

# NOÇÕES BÁSICAS SOBRE CLIMATIZAÇÃO E REFRIGERAÇÃO

Portal  
**IDEA**  
.com.br



# Componentes e Equipamentos

## Componentes do Sistema de Refrigeração

### 1. Introdução

Os sistemas de refrigeração são amplamente utilizados em diferentes contextos — doméstico, comercial e industrial — para remover calor de um ambiente ou substância, garantindo conservação de produtos e conforto térmico. O funcionamento adequado desses sistemas depende do perfeito desempenho de seus componentes principais, cuja integração possibilita o ciclo termodinâmico de compressão de vapor. Compreender os elementos fundamentais — compressor, condensador, válvula de expansão, evaporador, tubulações e fluidos refrigerantes — é essencial para projetistas, técnicos e operadores desses equipamentos.

### 2. Compressor

O **compressor** é o componente que impulsiona o fluido refrigerante por todo o sistema. Sua função principal é aumentar a pressão e a temperatura do vapor refrigerante proveniente do evaporador, permitindo que ele ceda calor ao meio externo no condensador. O compressor consome energia elétrica ou mecânica para realizar esse trabalho, sendo considerado o “coração” do sistema.

Os tipos mais comuns de compressores incluem:

- **Herméticos:** selados em uma carcaça, utilizados em refrigeradores domésticos.
- **Semi-herméticos:** permitem manutenção interna, comuns em sistemas comerciais.
- **Abertos:** com eixo de acionamento externo, usados em aplicações industriais.

A escolha do tipo de compressor depende da aplicação, capacidade necessária, eficiência energética e tipo de fluido refrigerante (Pita, 2012).

### 3. Condensador

O **condensador** é responsável pela rejeição de calor para o ambiente externo. Ele recebe o vapor refrigerante em alta pressão e temperatura proveniente do compressor e o resfria, promovendo sua mudança de fase de gás para líquido. Esse processo ocorre por troca térmica entre o refrigerante e o ar ou a água de resfriamento.

Os condensadores podem ser classificados em:

- **Condensadores a ar:** utilizam ventiladores para promover a troca térmica com o ar ambiente.
- **Condensadores a água:** comuns em sistemas de grande porte, utilizam torres de resfriamento.
- **Condensadores evaporativos:** combinam os dois mecanismos, maximizando a troca térmica.

A eficiência do condensador depende do dimensionamento adequado, da ventilação e da limpeza das superfícies de troca térmica. Condensadores sujos ou mal ventilados elevam a pressão de condensação, reduzindo o rendimento do sistema (Carrier, 2000).

#### 4. Válvula de Expansão

A **válvula de expansão** regula o fluxo de refrigerante líquido que entra no evaporador, permitindo a queda de pressão necessária para que o fluido evapore a baixa temperatura. Essa transição do refrigerante de alta para baixa pressão provoca uma rápida queda de temperatura, crucial para o desempenho do sistema.

Existem diferentes tipos de dispositivos de expansão:

- **Tubo capilar:** simples, econômico, usado em refrigeradores domésticos.
- **Válvula de expansão termostática (VET):** ajusta o fluxo com base na temperatura do evaporador.
- **Válvula de expansão eletrônica (VEE):** permite controle mais preciso e eficiente, comum em sistemas modernos.

A escolha do dispositivo deve considerar a capacidade do sistema, o tipo de aplicação e o controle desejado sobre a carga térmica.

## 5. Evaporador

O **evaporador** é o componente onde ocorre a absorção de calor do ambiente a ser refrigerado. O refrigerante, ao passar por ele em baixa pressão, evapora ao absorver calor do ar ou do meio com o qual está em contato. Esse processo resulta no resfriamento do ambiente ou do produto-alvo.

Os evaporadores podem ser:

- **De expansão direta:** o refrigerante entra diretamente no trocador de calor.
- **De expansão indireta:** utilizam um fluido secundário, como água gelada.

É fundamental manter o evaporador limpo e com fluxo de ar adequado, pois obstruções reduzem a capacidade de troca térmica, comprometendo a eficiência do sistema (Stoecker & Jones, 1985).

## 6. Tubulações e Fluidos Refrigerantes

As **tubulações** interligam os componentes do sistema e permitem a circulação do refrigerante. Elas devem ser dimensionadas corretamente para evitar perdas de carga, garantir o retorno do óleo lubrificante e minimizar o risco de vazamentos.

