
	6,35	¼	0,8	
8	7,94	5/16	0,8	33 a 42
	9,52	3/8	0,8	
10			0,8	33 a 42
	12		0,8	
12	12,7	½	0,8	50 a 62
	15		0,8	
15	15,88	5/8	0,95	63 a 77
	18		1,00	
18	19,06	¾	1,00	90 a 110

Cuidado: Ao fazer conexões flangeadas, tome cuidado para garantir que o flange possua tamanho adequado e para que o torque usado para apertar a porca não seja excessivo.

6.4.5 Resultado final

Figura 79 - Exemplo de conjunto porca e união com flange



6.5 Expansão e ligamentos de tubos e componentes

As formas mais comuns de expansão de tubos para refrigeração são com a utilização dos seguintes materiais: alargador de impacto, soquete expensor e expensor de tubos.

6.5.1 Alargador de impacto

Este método é o mais barato, porém exige maior experiência, pois pode produzir maiores imperfeições e folgas nas bolsas.

Figura 80 – Exemplo de alargador de impacto



Figura 81 – Exemplo de soquete expensor

6.5.2 Soquete expensor

Utilizado junto ao conjunto de flangeamento. Produz bolsas de boa qualidade e com poucas imperfeições e folgas.

Nota: Ao se adquirir esta ferramenta fique atento para escolher um material resistente a esforços mecânicos.



6.5.3 Expansor de tubos

Ferramenta que produz bolsas com boa qualidade e rapidez.

Figura 82 - Exemplo de expansor de tubos



6.6 Processos de brasagem

Para a interligação dos tubos e componentes podem ser utilizados os métodos de brasagem, conexões e união de tubos a frio.

A técnica de brasagem é um dos métodos mais comuns para unir tubos de refrigeração, onde as juntas abrasadas devem suportar pressão, vibração, variação de temperatura e tensão de ciclos térmicos (provado pela variação de temperatura).

As técnicas de brasagem são as mesmas para todos os diâmetros de tubos, e as únicas variáveis são o metal de adição (vareta) e o calor necessário para a brasagem.

A brasagem é um processo que ocorre em temperaturas acima de 450°C, mas inferior ao ponto de fusão do metal de base. Geralmente, é realizada com temperaturas variando entre 600°C a 815°C.

O uso de nitrogênio como gás protetor é um método importante para evitar a oxidação interna da tubulação. O nitrogênio é colocado no interior da tubulação, devendo ser utilizado durante todo o processo. Um cuidado importante é deixar um ponto do sistema frigorífico ou uma extremidade do tubo aberta, evitando o aumento da pressão que irá dificultar o processo de brasagem.

Preparação da tubulação e procedimento de brasagem:

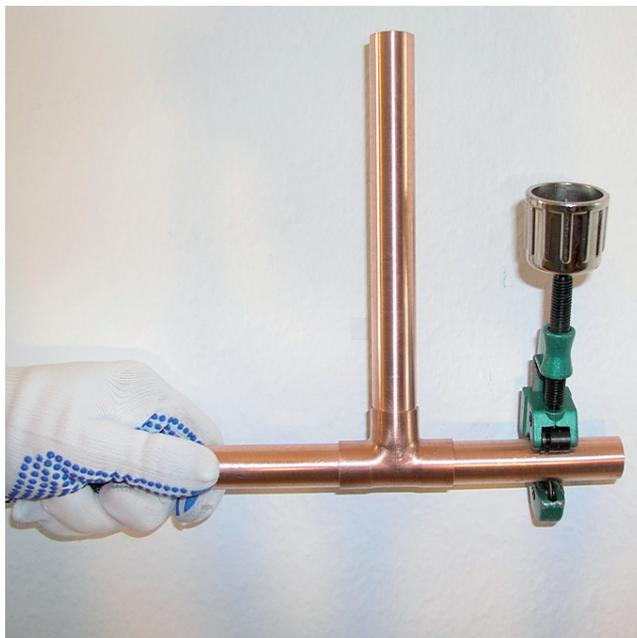
1. Medição e corte da tubulação
2. Escareamento
3. Limpeza
4. Montagem
5. Introdução de nitrogênio
6. Aquecimento
7. Aplicação do material de adição
8. Resfriamento e limpeza.

Nota: Para brasagem em tubulação de cobre dos condicionadores de ar, a utilização de vareta de cobre com 6% de fósforo é suficiente.

6.6.1 Cortar o tubo

Use um cortador de tubos e tome cuidado para não amassar a tubulação.

Figura 83 - Tubo sendo cortado



6.6.2 Remoção das rebarbas internas

Remova as rebarbas internas para facilitar o escoamento do material de adição por capilaridade até o enchimento completo da bolsa para brasagem no tubo.

Figura 84 - Remoção das rebarbas internas



6.6.3 Limpeza da superfície

Para a limpeza deve ser usado um material abrasivo plástico para evitar a entrada de partículas provenientes da limpeza ou limalhas no interior do tubo.

Figura 85 - Limpeza do tubo



6.6.4 Limpeza na montagem

Para a limpeza interior, deve-se utilizar um encaixe adequadamente dimensionado para escovar.

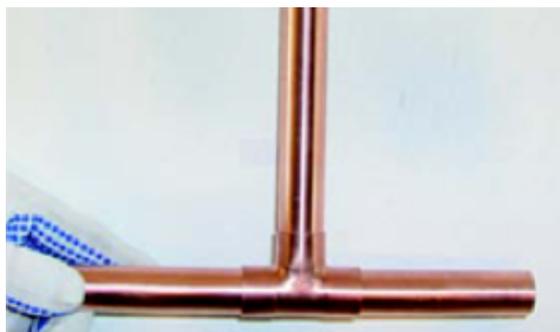
Figura 86 - Limpeza na montagem



6.6.5 Montagem

Certifique-se de manter a profundidade adequada entre os tubos a serem brasados.

Figura 87 - Montagem do conjunto a ser brasado



6.6.6 Expurgar os resíduos para fora dos tubos antes da brasagem

Aplicar o fluxo de nitrogênio através de uma das extremidades da tubulação a ser abrasada, evitando a formação de óxidos na superfície interior dos tubos.

A outra extremidade da tubulação deve ficar aberta para o ambiente, evitando o aumento de pressão no interior da tubulação.

A pressão de nitrogênio a ser utilizada varia entre 1 a 3 psig.

6.6.7 Tipos e ajuste da chama

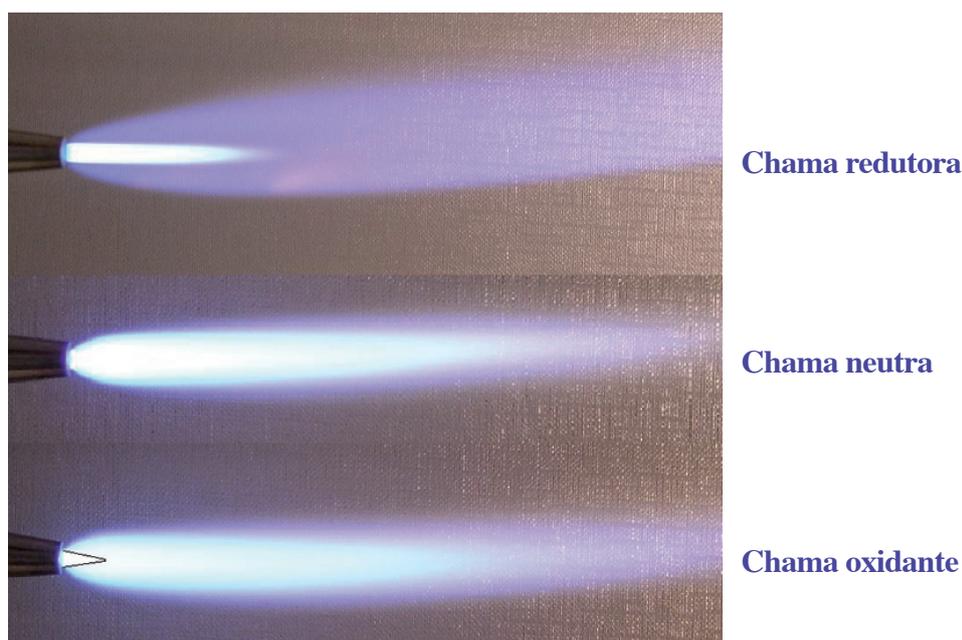
Tipos de chama:

- Chama carburante ou redutora: possui maior quantidade de acetileno do que oxigênio na mistura;
- Chama neutra: possui a mesma quantidade de acetileno e oxigênio na mistura;
- Chama oxidante: possui maior quantidade de oxigênio do que acetileno na mistura.

Ajuste da Chama:

Para o processo de brasagem ajuste a tocha para uma chama neutra.

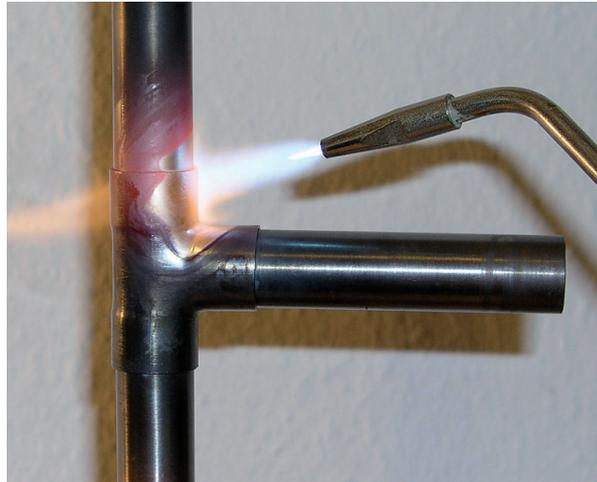
Figura 88 - Exemplos de chamas



6.6.8 Aplicação de calor

O calor deve ser aplicado de maneira uniforme entre o tubo e a bolsa, movendo a chama ao redor do tubo e da bolsa para garantir um pré-aquecimento antes de adicionar o material de adição.

Figura 89 - Pré-aquecimento

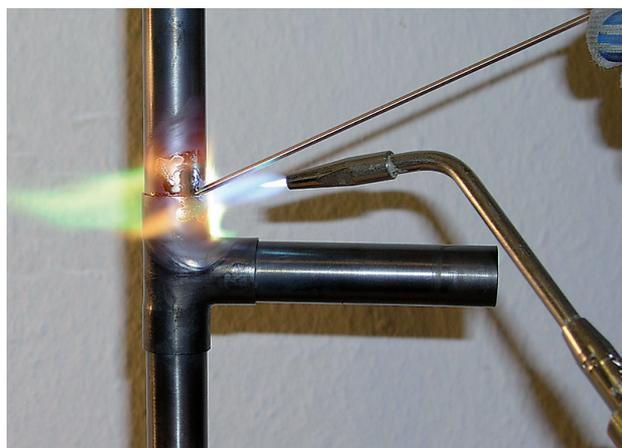


6.6.9 Aplicação do material de adição

À medida que a área aquecida gradualmente muda para a cor vermelha, aplique o material de adição levemente até se espalhar ao redor do tubo e bolsa.

Importante: Mantenha a bolsa bem aquecida para possibilitar a penetração do material de adição na junta a ser brasada, mas tome cuidado para não exceder o calor máximo do tubo.

Figura 90 - Aplicação do material de adição



6.6.10 Resfriamento e limpeza

Aguarde até que o material de adição da junta brasada se solidifique e, após o resfriamento, limpe a junta com escova de aço e com o material abrasivo.

6.6.11 Aplicação de fluxo

Quando a aplicação de fluxo para a brasagem for necessária, aplique uma pequena quantidade de fluxo na parte externa do tubo a ser brasado. Evite que o fluxo entre no interior do tubo e, após aplicação realize a brasagem.

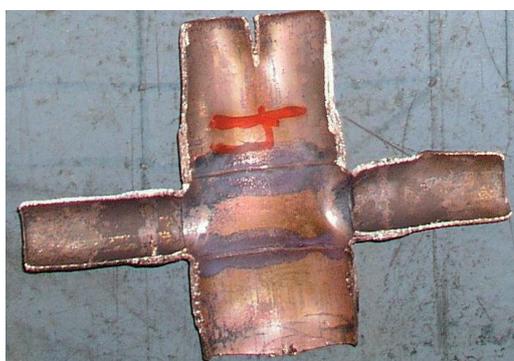
Figura 91 - Aplicação de fluxo



6.6.12 Penetração na brasagem

Conforme Figura 92, é possível verificar a penetração na brasagem, que deve preencher a bolsa por completo.

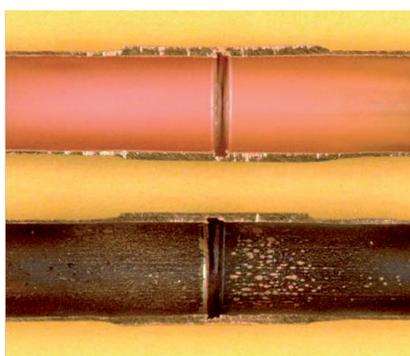
Figura 92 - Penetração na brasagem



6.6.13 Proteção com uso de nitrogênio

Conforme Figura 93, é possível observar a formação de óxidos quando não há o uso do nitrogênio no processo de brasagem, contaminando a instalação.

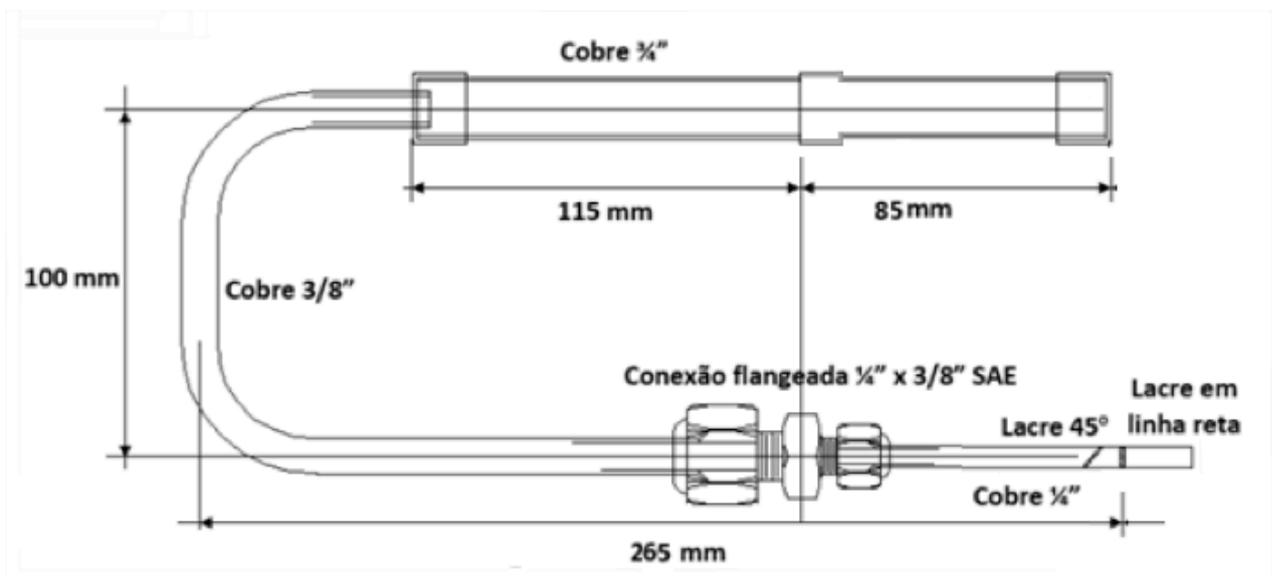
Figura 93 - Proteção com uso de nitrogênio



6.6.14 Treinamento prático de brasagem – Corpo de prova

Durante o treinamento prático o técnico deverá ser capaz de construir um corpo de prova, conforme modelo apresentado na Figura 94. O projeto deverá contemplar as técnicas, procedimentos e ferramentas apresentados neste manual.

Figura 94 – Corpo de prova



Material de consumo para confecção do corpo de prova por aluno:

- 30 cm de tubo de cobre de 1/4"
- 50 cm de tubo de cobre de 3/8"
- 50 cm de tubo de cobre de 3/4"
- 2 tampões de cobre de 3/4"
- 1 porca de latão para conexão de 1/4"
- 1 porca de latão para conexão de 3/8"
- 1 redução macho/macho de rosca de 3/8" para 1/4" (SAE)
- 3 varetas de solda (2% de prata e 6% fósforo)
- EPIs (luvas antiderrapantes, avental e luvas e óculos para brasagem, óculos de segurança)
- Material abrasivo plástico para limpeza externa
- Escova de encaixe para limpeza interna
- Escova de aço

Material geral para confecção do corpo de prova para uma turma de 16 alunos:

- 8 arcos de serra com lâmina
- 4 furadeiras
- 4 brocas de aço rápido de 1/4"
- 4 brocas de aço rápido de 3/8"
- 8 conjuntos flangeador/cortador de tubos
- 8 escareadores
- 8 conjuntos de alargadores/expansores de tubos
- 4 curvadores de tubo
- 4 conjuntos para brasagem de oxi-acetileno ou propano/oxigênio
- 4 postos de trabalho com morsa para preparação e limpeza do corpo de prova
- 4 baldes de 5 litros com água
- 2 engates rápidos para tubo de 1/4"
- 4 alicates lacradores de tubos
- 2 cilindros carregados com nitrogênio seco com regulador de pressão e mangueira com conexão de rosca de 1/4" SAE
- 2 chaves de torque aberta para conexões
- 2 chaves inglesas ajustáveis
- 8 réguas de aço
- 4 alicates universais
- 4 acendedores de maçarico
- 4 extintores de incêndios

7 Ar Condicionado

7.1 Termos e definições

7.1.1 Ar condicionado

Equipamento completo e autossuficiente para resfriar/aquecer um ambiente a ser condicionado para conforto térmico. Pode incluir componentes para a qualidade (filtragem e renovação) e distribuição do ar interior.

7.1.2 Ar condicionado compacto de janela

Equipamento com todo o circuito de refrigeração/aquecimento contido em um corpo único destinado a ser utilizado no interior do ambiente a ser condicionado, individual e único (zona simples de controle térmico). Sua instalação requer que sejam embutidos em janelas ou paredes de modo a que sua parte frontal fique voltada para o interior do ambiente condicionado e que circule o ar destinado ao resfriamento/aquecimento, e sua parte traseira fique voltada para o ambiente externo, permitindo a circulação de ar para rejeição/absorção de calor.

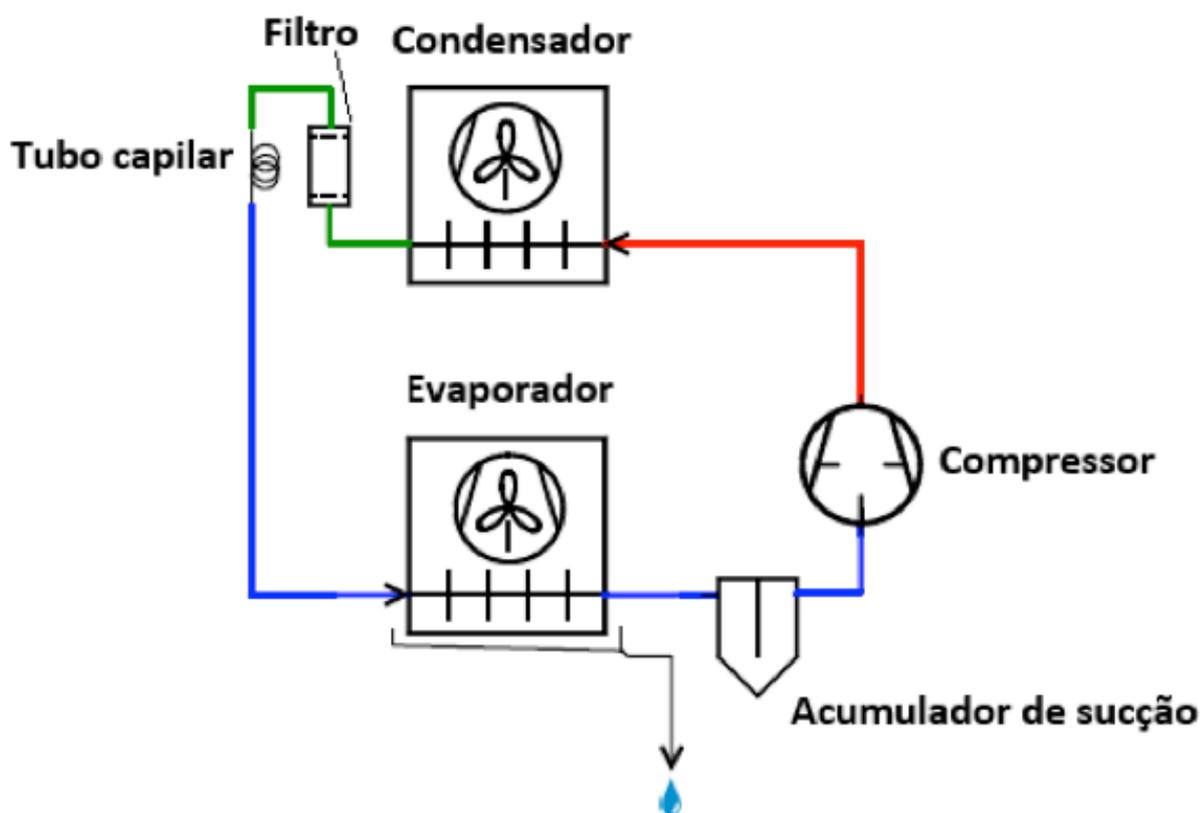
7.1.3 Ar condicionado dividido (*mini-split*)

Equipamento onde o circuito de refrigeração/aquecimento é separado em duas unidades. Uma interna do tipo parede, piso teto, cassete ou embutida com pequena rede de dutos, sempre com motores elétricos monofásicos, e a outra externa, no qual são interligadas por um par de tubulação de fluido frigorífico e cabeamento elétrico formando um equipamento autossuficiente. Apresenta capacidade máxima de 18 kW (60.000 BTU/h).

7.2 Sistema de ar condicionado compacto de janela

O sistema de ar condicionado compacto de janela possui todos os componentes em um único gabinete, sendo os principais: compressor, evaporador, condensador, dispositivo de expansão (tubo capilar), filtro, acumulador de sucção e motor do ventilador. A Figura 95 ilustra um exemplo de sistema de ar condicionado compacto de janela.

Figura 95 - Exemplo de sistema de ar condicionado compacto de janela



7.3 Sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*)

O sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*) constitui-se de dois equipamentos interligados por meio de tubulações frigoríficas, sendo a unidade condensadora (externa ao ambiente) e a unidade evaporadora (interna ao ambiente). As distâncias entre as partes que o integram ao sistema, bem como desníveis a serem utilizados, dependem das características do sistema a ser instalado.

Vantagens de um sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*):

- Menor nível de ruído em virtude da distância em que se pode instalar a unidade condensadora externa;
- A unidade evaporadora interna pode ser administrada pelo uso de controle remoto;
- Sua instalação é adaptável a ambientes em que não seja possível a instalação de um ar condicionado convencional (tipo janela).

Desvantagens de um sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*):

- Maior possibilidade de vazamentos de fluido frigorífico, comparado ao sistema de janela;
- Dependência da qualidade técnica do serviço prestado pelo instalador;
- Necessidade de cuidado com as tubulações frigoríficas e com o dreno de água.

Ar Condicionados do tipo *split* mais comuns:

Parede – instalados presos à parede do ambiente;

Piso/Teto – instalados rente ao teto ou sobre o piso do ambiente;

Split-Cassete – esse formato assemelha-se a uma grelha de saída de ar, sendo instalado sobre forros de gesso rebaixados.

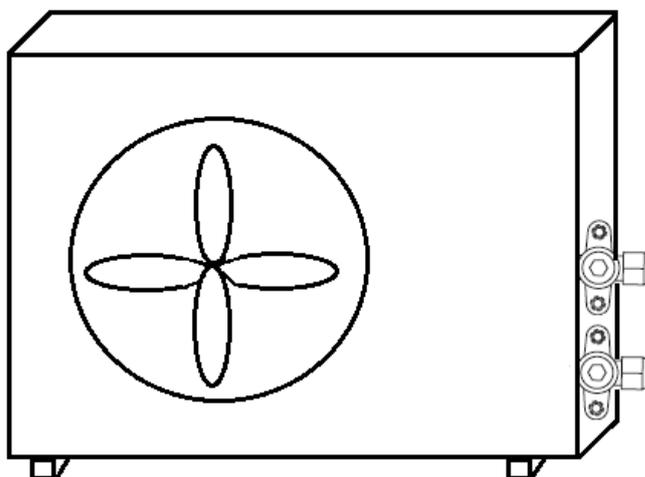
7.4 Partes integrantes de um sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*)

- Unidade condensadora;
- Unidade evaporadora;
- Tubulação frigorífica;
- Rede elétrica;
- Dreno.

7.4.1 Unidade condensadora

Também conhecida por unidade externa, nela o fluido refrigerante muda do estado físico de vapor para o líquido, rejeitando o calor. Na unidade condensadora estão alojados o compressor e o condensador, devendo ser fixada na parte externa a uma distância entre a unidade interna variando de acordo com as especificações do fabricante.

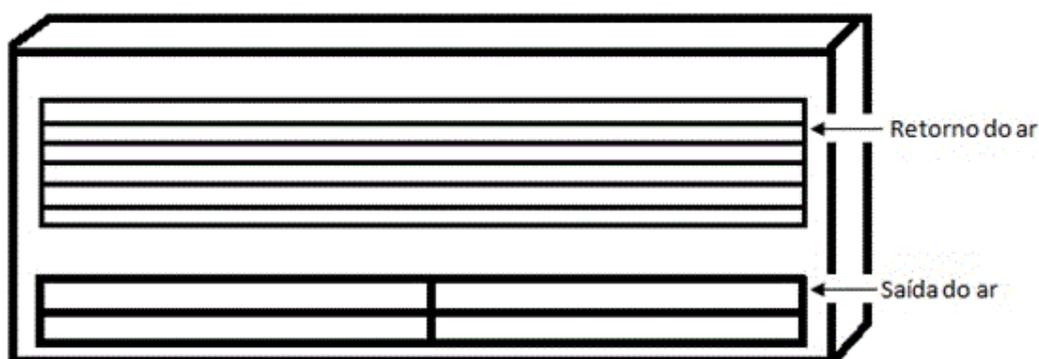
Figura 96 - Exemplo de unidade condensadora de ar condicionado dividido (*mini-split*)



7.4.2 Unidade evaporadora

Conhecida por unidade interna, nela o fluido refrigerante muda de estado físico, de líquido para vapor, absorvendo o calor. Na unidade evaporadora está alojado o evaporador. A unidade deve ser fixada no ambiente interno com a utilização de suportes com dimensões recomendadas pelo fabricante.

Figura 97 - Exemplo de unidade evaporadora de ar condicionado dividido (*mini-split*)



7.4.3 Linhas refrigerantes

As linhas refrigerantes que interligam as unidades internas e externas dos sistemas do tipo *split* devem ser executadas e instaladas em estrita obediência às instruções do fabricante, referentes ao dimensionamento das tubulações, comprimentos equivalentes, desníveis máximos, carga de fluido refrigerante e isolamento térmico.