Materiais comuns incluem:

- **Cobre:** resistente à corrosão e com alta condutividade térmica.
- **Alumínio:** usado em sistemas automotivos e de menor porte.
- **Aço inox:** utilizado em sistemas industriais de grande escala.

Já os **fluidos refrigerantes** são substâncias com propriedades termodinâmicas específicas que permitem mudanças de fase a temperaturas adequadas. Sua escolha deve considerar:

- **Eficiência energética.**
- **Compatibilidade com o sistema e lubrificante.**
- **Baixo impacto ambiental (GWP e ODP).**

Atualmente, há forte movimento de transição para fluidos de baixo GWP, como R-32, R-290 (propano) e CO<sub>2</sub> (R-744), seguindo as diretrizes do Protocolo de Montreal e da Emenda de Kigali.

## 7. Unidades Condensadoras e Evaporadoras

Nos sistemas modernos, especialmente os **splits** e sistemas comerciais, os componentes são organizados em **unidades funcionais separadas**:

- **Unidade condensadora:** localizada externamente, contém o compressor, o condensador e o ventilador de resfriamento. É responsável por liberar o calor para o ambiente externo.
- **Unidade evaporadora:** instalada no interior do ambiente refrigerado, contém o evaporador e o ventilador que distribui o ar resfriado.

Essa separação facilita a manutenção, reduz o ruído interno e permite maior flexibilidade de instalação. Em sistemas tipo VRF/VRV, uma única unidade condensadora externa pode alimentar diversas evaporadoras internas com controle individual.

## 8. Considerações Finais

O desempenho de um sistema de refrigeração depende da harmonia entre seus componentes. Cada elemento — do compressor ao evaporador — exerce um papel essencial no ciclo de remoção de calor. Além disso, aspectos como dimensionamento adequado, escolha correta do fluido refrigerante, manutenção das tubulações e controle eficiente do ciclo influenciam diretamente na durabilidade e eficiência do sistema. O avanço tecnológico tem promovido melhorias na eficiência energética, controle eletrônico e uso de gases ambientalmente responsáveis, o que torna fundamental o conhecimento técnico para lidar com essa complexidade crescente de forma segura e eficaz.

The logo is a large, light purple hexagon with a 3D effect, composed of several smaller, slightly offset hexagonal facets. In the center of this hexagon, the text "Portal" is written in a large, grey, sans-serif font. Below it, the word "IDEA" is written in a larger, bold, grey, sans-serif font. At the bottom, ".com.br" is written in a smaller, grey, sans-serif font.

Portal  
IDEA  
.com.br

## Referências Bibliográficas

- CARRIER Corporation. **Manual de Aplicação de Ar Condicionado – Fundamentos e Práticas**. Carrier University, 2000.
- ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Termodinâmica: Uma Abordagem Prática**. 8. ed. São Paulo: AMGH, 2015.
- PITA, E. G. **Refrigeração e Ar Condicionado**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2012.
- STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e Ar Condicionado**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.
- ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **HVAC Systems and Equipment Handbook**. Atlanta: ASHRAE, 2020.

# Equipamentos de Climatização

## 1. Introdução

A climatização é o conjunto de técnicas e equipamentos utilizados para controlar a temperatura, a umidade, a renovação e a qualidade do ar em ambientes internos. Seu principal objetivo é proporcionar conforto térmico e bem-estar às pessoas, além de garantir condições adequadas para equipamentos, processos industriais e conservação de produtos. Os equipamentos de climatização variam em função da finalidade, porte, eficiência energética e grau de automação, sendo essenciais em residências, escritórios, comércios e instalações industriais.

Este texto apresenta os principais tipos de equipamentos utilizados na climatização, com destaque para os sistemas de ar-condicionado, ventiladores, exaustores, umidificadores e desumidificadores.

## 2. Tipos de Ar-Condicionado

O **ar-condicionado** é o equipamento mais utilizado para controle da temperatura e, em muitos modelos, da umidade do ar. Ele opera por meio de um ciclo de compressão de vapor, no qual o calor é retirado do ambiente interno e liberado para o meio externo. A seguir, são apresentados os principais tipos de aparelhos disponíveis no mercado.

### a) Ar-condicionado de Janela

O modelo de janela é um dos mais antigos e tradicionais. Possui todos os componentes — compressor, condensador, evaporador e ventiladores — reunidos em uma única unidade, geralmente instalada em uma abertura na parede ou em uma janela.