7.4.4 Instalações elétricas

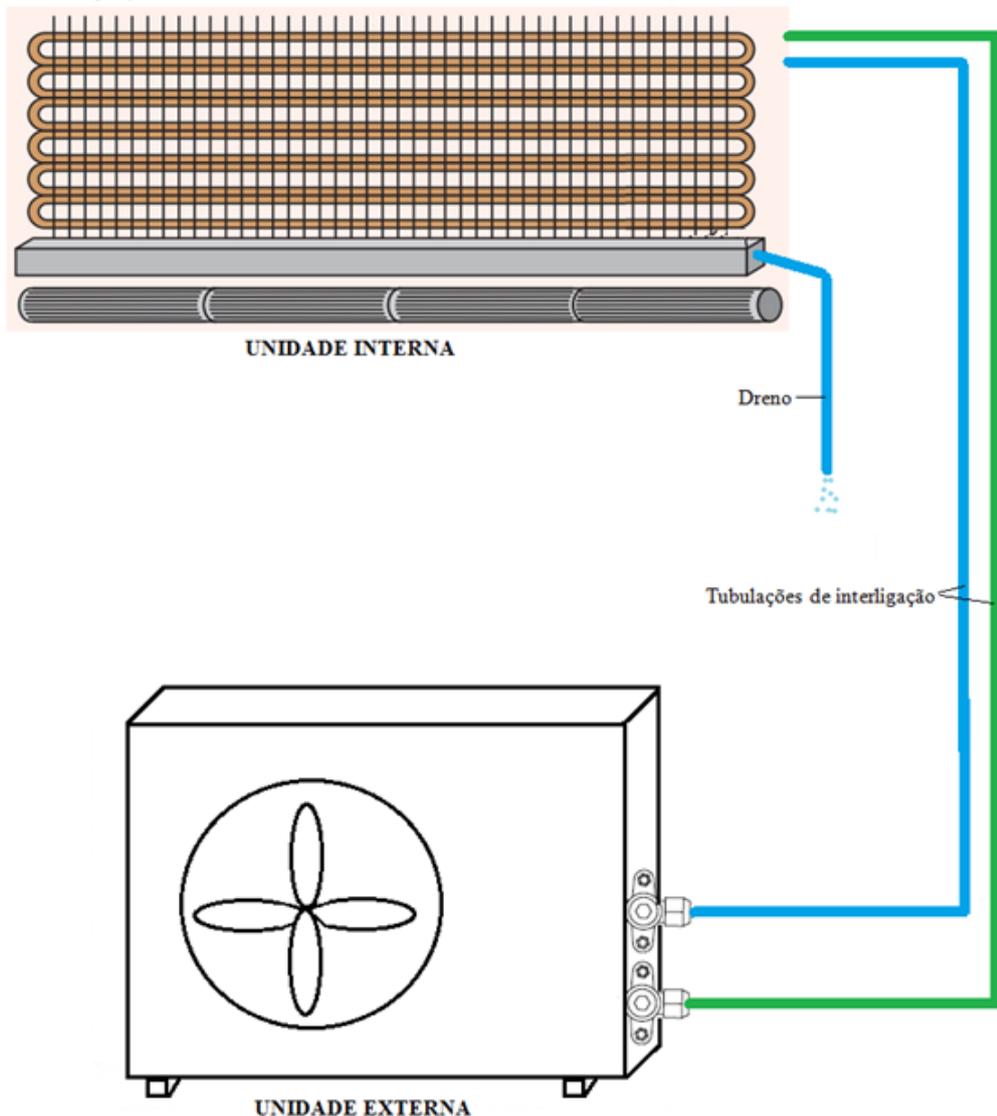
O projeto e a execução da rede elétrica devem obedecer ao estabelecido na ABNT NBR 5410, para as instalações em baixa tensão, e na ABNT NBR 14039, para instalações em média tensão.

Recomenda-se que para pequenas unidades *split* ou *fan-coil*, caixas VAV (Volume de Ar Variável), providas de ventilador de recirculação e outros componentes do sistema dispersos na edificação, sejam alimentados a partir do quadro de distribuição da edificação e não ligados aos circuitos de iluminação ou outros existentes na edificação.

7.4.5 Rede de drenagem

São instaladas na unidade interna do equipamento por meio de tubos de PVC para esgotar a água resultante do processo de evaporação. Os tubos normalmente ficam alojados no interior das paredes. Para sistemas do tipo quente e frio, há necessidade de instalar um dreno externo.

Figura 98 - Interligação entre unidade interna e externa do ar condicionado dividido (*mini-split*)

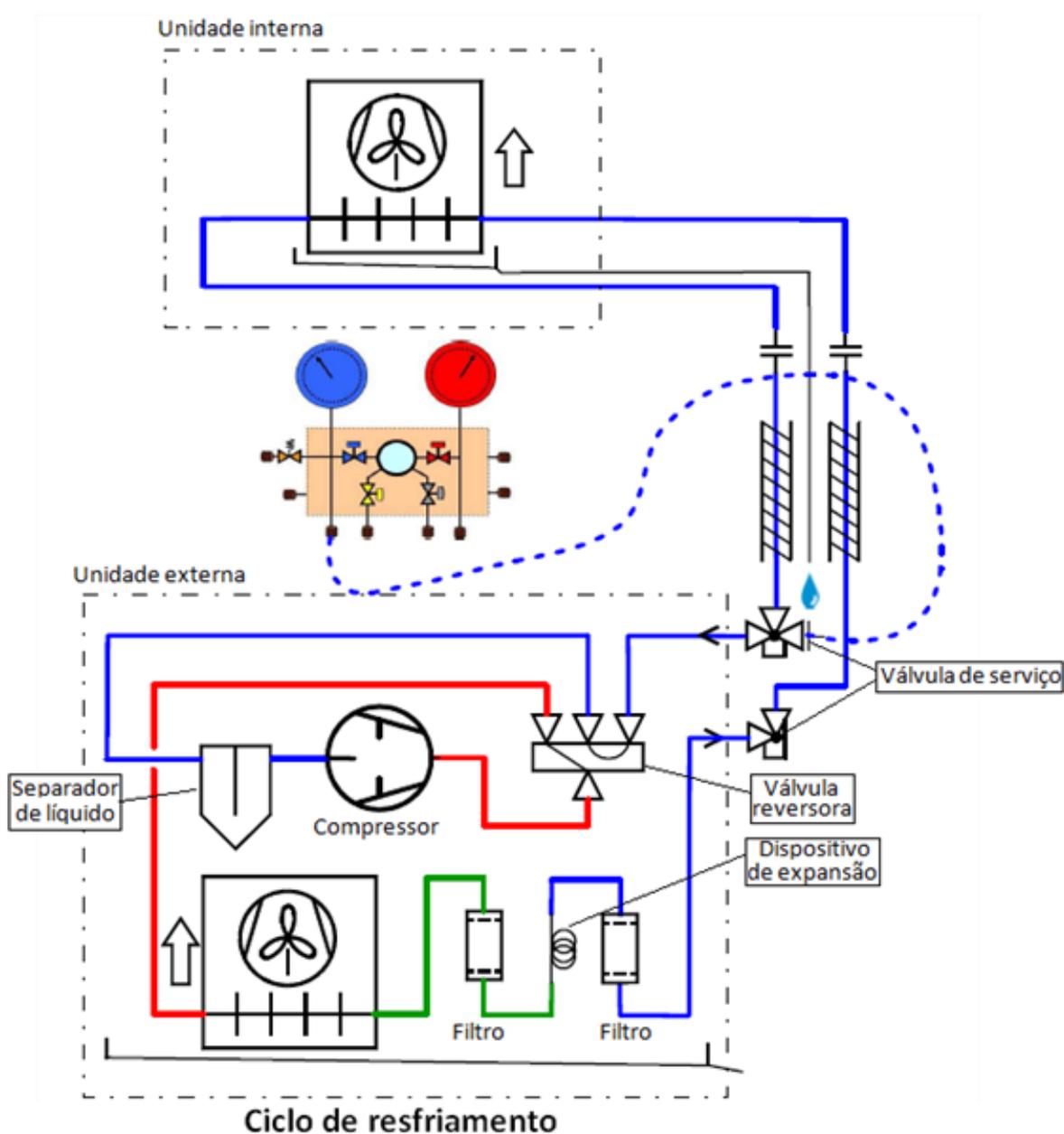


7.5 Sistemas de ar condicionado ciclo-reverso

Este tipo de aparelho contém, além dos componentes convencionais de um aparelho de único ciclo (ciclo frio), uma válvula reversora, cuja função é inverter o sentido do ciclo de refrigeração, passando os trocadores de calor a funcionar tanto como evaporador quanto condensador.

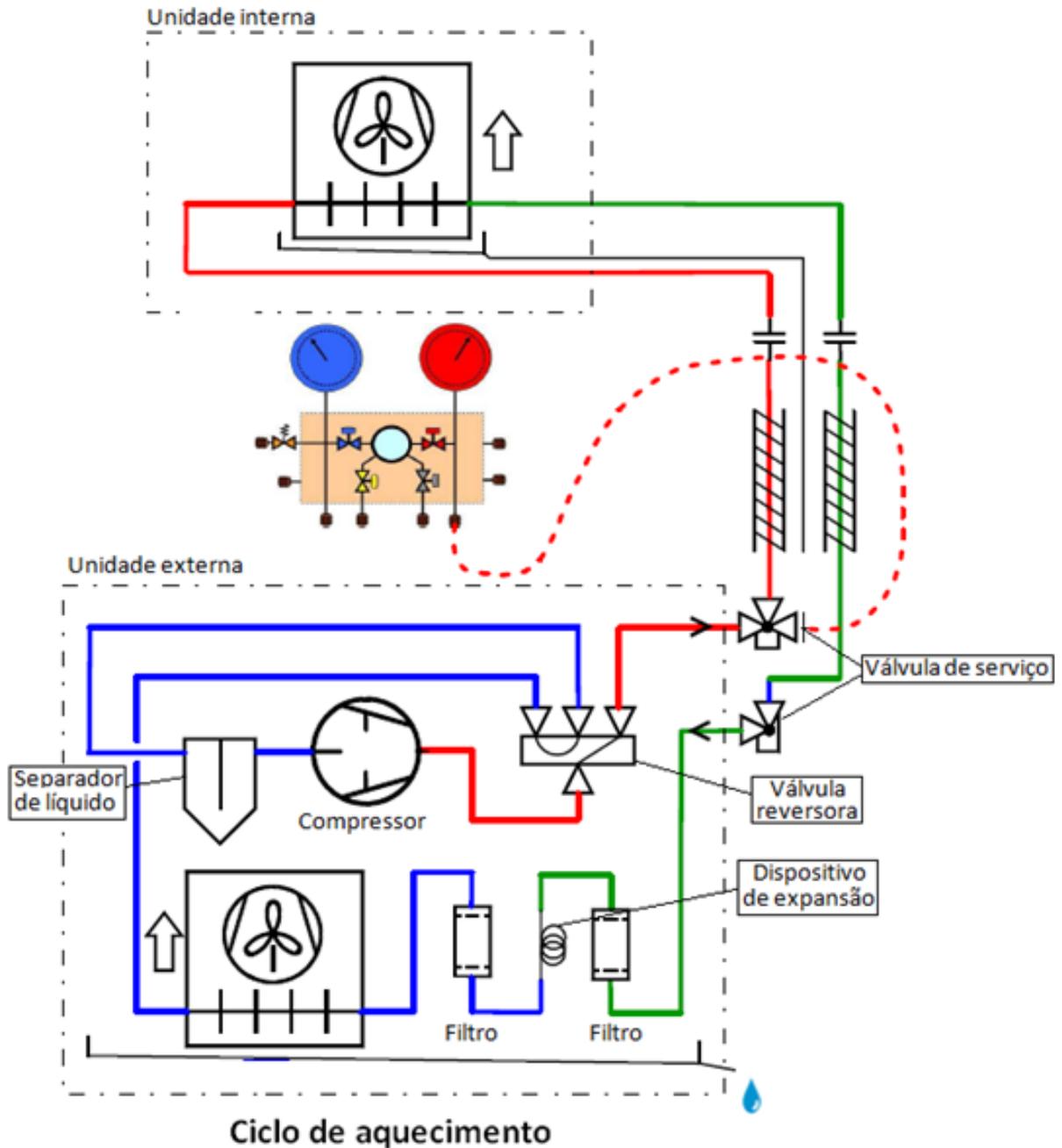
A Figura 99 apresenta o aparelho de ar condicionado do tipo ciclo-reverso na posição de ciclo de resfriamento (ciclo-frio), onde o trocador de calor da unidade interna neste caso funciona como evaporador, e o trocador de calor da unidade externa funciona como condensador do aparelho.

Figura 99 - Aparelho no ciclo de resfriamento (ciclo-frio)



A Figura 100 apresenta um aparelho de ar condicionado do tipo ciclo-reverso na posição de ciclo de aquecimento (ciclo-quente), onde o trocador de calor da unidade interna funciona como condensador, e o trocador de calor da unidade externa funciona como evaporador do aparelho.

Figura 100 - Aparelho no ciclo de aquecimento (ciclo-quente)



7.6 Sistemas de ar condicionado em condições seladas

A contenção dos fluidos refrigerantes deve ser uma prioridade para todos os que projetam, instalam, operam ou mantêm sistemas de refrigeração e ar condicionado.

Se o fluido refrigerante vazar para a atmosfera pelos pontos “fracos” do circuito de refrigeração ou durante a manutenção ou reparo, contribuirá de forma significativa para o agravamento do aquecimento global e para destruição da Camada de Ozônio do Planeta (no caso do R-22). Enquanto o fluido refrigerante estiver confinado no sistema, o seu impacto para o meio ambiente será insignificante ou nulo.

Este fato tem levado a uma série de recomendações para minimizar os riscos ambientais e outros riscos associados ao uso e manuseio (manutenção e reparo) de sistemas de refrigeração e ar condicionado, entre os quais pode-se destacar:

1. Evitar conexões mecânicas para junção de tubos tais como flanges, preferindo a utilização de conexões brasadas ou união sem solda prensada;
2. Selecionar fluidos refrigerantes com zero potencial de destruição do ozônio e com baixo potencial de aquecimento global;
3. Selecionar componentes que reduzam a possibilidade de vazamentos no sistema;
4. Fixar corretamente as unidades e tubulações para evitar vibrações;
5. Utilizar a concepção de carga mínima de fluido refrigerante, que pode ser conseguida por meio de:
 - Tubulações dimensionadas para o menor comprimento possível;
 - Trocadores de calor otimizados para os requisitos do sistema;
 - Distância reduzida entre as unidades evaporadora e condensadora.

Atenção: Para a conexão mecânica do tipo flange, opte pelo flange industrial devido à redução dos índices de vazamentos quando comparado ao flange manual (Figura 101).

Figura 101 - Exemplo de adaptador para brasagem/flange industrial



Válvula *Schrader*

As válvulas *Schrader* são de uso comum em sistemas de refrigeração para conexão do circuito de refrigeração com o manômetro de serviço, ou conexão direta com dispositivos de controle.

Para a realização de serviços gerais elas desempenham um papel importante. Porém, uma válvula *Schrader* não é à prova de vazamento!

Importante: Evite o uso de válvulas do tipo *Schrader* na instalação.

Para evitar vazamentos pelo núcleo da válvula, vários tipos de tampas de vedação podem ser utilizados:

1. Tampa de vedação com elastômero/borracha de vedação;
2. Tampa cônica;
3. Tampa com selo de cobre.

Com o tempo a vedação de borracha envelhece e se torna porosa ou é danificada por influências mecânicas e, assim, se torna propícia a vazamentos. Se os componentes do sistema (condensadores, evaporadores, tubos de transferência de fluido frigorífico) possuem válvulas *Schrader* com tampas de vedação serrilhadas (recartilhada), devem ser substituídas por uma porca sextavada com vedação de cobre.

Importante: A tampa mais eficaz para vedação é a do tipo com selo de cobre.

- A face de vedação, da vedação de cobre, não pode ser molhada com óleo, já que mesmo uma quantidade reduzida de óleo poderá selar as vedações de cobre dos vazamentos por um longo tempo, que não poderão ser detectados sem a realização de um teste de vazamento.
- Ao apertar a porca, com a utilização de uma chave adequada, tome cuidado para assegurar que o corpo da válvula esteja fixo.

Figura 102 - Núcleo da válvula *Schrader*



Figura 103 - Tampa hexagonal com borracha de vedação

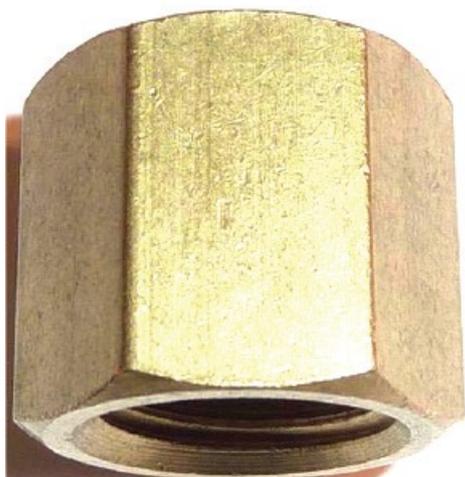


Figura 104 - Tampa recartilhada com borracha de vedação



Figura 105 - Tampa hexagonal com superfície cônica para vedação

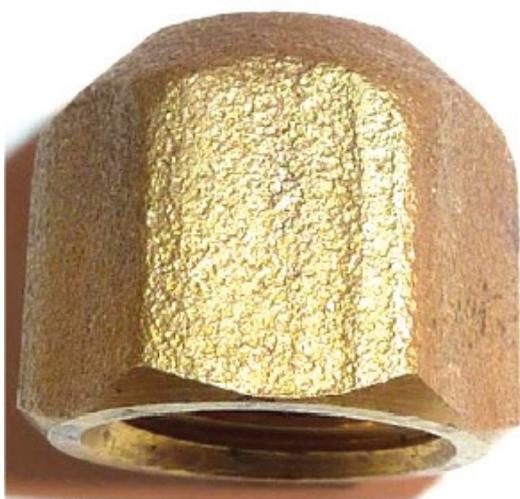


Figura 106 - Porca sextavada com selo de cobre



8 Cálculo de carga térmica simplificado para ambientes com ar condicionado

A carga térmica consiste em determinar a quantidade de calor que deve ser retirada (resfriamento) ou acrescentada (aquecimento) ao ambiente a ser condicionado para proporcionar as condições adequadas ao conforto térmico.

O conhecimento da carga térmica de um determinado ambiente é importante para:

- Dimensionar o tamanho da instalação;
- Selecionar os equipamentos;
- Avaliar o funcionamento dos equipamentos existentes ou a serem adquiridos;
- Avaliar as alterações necessárias ao sistema existente, cuja finalidade venha ser alterada.

Este cálculo, exceto para ambientes muito simples, torna-se inviável sem o auxílio de uma ferramenta computacional. No entanto, em se tratando de ambiente único ou de um pequeno número de ambientes, é admissível adotar o método do fator de carga de refrigeração, que consiste em uma versão simplificada para o cálculo da carga térmica de forma manual, contemplando a utilização de coeficientes pré-calculados para construção de situações típicas.

Nota: Recomenda-se que para clima frio, com temperatura externa inferior a 15°C, seja utilizada máquina de ciclo reversa. No Brasil, a seleção da máquina geralmente é feita para condições de verão. No caso de inverno, a potência de aquecimento normalmente é suficiente para manter um ambiente em condições acima de 15°C.

8.1 Formulário para cálculo simplificado de carga térmica de verão

Embora a norma ABNT NBR 5858/1983 tenha sido cancelada, o formulário do Quadro 6 ainda é uma boa referência para o cálculo simplificado de carga térmica durante o verão em ambientes privados, residências e escritórios, devido aos bons resultados que podem ser obtidos para sistemas de pequena capacidade, com a possibilidade do cálculo ser realizado de forma manual.

Quadro 6 - Formulário para cálculo simplificado de carga térmica de verão conforme referência da norma ABNT NBR 5858/1983, acrescida com a taxa de renovação do ar

CLIENTE: _____

TÉCNICO RESPONSÁVEL: _____

DATA: ___/___/___

Calor recebido de:	Quantidade	Fator				kcal/h Quantidade x Fator
		Sem proteção	Com proteção interna	Com proteção externa	(Quantidade x Fator)	
1. Janelas: Insolação						
Norte	m ²	240	115	70		
Nordeste	m ²	240	95	70		
Leste	m ²	270	130	85		
Sudeste	m ²	200	85	70		
Sul	m ²	0	0	0		
Sudoeste	m ²	400	100	115		
Oeste	m ²	500	220	150		
Noroeste	m ²	350	150	95		
2. Janelas: Transmissão		Fator				
Vidro comum	m ²	50				
Tijolo de vidro	m ²	25				
3. Paredes		Fator		Área x Fator		
a) Paredes externas		Construção leve	Construção pesada			
Orientação – sul	m ²	13	10			
Outra orientação	m ²	20	12			
b) Paredes internas	m ²	8				
4. Teto		Fator				
Em laje	m ²	75				
Em laje c/ 2,5 cm de isolamento ou mais	m ²	60				
Entre andares	m ²	13				
Sob telhado isolado	m ²	13				
Sob telhado sem isolamento	m ²	40				
5. Piso (exceto os diretamente sobre o solo)	m ²	13				
6. Número de pessoas		150				
7. Iluminação e aparelhos elétricos		1				
8. Portas ou vãos sempre abertos	m ²	150				
9. Renovação do ar (siga o 12º passo descrito no capítulo 8.2)						
10. Subtotal (somar todos os valores da coluna Quantidade x Fator)						
11. Carga térmica total						

Para o preenchimento do formulário simplificado, o técnico precisará dos seguintes dados:

- Dimensão do ambiente a ser condicionado;
- Dimensão das janelas, portas e vãos livres;
- Tipo de parede (leve ou pesada);
- Dimensão e tipo do piso;
- Orientação das paredes;
- Número de lâmpadas e aparelhos elétricos, com suas respectivas potências elétricas consumidas;
- Número de pessoas;
- Tipo de teto.

Preencha o formulário com os dados solicitados de janelas, paredes, teto, piso, número de pessoas, iluminação, aparelhos elétricos, portas ou vãos sempre abertos. Em seguida, multiplique cada item pelos coeficientes correspondentes com a situação real encontrada no ambiente a ser condicionado.

Nota: Para o cálculo de carga térmica mais detalhado, utilizando cálculo de transmissão de calor e alterando o tipo de superfície opaca e ganho de calor por insolação SHGF (máximo fator de ganho de calor por radiação solar), deve-se utilizar a Norma ABNT NBR 16655-3/2017 e desenvolver uma planilha eletrônica para realizar os cálculos para carga térmica.

8.2 Exemplo de cálculo simplificado de carga térmica de verão (resfriamento)

Considere um dado ambiente, localizado no Estado de Minas Gerais, com as seguintes dimensões:

- 6 metros de comprimento;
- 3 metros de largura;
- 3 metros de altura.

O ambiente fica no 3º andar de um edifício e possui 2 janelas com cortinas com dimensões de 1x1,5 m cada. A potência elétrica consumida é de 300 watts, sendo constantemente frequentado por 3 pessoas. A seguir, seguem os passos para o cálculo da carga térmica de verão:

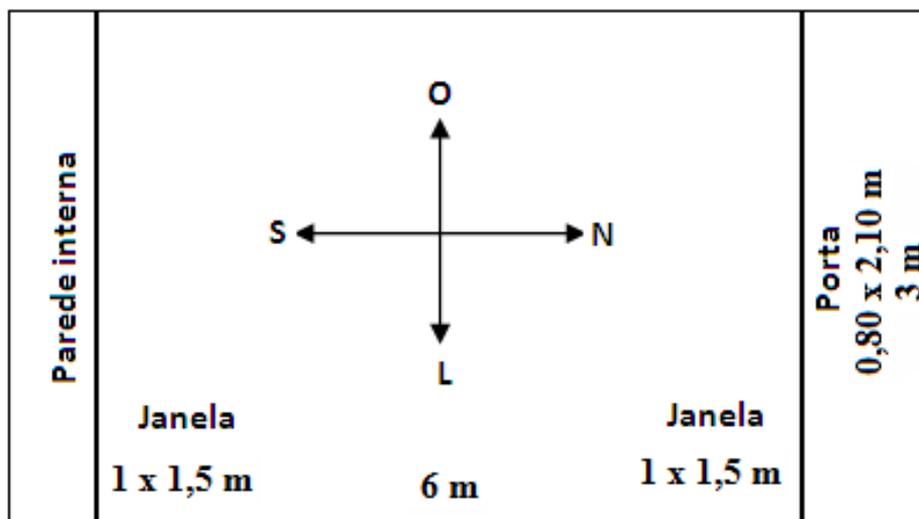
1º passo: Elabore um esboço com os dados fornecidos.

Dados:

- 3 m (altura);
- 300 watts;
- 3 pessoas;
- 3º andar;
- Paredes—construção pesada;
- 2 janelas com vidro comum e com cortina.

A Figura 107 ilustra o ambiente apresentado (esboço).

Figura 107 - Esboço do ambiente a ser condicionado



2º passo: Determine a área somando as áreas das janelas de cada parede e preenchendo os valores no formulário na coluna *QUANTIDADE* (ver Quadro 7).

Quadro 7 - Medidas das áreas das janelas

Calor recebido de:	Quantidade	Fator				kcal/h Quantidade x Fator
		Sem proteção	Com proteção interna	Com proteção externa	(Quantidade x Fator)	
1. Janelas: Insolação						
Norte	m ²	240	115	70		
Nordeste	m ²	240	95	70		
Leste	3 m²	270	130	85		
Sudeste	m ²	200	85	70		
Sul	m ²	0	0	0		
Sudoeste	m ²	400	100	115		
Oeste	m ²	500	220	150		
Noroeste	m ²	350	150	95		

3º passo: Multiplique os valores da coluna *QUANTIDADE* pelas respectivas constantes da coluna *FATOR* e anote os resultados na coluna *ÁREA X FATOR* (ver Quadro 8).

Observação: Na multiplicação foram considerados os valores de fatores indicados na coluna *COM PROTEÇÃO INTERNA*, pois as janelas possuem cortinas.

Nota: Compreende-se por proteção interna as persianas, cortinas ou similares e por proteção externa os toldos ou anteparos, capazes de proteger o ambiente da incidência de raios solares.

Quadro 8 - Seleção do fator de proteção para as janelas

Calor recebido de:	Quantidade	Fator				kcal/h Quantidade x Fator
		Sem proteção	Com proteção interna	Com proteção externa	(Quantidade x Fator)	
1. Janelas: Insolação						
Norte	m ²	240	115	70		
Nordeste	m ²	240	95	70		
Leste	3 m²	270	130	85	390	
Sudeste	m ²	200	85	70		
Sul	m ²	0	0	0		
Sudoeste	m ²	400	100	115		
Oeste	m ²	500	220	150		
Noroeste	m ²	350	150	95		

4º passo: Some os valores obtidos na coluna *ÁREA X FATOR* e os anote na coluna *kcal/h QUANTIDADE X FATOR* (ver Quadro 9).

Nota: Para dormitórios ou ambientes de uso exclusivamente noturno, a insolação não deve ser considerada.

Quadro 9 - Somatório da carga térmica das janelas por insolação

Calor recebido de:	Quantidade	Fator				kcal/h Quantidade x Fator
		Sem proteção	Com proteção interna	Com proteção externa	(Quantidade x Fator)	
1. Janelas: Insolação						
Norte	m ²	240	115	70		
Nordeste	m ²	240	95	70		
Leste	3 m²	270	130	85	390	
Sudeste	m ²	200	85	70		
Sul	m ²	0	0	0		
Sudoeste	m ²	400	100	115		
Oeste	m ²	500	220	150		
Noroeste	m ²	350	150	95		

5º passo: Determine as áreas das janelas de transmissão, multiplique pelo *FATOR* correspondente e anote na coluna kcal/h *QUANTIDADE X FATOR*.

Quadro 10 - Carga térmica das janelas por transmissão (vidro comum)

2. Janelas:Transmissão	Quantidade	Fator	kcal/h Quantidade x Fator
Vidro comum	3 m ²	50	
Tijolo de vidro	m ²	25	

6º passo: Determine as áreas das paredes e anote a soma dos resultados obtidos na coluna *QUANTIDADE* do formulário (Quadro 11).

Observações:

- As portas (até 1,5 m de largura) devem ser consideradas como parte da parede;
- Considere as posições do sol pela manhã e pela tarde, para determinar a parede sul;
- As paredes sombreadas constantemente por construções adjacentes devem ser consideradas como exposição “sul”;
- Paredes sombreadas por árvores não devem ser consideradas, pois poderá ser uma situação transitória;
- As paredes contíguas a ambientes condicionados não devem ser consideradas;
- É considerada *PAREDE DE CONSTRUÇÃO LEVE* a de espessura inferior a 15 cm; e *PAREDE DE CONSTRUÇÃO PESADA* a de espessura superior a 15 cm.