Vantagens:

- Custo inicial reduzido.
- Instalação simples.

Desvantagens:

- Maior nível de ruído.
- Menor eficiência energética em comparação com modelos modernos.

### **b) Ar-condicionado Split**

O modelo split possui duas unidades: uma **interna** (evaporadora) e outra **externa** (condensadora), conectadas por tubulações de cobre. Esse sistema oferece maior eficiência e menor nível de ruído no ambiente interno.

Vantagens:

- Melhor desempenho energético (principalmente em modelos inverter).
- Estética mais discreta.
- Menos ruído interno.

Desvantagens:

- Maior custo de instalação.
- Requer mão de obra técnica especializada.

### **c) Ar-condicionado Cassete**

Esse tipo de split é embutido no teto e distribui o ar em várias direções, sendo ideal para ambientes amplos ou comerciais, como lojas, restaurantes e salas de reunião. Funciona com unidade condensadora externa, semelhante ao split tradicional.

Vantagens:

- Distribuição uniforme do ar.
- Integração estética ao ambiente.

Desvantagens:

- Maior complexidade de instalação.
- Custo elevado de aquisição e manutenção.

#### **d) Ar-condicionado Portátil**

O modelo portátil concentra todos os componentes em uma única unidade e é deslocável, bastando uma saída de ar (normalmente por duto flexível) para o ambiente externo.

Vantagens:

- Mobilidade.
- Instalação simples e sem obras.

Desvantagens:

- Eficiência energética inferior.
- Nível de ruído elevado.
- Menor capacidade de refrigeração.

### **3. Ventiladores e Exaustores**

Os **ventiladores** e **exaustores** não promovem refrigeração do ar, mas atuam na sua movimentação e renovação, o que pode gerar sensação de conforto térmico em determinadas condições ambientais.

### a) Ventiladores

Os ventiladores movimentam o ar no ambiente, aumentando a evaporação do suor na pele humana e proporcionando sensação de frescor. Podem ser de diversos tipos: de mesa, pedestal, coluna, parede ou teto.

Vantagens:

- Baixo consumo de energia.
- Facilidade de uso e mobilidade.

Desvantagens:

- Ineficientes em ambientes muito quentes ou com baixa ventilação natural.
- Não controlam temperatura nem umidade.

### b) Exaustores

Os exaustores são usados para promover a **renovação do ar** em ambientes fechados, extraindo o ar viciado, quente ou contaminado. São comuns em cozinhas, banheiros, banheiros químicos, ambientes industriais e garagens.

Vantagens:

- Melhora a qualidade do ar.
- Elimina odores, vapores e umidade excessiva.

Desvantagens:

- Não controlam diretamente a temperatura.
- Dependem de ventilação complementar para maior eficácia.

Em sistemas mais complexos, os exaustores podem ser parte de sistemas de ventilação mecânica controlada (VMC), que realizam trocas de ar com filtragem e controle de fluxo.

## 4. Umidificadores e Desumidificadores

O controle da **umidade relativa do ar** é um aspecto importante da climatização, principalmente em regiões com extremos de umidade. A umidade inadequada pode causar desconforto, problemas respiratórios e deterioração de materiais.

### a) Umidificadores

São aparelhos utilizados para **aumentar a umidade do ar** em ambientes secos, especialmente em épocas de inverno ou em regiões áridas. Funcionam por evaporação, ultrassom ou pulverização.

Vantagens:

- Melhora a qualidade do ar em ambientes muito secos.
- Benefícios para saúde respiratória e conservação de móveis e instrumentos musicais.

Desvantagens:

- Excesso de umidade pode favorecer mofo e ácaros.
- Necessita de manutenção frequente e uso de água limpa.

### b) Desumidificadores

Utilizados para **reduzir a umidade relativa do ar**, sendo ideais em ambientes úmidos como porões, áreas costeiras e locais mal ventilados. Operam por condensação da umidade em superfícies frias ou por adsorção.

Vantagens:

- Previnem formação de mofo e bolor.
- Melhora o conforto térmico em ambientes saturados.

Desvantagens:

- Consumo energético moderado.
- Necessita de escoamento da água coletada ou esvaziamento de reservatório.

## **5. Considerações Finais**

Os equipamentos de climatização devem ser selecionados de acordo com as necessidades específicas do ambiente, levando em conta fatores como volume, ocupação, orientação solar, ventilação natural e grau de isolamento térmico. A combinação adequada de sistemas de resfriamento, ventilação e controle de umidade resulta em ambientes mais saudáveis, produtivos e confortáveis.