Multiplique os valores obtidos na coluna *QUANTIDADE* pelo *FATOR* indicado no formulário e os anote na coluna *ÁREA X FATOR*. Por fim, some os valores obtidos na coluna *ÁREA X FATOR* e os anote na coluna kcal/h *QUANTIDADE X FATOR*.

Quadro 11 - Carga térmica das paredes externas e internas

3. Paredes	Quantidade	Fator		Área x Fator	kcal/h Quantidade x Fator
		Construção leve	Construção pesada		
a) Paredes externas					612
Orientação – sul	m ²	13	10		
Outra orientação	45 m²	20	12	540	
b) Paredes internas	9 m²	8		72	

7º passo: Determine a área do teto e anote na coluna *QUANTIDADE*. Multiplique o resultado pela constante indicada na coluna *FATOR* e anote o resultado na coluna kcal/h *QUANTIDADE X FATOR* do formulário (ver Quadro 12).

Observações:

- Deverá ser utilizado somente um dos subitens do item 4 (Teto). Escolha a opção que melhor se assemelha ao seu caso, pois a construção poderá ser térrea ou estar entre andares e receber a insolação sobre o telhado ou lajes.

Quadro 12 - Carga térmica do teto

4. Teto	Quantidade	Fator	kcal/h Quantidade x Fator
Em laje	m ²	75	234
Em laje c/ 2,5 cm de isolamento ou mais	m ²	60	
Entre andares	18 m²	13	
Sob telhado isolado	m ²	13	
Sob telhado sem isolamento	m ²	40	

8º passo: Determine a área do piso, anote na coluna *QUANTIDADE* e em seguida multiplique pela constante indicada na coluna *FATOR* anotando na coluna kcal/h *QUANTIDADE X FATOR* (ver Quadro 13).

Nota: O piso instalado diretamente sobre o solo (térreo) não deve ser considerado.

Quadro 13 - Carga térmica do piso

Calor recebido de:	Quantidade	Fator	kcal/h Quantidade x Fator
5. Piso (exceto os diretamente sobre o solo)	18 m²	13	234

9º passo: Verifique o número de pessoas que normalmente irão ocupar o ambiente, anote na coluna *QUANTIDADE* e multiplique pela constante na coluna *FATOR* e anote o resultado na coluna kcal/h *QUANTIDADE X FATOR* (ver Quadro 14).

Quadro 14 - Carga térmica da quantidade de pessoas

Calor recebido de:	Quantidade	Fator	kcal/h Quantidade x Fator
6. Número de pessoas	3	150	450

10º passo: Determine a potência (em Watts) consumida pelas lâmpadas ou aparelhos elétricos existentes no ambiente a ser condicionado. Anote-a na coluna *QUANTIDADE* e multiplique pela constante indicada na coluna *FATOR*. O resultado obtido deverá ser anotado na coluna kcal/h *QUANTIDADE X FATOR* (ver Quadro 15).

Quadro 15 - Carga térmica das lâmpadas/aparelhos elétricos

Calor recebido de:	Quantidade	Fator	kcal/h Quantidade x Fator
7. Iluminação e aparelhos elétricos	300 W	1	300

11º passo: Determine as áreas ou vãos das portas que irão permanecer constantemente abertas para recintos não condicionados. Anote na coluna *QUANTIDADE*, e, em seguida, multiplique pela constante da coluna *FATOR*. O resultado deverá ser colocado na coluna kcal/h *QUANTIDADE X FATOR* (item 9 do formulário).

Observação: Quando a largura ou vão for superior a 1,5 metros, o recinto ao lado não condicionado deve ser considerado no cálculo de carga térmica.

Quadro 16 - Carga térmica de portas ou vãos sempre abertos

Calor recebido de:	Quantidade	Fator	kcal/h Quantidade x Fator
8. Portas ou vãos sempre abertos	0 m²	150	0

12º passo: Para calcular a renovação e infiltração de ar, devem ser observadas as equações 8.1 a 8.5 e utilizadas as tabelas do Anexo 2.

A vazão de ar em volume infiltrado ou de renovação deve ser calculada conforme Equação 8.1.

$Q_{ae} = Q_{inf} * A$	Equação 8.1
------------------------	-------------

Sendo:

Q_{ae} : é a vazão de ar externo, expresso em metro cúbico por hora (m³/h);

Q_{inf} : é a vazão de ar externo infiltrado ou de renovação expresso em metro cúbico por hora (m³/h) por metro quadrado de piso (m² de piso). O valor mínimo recomendado é de (3,6 m³/h * m²);

A: é a área do piso em metro quadrado (m²).

No exemplo apresentado, teremos:

$$Q_{inf} = \frac{(3,6 \text{ m}^3)}{(h * \text{m}^2)}$$

$$A = 18 \text{ m}^2$$

Utilizando a equação 8.1, temos:

$$Q_{ae} = \frac{(3,6 \text{ m}^3)}{(\text{h} * \text{m}^2)} * 18 \text{ m}^2$$

$$Q_{ae} = 64,8 \text{ m}^3/\text{h}$$

A vazão em massa de ar infiltrado ou de renovação é calculada conforme Equação 8.2.

$$m_{ae} = Q_{ae} * \left(\frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \right) * \frac{1}{v}$$

Equação 8.2

Sendo:

m_{ae} : é vazão mássica de ar externo infiltrado;

v : é o volume específico do ar. O volume específico foi retirado da Tabela 7 do Anexo 2.

No exemplo apresentado, teremos:

$$m_{ae} = \frac{64,8 \text{ m}^3}{\text{h}} * \left(\frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \right) * \frac{1 \text{ kg}}{0,982 \text{ m}^3}$$

$$m_{ae} = 0,018 \text{ kg/s}$$

Cálculo da carga de ar externo, deve-se considerar:

a) calor sensível, calculado pela Equação 8.3.

$$q_{sae} = q_{tae} - q_{lae}$$

Equação 8.3

Sendo:

q_{sae} : é o calor sensível do ar externo, expresso em Watts (W);

q_{tae} : é o calor total, expresso em Watts (W);

q_{lae} : é o calor latente, expresso em Watts (W).

b) calor total do ar externo, é calculado pela Equação 8.4.

$$q_{tae} = m_{ae} * (h_{ae} - h_{amb})$$

Equação 8.4

Sendo:

m_{ae} : é a vazão em massa de ar externo, expressa em quilograma por segundo (kg/s);

h_{ae} : é a entalpia do ar externo, expressa em quilo Joule por quilograma (kJ/kg).

Nota: Este valor pode ser encontrado na Tabela 7 do Anexo 2;

h_{amb} : é a entalpia do ar do ambiente, expressa em quilo Joule por quilograma (kJ/kg).

Nota: Este valor pode ser encontrado na Tabela 9 do Anexo 2.

No exemplo apresentado teremos:

$$qt_{ae} = \frac{0,018 \text{ kg}}{s} * \left(\frac{80,78 \text{ kJ}}{\text{kg}} - \frac{50,03 \text{ kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$qt_{ae} = \frac{0,553 \text{ kJ}}{s}$$

c) calor latente do ar externo, é calculado pela Equação 8.5.

$$ql_{ae} = m_{ae} * h_{lv} * (W_{ae} - W_{amb})$$

Equação 8.5

Sendo:

m_{ae} : é a vazão em massa de ar externo, expressa em quilograma por segundo (kg/s);

h_{lv} : é o calor latente de vaporização da água 2.501, expressa em quilo Joule por quilograma (kJ/kg);

W_{ae} : é a umidade absoluta do ar externo, expressa em quilograma por quilograma (kg/kg). Este valor pode ser encontrado com o auxílio da Tabela 7 do Anexo 2;

W_{amb} : é a umidade absoluta do ar do ambiente, expressa em quilograma por quilograma (kg/kg). Este valor pode ser encontrado com o auxílio da Tabela 9 do Anexo 2.

No exemplo apresentado teremos:

$$ql_{ae} = \frac{0,018 \text{ kg}}{s} * \frac{2501 \text{ kJ}}{\text{kg}} * \left(\frac{0,0178 \text{ kg}}{\text{kg}} - \frac{0,0112 \text{ kg}}{\text{kg}} \right)$$

$$ql_{ae} = \frac{0,297 \text{ kJ}}{s}$$

Voltando para a equação 8.3 teremos:

$$qs_{ae} = qt_{ae} - ql_{ae}$$

$$qs_{ae} = \frac{0,553 \text{ kJ}}{s} - \frac{0,297 \text{ kJ}}{s}$$

$$qs_{ae} = \frac{0,256 \text{ kJ}}{s}$$

Passando o valor de qs_{ae} para kcal/h, teremos que:

$$qs_{ae} = 220,26 \text{ kcal/h}$$

Este é o calor de renovação do ar.

13º passo: Para se obter o resultado total em kcal/h, conforme item 10 do formulário do Quadro 6, deverá ser realizada a soma de todos os valores dos itens anteriores (ver Quadro 17).

Quadro 17 - Resumo dos resultados do exemplo dado

Somados todos os resultados do exemplo dado, teremos:	
1. Janelas (insolação)	390 kcal/h
2. Janelas de transmissão	150 kcal/h
3. Paredes	612 kcal/h
4. Teto	234 kcal/h
5. Piso	234 kcal/h
6. Pessoas	450 al/h
7. Iluminação e aparelhos elétricos	300 kcal/h
8. Portas ou vãos sempre abertos	0 kcal/h
9. Renovação do ar	220,26 kcal/h
10. Subtotal	2590,26 kcal/h

14º passo: Para se obter a carga térmica total, conforme item 11 do formulário do Quadro 6, deverá ser aplicada a correção indicada no mapa da Figura 108 de acordo com a região.

Exemplo: se o cálculo estivesse sendo realizado para um ambiente em Minas Gerais, deveria ser adotado o fator de correção de 0,85:

$$2590,26 \text{ kcal/h} \times 0,85 \text{ (fator de correção, ver mapa abaixo)} = 2201,72 \text{ kcal/h}$$

Figura 108 - Correção indicada de acordo com a região



15º passo: Para transformar kcal/h para BTU/h, multiplique o valor em kcal/h por 4. No exemplo apresenta, o valor é $2201,72 \text{ kcal/h} \times 4 = 8806,88 \text{ BTU/h}$

9 Instalação de aparelhos de ar condicionados do tipo janela e *mini-split*

A implementação de práticas adequadas de instalação é muito importante, uma vez que tem influência sobre o funcionamento real dos aparelhos de ar condicionado. A instalação incorreta pode levar a altas contas de energia elétrica, prejudicar a circulação de ar e criar problemas de manutenção. Estudos têm demonstrado que a instalação incorreta de condicionadores de ar é responsável por reduzir a capacidade e eficiência desses aparelhos em aproximadamente 20%.

9.1 Definição da instalação

Etapa que representa a evolução da concepção da instalação e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento, com os dados necessários e suficientes para o início do inter-relacionamento entre os projetos das diversas modalidades técnicas participantes do processo.

9.1.1 Definição da instalação de ar condicionado compacto de janela

No caso dos condicionadores de ar compactos de janela, esta etapa contempla:

- Cálculo de carga térmica;
- Seleção preliminar dos aparelhos, com dados referenciais de dimensões, capacidade, consumo energético e peso;
- Definição preliminar de localização do ar condicionado;
- Dimensionamento preliminar de cabos elétricos e disjuntores.

9.1.2 Definição da instalação de ar condicionado dividido (*mini-split*)

No caso dos condicionadores de ar divididos (*mini-split*), esta etapa contempla:

- Cálculo de carga térmica;
- Seleção preliminar dos equipamentos, com dados referenciais de dimensões, capacidade, consumo energético e peso;
- Definição preliminar de localização das unidades evaporadora e condensadora;
- Dimensionamento preliminar de tubulações frigoríficas;
- Dimensionamento preliminar do isolamento térmico das tubulações frigoríficas;
- Dimensionamento preliminar de cabos elétricos e disjuntores;
- Definição consensual sobre o tipo de *split* a ser adotado.

9.2 Posicionamento e instalação dos aparelhos de ar condicionado

9.2.1 Posicionamento e instalação do ar condicionado compacto de janela

- 1) Instale o ar condicionado de frente para a maior área livre;
- 2) O ar condicionado deve ficar com uma altura mínima do piso de 1,5 metros;
- 3) A distância entre um aparelho e outro deve seguir a recomendação do fabricante;
- 4) A distância entre a traseira e algum obstáculo deve ser de no mínimo 0,9 metros;
- 5) A distância entre o lado do ar condicionado a algum obstáculo deve ser de no mínimo 0,5 metros.

As Figuras 109 e 110 mostram as distâncias mínimas recomendadas.

Figura 109 - Distâncias mínimas recomendadas para instalação do ar condicionado compacto de janela

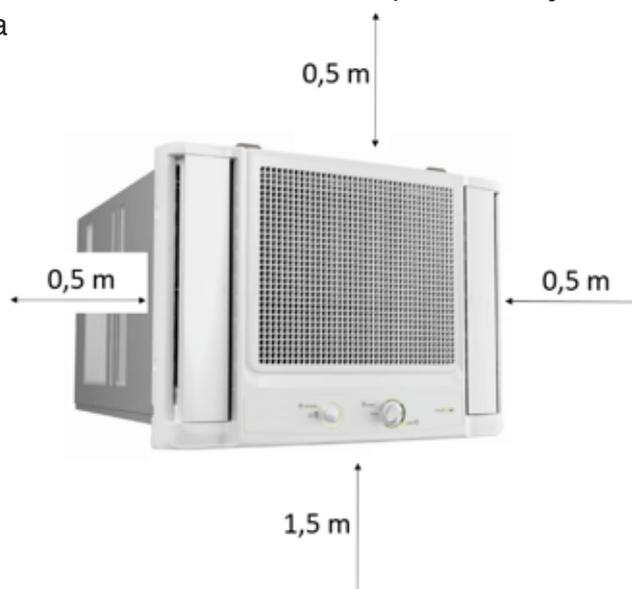


Figura 110 – Distância mínima entre aparelhos de ar condicionado compacto de janela

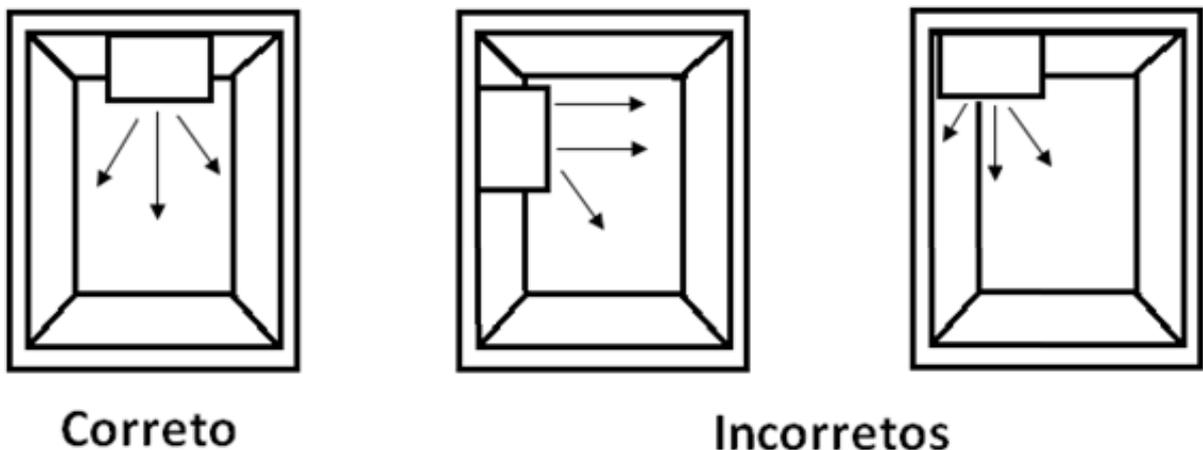


9.2.2 Posicionamento e instalação do ar condicionado dividido (*mini-split*)

9.2.2.1 Unidade interna (evaporadora)

Para a instalação da unidade evaporadora, dê preferência a locais em que não haja obstrução da passagem de ar, conforme indicado na Figura 111.

Figura 111 - Posicionamento da unidade evaporadora no ambiente



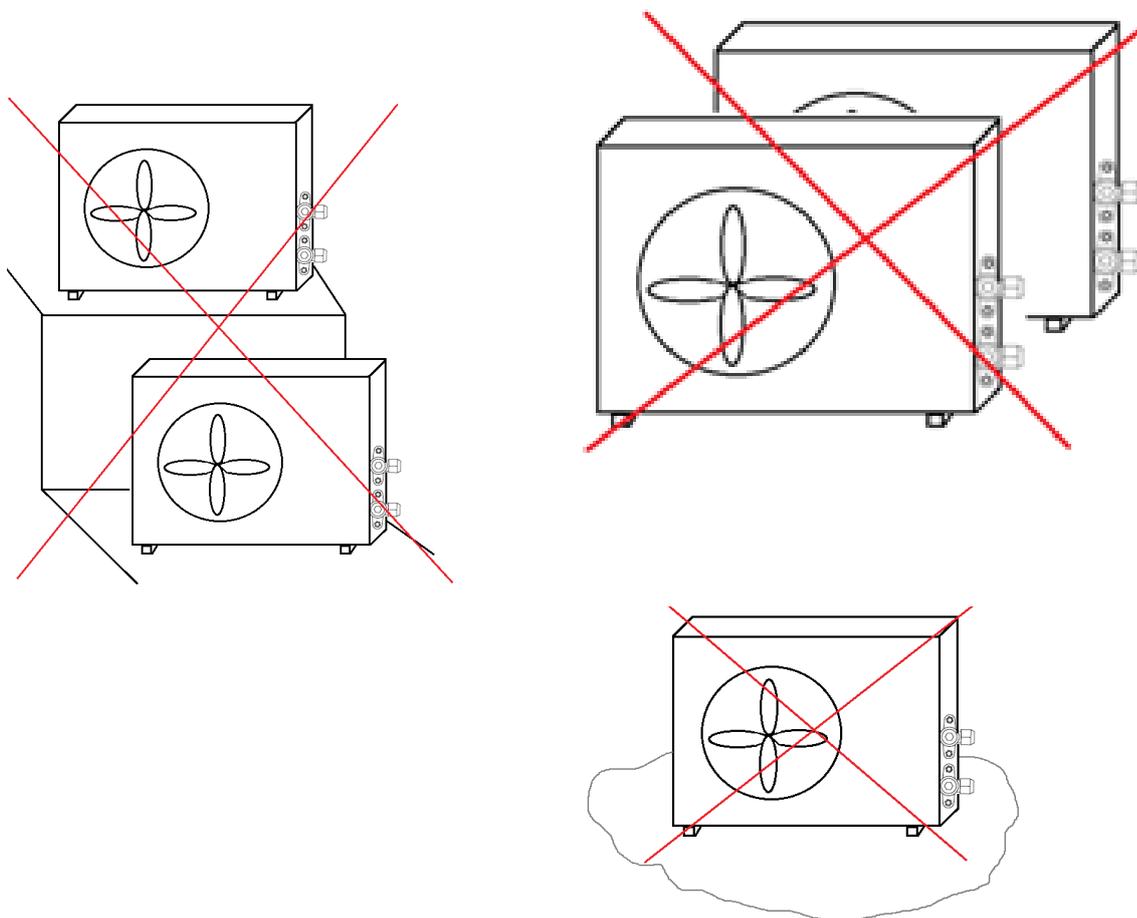
9.2.2.2 Unidade externa (condensadora)

Alguns cuidados devem ser tomados para o bom funcionamento da unidade condensadora. Veja a seguir algumas precauções que precisam ser observadas.

Cuidados na instalação de uma unidade condensadora:

- 1) Procure um local com pouca circulação de pessoa;
- 2) O local deve ser seco e ventilado;
- 3) Evite instalar a unidade em locais próximos a fontes de calor ou vapores, exaustores ou gases inflamáveis;
- 4) Evite instalar a unidade em locais onde o equipamento possa ficar exposto a ventos predominantes, chuva forte, umidade e poeira;
- 5) A unidade deve ficar nivelada e em base de boa sustentação, sendo recomendável a utilização de uma base de concreto;
- 6) Usar calçados de borracha nos pés da unidade para evitar ruídos;
- 7) Não instale unidades condensadoras com cruzamento de ar e dispostas próximas entre si;
- 8) Instale a unidade com as distâncias recomendadas pelo fabricante, para permitir a circulação de ar suficiente para o bom funcionamento do sistema.

Figura 112 - Condições inadequadas para instalação de unidade condensadora



9.2.2.3 Instalação com mão-francesa

Para esse tipo de instalação da unidade condensadora, os seguintes aspectos devem ser observados:

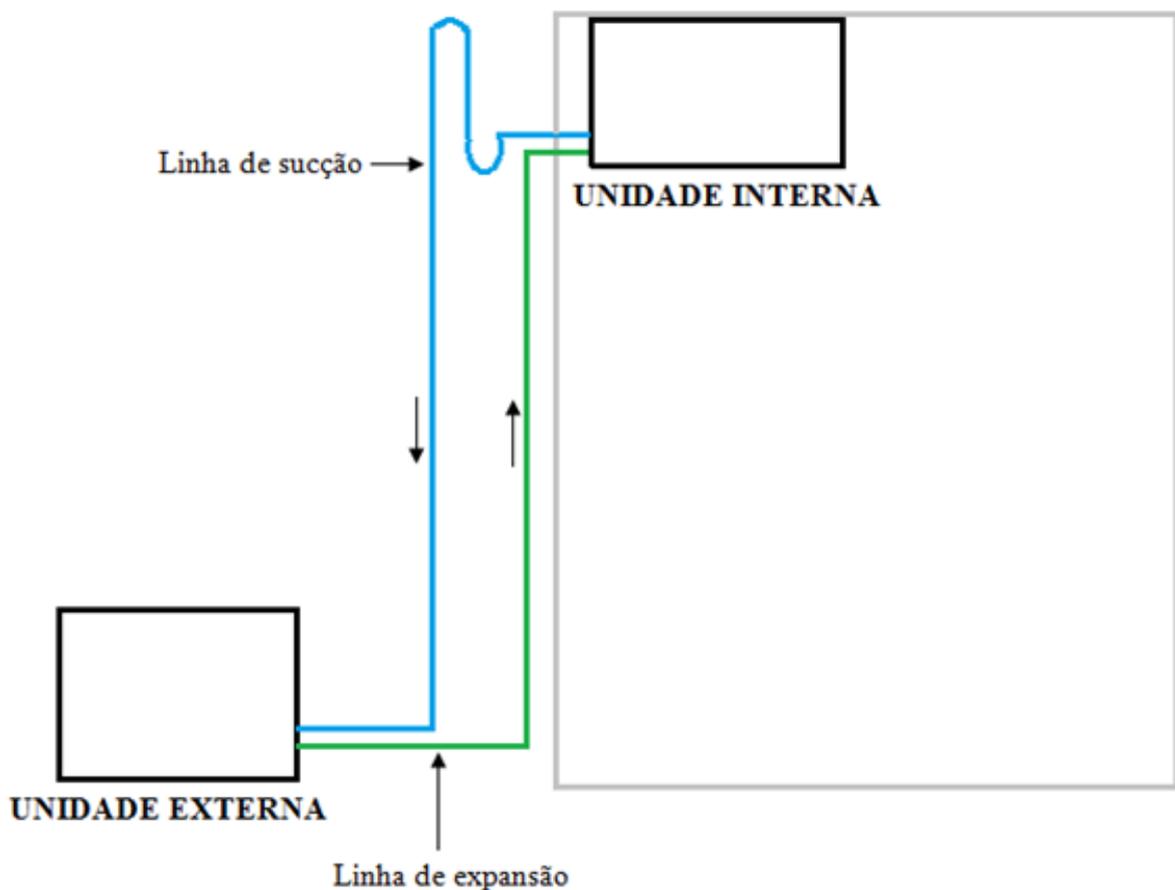
- Utilizar as distâncias mínimas e espaços recomendados;
- Dimensionar adequadamente as estruturas de fixação e ajuste: mão-francesa, vigas, suportes, parafusos, etc.;
- Verificar cuidadosamente peso e dimensões das unidades;
- Os suportes de fixação em paredes devem ser seguros para evitar acidentes do tipo quedas.

9.2.2.4 Importância do sifão nas tubulações frigoríficas

Para garantir que haja retorno de óleo ao compressor, é recomendada a instalação de sifão na linha de sucção como nos casos abaixo:

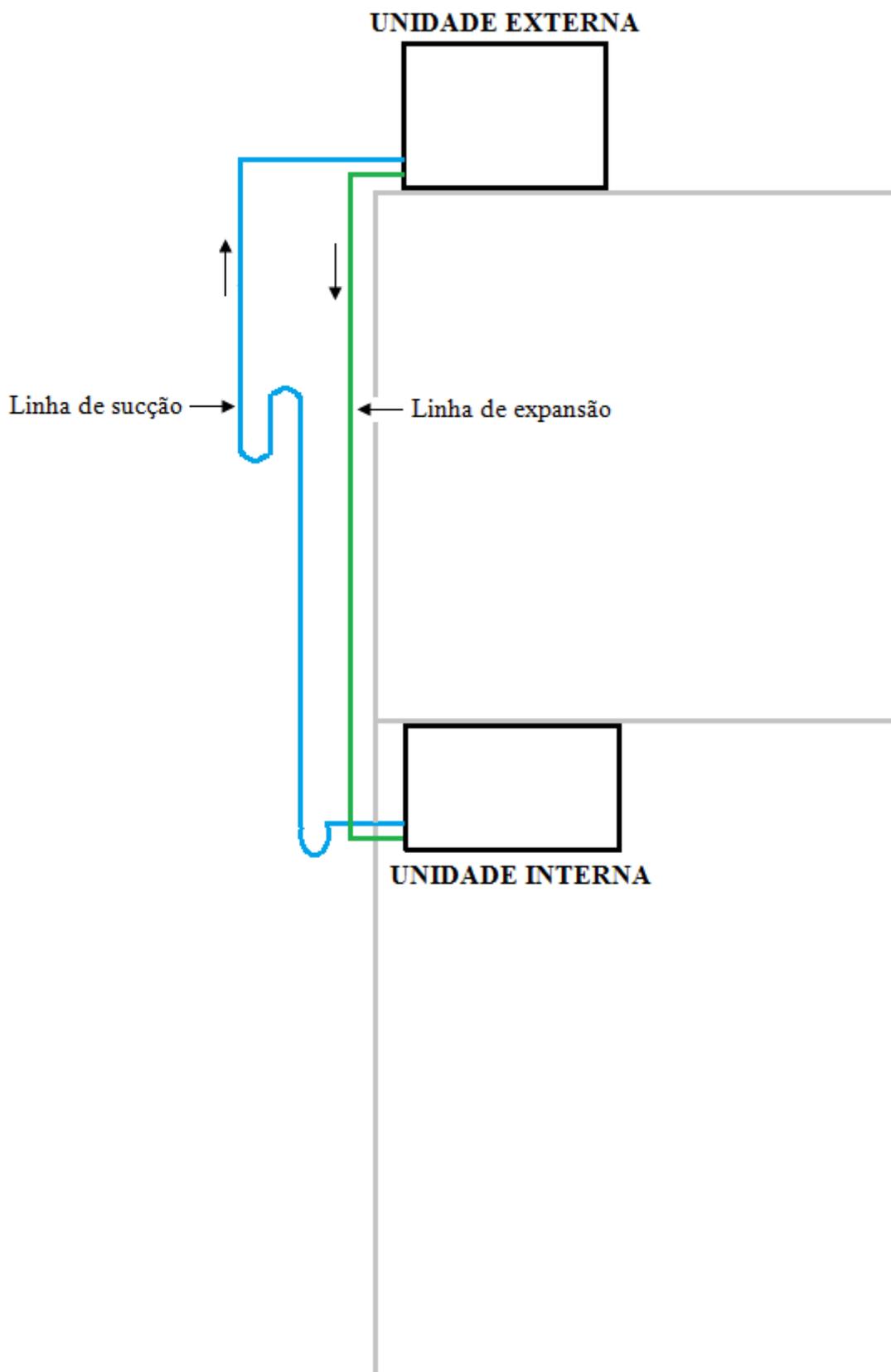
1. No caso do evaporador localizado acima ou no mesmo nível do condensador, deverá ser instalado um sifão na forma de U, invertido na linha de sucção junto à saída do evaporador, para evitar golpes de líquido no compressor, evitando a quebra das paletas do compressor.

Figura 113 - Sifão com unidade interna mais elevada do que unidade externa



2. No caso do condensador localizado acima do evaporador, deverá ser instalado um sifão na linha de sucção a cada 2,5 ou 3 metros de desnível (seguir a recomendação do fabricante) para garantir o retorno de óleo ao compressor.

Figura 114 - Sifão com unidade externa mais elevada do que unidade interna



9.2.2.5 Dimensões das tubulações

O valor a ser considerado para o comprimento máximo equivalente já inclui o valor do desnível entre as unidades, podendo ser utilizada a seguinte equação:

$$C.M.E = C.L + (N^{\circ} \text{ Curvas} \times 0,3 \text{ metros por curva})$$

Onde:

C.M.E - comprimento máximo equivalente

C.L - comprimento linear

Nota: Procure a menor distância e o menor desnível entre a unidade evaporadora e condensadora. O comprimento máximo equivalente inclui curvas e restrições.

Exemplo: Para interligação de um sistema de 12.000 BTU/h (3,51 kW), cujo percurso real da tubulação tem 6 metros de comprimento linear e possui 4 curvas, o cálculo do comprimento máximo equivalente deve ser efetuado conforme abaixo:

Equação: $C.M.E = C.L + (N.C \times 0,3)$

$$C.M.E = 6 + (4 \times 0,3)$$

$$C.M.E = 7,2 \text{ metros}$$

Nota: Os diâmetros das linhas de sucção e expansão serão obtidos utilizando o valor de C.M.E e a tabela do fabricante.

Importante: Em unidades de ciclo quente e frio, *loops* nas linhas de expansão e de sucção deverão ser feitas para redução de ruídos e vibração, podendo ser eventualmente substituídos por tubos flexíveis. O isolamento das linhas, em ambos casos, deve ser feito separadamente.

9.2.2.6 Procedimentos básicos para instalação

Unidade Evaporadora

1. Seleção do local;
2. Definição do tipo da evaporadora;
3. Furação na parede (posicionar a unidade corretamente de acordo com as recomendações do fabricante);
4. Posicionamento das tubulações de interligação;
5. Instalação da tubulação de drenagem de água condensada;
6. Montagem.

Unidade Condensadora

1. Seleção do local;
2. Posicionamento das tubulações de interligação;
3. Instalação da tubulação hidráulica para o dreno;
4. Montagem.

Interligação das unidades

1. Conexão das tubulações de interligação;
2. Interligação elétrica;
3. Acabamento final.

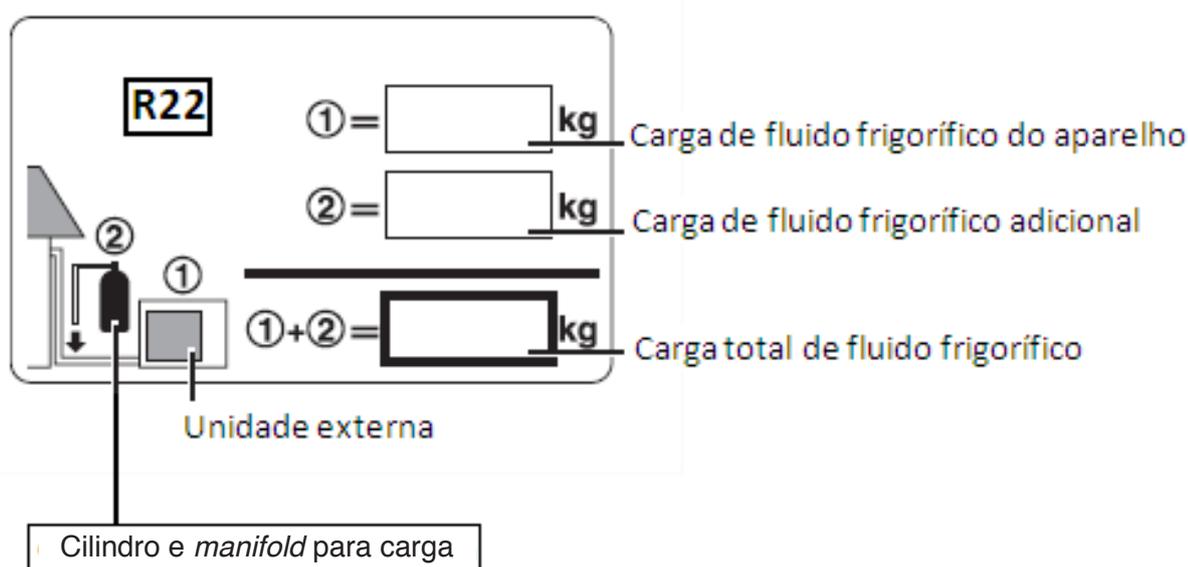
9.2.2.7 Carga adicional de fluido refrigerante

Os fabricantes fornecem os aparelhos de ar condicionado com uma carga de fluido refrigerante determinada para um específico comprimento das tubulações. Sempre consulte o manual do fabricante quanto aos comprimentos máximos das tubulações, porque podem variar de fabricante para fabricante. Em alguns casos, poderá ser necessário adicionar mais fluido refrigerante, caso o comprimento máximo das tubulações indicado pelo fabricante for ultrapassado. O acréscimo de fluido refrigerante adicional só poderá ser realizado por um profissional técnico capacitado. Quanto ao cálculo do volume adicional, consulte as tabelas de referência citadas no manual de instalação do fabricante.

Atenção: A quantidade adequada de fluido refrigerante no sistema é de extrema importância em relação à pressão máxima de operação permitida, especialmente em regiões de temperaturas ambiente elevadas, pois o excesso de carga pode levar a situações de explosão, problemas de segurança e quebra de componentes do aparelho.

Ao realizar a carga de fluido refrigerante, registre em uma etiqueta a quantidade de fluido colocada, conforme exemplo da Figura 115.

Figura 115 - Etiqueta para registro da quantidade de fluido refrigerante do sistema



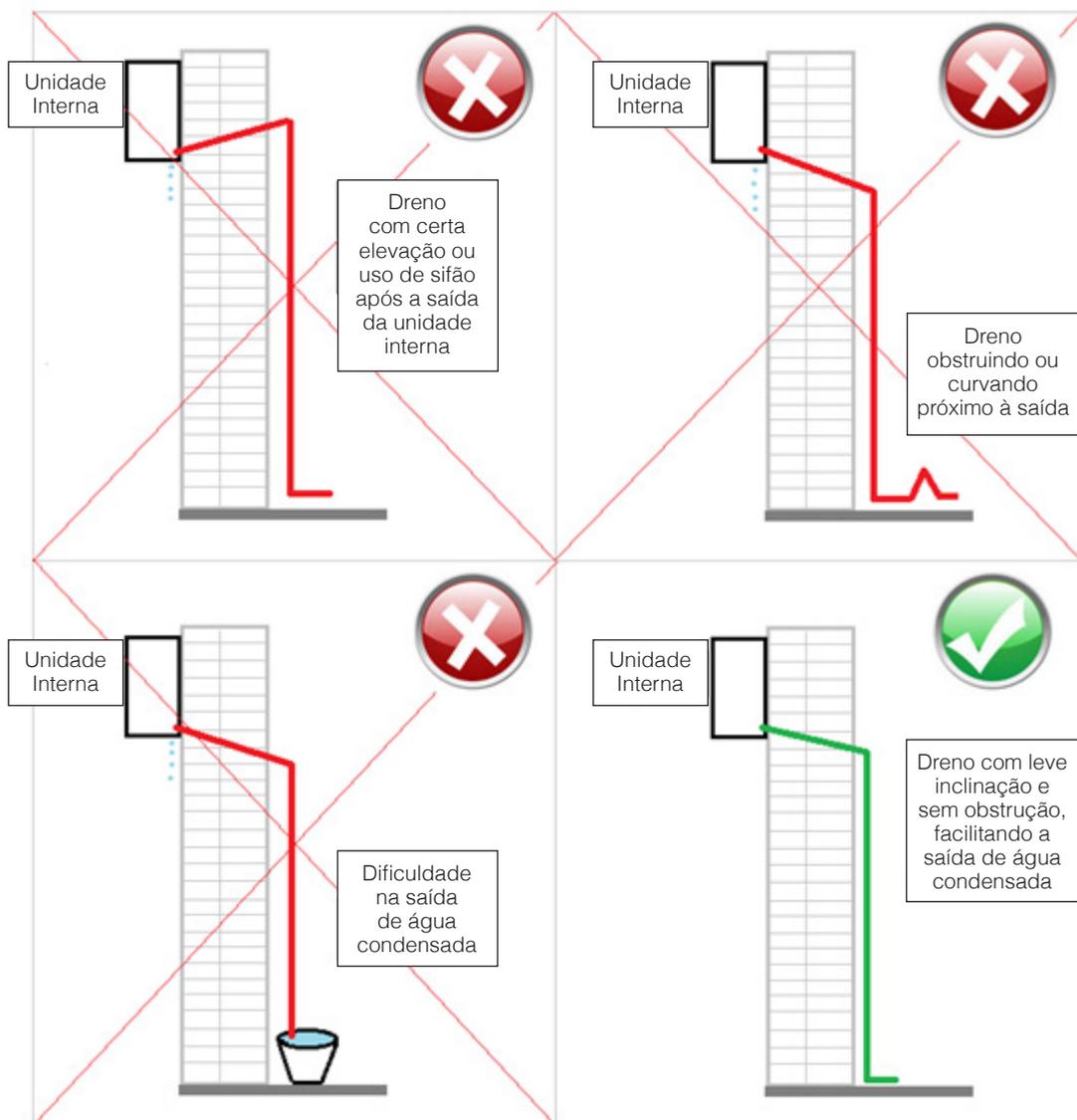
9.2.3 Dreno

Verifique a existência de um perfeito escoamento através da hidráulica de drenagem (se houver) colocando água dentro da unidade evaporadora.

Lembre-se que a drenagem se dará por gravidade e que a tubulação do dreno deve possuir declividade. Evite, desta forma, situações como as indicadas na Figura 116.

Nota: Não coloque a rede de drenagem na rede de esgoto e sim na rede pluvial.

Figura 116 - Situações de drenagem



9.2.4 Relatório de instalação

O formulário do Quadro 18 apresenta uma sugestão de relatório de instalação, que servirá como referência para futuras consultas.

Quadro 18 - Formulário para o relatório de instalação

Sugestão de relatório de instalação	
Empresa instaladora	
Nome da empresa instaladora:	
Endereço:	
Telefone:	
Nome do técnico responsável:	
Cliente	
Nome do cliente:	
Endereço:	
Telefone:	
Informações do aparelho	
Marca e modelo:	Número de série:
Data da instalação:	
Horário da instalação:	
Fluido frigorífico:	
Quantidade do fluido frigorífico:	
Pressão de sucção:	
Pressão de descarga:	
Temperatura do ar na entrada do condensador:	
Temperatura do ar na saída do condensador:	
Temperatura do ar na entrada do evaporador:	
Temperatura do ar na saída do evaporador:	
Comprimento total da tubulação de interligação:	
Desnível da instalação:	
Dados elétricos	
Tensão da fonte de alimentação (V):	
Corrente elétrica total do aparelho (A):	
Corrente elétrica do compressor (A):	
Outras atividades para o comissionamento do sistema (marque o item abaixo, após conclusão do item).	
NOTA: Somente ferramentas e equipamentos adequados e confiáveis devem ser utilizados para o comissionamento do sistema	
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar teste funcional do sistema, incluindo teste de desempenho • Verificar a existência de vazamentos no sistema • Verificar se as conexões elétricas foram corretamente consertadas • Verificar se o dreno da água condensada está com desnível adequado • Verificar o isolamento da tubulação • Verificar se os ventiladores estão livres para operação • Verificar a existência de ruídos anormais durante a operação do sistema • Limpar os componentes do sistema, incluindo filtro de ar • Limpar o display do controle remoto • Instruir o usuário sobre o funcionamento do aparelho de ar condicionado 	

10 Vazamentos: descobrir e evitar

10.1 Requisitos para a detecção de vazamentos

Durante cada manutenção preventiva ou atividade de reparo, pelo menos as seguintes tarefas deverão ser realizadas:

1. Testes de vazamento nas partes relevantes do sistema de ar condicionado;
2. Instalação de todas as tampas de válvulas e coberturas dos componentes;
3. Limpeza do local e teste final de vazamento;
4. Elaboração de relatórios, registro de informações, rotulagem do sistema (se aplicável).

10.2 Inspeção de vazamentos consertados

Uma vez que o vazamento tenha sido identificado e reparado, deverão ocorrer atividades de acompanhamento que incidam sobre o local de reparação e nas partes adjacentes que tenham sofrido esforços durante o reparo. Esta verificação deverá ocorrer imediatamente após o reparo, e ser repetida após um mês para acompanhamento.

Caso seja necessário remover a carga de fluido refrigerante durante o reparo de vazamento, as operações de reparo (brasagem), pressurização para detecção de vazamento, vácuo e carga de fluido refrigerante deverão ser feitas conforme mencionado anteriormente.

10.3 Contenção do fluido refrigerante

Por conta dos efeitos nocivos dos CFCs, HCFCs e HFCs ao meio ambiente, a contenção dos fluidos refrigerantes deve ser considerada em todas as ações realizadas em um sistema de ar condicionado, incluindo:

- Projeto e instalação de fácil manutenção do sistema;
- Detecção e reparo de vazamentos;
- Recolhimento durante os serviços de reparo ou manutenção.

Tipos de emissões

As emissões de fluido refrigerante para a atmosfera são muitas vezes chamadas de perdas, sem a distinção das suas causas. No entanto, os tipos de emissões são muito diferentes, e suas causas devem ser identificadas e controladas. As fontes de emissões são:

- Degradação do sistema: causada por variações de temperatura, pressão e vibrações, que podem levar a significativos aumentos nas taxas de emissão de fluido refrigerante;
- Falhas dos componentes: provenientes em sua maioria devido a má qualidade de fabricação dos componentes ou instalação incorreta;
- Perdas durante o manuseio do fluido refrigerante: ocorrem principalmente no processo de carga do sistema e ao abrir o sistema sem recolhimento prévio do fluido;
- Perdas acidentais: são imprevisíveis e podem ser causadas por incêndios, explosões, sabotagem, roubo, etc.;
- Perdas por disposição dos equipamentos: são causadas, intencionalmente, pela abertura do sistema, onde o fluido é liberado para o ambiente.

Projeto

O índice de vazamento tem seu potencial primeiramente afetado pelo projeto do sistema, no qual devem ser consideradas todas as possibilidades que proporcionem o aumento da vida útil e a confiabilidade do equipamento, minimizando a necessidade de serviços de intervenção. A seleção de materiais adequados, a realização de técnicas corretas de junção (união de linhas e componentes), a não utilização de conexões mecânicas e a elaboração de projeto que contemple o fácil acesso nos casos de reparo e manutenção são fatores críticos a serem considerados durante a concepção de um sistema com baixo índice de vazamento.

Instalação

A instalação correta do sistema de ar condicionado é importante para um funcionamento correto e para contenção de vazamentos durante a vida útil dos equipamentos. A boa instalação passa pela utilização de conexões e materiais de tubulação adequados.

É indispensável o uso de gás inerte (por exemplo, nitrogênio) para manter a limpeza interna das tubulações durante o processo de brasagem e a realização da evacuação do sistema para remover os gases não condensáveis.

A verificação de vazamentos antes do procedimento de carga de fluido deve ser realizada. Em uma instalação os cuidados com as especificações de projeto e com componentes defeituosos devem ser observados.

Assistência

A realização do serviço correto é fundamental para a redução das emissões. Deve-se assegurar que o sistema não possua vazamentos, esteja devidamente carregado e que funcione corretamente. O técnico deve manter os registros de serviços, com o histórico de vazamentos ou mau funcionamento.

Quando um sistema for desativado, deve-se recolher o fluido refrigerante e destiná-lo para os processos de reciclagem, reutilização ou destruição.

10.4 Detecção de vazamento

A detecção de vazamentos é uma etapa de extrema importância nos processos de fabricação, instalação e manutenção dos componentes e sistemas. A detecção de vazamentos deve ser realizada após a montagem do sistema em fábrica ou em campo. Existem três tipos gerais de detecção de vazamentos: global, monitoramento de desempenho automatizado (ensaio de emissões indiretas) e local (ensaio de emissão direta).

10.4.1 Métodos de ensaio para emissões indiretas de fluidos refrigerantes

10.4.1.1 Detecção global

Estes métodos indicam se existe vazamento, mas não indicam a localização. São úteis no final da montagem ou quando o sistema é aberto para reparo ou *retrofit*.

Sistema de Verificação

- Pressurizar o sistema com um gás inerte e isolá-lo. Haverá vazamento, caso haja uma queda de pressão dentro de um prazo especificado;
- Evacuar o sistema e medir o nível de vácuo ao longo de um determinado tempo. O aumento da pressão indica que existe vazamento;
- Colocar o sistema em uma câmara e carregá-lo com um gás indicador. Em seguida, evacuar a câmara e monitorá-la com espectrômetro de massa ou analisador de gás residual;
- Verificar o nível de fluido refrigerante no tanque de líquido.

Atenção: Estas abordagens são aplicáveis em sistemas que estão sem fluido refrigerante.

Muitos destes testes utilizam gás indicador, geralmente o nitrogênio, hidrogênio a 5% ou hélio. Não é considerado boa prática utilizar fluido refrigerante como gás indicador.

A norma ABNT NBR 15976/2011 proíbe a utilização de CFC, HCFC e HFC para testes de vazamentos. No entanto, permite que fluidos refrigerantes halogenados, com exceção do CFC, possam ser misturados ao nitrogênio, até o limite de 0,5% da carga do equipamento, para testes de vazamentos, obrigando o seu recolhimento após o uso.

10.4.1.2 Sistemas automatizados para o monitoramento de vazamentos

Parâmetros de monitoramento, tais como temperatura e pressão, ajudam a identificar qualquer alteração no equipamento. Também fornecem dados sobre a escassez de carga de fluido refrigerante.

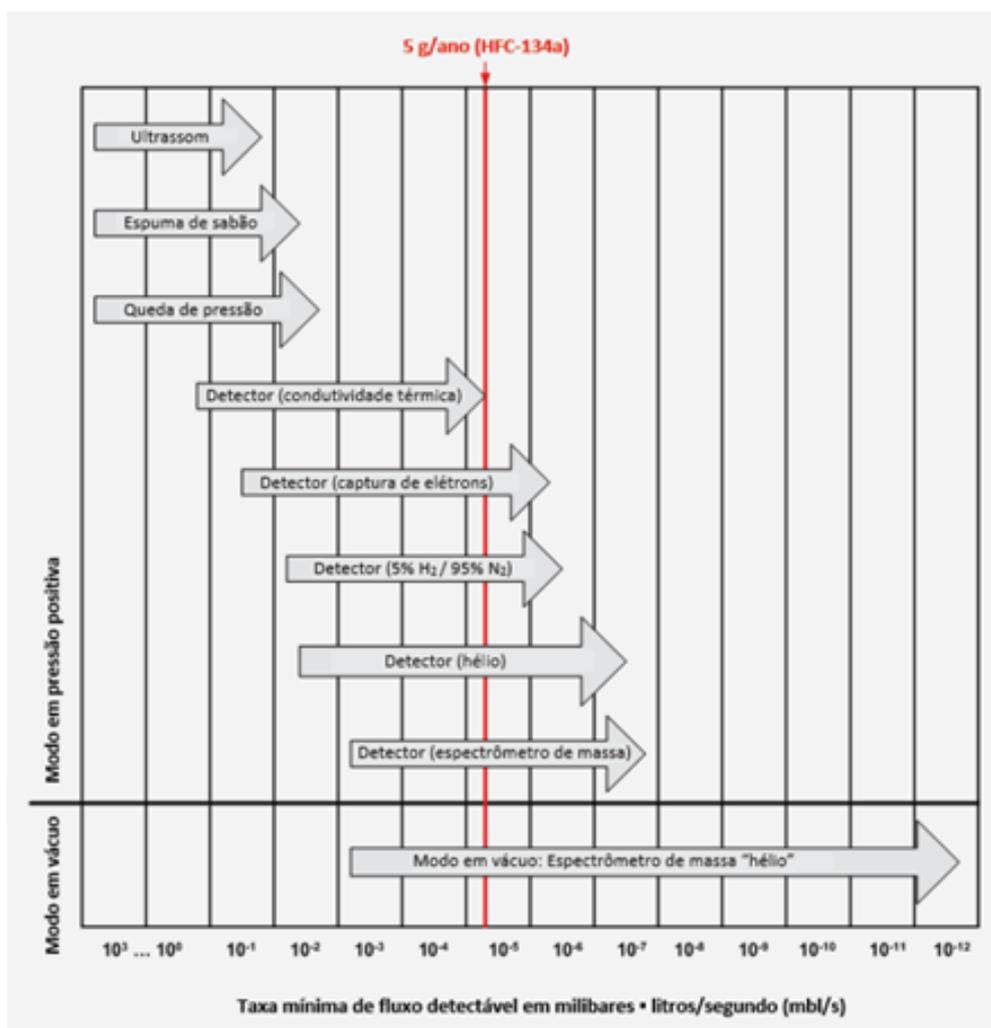
10.4.2 Métodos de ensaio para emissões diretas de fluidos refrigerantes

Detecção local

Estes métodos localizam com precisão as eventuais fugas e normalmente são utilizados durante a manutenção. A sensibilidade é normalmente expressa em ppm (partículas por milhão), e taxas de fluxo de massa (“g/a” = gramas por ano).

A Figura 117 compara as sensibilidades de vários métodos de ensaio.

Figura 117 - Comparação da sensibilidade dos métodos de teste de vazamentos



- As verificações visuais com vestígios de óleo nas tubulações, componentes e conexões, só é possível em grandes vazamentos, maiores que 85 gramas por ano;
- A detecção com o uso da bolha de sabão é simples e barata, onde um técnico paciente e treinado pode identificar vazamentos com uma sensibilidade máxima de 50 gramas por ano;
- Detectores eletrônicos podem encontrar vazamentos entre 3 a 50 gramas por ano, de acordo com a sensibilidade do equipamento. Para a sua utilização, sugere-se a realização de treinamento e cuidados adequados, para não produzirem leituras falsas;
- Detectores ultrassônicos registram os ruídos gerados pelo fluxo de fluido refrigerante saindo pelo ponto de vazamento, mas apresentam menor sensibilidade comparada aos detectores eletrônicos, pois a detecção pode ser perturbada pela circulação de ar;
- Detecção com hélio e espectrômetros de massa de HFC, com sondas de exaustores para extração, detectam vazamentos menores do que 1,5 gramas por ano.

10.5 Trabalhos preparatórios para o teste de vazamento

Para que seja feito o teste de vazamento, o local não deve conter ar confinado, pois poderá apresentar leituras falsas no caso da utilização de detectores de halogenados. Os locais de detecção devem estar limpos.

10.6 Testes de vazamento

Existem vários tipos de testes e métodos para se verificar a estanqueidade do sistema, como o uso do nitrogênio, hidrogênio, detector de halogenados, etc. Cada qual com o seu grau de sensibilidade e custo. Estes testes serão detalhados nas seções seguintes.

10.6.1 Usando nitrogênio seco

10.6.1.1 Queda de pressão

A introdução de nitrogênio no sistema até uma pressão compatível com os componentes do sistema pode ser utilizada como teste indireto, por meio da verificação da queda de pressão, e como método direto, por meio da formação de bolhas de sabão no local do vazamento.

10.6.1.2 Usando nitrogênio seco e espuma de sabão

Conecte o cilindro com nitrogênio no sistema, por meio de um regulador de pressão, e utilize um *manifold* para o monitoramento da pressão nos manômetros.

Cuidado: Ao pressurizar o sistema com nitrogênio, não ultrapasse a pressão máxima permitida para o teste. Esta pressão faz referência à resistência dos materiais construtivos dos componentes e projeto da instalação.