Além disso, a eficiência energética, o nível de ruído, a facilidade de manutenção e a compatibilidade com normas ambientais devem ser considerados no momento da escolha. O avanço tecnológico tem proporcionado soluções mais eficazes, silenciosas e sustentáveis, contribuindo para a construção de edifícios inteligentes e energeticamente eficientes.

## Referências Bibliográficas

- PITA, Edward G. **Refrigeração e Ar Condicionado**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2012.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16401-1: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Projeto das Instalações**. Rio de Janeiro, 2008.
- CARRIER Corporation. **Manual de Aplicação de Ar Condicionado**. Carrier University, 2000.
- ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Termodinâmica – Uma Abordagem Prática**. 8. ed. São Paulo: AMGH, 2015.
- ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **HVAC Systems and Equipment Handbook**. Atlanta: ASHRAE, 2020.

# Fluidos Refrigerantes e Normas Ambientais

## 1. Introdução

Os fluidos refrigerantes são substâncias utilizadas em sistemas de climatização e refrigeração para transferir calor por meio de mudanças de fase, como evaporação e condensação. A escolha do fluido refrigerante influencia diretamente a eficiência energética do sistema, sua durabilidade e, principalmente, seu impacto ambiental. Desde a segunda metade do século XX, a preocupação com o efeito estufa e a degradação da camada de ozônio tem promovido a regulamentação e substituição de gases com alto potencial poluente. Normas técnicas e tratados internacionais, como o Protocolo de Montreal, estabelecem diretrizes para o uso, substituição e descarte desses fluidos.

## 2. Tipos de Gases Refrigerantes: R22, R134a, R410A

Os fluidos refrigerantes são classificados em diversas categorias conforme sua composição química. A seguir, destacam-se três dos mais conhecidos e utilizados nos últimos anos:

### a) R-22 (Clorodifluorometano)

Pertencente à família dos HCFCs (hidroclorofluorcarbonetos), o R-22 foi amplamente utilizado em sistemas de ar-condicionado e refrigeração industrial. Possui boas propriedades termodinâmicas e compatibilidade com equipamentos de médio porte.

### **Características:**

- Potencial de Aquecimento Global (GWP): aproximadamente 1.810.
- Potencial de Destruição da Camada de Ozônio (ODP): 0,05.
- Proibido para novos equipamentos e em fase de eliminação gradual.

Devido ao seu impacto ambiental, sua produção e consumo estão sendo gradualmente eliminados conforme o Protocolo de Montreal, sendo substituído por alternativas menos agressivas.

### **b) R-134a (Tetrafluoroetano)**

Classificado como HFC (hidrofluorcarboneto), o R-134a não destrói a camada de ozônio, mas possui alto GWP. É utilizado em sistemas de refrigeração automotiva, chillers, refrigeradores domésticos e comerciais.

### **Características:**

- GWP: cerca de 1.430.
- ODP: 0.
- Amplamente utilizado, porém em processo de substituição em muitos países.

É considerado uma alternativa temporária ao R-12 (CFC banido), mas está sendo gradualmente substituído por gases com GWP mais baixo, como o R-1234yf e o R-513A.

### **c) R-410A (Mistura de Difluorometano e Pentafluoroetano)**

É uma mistura azeotrópica de dois HFCs, utilizada principalmente em sistemas de ar-condicionado tipo split e multisplit. Foi introduzido como alternativa ao R-22.

### Características:

- GWP: aproximadamente 2.088.
- ODP: 0.
- Alta eficiência energética, mas alta pressão de operação.

Apesar de não afetar a camada de ozônio, seu alto GWP tem levado à sua substituição gradual por refrigerantes mais sustentáveis, como o R-32 e o R-454B.

### 3. Impacto Ambiental dos Fluidos Refrigerantes

A preocupação com os fluidos refrigerantes não se limita ao seu desempenho termodinâmico, mas também à sua **interferência nos ecossistemas**, especialmente por meio do efeito estufa e da destruição da camada de ozônio.

#### a) Protocolo de Montreal

Assinado em 1987, o **Protocolo de Montreal** é um tratado internacional que visa a eliminação progressiva das substâncias que destroem a camada de ozônio. Inicialmente focado nos CFCs, o protocolo passou a incluir os HCFCs, como o R-22, e mais recentemente os HFCs, por meio da **Emenda de Kigali** (2016), devido ao seu alto potencial de aquecimento global.