Figura 118 - Exemplo de teste de vazamento com nitrogênio no sistema de ar condicionado compacto de janela

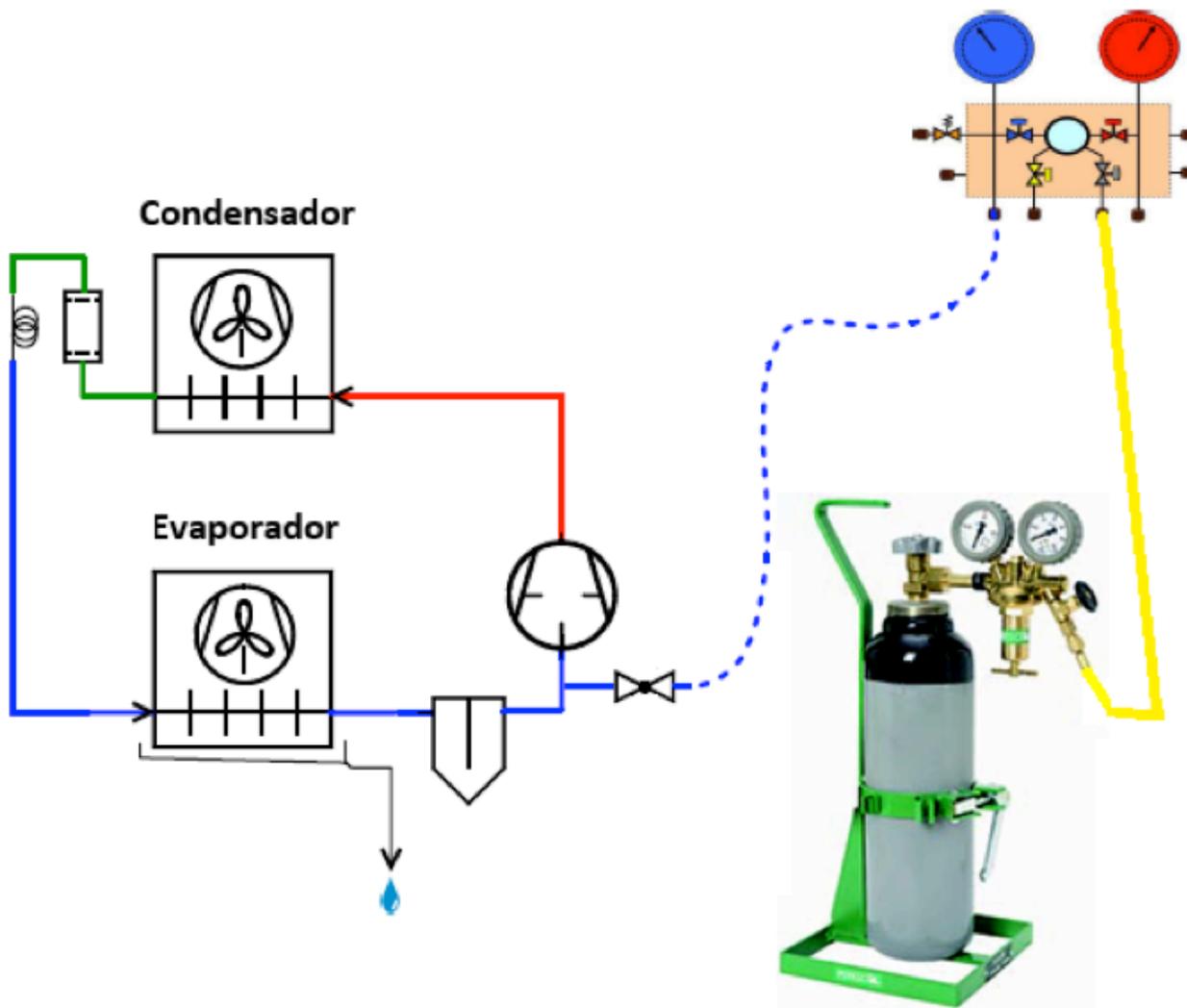
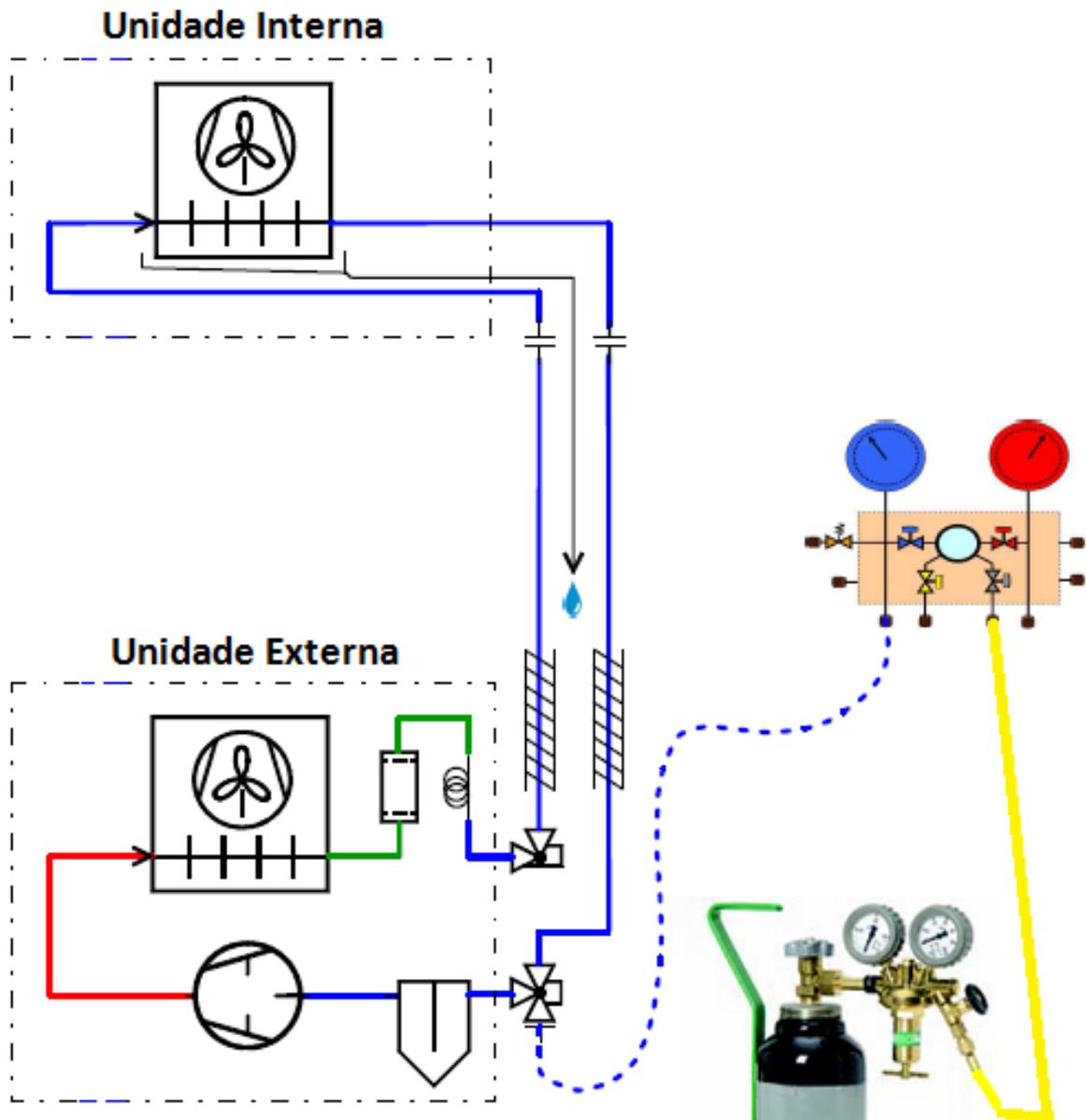


Figura 119 - Exemplo de teste de vazamento com nitrogênio no sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*)



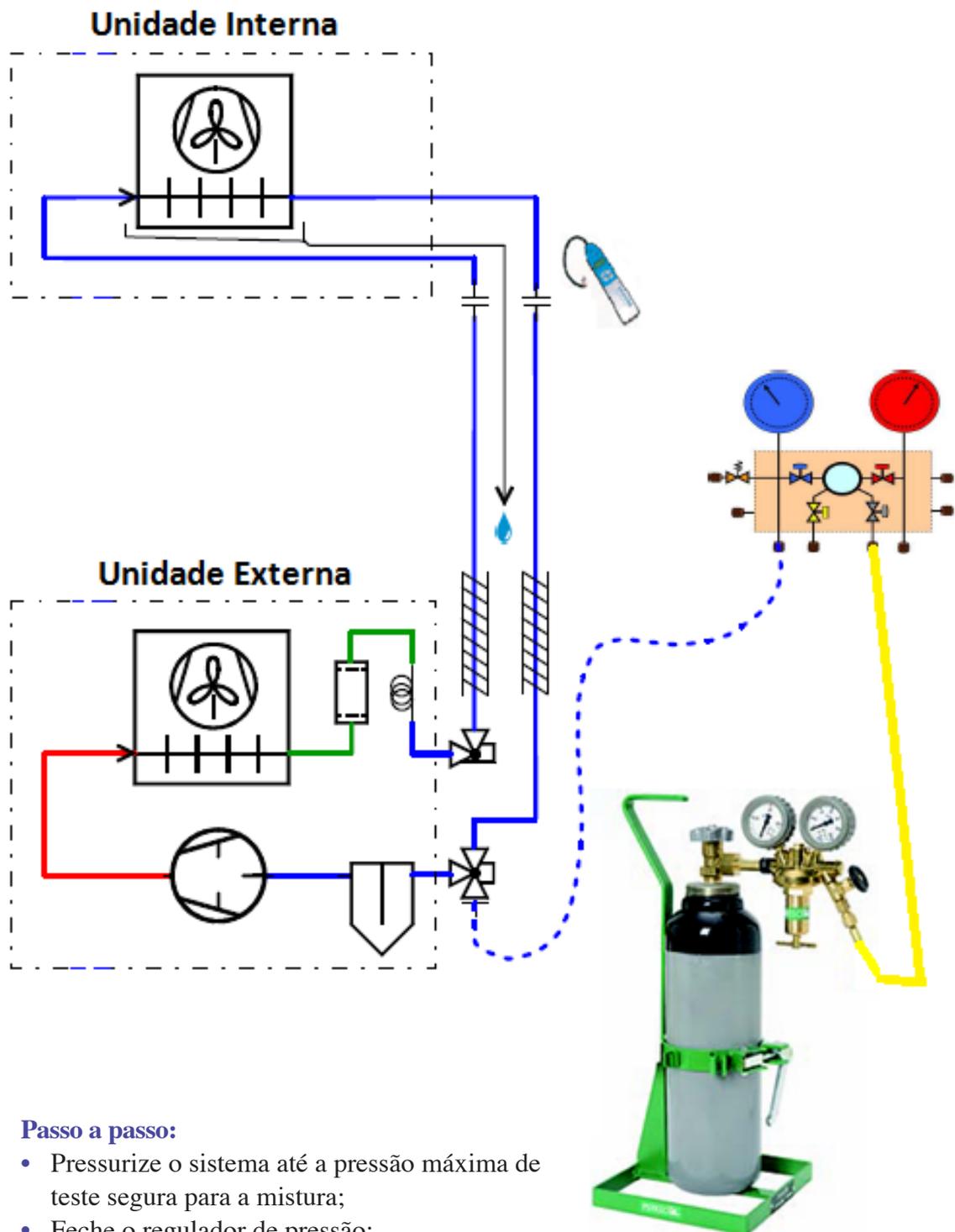
Passo a passo:

- Pressurize o sistema até a pressão máxima de teste segura para nitrogênio seco;
- Feche o regulador de pressão, aguarde a pressão estabilizar e verifique se ela se mantém;
- Monitore a leitura de pressão, se ela cair, é sinal de que existe vazamento. Alguns vazamentos são audíveis e podem ser identificados pelo som;
- Verifique todas as conexões, flanges e curvas com a solução de água e sabão.

Após identificar o vazamento:

- Despressurize o sistema;
- Repare o vazamento;
- Repita o teste com nitrogênio.

Figura 121 - Exemplo de detecção de vazamento por hidrogênio no sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*)



Passo a passo:

- Pressurize o sistema até a pressão máxima de teste segura para a mistura;
- Feche o regulador de pressão;
- Monitore a leitura de pressão e também utilize o detector de hidrogênio nos pontos a serem aferidos, como conexões, flanges e curvas.

Após identificar o vazamento:

- Despressurize o sistema;
- Repare o vazamento;
- Repita o teste com hidrogênio.

10.6.3 Teste de vazamento usando detector de gases eletrônico

Ao se utilizar o detector de gases halogenados, o técnico precisa conter a emissão do fluido.

Figura 122 - Exemplo de teste de vazamento com detector de gases halogenados no sistema de ar condicionado compacto de janela

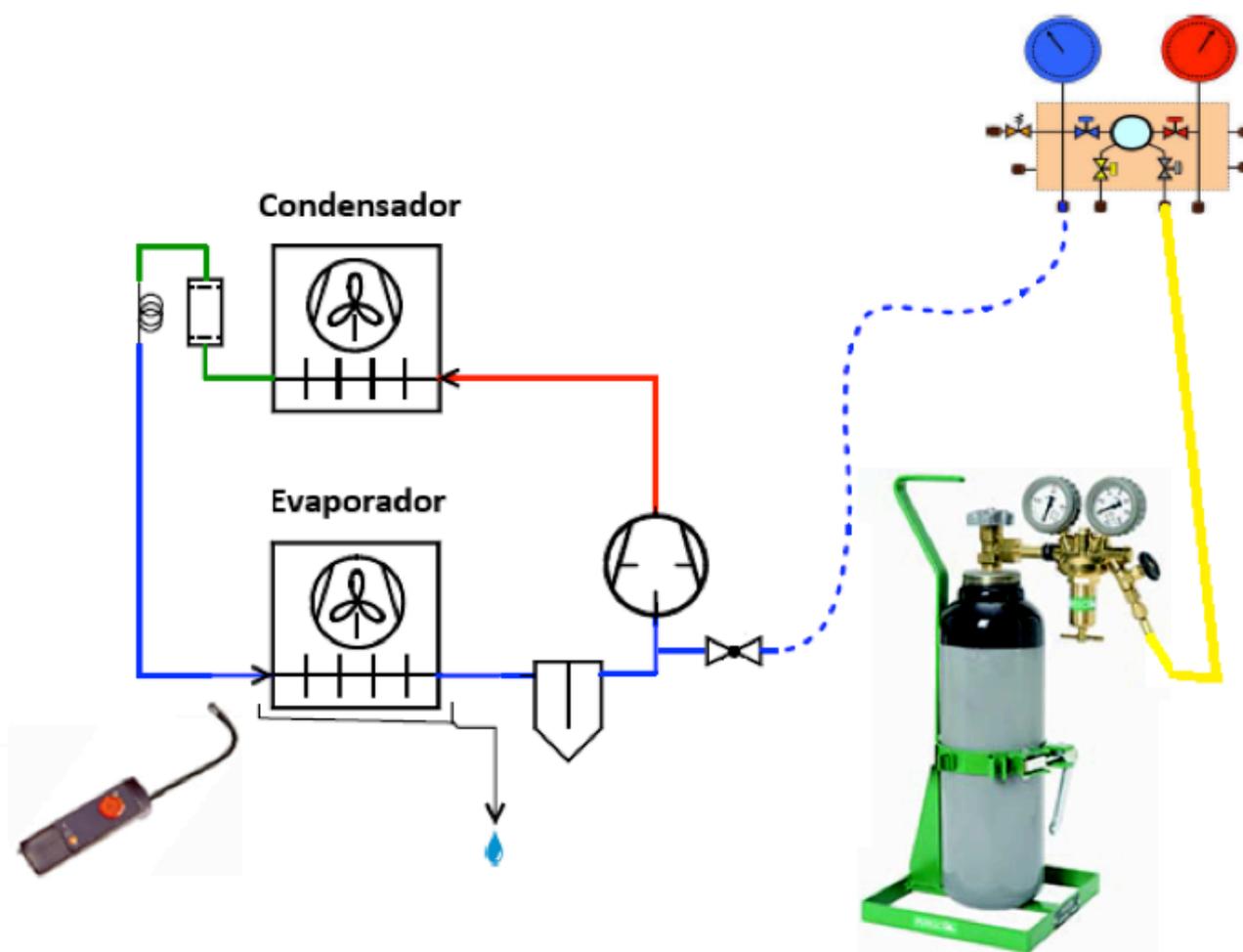
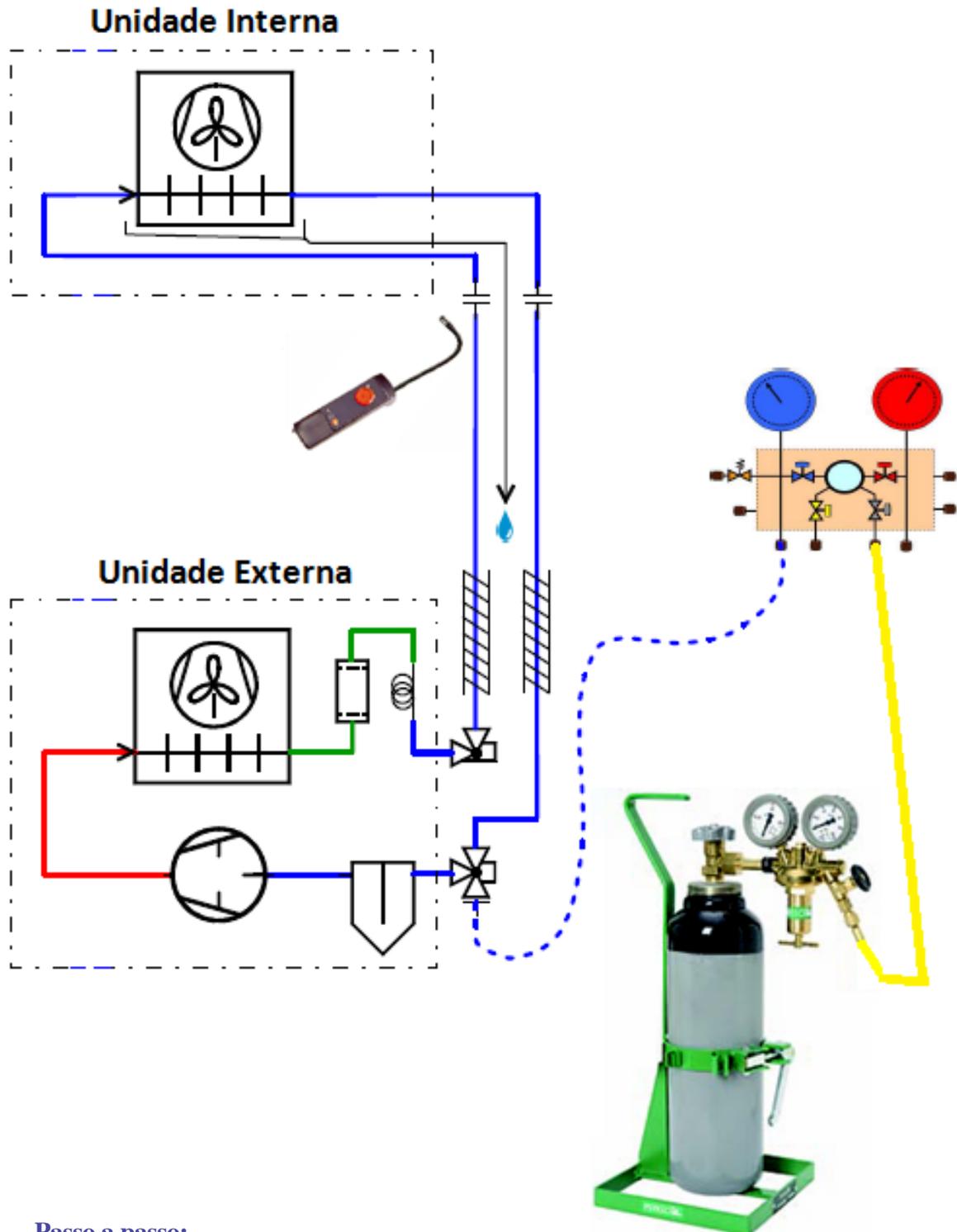


Figura 123 - Exemplo de teste de vazamento com detector de gases halogenados no sistema de ar condicionado dividido (*mini-split*)



Passo a passo:

- Utilize o detector de gases halogenados nos pontos a serem aferidos, como conexões, flanges e curvas.

Após identificar o vazamento:

- Recolha o fluido refrigerante;
- Repare o vazamento;
- Realize o teste com o nitrogênio ou hidrogênio.

10.6.4 Calibração de detector de gases

É muito importante saber se o detector de gás utilizado está funcionando na faixa de sensibilidade adequada. Vazamentos de referência calibrados (vazamento de teste) estão em uma faixa de emissão de fluido refrigerante de até 5 g/ano.

A Figura 124 apresenta o dispositivo a ser conectado a um cilindro contendo HFC-134a para se obter um vazamento de referência de 5 g/ano. A válvula do cilindro deve estar totalmente limpa, isenta de impurezas sólidas, óleo e umidade, para evitar danos ao dispositivo. O detector de gás deverá ser calibrado a cada utilização ou quando for desligado.

Figura 124- Dispositivo de vazamento de referência para fixação na válvula do cilindro de fluido refrigerante



Atenção: O teste com vazamento de referência é a única maneira de verificar a sensibilidade do detector de gases eletrônico em campo.

10.6.5 Ultravioleta

Neste método é adicionado ao sistema de refrigeração uma substância fluorescente que circula dissolvida no óleo. No caso de um vazamento, a substância é depositada na superfície externa do equipamento e, com a utilização de uma lâmpada ultravioleta, o vazamento se torna visível.

O fabricante deve informar sobre a compatibilidade da substância fluorescente com o óleo e o tipo de aplicação.

Após a identificação e reparo do vazamento, o local deverá ser limpo para remover toda substância fluorescente.

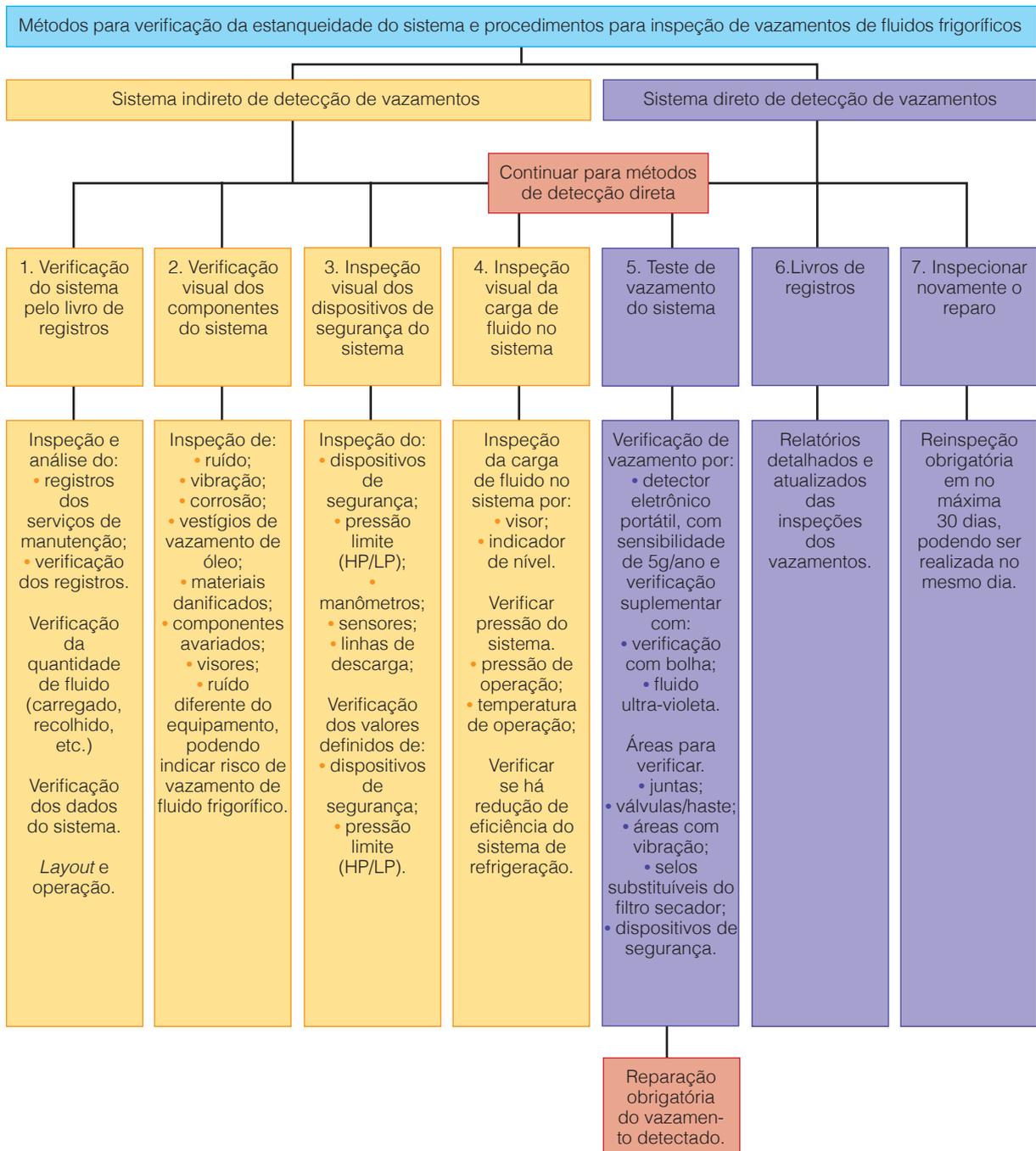
10.6.6 Verificação visual de componentes do sistema com potencial de corrosão e determinação do grau de corrosão

A verificação visual é importante para localizar pontos de corrosão e saná-los com a maior brevidade possível, evitando a ocorrência de vazamentos futuros.

Os componentes como carcaça do compressor, tanques e outros componentes com estrutura ferrosa devem ser pintados sempre que necessário para evitar a formação de ferrugem e corrosão.

Caso o grau de corrosão seja alto, o componente deve ser substituído.

Figura 125 - Métodos indiretos e diretos para inspeção de vazamentos



10.7 Localização de vazamentos em ar condicionados

Um sistema de ar condicionado pode conter vários componentes que podem ser potenciais fontes de vazamento.

10.7.1 Componentes com maiores chances de vazamentos

Os componentes com maiores chances de vazamentos são:

- Válvulas de serviço;
- Válvulas *Schrader**;
- Linha de sucção;
- Linha de expansão;
- Trocadores de calor.

* No caso da Válvula *Schrader* o vazamento pode ocorrer por meio de seus núcleos, especialmente se tiverem tampa.

10.7.2 Vazamentos nos condensadores resfriados a ar

Os vazamentos em condensadores resfriados a ar são mais comuns na área da tubulação aletada, onde os tubos passam através da armação aletada do condensador. Os fabricantes têm procurado eliminar este problema, com novos arranjos para fixação das aletas na tubulação e utilizando tubos de maior resistência mecânica.

10.7.3 Vazamentos na interligação das unidades

A interligação consiste em unir a unidade interna e externa por meio da tubulação de sucção e expansão.

Os vazamentos podem ocorrer em qualquer uma das ligações por conexão mecânica ou brasada ao longo da tubulação.

Cuidado: A tubulação deve ser mantida isolada o máximo possível no momento da instalação, evitando a entrada de impurezas e umidade. Além disso, deve possuir suportes de fixação para sustentação e suportar vibrações.

10.8 Causas dos vazamentos

Os vazamentos em condicionadores de ar podem ocorrer por conta de práticas de instalação e manutenção inapropriadas, tais como:

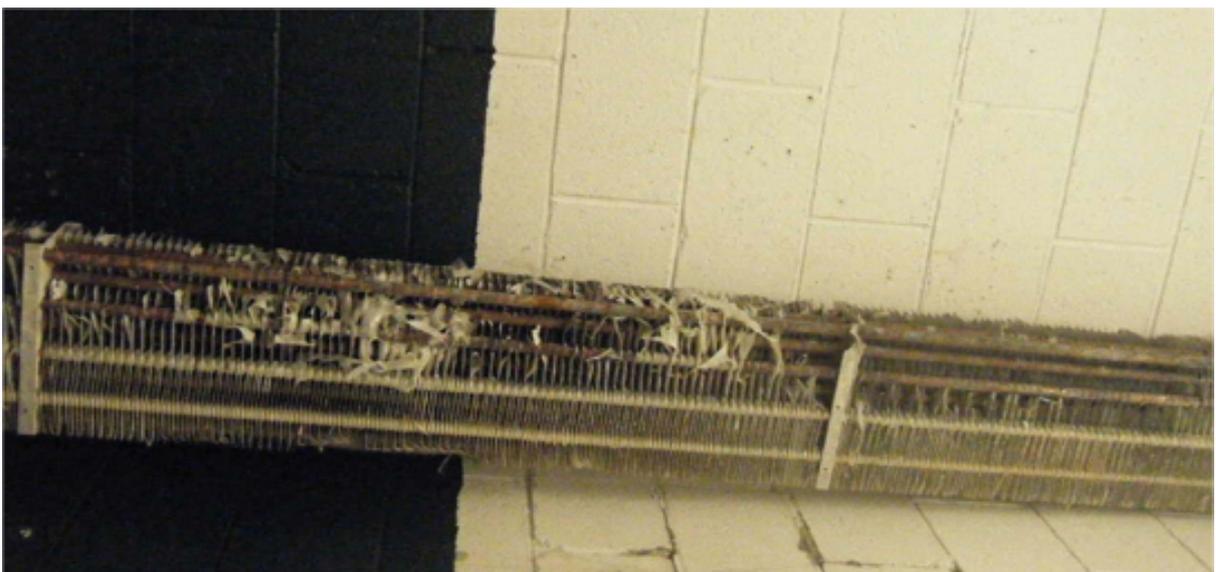
- Falta de técnicas de brasagem apropriadas: os vazamentos podem ocorrer a partir da preparação da tubulação de forma inapropriada ou pela falta de preparação, pelo uso de liga de brasagem errada ou por falhas ao aquecer a junta de forma uniforme e com a temperatura adequada;
- Apertos inadequados nos componentes: os vazamentos ocorrem nas conexões roscadas quando não há aperto suficiente ou quando recebem aperto excessivo;
- Falta de tampões e selos nas válvulas: para reduzir os vazamentos por meio das hastes das válvulas e núcleos *Schrader*, todas as hastes devem possuir tampões adequados. A tampa deve ter selo de vedação próprio ou *oring*, para garantir a vedação.

Importante: Evite o uso de válvulas do tipo *Schrader* na instalação.

- Vibração: suportes adequados para instalação das unidades do sistema devem ser utilizados para evitar vibrações;
- Corrosão: as serpentinas dos trocadores de calor devem ser lavadas com produtos apropriados para evitar corrosão.

Cuidado: Os técnicos devem usar apenas produtos de limpeza que sejam compatíveis com os materiais dos componentes do sistema.

Figura 126 - Corrosão nas serpentinas



- Suporte para tubulação: caso a tubulação do sistema tenha algum suporte inapropriado ou mal localizado, ela pode ceder entre os suportes ou em curvas, criando estresse indesejado, o que pode propiciar o surgimento de vazamentos na própria tubulação ou em acessórios.