Esse acordo tem sido fundamental para a substituição dos refrigerantes mais poluentes e a adoção de alternativas mais ecológicas, incentivando a inovação tecnológica e o desenvolvimento de novas formulações com baixo GWP.

## **b) GWP (Global Warming Potential)**

O **Potencial de Aquecimento Global** é uma medida comparativa de quanto uma substância contribui para o efeito estufa em relação ao dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que tem GWP igual a 1. Um refrigerante com GWP elevado retém mais calor na atmosfera, contribuindo mais intensamente para o aquecimento global.

Por exemplo:

- R-22: GWP  $\approx$  1.810.
- R-134a: GWP  $\approx$  1.430.
- R-410A: GWP  $\approx$  2.088.
- R-32 (alternativa moderna): GWP  $\approx$  675.

A tendência internacional é substituir fluidos com GWP acima de 1.000 por opções mais sustentáveis, como hidrocarbonetos (R-290), CO<sub>2</sub> (R-744) e fluidos sintéticos de nova geração (R-1234yf).

## **c) ODP (Ozone Depletion Potential)**

O **Potencial de Destruição da Camada de Ozônio** mede a capacidade de uma substância destruir o ozônio atmosférico, fundamental para filtrar a radiação ultravioleta nociva. CFCs e HCFCs apresentam ODP significativo, enquanto HFCs e refrigerantes naturais possuem ODP igual a zero.

A substituição de substâncias com ODP por alternativas seguras é um dos pilares da política ambiental global e base das proibições comerciais de diversos refrigerantes.

#### **4. Normas Técnicas e Boas Práticas de Descarte**

O manuseio, armazenamento, transporte e descarte de fluidos refrigerantes são regulados por normas técnicas nacionais e internacionais, com o objetivo de garantir segurança e proteção ambiental.

##### **a) Normas Técnicas Relevantes**

No Brasil, a **ABNT NBR 16069** estabelece requisitos para o controle ambiental de sistemas de ar-condicionado, incluindo o manuseio de fluidos refrigerantes. Outras normas importantes incluem:

- **ABNT NBR 10004** – Classificação de resíduos sólidos, aplicável ao descarte de gases.
- **Resoluções do CONAMA** – Estabelecem diretrizes ambientais para poluentes atmosféricos.
- **NR-15 e NR-9 (MTE)** – Abordam riscos químicos e exposição ocupacional.

A **ASHRAE** e a **ISO** também publicam normas internacionais sobre segurança e desempenho de sistemas de refrigeração, incluindo limites de inflamabilidade e diretrizes para utilização de refrigerantes naturais.

##### **b) Boas Práticas de Manuseio e Descarte**

- Utilizar equipamentos de recolhimento e reciclagem de refrigerantes ao realizar manutenção.
- Nunca liberar refrigerantes na atmosfera, independentemente do seu tipo.
- Armazenar refrigerantes em cilindros apropriados e com identificação correta.

- Promover o reaproveitamento ou a destruição térmica (em incineradores licenciados) de fluidos contaminados ou obsoletos.
- Registrar a quantidade de gás manuseada e o destino final, conforme exigido por normas ambientais locais.

Empresas e profissionais devem estar capacitados para lidar com os novos fluidos, inclusive os inflamáveis (como o R-290), e manter-se atualizados sobre a legislação vigente.

## **5. Considerações Finais**

O uso consciente e técnico de fluidos refrigerantes é uma exigência não apenas técnica, mas também ambiental e ética. A escolha de gases com baixo GWP e ODP, o cumprimento de normas ambientais e a adoção de boas práticas de manuseio e descarte contribuem significativamente para mitigar os impactos da indústria de climatização sobre o meio ambiente. O avanço das tecnologias em fluidos naturais, sintéticos de baixa toxicidade e maior eficiência termodinâmica representa uma oportunidade para o setor se alinhar com os objetivos globais de sustentabilidade e segurança climática.

## Referências Bibliográficas

- ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Termodinâmica – Uma Abordagem Prática**. 8. ed. São Paulo: AMGH, 2015.
- PITA, Edward G. **Refrigeração e Ar Condicionado**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2012.
- ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Position Document on Refrigerants and their Responsible Use**. Atlanta: ASHRAE, 2020.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16069: Instalações de ar-condicionado – Controle ambiental**. Rio de Janeiro, 2016.
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). **Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio**. 1987.