10.9 Análise dos pontos de vazamento

O relatório de análise de vazamentos de fluido refrigerante irá proporcionar um monitoramento contínuo dos pontos de fugas de fluido para análise das causas e dos pontos críticos a serem solucionados. Um histórico poderá ser gerado, proporcionando uma manutenção preventiva mais efetiva.

O Quadro 19 apresenta um modelo de relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante.

Quadro 19 - 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:	(04) Cliente/Endereço:	
(02) Fabricante do sistema de refrigeração:	(05) Pessoa de contato e informações do operador do sistema:	
(03) Data: Data de início de operação:	(06) Telefone:	
Fluido Refrigerante		
(07) Tipo de fluido refrigerante: R22 - R407A - R410A - R290 outro =	(10) Quantidade do fluido refrigerante recolhido (kg)>	
(08) Fluido refrigerante acrescentado (vazamento)	(11) Recarga completa de fluido refrigerante	
(09) Quantidade do fluido refrigerante acrescentado (kg)>	(12) Total de fluido refrigerante recarregado (kg) >	
Informações da Instalação		
(13) Unidade interna tipo/modelo/nº:	(15) Fabricante do sistema:	
(14) Unidade externa tipo/modelo/nº:		
Local do Vazamento		
(16) Linha de descarga do compressor	(25) Compressor	
(17) Linha de expansão	(26) Válvula de segurança	
(18) Linha de sucção	(27) Filtro – Linha de líquido	
(19) Amortecedor de vibração da linha de descarga	(28) Interruptor de pressão/Transmissor	
(20) Separador de líquido	(29) Dispositivo de expansão	
(21) Evaporador	(30) Outros:	
(22) Válvula de serviço	(31) Ponto de vazamento não acessível (coberto)	
(23) Válvula <i>Schrader</i>	(32) Vazamento não encontrado	
(24) Condensador do fluido refrigerante		
Motivo do Vazamento - Nota: Mais do que um motivo de vazamento pode ser aplicável!		
(33) Oscilação/Vibração	(41) Pulsação na descarga de gás	
(34) Suporte da linha de transferência de fluido refrigerante inadequada	(42) Corrosão	
(35) Ponto de brasagem inadequado	(43) Brasagem capilar deficiente	
(36) Conexão flangeada mal vedada	(44) Conexão roscada mal vedada	
(37) Flange mal vedado	(45) Válvula <i>Schrader</i> mal vedada	
(38) Ponto de solda inadequado	(46) Danos de transporte	
(39) Danos causados por terceiros	(47) Outros	
(40) Parte defeituosa/fabricante & tipo do componente	(48) Assinatura do técnico	

11 Recolhimento, reciclagem e regeneração

11.1 Recolhimento

Recolher significa remover o fluido refrigerante de um sistema em qualquer condição e estocá-lo em um recipiente adequado.

Para o recolhimento de fluidos refrigerantes o uso de uma recolhadora é necessário. Algumas recolhadoras são combinadas com seções de limpeza, separação de óleo e filtragem. Estas unidades são descritas como unidades de reciclagem ou combinação de unidade de recolhimento e reciclagem.

Existem três tipos de aparelhos disponíveis, que podem ser independentes ou dependentes do sistema ou passivos, conforme apresentado a seguir:

Recolhimento independente

A recolhadora independente tem seu próprio compressor (ou algum outro mecanismo de transferência) para bombear fluido refrigerante para fora do sistema. Não requer assistência de qualquer componente do sistema que esteja sendo recuperado.

Recolhimento dependendo do sistema

Recolhadoras dependentes do sistema confiam no compressor do aparelho e/ou na pressão do fluido refrigerante do aparelho para assistir no recolhimento do fluido refrigerante. O recolhimento que use apenas um cilindro de recolhimento resfriado se enquadra nesta categoria.

Recolhimento passivo

O recolhimento passivo é voltado para pequenas quantidades de fluidos refrigerantes (refrigeradores domésticos, sistemas de ar condicionado do tipo janela e *mini-split*). É realizado por meio da diferença de pressão entre o aparelho e o equipamento de armazenagem do fluido.

11.1.1 Métodos de recolhimento do fluido refrigerante

Os métodos de recolhimento dependem do tipo de fluido refrigerante a ser recuperado, o qual geralmente se divide em dois grupos gerais: alta pressão, onde o ponto de ebulição do fluido refrigerante fica entre - 50 °C e 10 °C à pressão atmosférica; e, baixa pressão, onde o ponto de ebulição fica acima de 10 °C à pressão atmosférica. Fluidos refrigerantes de alta pressão incluem: CFC-12, HFC-134a e HCFC-22. Os fluidos refrigerantes de baixa pressão incluem: CFC-11, CFC-113, HCFC-141b e HCFC-123.

Os três métodos diferentes de recolhimento de fluido refrigerante são:

1. Recolhimento por transferência de vapor (para sistemas pequenos);
2. Recolhimento por transferência de líquido;
3. Recolhimento rápido “*push-pull*” para cargas de fluido refrigerante acima de 4,5 kg.

Figura 127 – Recolhimento por transferência de vapor

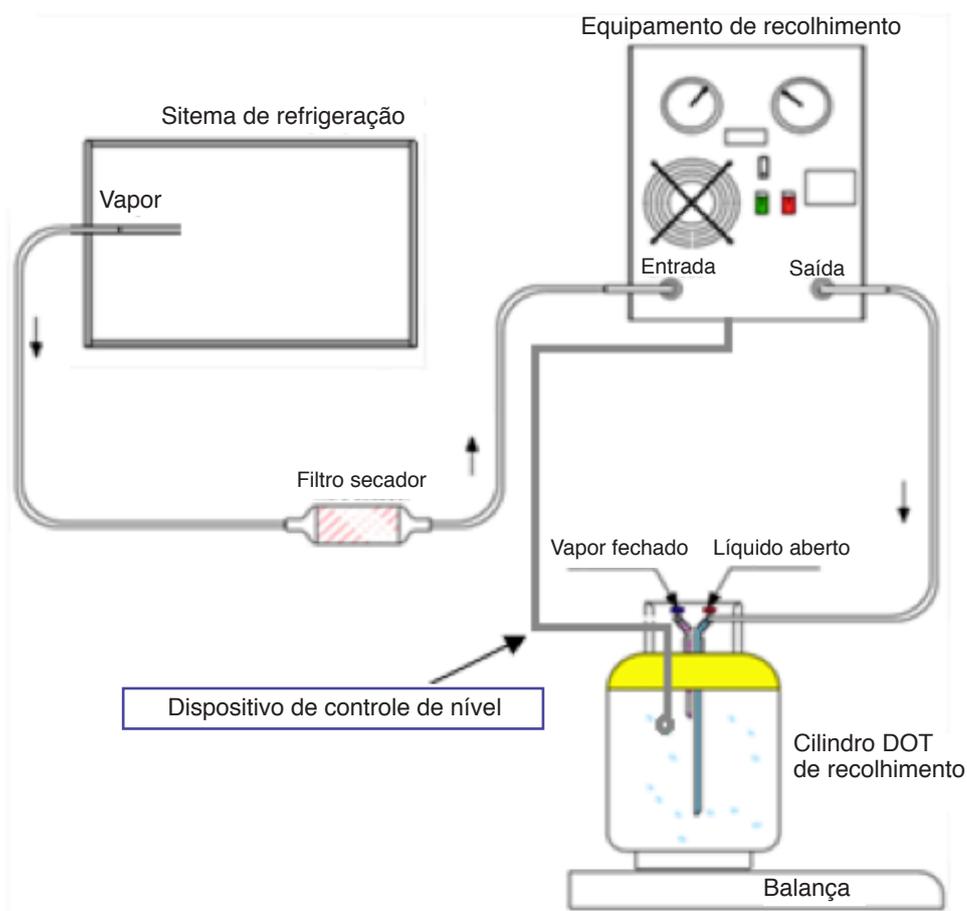


Figura 128 – Recolhimento por transferência de líquido e separação de óleo

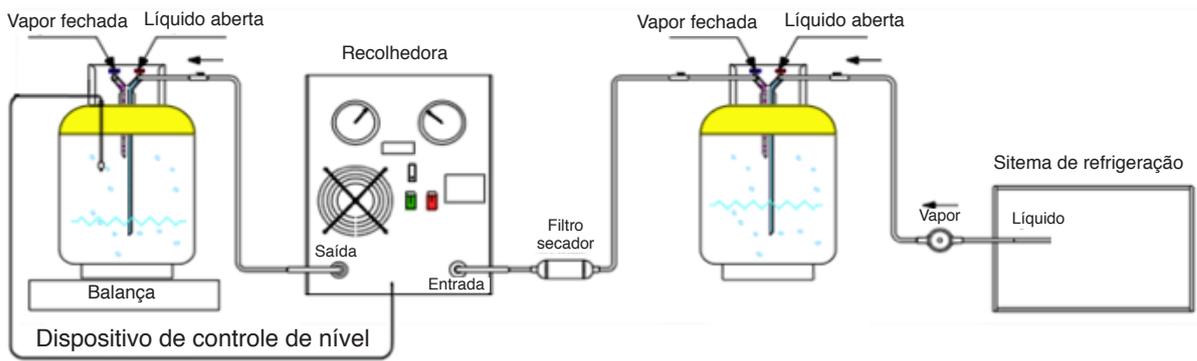
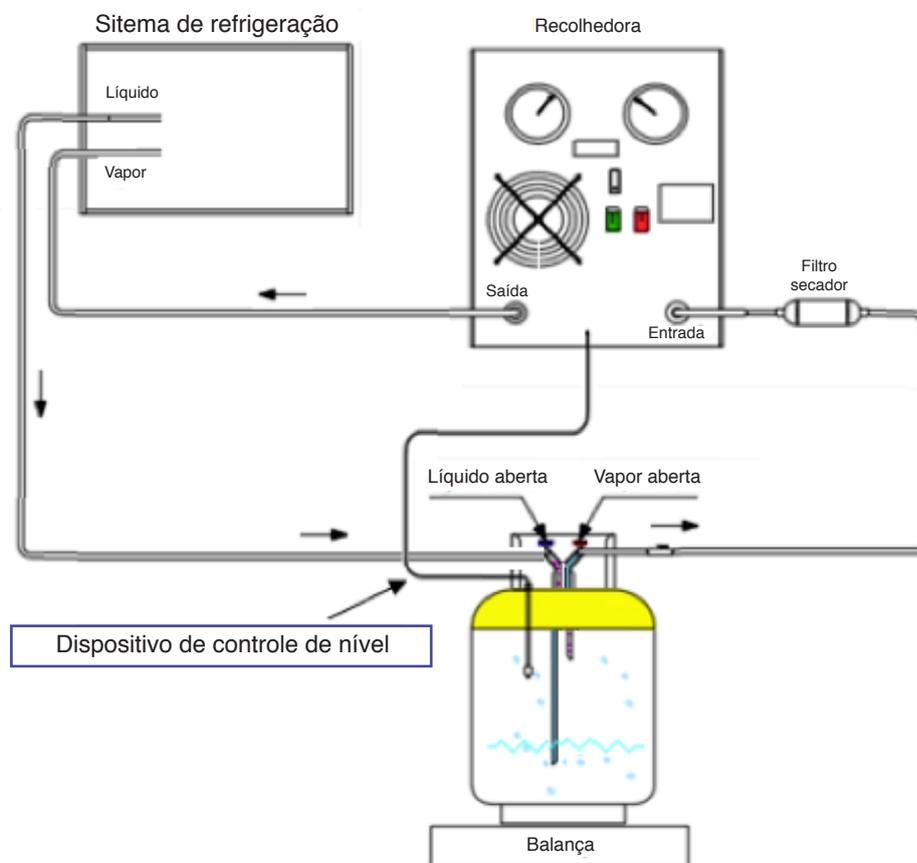


Figura 129 – Recolhimento rápido (*push-pull*)



O procedimento de recolhimento ativo, por transferência de líquido (*push-pull*), conforme apresentado na Figura 129, consiste na extração do fluido frigorífico do sistema de refrigeração, por meio de equipamento apropriado, utilizando um cilindro intermediário, e na armazenagem do fluido recolhido em cilindros e/ou tanques retornáveis. Este método garante um desempenho até 300 vezes mais rápido que o da fase de vapor e é o método mais utilizado em sistemas de médio e grande porte.

Um cilindro intermediário com válvula de líquido (pescador) é conectado entre o sistema e a máquina recolhedora. O cilindro intermediário extrai o fluido frigorífico por meio da válvula de líquido (fase líquida) do sistema. A máquina recolhedora, então, extrai o fluido frigorífico do cilindro intermediário por meio da válvula (fase vapor) e, por sua vez, pressuriza a linha de vapor do equipamento, forçando a saída do fluido frigorífico na fase líquida.

O fluido refrigerante remanescente deve ser recolhido pelo processo ativo por transferência de vapor, conforme Figura 127.

Nota: A norma ABNT NBR 15960/2011 (Fluidos Refrigerantes - Recolhimento, Reciclagem e Regeneração (3Rs) – Procedimentos) deve ser seguida.

Dicas especiais para o recolhimento de fluido refrigerante:

1. Sempre utilize as mangueiras de refrigeração mais curtas possíveis;
2. Use mangueiras com grande diâmetro (por exemplo $3/8"$), se possível;
3. Remova os núcleos de válvula do sistema e das mangueiras, se possível;
4. Use uma pistola de calor (ou secador de cabelo) para evaporar o fluido refrigerante (líquidos presos). Manchas são visíveis quando a umidade condensa por fora;
5. Use primeiro o recolhimento por transferência de líquido, quando possível;
6. Evacue cilindros de recolhimento vazios e equipamentos antes do uso;
7. Use ferramentas “inteligentes”, por exemplo, ferramenta de remoção do núcleo.

11.1.2 Dispositivos antitransbordamento

Os cilindros de armazenamento devem possuir dispositivo antitransbordamento para o controle do nível máximo de enchimento do cilindro. Estes dispositivos irão, automaticamente, limitar a quantidade do fluido refrigerante transferido respeitando o nível de oitenta por cento do seu volume líquido.

Os dispositivos antitransbordamento devem funcionar como um dispositivo de segurança, porém, na maioria das máquinas, esses interruptores simplesmente desligam a recolhadora sem parar o fluxo do fluido refrigerante, o que poderá resultar em um cilindro excessivamente cheio colocando o técnico em uma situação extremamente perigosa.

A seguir são apresentados os perigos conhecidos em situações comuns:

1. Durante procedimentos de recolhimento rápido “*push-pull*”, uma vez tendo sido dada partida em algum sifão, o dispositivo antitransbordamento simplesmente desliga a máquina de recolhimento, mas não impede o fluxo de fluido refrigerante para o tanque;
2. Porém, ao utilizar um cilindro com uma grande quantidade de fluido refrigerante frio e recolhendo de um sistema a uma temperatura mais alta, o desligamento da máquina não fará com que o fluido refrigerante pare de migrar para o ponto mais frio (neste caso, o tanque de recolhimento), enchendo excessivamente o cilindro mesmo com a recolhadora desligada.

Cuidado: O dispositivo antitransbordamento nem sempre impede um enchimento excessivo do cilindro. O técnico deverá estar ciente da probabilidade dos riscos à segurança e deve acompanhar o processo de recolhimento de forma contínua, utilizando, adicionalmente, uma balança para controle do peso do cilindro.

Atenção: Nenhum processo que envolva conexões temporárias e sistemas sob pressão deverá ser deixado sozinho pelo técnico!

11.1.3 Reutilização do fluido recolhido

Na maioria dos casos, o fluido refrigerante recolhido pode ser recarregado no mesmo sistema de origem, após o reparo, caso o fluido refrigerante não esteja contaminado, como, por exemplo, na situação de desgaste ou queima de um compressor. Também é possível a reutilização de fluidos refrigerantes recolhidos em um sistema similar após a sua limpeza, com a utilização de uma unidade de reciclagem para remoção da umidade, das partículas, dos ácidos e dos gases não condensáveis. Para que possa ser devidamente reciclado, é essencial que o fluido refrigerante tratado não seja contaminado (misturado) com outros tipos de fluido refrigerante.

Os principais contaminantes presentes nos fluidos refrigerantes são: umidade, ácidos, gases não condensáveis, material particulado, partículas de resíduos de alto ponto de ebulição, como óleo lubrificante e gases condensáveis. O Anexo 01 mostra o nível de contaminantes definidos na AHRI 740/2016.

Os contaminantes presentes nos fluidos prejudicam o funcionamento do sistema. A umidade diminui a eficiência do sistema e pode causar bloqueio no dispositivo de expansão por congelamento.

Os ácidos causam corrosão nos componentes do sistema de refrigeração e podem ser dos tipos orgânicos e inorgânicos. Os ácidos orgânicos estão, normalmente, contidos no lubrificante e são removidos no separador de óleo, na linha de líquido ou na linha de sucção por meio do filtro secador. Os ácidos inorgânicos, tais como ácido clorídrico, são removidos pela purga de não condensáveis e apresentam reações com superfícies metálicas.

Os gases não condensáveis provocam aumento de pressão e redução da eficiência no sistema de refrigeração e são constituídos principalmente por ar. Podem estar no interior de um equipamento de ar condicionado ou podem ser introduzidos durante a manutenção. O controle consiste em:

- Realizar o vácuo e a quebra do vácuo com a carga de fluido refrigerante impedindo a entrada de ar. Lembre-se que o ar pode penetrar mesmo em unidades pressurizadas com fluido refrigerante, como, por exemplo: na troca de uma garrafa de fluido refrigerante o ar contido na mangueira irá para o equipamento, reduzindo a eficácia do vácuo;
- Minimizar a infiltração de ar por meio da correta montagem do equipamento, com a utilização de técnicas apropriadas de conexão e procedimentos de manutenção.

Os materiais particulados provocam entupimento parcial ou total no dispositivo de expansão reduzindo a eficiência do sistema de refrigeração e podem ser removidos por meio de filtros simples ou secadores instalados na entrada da recolhedora.

Os resíduos de elevado ponto de ebulição consistem, principalmente, de lubrificante misturado ao fluido refrigerante, quando estes não são compatíveis.

Outros gases condensáveis consistem, principalmente, de outros fluidos refrigerantes. Eles podem ter sido gerados em pequenas quantidades durante a operação em altas temperaturas.

A mistura de fluidos é um caso especial de outros gases condensáveis em que o fluido resultante não atende às especificações do produto, mesmo que toda a umidade, ácidos, partículas, lubrificante e não condensáveis tenham sido removidos.

Para evitar a mistura acidental de fluidos, deve-se:

- Marcar claramente o recipiente para o tipo de fluido refrigerante específico;
- Limpar mangueiras ou equipamentos de recolhimento e reciclagem antes do início de qualquer procedimento, no caso em que são recolhidos e reciclados fluidos diferentes por um mesmo equipamento.

A separação de misturas de fluidos refrigerantes pode requerer a utilização de processos industriais mais avançados e que nem sempre estão disponíveis a custo acessível. Por isso, as misturas ou fluidos refrigerantes altamente contaminados devem ser tratados separadamente e/ou armazenados para posterior destruição, conforme legislação ambiental vigente.

Atenção: É sempre necessário saber qual é o fluido refrigerante que está contido no sistema!

Para a proteção do meio ambiente e para fins de reutilização dos fluidos refrigerantes recolhidos, o tipo do fluido deve ser conhecido. Não misture tipos diferentes de fluidos refrigerantes para não inviabilizar a reutilização!

Métodos de identificação de fluidos refrigerantes:

- Uso de identificador de fluido refrigerante;
- Placa de identificação;
- Compressor;
- Pressão e temperatura do fluido refrigerante.

Figura 130 - Exemplo de identificador de fluidos refrigerantes



Quantidade de recipientes de recolhimento necessária para procedimentos de recolhimento e reciclagem:

- 1 cilindro para cada tipo de fluido refrigerante;
- 1 cilindro para fluidos queimados e desconhecidos;
- 1 recipiente para o óleo lubrificante.

Filtro secador

Lembre-se de usar um filtro secador ou filtro de partículas em sua recolhedora. Também é importante utilizar um filtro para acidez, pois os ácidos e partículas irão causar danos à recolhedora e ao sistema de ar condicionado, onde o fluido refrigerante contaminado será adicionado. O teste do fluido refrigerante pode ser feito com a medição de ácido e umidade do fluido refrigerante.

O recolhimento adequado viabiliza o posterior tratamento das substâncias recolhidas e a reutilização, diminuindo a demanda por fluidos novos (virgens) importados e, consequentemente, o consumo brasileiro de SDOs. O fluido refrigerante recolhido pode ter três destinações:

- a) Reciclagem no próprio local com a utilização de equipamentos adequados;
- b) Destinados às unidades de reciclagem ou centrais de regeneração;
- c) Destinado à incineração, caso não haja possibilidade de tratamento.

Importante: O fluido refrigerante recolhido pode ser vendido, possibilitando a obtenção de retorno financeiro e estimulando o fortalecimento do mercado de reciclagem no Brasil.

Nota: Os contatos e endereços das centrais e empresas de regeneração e reciclagem no Brasil estão disponíveis nos endereços dos sites do Protocolo de Montreal no Brasil e do PBH - Boas Práticas Refrigeração:

www.boaspraticasrefrigeracao.com.br

www.protocolodemontreal.org.br

11.2 Reciclagem

Reciclar um fluido refrigerante significa reduzir os contaminantes como umidade, acidez e materiais particulados, permitindo que ele seja reutilizado com segurança e eficácia no aparelho de origem ou em outro aparelho similar.

11.2.1 Recicladora

O fluido refrigerante recolhido pode ser reutilizado no mesmo sistema do qual foi recolhido ou pode ser removido do local e processado para uso em outro sistema, dependendo da razão de seu recolhimento e da sua condição, ou seja, do nível e tipo de contaminantes que o fluido refrigerante contém.

Os contaminantes potenciais em fluidos refrigerantes são ácidos, umidade, gases não condensáveis e material particulado. Mesmo baixos níveis destes contaminantes podem reduzir a vida útil de um sistema de refrigeração e ar condicionado.

Fluidos refrigerantes contaminados (incluindo os fluidos recolhidos de uma unidade com um compressor hermético queimado) são reutilizáveis, desde que tenham sido recolhidos por uma recolhadora que possua um separador de óleo e filtros apropriados (unidade de reciclagem por filtração).

As unidades de reciclagem (Figura 131) podem ser ligadas diretamente ao sistema de refrigeração ou ao cilindro de recolhimento contendo o fluido refrigerante contaminado.

Figura 131 - Exemplo de recicladora doada pelo Plano Nacional de Eliminação dos CFCs (PNC)



Geralmente, os principais componentes de limpeza da unidade de reciclagem são:

1. Compressor;
2. Válvula de expansão (VET) ou regulador de pressão constante;
3. Acumulador de sucção e/ou separador de óleo com válvula de dreno de óleo;
4. Seções de filtro (uma ou mais);
5. Dispositivo de purga para gases não condensáveis (manual ou automático);
6. Condensador;
7. Cilindro de armazenamento.

A principal vantagem da reciclagem é que esta operação pode ser realizada no local de trabalho, ou em uma loja de serviço local, evitando assim custos de transporte. O processo de reciclagem em campo normalmente ocorre no momento do recolhimento do fluido refrigerante do sistema, com a utilização de equipamentos que permitam a redução dos contaminantes.

A fim de verificar se o grau de pureza do fluido refrigerante reciclado permite que ele seja reutilizado com segurança e eficácia no mesmo sistema ou em outro similar, deve-se realizar um teste de acidez. O teste requer uma amostra entre 100 g a 120 g e tem um limite mínimo de detecção de 0.1 ppm por unidade de massa. Se o teste de acidez acusar positivo, a carga total do fluido refrigerante deverá passar pelo processo de regeneração.

11.2.2 Sistemas de reciclagem

A unidade de reciclagem utiliza sistema de reciclagem de ciclo único ou contínuo. O método de ciclo único processa o fluido refrigerante através de um filtro secador ou destilação, e realiza apenas uma passagem por meio do processo de reciclagem para um cilindro de armazenamento (ver Figura 132). No método de ciclo contínuo, o fluido refrigerante circula pelo filtro secador várias vezes, e depois de um período de tempo ou número de ciclos, o fluido refrigerante é transferido para um cilindro de armazenamento (ver Figura 133).

Figura 132 - Reciclagem de ciclo único

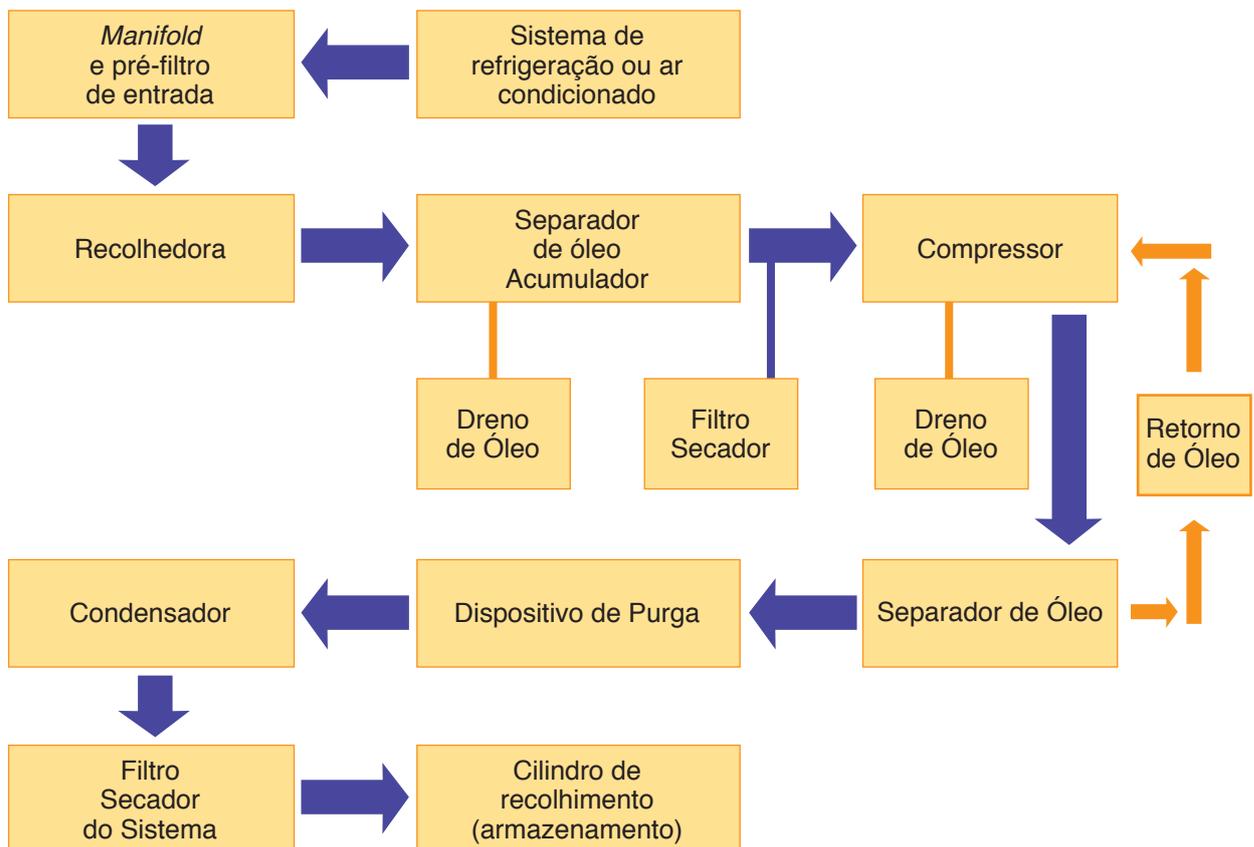
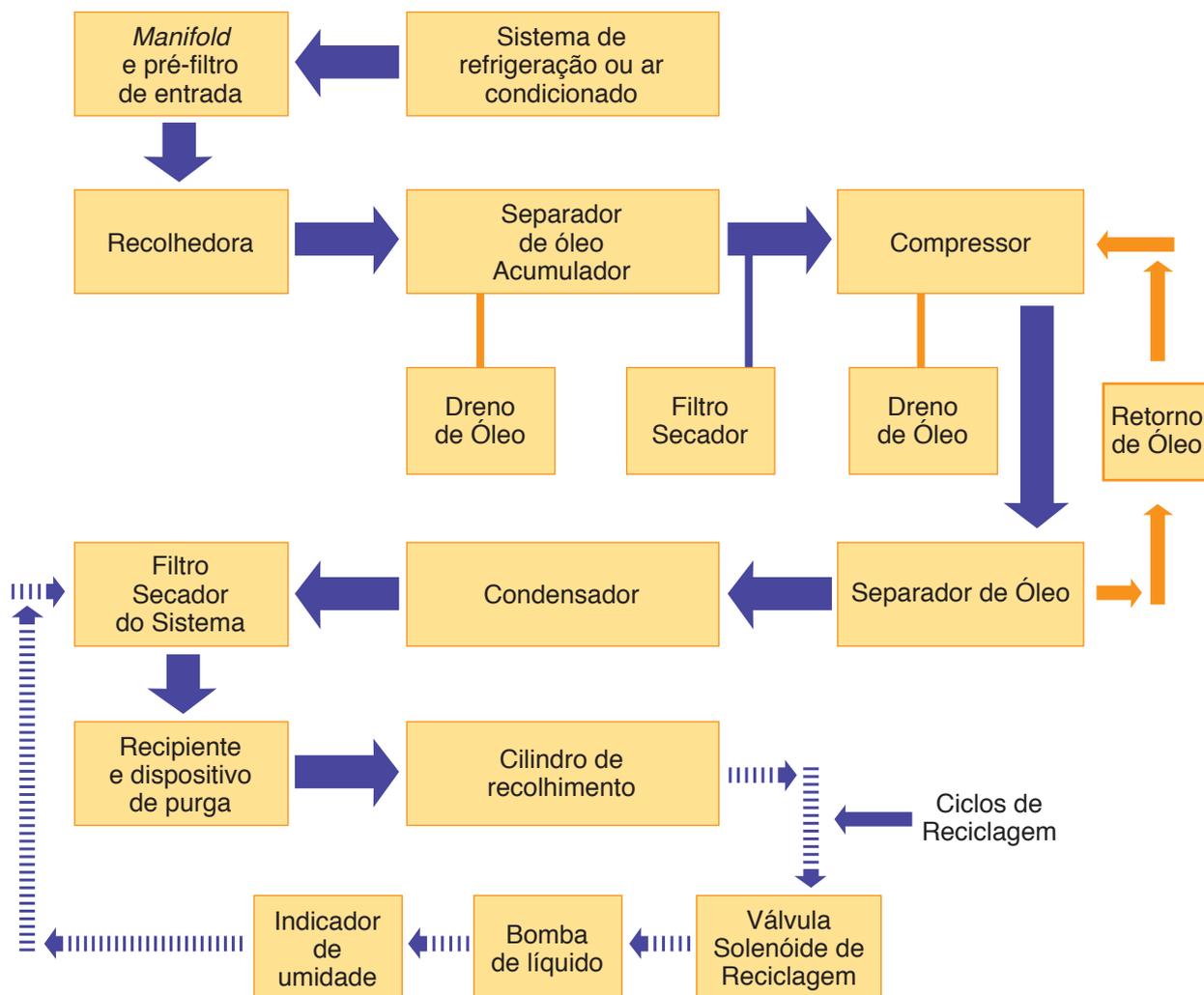


Figura 133 - Reciclagem de ciclo contínuo



11.2.3 Fluxograma do processo de reciclagem de fluido refrigerante

A Figura 134 apresenta o fluxograma de um processo de reciclagem de fluido refrigerante.

Figura 134 - Fluxograma do processo de reciclagem de fluido refrigerante



11.3 Regeneração

Regenerar significa tratar o fluido refrigerante contaminado para levá-lo à condição de produto novo, após ser submetido a uma análise físico-química. O tratamento do fluido pode ser realizado pelo processo de destilação.

11.3.1 Regeneradora

As regeneradoras utilizam um processo mais elaborado para o tratamento de fluidos refrigerantes contaminados. Por meio da regeneração, o fluido atinge alto grau de pureza, similar ao de um fluido virgem. Na Figura 135 é mostrado um exemplo de uma central de regeneração doada no âmbito das ações do Protocolo de Montreal (Plano Nacional de Eliminação de CFCs).

Figura 135 - Exemplo de central de regeneração doada no âmbito do PNC



A regeneradora de fluidos refrigerantes, apresentada na Figura 136, possui as mesmas funções da recicladora, porém com um maior poder de filtragem, separação de líquidos e de não condensáveis. Recomenda-se nunca misturar diferentes tipos de fluidos em um mesmo tanque ou cilindro no ato do recolhimento, pois a grande maioria das centrais de regeneração realizam o processo de filtragem e não fazem a separação das misturas.

Figura 136 - Exemplo de regeneradora de fluidos refrigerantes doada no âmbito do PNC



O laboratório das centrais de regeneração, apresentado na Figura 137, possui aparelhos para verificação do grau de pureza dos fluidos frigoríficos, tais como cromatográfico e identificador de fluidos.

Figura 137 - Exemplo de laboratório



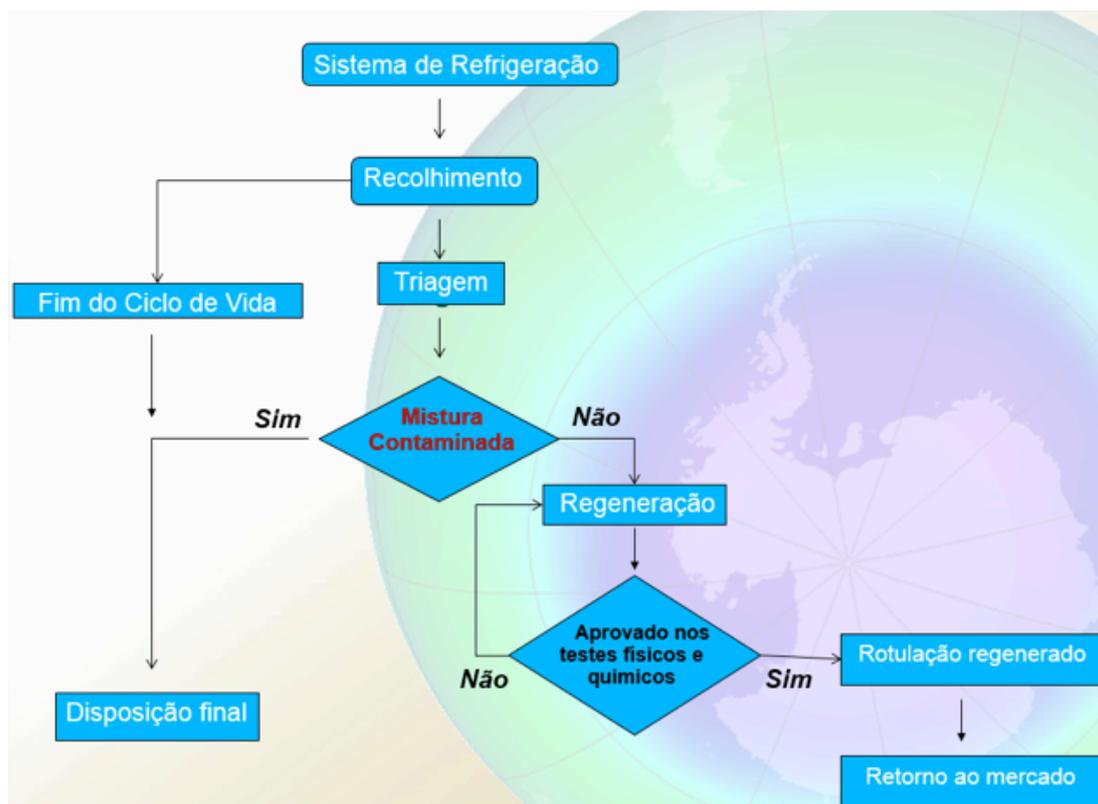
O processo de regeneração tem seus procedimentos e requisitos definidos pelas normas ABNT NBR 16667 e ABNT NBR 15960 (3Rs). O fluido contaminado deve ser tratado em equipamento com capacidade para reter partículas, retirar umidade e acidez, separar gases não condensáveis e óleo.

Para receber a titulação de “Regenerado”, o fluido frigorífico precisa passar por teste laboratorial para atingir o nível de pureza de 99,8% (mesmo nível do fluido virgem). Depois de regenerado, o fluido poderá ser usado em qualquer aparelho de refrigeração ou ar condicionado.

11.3.2 Fluxograma do processo de regeneração de fluido frigorífico

A Figura 138 apresenta o fluxograma de um processo de regeneração de fluido frigorífico.

Figura 138 - Fluxograma do processo de regeneração de fluido frigorífico

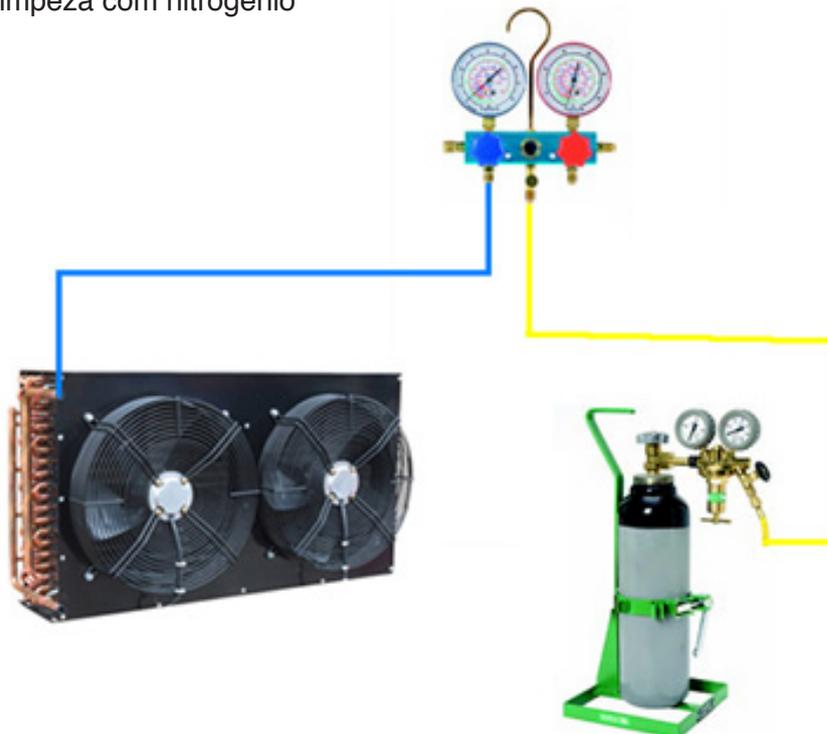


12 Operações no sistema de refrigeração

12.1 Limpeza do circuito do ar condicionado (*flushing*) com nitrogênio seco

A limpeza do sistema de ar condicionado ou de componentes separados, para a retirada de material particulado, pode ser feita passando um fluxo de nitrogênio seco em uma das extremidades do componente, deixando a outra extremidade aberta para a saída do material particulado.

Figura 139 - Limpeza com nitrogênio



12.2 Evacuação do circuito de ar condicionado

Antes de carregar qualquer sistema de ar condicionado com fluido refrigerante, um bom vácuo deve ser realizado para remover gases não condensáveis e umidade. Utilize bomba de vácuo de duplo estágio com válvula de balastro de gás e com tamanho adequado ao volume do circuito de refrigeração. A bomba de vácuo deve ter conexões macho para mangueiras de ¼" e ⅜". Deve também possuir válvula solenóide, no lado da sucção, para evitar qualquer retorno de ar para dentro do sistema, no caso da falta de energia durante a operação de vácuo.

Nota: A limpeza e o óleo lubrificante da bomba de vácuo devem ser verificados regularmente.

Quadro 20 - Seleção da bomba de vácuo

1,25 CFM/ 2,1 m³/h	2,5 CFM/ 4,2 m³/h	4,2 CFM / 7,1 m³/h	5,8 CFM/ 10,0 m³/h	8,3 CFM/ 14,2 m³/h
Para Sistemas abaixo de 5,5 Kw, exemplo:	Para sistemas de abaixo de 25 Kw, exemplo:	Para sistemas abaixo de 65 Kw, exemplo:	Para sistemas abaixo de 120 Kw, exemplo:	Para sistemas abaixo de 250 Kw, exemplo:
Automotivo	Refrigeração para transporte	Refrigeração para transporte	<i>Chiller</i>	Supermercados
Geladeira	Câmara fria	<i>Autobus</i>	Câmaras frias grandes	Câmaras frias grandes
<i>Freezer</i>	Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício)	Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício)	Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício)	Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício)
Ar Condicionado para sala	Sistema de ar condicionado do tipo <i>split</i> comercial	Sistema de ar condicionado do tipo <i>split</i> comercial	Refrigeração industrial	Refrigeração industrial
Ar condicionado do tipo <i>mini-split</i>				

O Quadro 20 especifica as características adequadas para a bomba de vácuo para cada tipo de aplicação.

A fim de aproveitar o rendimento máximo da bomba, a mangueira de vácuo deve ser de maior diâmetro (⅜" diâmetro e 2x⅜" conexão fêmea SAE) e deve conter um comprimento máximo de cerca de 1 metro. A mangueira de vácuo não deve conter depressor de núcleo.

O conjunto *manifold* deve conter conexão de válvula para a bomba de vácuo (por exemplo, ⅜" e ¼" com conexão macho SAE).

Um vacuômetro calibrado (de preferência eletrônico) deve ser instalado no equipamento ou componente mais distante da bomba de vácuo, garantindo que a leitura dos dados corresponda ao vácuo uniforme em todo o sistema.

A evacuação deve:

- Ser realizada em ambos os lados de alta e baixa do sistema;
- Ser feita após o teste de detecção de vazamentos;
- Ser feita antes da carga de fluido refrigerante;
- Atingir um vácuo de cerca de 500 microns de mercúrio com a bomba de vácuo em operação;

Nota: Depois de 5 minutos com a bomba de vácuo em repouso, o vácuo não deve ultrapassar os 1.500 microns de mercúrio.

Passo a Passo:

- Conecte o *manifold* de quatro mangueiras nas válvulas de serviço do ar condicionado, na bomba de vácuo, no vacuômetro e finalmente no cilindro de carga de fluido refrigerante;
- Conecte a bomba de vácuo na mangueira de serviço do *manifold*;
- Conecte o vacuômetro entre a bomba de vácuo e a válvula do *manifold* no sistema;
- Ligue a bomba de vácuo;
- Ao atingir 500 microns de mercúrio, feche o registro na bomba de vácuo e verifique o aumento de pressão por 5 minutos;
- Confirme o valor de vácuo de 1.500 microns de mercúrio em repouso por 5 minutos;
- Caso a pressão ultrapasse os 1.500 microns de mercúrio, o sistema apresenta vazamento ou umidade e deve ser reparado;
- Caso não haja vazamentos, vá para a próxima etapa de quebra de vácuo e carga de fluido refrigerante.

Nota: Cuidado para que as perdas de pressão nas mangueiras não sejam superiores a 1.000 microns de mercúrio.

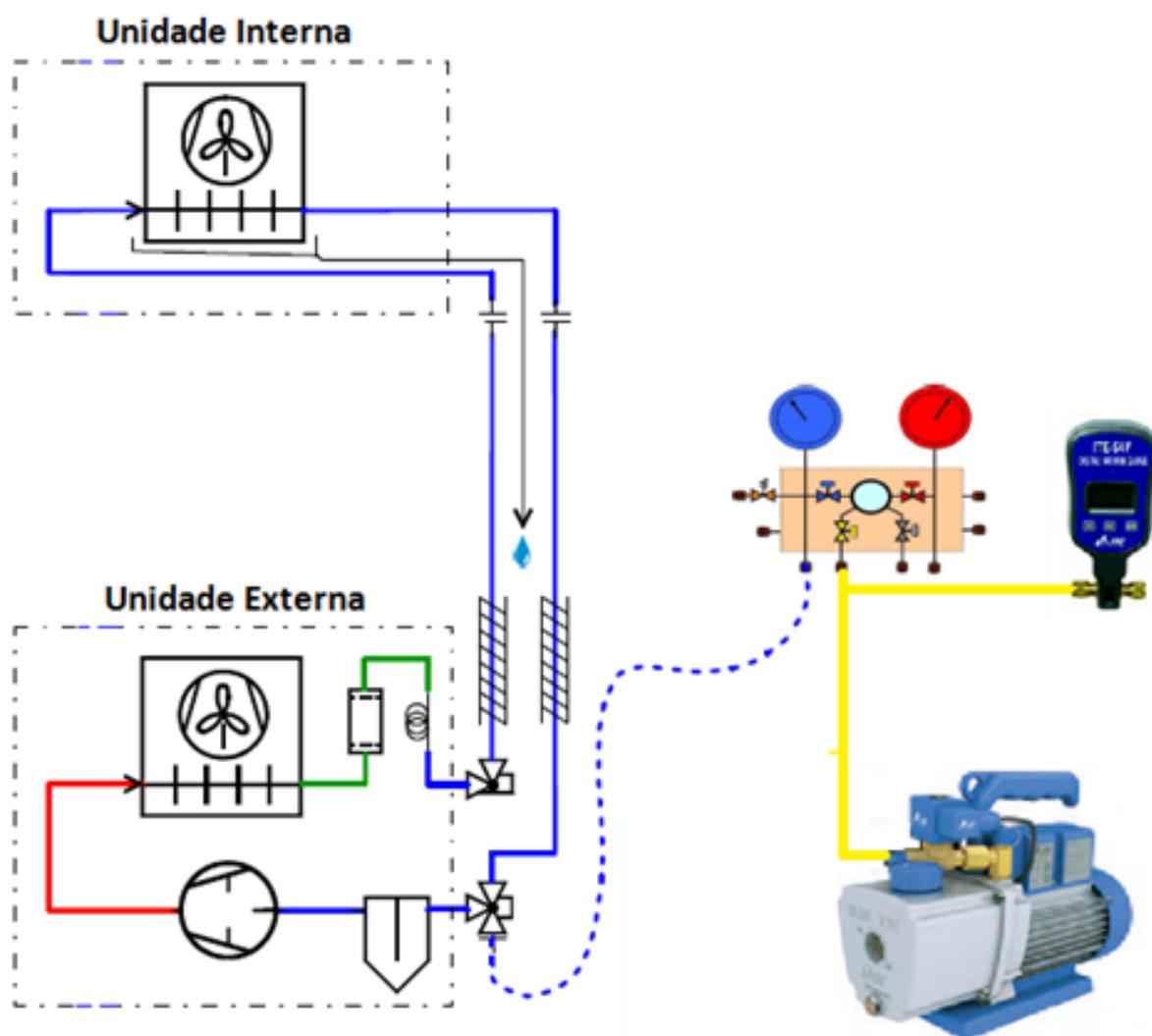
No caso de não conseguir atingir o nível de vácuo necessário, a seguinte análise deve ser realizada:

1. Verifique as ferramentas conectadas ao sistema e as conexões da mangueira em busca de eventuais vazamentos;
2. Verifique no sistema inteiro se há vazamentos;
3. Caso não sejam encontrados vazamentos, há um elevado teor de água no sistema.

Se houver água no sistema, a limpeza adicional com nitrogênio seco pode apoiar o procedimento de evacuação e diminuir o tempo necessário para manter o nível de vácuo desejado.

Para assegurar que não haja vazamento no sistema, o nível de vácuo desejado deve ser mantido sem qualquer aumento significativo durante um intervalo de tempo de 30 minutos com a bomba de vácuo desligada. A Figura 140 apresenta uma exemplo sobre aplicação de vácuo no sistema de ar condicionado.

Figura 140 - Exemplo de vácuo no sistema



A Tabela 5 apresenta a conversão dos valores de vácuo. A área verde indica níveis de vácuo a serem alcançados para a evacuação de sistemas de refrigeração e ar condicionados.

Tabela 5 - Conversão de valores de vácuo

Evaporação H ₂ O em °C	mbar	Mícron	PSI	Polegadas de Mercúrio (Hg)	% Vácuo
100,0	1013,070	759968,00	14,69800	0,00	0
96,1	713,150	535000,00	10,34690	8,86	29,59
90,0	700,530	525526,00	10,16200	9,23	30,63
80,0	473,340	355092,00	6,86600	15,94	53,13
70,0	311,500	233680,00	4,51900	20,72	69,15
60,0	199,090	149352,00	2,88000	24,04	80,29
50,0	123,240	92456,00	1,78800	26,28	87,8
40,0	73,470	55118,00	1,06600	27,75	92,72
30,0	42,320	31750,00	0,61400	28,67	95,81
26,7	33,860	25400,00	0,49100	28,92	96,65
24,4	30,470	22860,00	0,44200	29,02	96,98
22,2	27,090	20320,00	0,39300	29,09	97,32
20,6	23,700	17780,00	0,34400	29,12	97,65
17,8	20,550	15420,00	0,29500	29,31	97,96
15,0	16,930	12700,00	0,24600	29,42	98,32
11,7	13,540	10160,00	0,19600	29,55	98,65
7,2	10,150	7620,00	0,14700	29,62	98,99
0,0	6,090	4572,00	0,08800	29,82	99,4
-6,1	3,390	2540,00	0,04900	29,84	99,66
-12,97	1,999	1500,00	0,02901	29,85	99,81
-14,4	1,690	1270,00	0,02450	29,86	99,83
-17,0	1,330	1000,00	0,01934	29,88	99,87
-20,0	0,990	750,00	0,01450	29,89	99,9
-23,0	0,670	500,00	0,00967	29,90	99,93
-31,1	0,340	254,00	0,00490	29,905	99,97
-37,2	0,170	127,00	0,00245	29,910	99,98
-40,0	0,133	100,00	0,00193	29,916	99,986
-51,1	0,034	25,40	0,00049	29,917	99,996
-56,7	0,017	12,70	0,00024	29,918	99,998
-67,8	0,003	2,50	0,00005	29,919	99,999
	0,000	0,00	0,00000	29,920	100

■ Valor máximo de pressão para assegurar a vaporização d'água contida no equipamento.

■ Valor máximo de pressão para assegurar um vácuo em equilíbrio no equipamento aprovado.

■ Valor ideal de vácuo no equipamento.

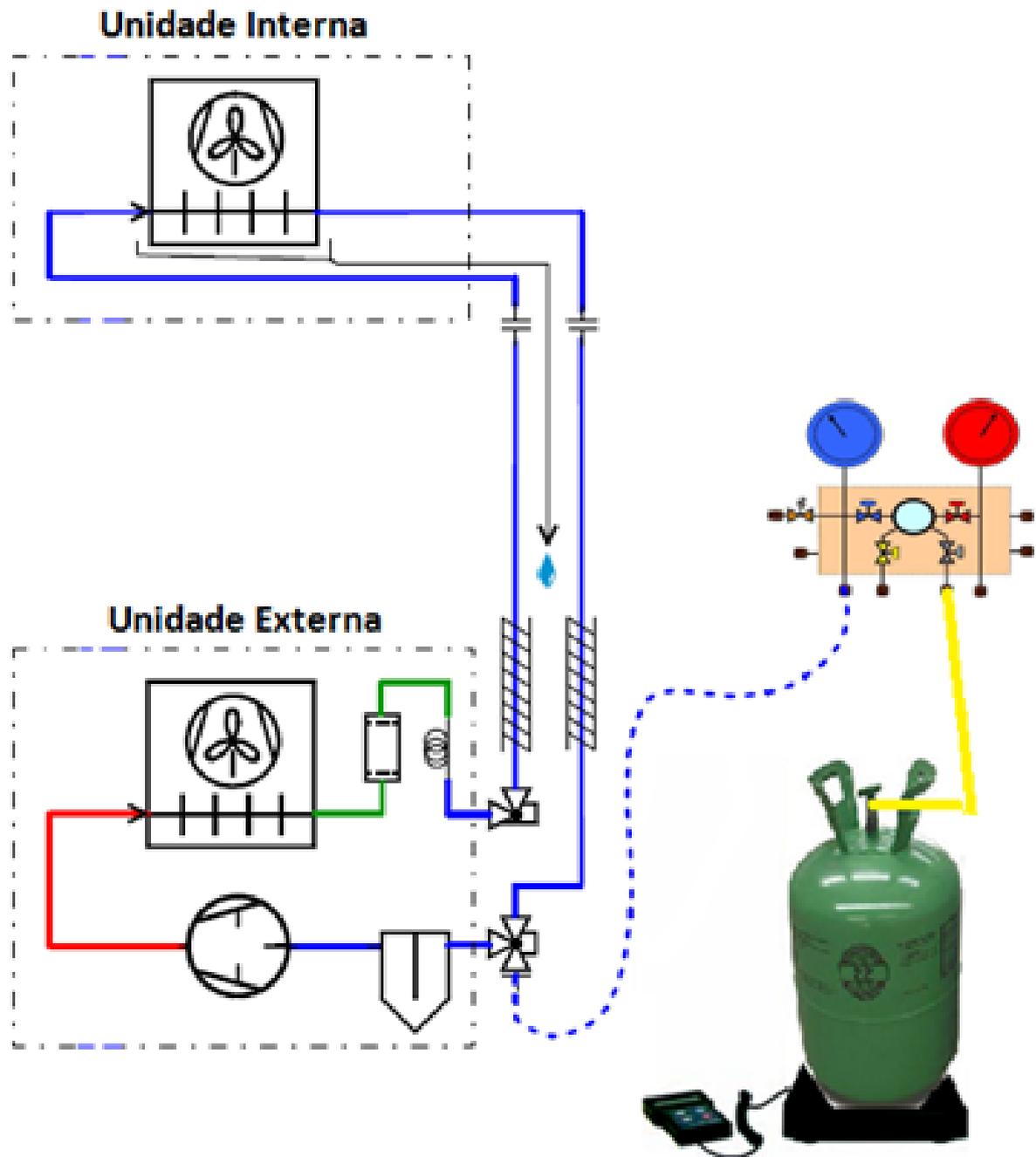
12.3 Carga de fluido refrigerante

Após o reparo de vazamentos identificados e a realização do vácuo, pode ser realizada a quebra de vácuo e a carga de fluido refrigerante.

Passo a Passo:

- Em vácuo, abra a válvula do *manifold* para o cilindro de carga do fluido refrigerante e realize vácuo nesta mangueira, através de T com válvula globo ou conexão extra no próprio *manifold* (quatro vias);
- Dê uma carga inicial no sistema. Caso a carga seja feita com líquido, deverá ser feita pela linha de expansão e com o sistema desligado. Recomenda-se que a carga seja feita com a utilização de uma balança de precisão;
- No caso da carga de fluido refrigerante já ser conhecida, ao se atingir o valor desejado, interrompa o processo fechando as válvulas da garrafa de carga e do *manifold*;
- Ligue o sistema e sempre monitore o acréscimo da carga por meio de manômetros, balança, temperatura, corrente elétrica e superaquecimento. Os seguintes cuidados devem ser tomados:
 - A corrente elétrica do compressor depende de múltiplas variáveis, tais como a pressão de sucção e de descarga; e estas estão relacionadas com as temperaturas do ambiente interno e do ar externo. Portanto, a corrente elétrica serve para auxiliar na carga de fluido refrigerante, mas não deve ser utilizada como único parâmetro para realização dessa carga.
 - O ideal é conhecer a folha de dados do equipamento com seus parâmetros de operação e comparar com os valores reais de funcionamento.

Nota: Ao se utilizar *blend* na carga de fluido, a carga deve ser realizada na forma líquida pela linha de expansão.

Figura 141 - Exemplo para carga de fluido refrigerante

Atenção: Em casos de vazamento de fluido refrigerante, sempre é necessário recolher todo fluido refrigerante restante do sistema antes de realizar as atividades de manutenção e reparo. Somente assim será possível saber a carga exata que ainda está contida no sistema. Em casos de vazamentos não há como saber a quantidade que vazou. Assim, recomenda-se medir a quantidade de fluido recolhida e verificar, na placa de identificação do aparelho e no manual do fabricante, a quantidade exata de fluido refrigerante necessária para completar a carga, evitando desta forma uma carga demasiadamente grande.

12.4 Procedimento de partida (*start-up*) e balanceamento do sistema frigorífico

Antes de ligar o sistema verifique se:

- A energia elétrica da rede é compatível com as características elétricas do ar condicionado;
- Os compressores podem se movimentar livremente sobre os calços de borracha da unidade externa;
- Todas as válvulas de serviço estão na posição correta de operação;
- A área em torno da unidade externa está livre de qualquer obstrução na entrada ou saída do ar;
- Ocorre uma perfeita drenagem da água condensada e se não há entupimento na mangueira de dreno das unidades.

Após a verificação dos itens acima e após a realização da carga de fluido frigorífico, durante algumas horas verifique e acompanhe as condições de operação do sistema, tais como:

- Pressões de sucção e expansão do sistema;
- Corrente e tensão elétricas;
- Superaquecimento.

O Quadro 21 mostra uma sugestão de *check-list* que poderá ser utilizada para estas verificações.

Quadro 21 - Checklist para Start-up

START-UP		
Proprietário:		
Local da instalação:		
Data da instalação		
Tipo de equipamento:		
Instalador	Empresa:	
	Contato:	
Tipo de fluido frigorífico/carga (kg):		
Modelo/número de série do sistema:		
Leituras Obtidas		
Sistema de ar condicionado	Folha de dados	Leitura
Pressão de sucção (psig)		
Temperatura de evaporação (°C)		
Temperatura de sucção (°C)		
Superaquecimento (°C)		
Pressão da linha de expansão (psig)		
Temperatura da linha de expansão (°C)		
Temperatura ambiente (°C)		
Diferencial de temperatura de entrada e saída de ar no condensador (°C)		
Corrente elétrica nominal (A)		
Tensão elétrica nominal (V)		

12.4.1 Comissionamento

O bom funcionamento do sistema depende, principalmente, do grau de contaminação presente, tais como gases condensáveis e não condensáveis e umidade. Contudo, também dependerá da seleção, instalação e partida do equipamento.

12.4.2 Superaquecimento

O superaquecimento é o aquecimento do fluido refrigerante fora da linha saturada, cujo objetivo é evitar danos ao compressor. O grau do superaquecimento depende principalmente do tipo de fluido refrigerante, do compressor e da construção do evaporador.

Em sistemas de ar condicionado, o superaquecimento pode ser utilizado como parâmetro adicional para acertar a quantidade de carga de fluido refrigerante.

Nota: O valor do superaquecimento deve ser consultado junto ao fabricante do aparelho.

Definição de superaquecimento:

Diferença entre a temperatura de sucção (T_s) e a temperatura de evaporação saturada (T_{es}).

Equipamentos necessários para medição:

- *Manifold*;
- Termômetro de contato ou eletrônico (com sensor de temperatura);
- Fita ou espuma isolante;
- Tabela de Relação Pressão x Temperatura de Saturação para o Fluido Refrigerante Usado.

Passos para medição:

- a) Coloque o sensor de temperatura em contato com a tubulação de sucção a 150 mm da entrada da unidade condensadora. A superfície deve estar limpa e a medição deve ser feita na parte superior do tubo para evitar leituras falsas. Recubra o sensor com a espuma, de modo a isolá-lo da temperatura ambiente;
- b) Instale o *manifold* na tubulação de sucção (manômetro de baixa);
- c) Depois que as condições de funcionamento estabilizarem-se, leia a pressão no manômetro da tubulação de sucção. Da tabela Pressão x Temperatura de Saturação, obtenha a temperatura de evaporação saturada (T_{es});
- d) No termômetro leia a temperatura de sucção (T_s). Faça várias leituras e calcule sua média, que será a temperatura adotada: $SA = T_s - T_{es}$;
- e) Subtraia a temperatura de evaporação saturada (T_{es}) da temperatura de sucção, a diferença é o superaquecimento;
- f) Se o superaquecimento estiver dentro dos valores recomendados pelo fabricante, a carga de fluido refrigerante está correta. Se estiver abaixo, muito fluido está sendo injetado no evaporador e será necessário retirar fluido do sistema. Se o superaquecimento estiver alto, pouco fluido está sendo injetado no evaporador e é necessário acrescentar fluido no sistema.

O valor de superaquecimento de 5 a 7°C pode ser considerado como superaquecimento correto se as condições de temperatura TBS e TBU estiverem conforme a Norma AHRI 210; sendo para condição de verão: TBS Externa = 35,0°C e TBS Interna = 26,7°C; e, para condição de inverno: TBU Externa = 23,9°C e TBU Interna = 19,4°C.

4. Exemplo de cálculo:

- Fluido refrigerante.....R22
- Pressão da tubulação de sucção (manômetro) (70 psig)
- Temperatura de evaporação saturada (tabela).....4°C
- Temperatura da tubulação de sucção (termômetro).....10°C
- Superaquecimento (subtração)6°C
- Superaquecimento Ok = carga correta

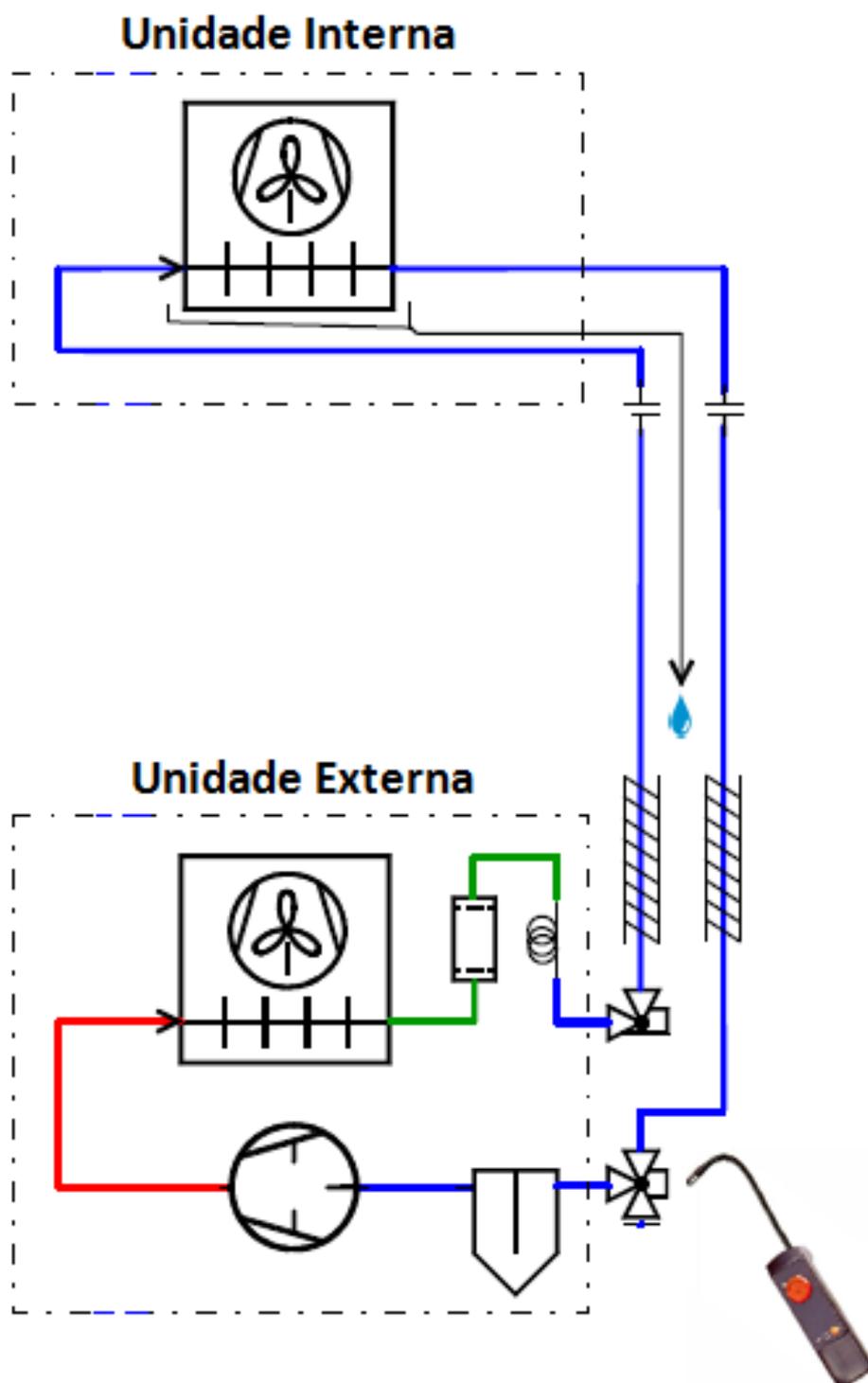
12.4.3 Relatório dos procedimentos de partida (*start-up*)

No relatório deverá constar a verificação das leituras do sistema, a exemplo do Quadro 21, com acréscimo do posicionamento correto de todos os componentes, possíveis pontos críticos de vazamento e vibração, e uma análise sucinta sobre as condições de operação e rendimento do sistema.

12.5 Verificação final de vazamento

Atividades de identificação de vazamentos devem ser consideradas nos procedimentos normais de trabalho durante e após cada verificação, carga de fluido, comissionamento ou balanceamento do sistema. O sensor do detector de gases halogenados deverá ser utilizado nos pontos a serem aferidos, tais como conexões, flanges e curvas. Este teste é importante para garantir que as atividades de manutenção foram realizadas com sucesso e que o sistema não possui vazamentos.

Figura 142 - Exemplo para verificação final de vazamento



13 Manutenção preventiva planejada

A manutenção preventiva planejada, como o próprio nome sugere, trata-se de antecipar tarefas evitando que os problemas aconteçam aleatoriamente. Ou seja, significa prevenir para proporcionar funcionamento adequado, confiável e sem quebras. Além disso, contribui para a redução dos custos, melhoria do desempenho do sistema e aumento da vida útil dos equipamentos. Recomenda-se a manutenção regular a cada seis meses, podendo ser ajustada dependendo do ambiente em que o ar condicionado esteja instalado.

Pontos a serem abordados na manutenção preventiva:

- Limpeza ou troca dos filtros de ar;
- Verificação das condições físicas próximas da instalação, como sujeira externa próxima ao condensador (como folhas, grama, etc.), podendo prejudicar o funcionamento do condensador;
- Inspeção e limpeza do evaporador;
- Verificação do balanceamento e vazão de ar dos ventiladores;
- Inspeção do sistema de drenagem da água de condensado;
- Verificação da carga de fluido refrigerante;
- Inspeção e limpeza do condensador;
- Verificação das conexões elétricas das unidades interna e externa;
- Inspeção e manutenção (limpeza e lubrificação) dos ventiladores;
- Verificação do funcionamento do termostato;
- Verificação da tensão, corrente e aterramento elétrico;
- Verificação de vazamentos de fluido refrigerante e óleo;
- Inspeção do isolamento térmico da tubulação refrigerante;
- Verificação das tampas das válvulas de serviço e *Schrader*;
- Verificação de todas as conexões elétricas;
- Teste dos controles para o bom funcionamento;
- Registro de todo o trabalho feito durante a manutenção preventiva.

13.1 Registro de dados técnicos

Todas as atividades realizadas durante os serviços de manutenção e reparo devem ser devidamente documentadas e registradas. Exemplos de *checklist* de registro de trabalho e modelo para ficha de reparo do sistema são apresentadas nos Quadro 22 e 23.

Quadro 22 - *Checklist* de registro de trabalho

REGISTRO DE TRABALHO			
Proprietário:			
Local da instalação:			
Data da instalação			
Tipo de equipamento:			
Instalador		Empresa:	
		Contato:	
Tipo de fluido refrigerante/carga (kg):			
Modelo/número de série do sistema:			
Conteúdo	Observações	Checado	
		Sim	Não
Verifique o funcionamento do aparelho de ar condicionado antes do início do serviço.			
Verifique a tensão, corrente, aterramento, temperatura de entrada e saída do ar e desligar o ar condicionado antes da manutenção.			
Limpeza do evaporador, condensador, ventilador e filtro de ar com água corrente ou produtos apropriados.			
Lubrificação dos motores dos ventiladores (apenas no caso de modelos antigos).			
Verifique as ligações dos fios nos terminais do compressor, capacitores e outros componentes elétricos.			
Ligue o aparelho para verificar funcionamento do ar condicionado após a manutenção.			
Verifique a tensão, corrente e aterramento após a conclusão do serviço.			
Detalhe sobre o trabalho de manutenção realizado e desempenho do ar condicionado para o cliente.			
Oriente os clientes quanto ao uso do aparelho e a economia de energia elétrica.			

Nota: O cliente deve ser informado dos dados verificados antes do início da manutenção.

Quadro 23 - Modelo para a ficha de reparo do sistema

FICHA DE REPARO	
Proprietário:	
Local da instalação:	
Data da instalação	
Tipo de equipamento:	
Instalador	Empresa:
	Contato:
Tipo de fluido refrigerante/carga (kg):	
Modelo/número de série do sistema:	
Modelo/número de série do compressor:	
Detalhes sobre o sistema antes e após a manutenção	
Dados antes da manutenção	Dados após da manutenção
Tensão:	Tensão:
Corrente:	Corrente:
Pressão de baixa:	Pressão de baixa:
Pressão de alta:	Pressão de alta:
Vazamento de fluido refrigerante: (SIM) ou (NÃO)	Vazamento de fluido refrigerante: (SIM) ou (NÃO)
Superaquecimento:	Superaquecimento:
Descrição do serviço realizado, incluindo informações sobre quantidades de fluido refrigerante recolhidas e carregadas, etc.	

13.2 Sistema Online para Documentação de Atividades de Manutenção – Pró-Ozônio

O Pró-Ozônio é um sistema de uso gratuito que visa apoiar seus usuários nas atividades de documentação e monitoramento do consumo de HCFCs, durante a manutenção e reparo de sistemas de refrigeração e ar condicionado. O sistema, disponível na internet, contém um banco de dados com informações técnicas e ambientais a respeito dos fluidos refrigerantes.

Empresas interessadas que atuam no setor de serviços de refrigeração e ar condicionado podem utilizar o sistema Pró-Ozônio para registro e monitoramento do consumo de fluidos refrigerantes, bem como para o gerenciamento de atividades de manutenção e reparo (livro de registro online).

O Pró-Ozônio possui a função de multiusuário e de acordo com as competências atribuídas ao usuário (por exemplo, administrador ou funcionário), somente determinadas funções no ambiente da área de “login” estão acessíveis.

Os direitos do usuário estão protegidos, bem como a segurança de dados e o pleno acesso à gestão de dados pessoais estão garantidos.

Acesse: www.ozoniohcfc.com.br para mais informações e cadastro!

Porque Utilizar o Pró-Ozônio

O Pró-Ozônio é um sistema gratuito e tem como objetivo:

- Auxiliar na gestão, operação e monitoramento de sistemas de refrigeração e ar condicionado por meio de um melhor controle dos dados de consumo de fluidos frigoríficos e dos custos envolvidos;
- Auxiliar na redução dos vazamentos de fluidos frigoríficos e na demanda por substância virgem, por meio do registro e monitoramento da relação fluido frigorífico recolhido e recarregado;
- Auxiliar na gestão e coleta de dados de manutenção e reparo;
- Fornecer transparência sobre a qualidade dos serviços prestados e dos custos envolvidos.

14 Fim da vida útil

Ao final da vida útil de um sistema de refrigeração e ar condicionado, deve ocorrer a sua desativação, desmontagem e o descarte ambientalmente adequado de suas partes, componentes, fluidos, lubrificantes, etc.

Assim, todos os materiais a serem destinados, tais como: fluido refrigerante, óleo, trocadores de calor, filtros secadores e o material de isolamento, devem ser encaminhados para a destinação final ambientalmente adequada, o que inclui a reutilização, a reciclagem, a recuperação, conforme determina a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010) ou outra legislação ambiental estadual ou municipal, caso seja mais restritiva.

14.1 Desativação do sistema

Um planejamento detalhado, junto ao cliente, deverá ser elaborado para reduzir ou eliminar a liberação de fluido refrigerante no ambiente, bem como para o correto descarte das partes, componentes e lubrificantes dos sistemas desativados.

A maioria das atividades envolvidas nesta fase é perfeitamente aplicável, independente do fluido refrigerante utilizado. De forma geral, as seguintes ações são necessárias:

- Recolhimento do fluido refrigerante. O fluido refrigerante deve ser totalmente recolhido, evitando misturar fluidos diferentes;
- Recolhimento do óleo;
- Desmontagem do sistema de refrigeração e equipamentos associados;
- Destinação do fluido refrigerante, óleo, equipamentos e componentes do sistema para as estações de coleta apropriadas.

14.2 Destinação final de fluidos refrigerantes e componentes do sistema

O fluido refrigerante recolhido deverá ser encaminhado para uma central de regeneração ou reciclagem, onde passará por tratamento adequado viabilizando a sua posterior reutilização.

Os fluidos refrigerantes contaminados que não sejam passíveis de reutilização devem ser armazenados em cilindros apropriados e enviados para destruição, conforme Resolução CONAMA nº. 340/2003. Segundo esta resolução, em nenhuma hipótese poderá ser liberada na atmosfera as substâncias que sejam controladas pelo Protocolo de Montreal, tais como os CFCs e HCFCs. A mesma condição se aplica aos HFCs.

O óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser encaminhado para refino (Resolução CONAMA nº. 362/2005).

Os demais componentes do sistema de refrigeração e contaminantes, como lubrificantes e filtros secadores etc., quando descartados e/ou reciclados, devem seguir o estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, e regulamentada pelo decreto nº. 7.404, de 23 de dezembro de 2010.

Referências bibliográficas

Ministério do Meio Ambiente (MMA), Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) e Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA). Manual de Boas Práticas em Supermercados para Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado, 2009.

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH/Proklima. Manual de Segurança Recolhimento e Reciclagem de Fluidos Refrigerantes, 2007.

Ministério do Meio Ambiente (MMA), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH/Proklima, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Programa Nacional de Treinamento de Mecânicos e Refrigeristas, 2005.

MILLER R.; MILLER M. R. Refrigeração e Ar Condicionado, LTC, p. 540, 2010.

DOSSAT R. J. Princípios de Refrigeração, Hemus, Terceira edição, Brasil, p. 884, 2004.

COSTA E. C. Refrigeração, Edgard Blucher, p. 322, 1994,

International Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2010: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. SOLOMON, S.; D. QIN, M. MANNING; Z. CHEN, M. MARQUIS; K.B. AVERYT; M. TIGNOR; H.L. MILLER (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2010.

ABNT NBR 13598/2011. Vasos de Pressão para Refrigeração.

ABNT NBR 15976/2011. Redução das emissões de fluidos frigoríficos halogenados em equipamentos de refrigeração e ar condicionado – Requisitos gerais e procedimentos.

ABNT NBR 15960/2011. Fluidos frigoríficos – Recolhimento, reciclagem e regeneração (3R).

ABNT NBR 16401/2008. Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários.

ABNT NBR 16069/2010. Segurança em sistemas frigoríficos.

ABNT NBR 16666/2017. Fluidos frigoríficos - Designação e classificação de segurança.

ABNT NBR 16667/2017. Especificações para fluidos frigoríficos.

ISO 51 49/1993. Requerimentos de Segurança – Sistemas Mecânicos de Refrigeração Usados para Arrefecimento e Aquecimento. Tradução pelo grupo de Componentes para Refrigeração e Condicionamento de Ar, da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), 1995.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook Systems. SI Edition, chap. 20, 2001.

ANSI/ASHRAE 15/2016. Safety Code for Mechanical Refrigeration.

B52-M 1983. Mechanical Refrigeration Code.

BS 4434 Part 1/1989. Specifications for Requirements for Refrigeration Safety, General (mais 3 normas específicas de mesmo código).

AHRI Standard 700, Specifications for Refrigerants. 2016.

AHRI Standard 740, Performance Rating of Refrigerant Recovery Equipment and Recovery/Recycling Equipment. 2016.

EN 1861, Refrigerating systems and heat pumps. System flow diagrams and piping and instrument diagrams. Layout and symbols. 1998.

EN 378, Refrigerating systems and heat pumps. Safety and environmental requirements. Design, construction, testing, marking and documentation. 2016.

Ministério do Meio Ambiente (MMA), <<http://www.mma.gov.br/ozonio>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.

Anexos

Anexo **1** Requisitos para a regeneração de fluidos frigoríficos

Tabela 6 - Referência padrão para amostra de fluidos contaminados, conforme AHRI 740/2016

Contaminantes	Tipo de fluido frigorífico																
	R11	R12	R13	R22	R23	R113	R114	R123	R124	R134a	R500	R502	R503	R401A	R401B	R402A	R402B
Índice de umidade em ppm no fluido puro	100	80	30	200	30	100	85	200	200	200	200	200	30	200	200	200	200
Partículas em ppm no fluido puro ¹	80	80	N/A	80	N/A	80	80	80	80	80	80	80	N/A	80	80	80	80
Acidez em ppm no fluido puro ²	100	200	N/A	100	N/A	100	100	100	100	100	200	100	N/A	100	100	100	100
Óleo em % no fluido puro	20	5	N/A	5	N/A	20	20	20	5	5	5	5	N/A	5	5	5	5
Viscosidade/Tipo ³	300/MO	150/MO	N/A	300/MO	N/A	300/MO	300/MO	300/MO	150/MO	150/MO	150/MO	150/MO	N/A	150/AB	150/AB	150/AB	150/AB
Gases não condensáveis (contando ar) em % por volume	N/A	3	3	3	3	N/A	3	N/A	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Sobrescritos:
1 Partículas constituídas por materiais inertes e devendo cumprir os requisitos de partículas no Apêndice D da AHRI 740/2016.
2 Consistindo de 60% de ácido do óleo e 40% de ácido clorídrico.
3 POE=Poliolester, AB=Alquilbenzeno, MO= Óleo Mineral.
N/A – Não se aplica.

Tabela 6 - Referência padrão para amostra de fluidos contaminados, conforme AHRI 740/2016 (Continuação)

Contaminantes	Tipo de fluido frigorífico																			
	R404A	R406A	R407A	R407B	R407C	R407D	R408A	R409A	R410A	R410B	R411A	R411B	R417C	R419B	R422E	R445A	R507	R508A	R508B	
Índice de umidade em ppm no fluido puro	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	20	20
Partículas em ppm no fluido puro ¹	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	N/A	N/A	N/A
Acidez em ppm no fluido puro ²	100	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	N/A	N/A	N/A
Óleo em % no fluido puro	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	N/A	N/A	N/A
Viscosidade/Tipo ³	150/ POE	150/ AB	150/ POE	150/ POE	150/ POE	150/ POE	150/ MO	150/ MO	150/ POE	150/ POE	150/ MO	150/ MO	150/ POE	N/A	N/A	N/A				
Gases não condensáveis (contando ar) em % por volume	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Sobrescritos:

1 Partículas constituídas por materiais inertes e devendo cumprir os requisitos de partículas no Apêndice D da AHRI 740/2016.

2 Consistindo de 60% de ácido do óleo e 40% de ácido clorídrico.

3 POE=Poliolester, AB=Alquilbenzeno, MO= Óleo Mineral.

N/A – Não se aplica.

Anexo 2

Tabelas para auxílio do cálculo da renovação de ar

Tabela 7 - Condições de temperatura e umidade do ar externo (verão)

Cidade	Altitude [m]	Temperatura máxima de bulbo seco [°C]	Temperatura de bulbo úmido coincidente [°C]	Umidade absoluta [kg de vapor/kg ar seco]	Volume específico [m³/kg]	Entalpia [kJ/kg]
Belém	16	33,2	25,9	0,0182	0,895	79,87
Brasília	1060	32,2	17,1	0,0082	0,995	53,32
Porto Alegre	3	34,7	24,6	0,0186	0,898	82,43
Recife	10	34,0	27,1	0,0199	0,899	85,20
Rio de Janeiro	3	34,1	25,2	0,0166	0,894	76,72
São Paulo	802	32,1	20,4	0,0117	0,970	62,29
Teresina	67	38,2	23,5	0,0123	0,907	69,95
Referência 1	50	35	25	0,0160	0,901	76,13
Referência 2	750	35	25	0,0178	0,982	80,78

Nota: Os valores de referência podem ser usados em caso de dúvida da cidade equivalente em termos de clima.

Tabela 8 - Condições de temperatura e umidade do ar externo (inverno)

Cidade	Altitude [m]	Temperatura máxima de bulbo seco [°C]	Temperatura de bulbo úmido coincidente [°C]	Umidade absoluta [kg de vapor/kg ar seco]	Volume específico [m³/kg]	Entalpia [kJ/kg]
Belém	16	22,8	20,8	0,0157	0,8612	62,79
Brasília	1060	10	1,2	0,0047	0,9179	21,84
Porto Alegre	3	3,9	1,1	0,0041	0,7903	14,18
Recife	10	21,8	18,2	0,0131	0,8542	55,23
Rio de Janeiro	3	16,2	11,9	0,0087	0,8315	38,23
São Paulo	802	8,9	3,9	0,0055	0,8873	22,80
Teresina	67	21,9	12,9	0,0093	0,8552	45,75
Referência 1	50	10	5	0,0054	0,8140	23,74
Referência 2	750	5	2	0,0048	0,8686	17,01

Nota: Os valores de referência podem ser usados em caso de dúvida da cidade equivalente em termos de clima.

Tabela 9 - Condições de temperaturas internas de referência (verão)

Ar interno (verão)	Altitude [m]	TBS [°C]	UR [%]	Pressão atmosférica [kPa]	Umidade Absoluta [kg/kg]	Volume Específico [m³/kg]	Entalpia [kJ/kg]
Condição 1	50	24,0	50,0	100,73	0,0094	0,8596	47,92
Condição 2	50	26,0	50,0	100,73	0,0106	0,8670	53,03
Condição 3	500	24,0	50,0	95,46	0,0099	0,9077	49,25
Condição 4	500	26,0	50,0	95,46	0,0112	0,9157	54,54
Condição 5	750	24,0	50,0	92,63	0,0112	0,9359	50,03
Condição 6	750	26,0	50,0	92,63	0,0115	0,9442	55,43
Condição 7	1000	24,0	50,0	89,87	0,0105	0,9651	50,84
Condição 8	1000	26,0	50,0	89,87	0,0119	0,9737	56,34

Nota: As condições de temperatura de bulbo seco de 26 °C são consideradas como valores para instalações de menor custo inicial e operacional (energia elétrica) sem a perda do conforto.

Tabela 10 - Condições das temperaturas internas de referência (inverno)

Ar interno (verão)	Altitude [m]	TBS [°C]	UR [%]	Pressão atmosférica [kPa]	Umidade Absoluta [kg/kg]	Volume Específico [m³/kg]	Entalpia [kJ/kg]
Condição 1	50	18,0	50,0	100,73	0,0064	0,8383	34,40
Condição 2	50	20,0	50,0	100,73	0,0073	0,8453	38,63
Condição 3	500	18,0	50,0	95,46	0,0068	0,8851	35,31
Condição 4	500	20,0	50,0	95,46	0,0077	0,8925	39,67
Condição 5	750	18,0	50,0	92,63	0,0070	0,9124	35,84
Condição 6	750	20,0	50,0	92,63	0,0080	0,9200	40,27
Condição 7	1000	18,0	50,0	89,87	0,0072	0,9407	36,39
Condição 8	1000	20,0	50,0	89,87	0,0082	0,9487	40,90

Nota: As condições de temperatura de bulbo seco de 18 °C são consideradas como valores para instalações de menor custo inicial e operacional (energia elétrica) sem a perda do conforto.



Apoio



Execução



cooperação
alemã

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Coordenação

**MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE**

