

Aula 00 - Prof. Juliano de Pelegrin

*UFCG (Engenheiro Mecânico)
Conhecimentos Específicos - 2024
(Pós-Edital)*

Autor:
Felipe Canella, Juliano de Pelegrin

24 de Setembro de 2024

Sumário

Refrigeração e Climatização.....	4
1 – Introdução e conceitos fundamentais.....	4
1.1 – Psicrometria.....	10
2 – Procedimento para elaboração de projeto.....	15
2.1 - Projetos e instalações.....	16
3 - Carga Térmica.....	20
3.1 – Carga térmica interna.....	21
4 – Instalações de ar condicionado.....	27
4.1 – Ar condicionado do tipo janela (ACJ).....	28
4.2 – Ar Split ou multi-split.....	28
4.3 – Sistema de água gelada (Chillers).....	33
4.4 – Self Contained (compactos).....	34
5 – Sistema de refrigeração a vapor.....	35
6 – Sistema de refrigeração por compressão de vapor.....	37
6.1 – Capacidade frigorífica.....	37
6.2 – Potência teórica de compressão.....	38
6.3 – Calor rejeitado no condensador.....	39
6.4 – Dispositivo de expansão.....	39
6.5 – Coeficiente de performance (COP).....	39
6.6 - Parâmetros que influenciam o Coeficiente de Performance do ciclo de refrigeração.....	42
6.7 – Ciclo real de refrigeração.....	44
7 – Fluidos refrigerantes.....	47
8 - Componentes do sistema de refrigeração.....	50



8.1 - Condensadores.....	50
8.2 - Evaporadores.....	56
8.3 - Dispositivos de expansão.....	57
8.4 - Compressores.....	60
9 - Refrigeração por absorção.....	63
9.1 - Principais componentes.....	64
10 - Ciclos combinados.....	66
11 - Cogeração.....	69
Considerações Finais.....	74
Questões Comentadas.....	75
Lista de Questões.....	122
Gabarito.....	144



REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Caro(a) estrategista, na presente aula vamos estudar a refrigeração, ciclos combinados e cogeração. A parte referente a refrigeração e climatização da presente aula possui forte ligação com a termodinâmica e transferência de calor, que são **temas muito importantes nos concursos de engenharia mecânica**.

O tema desta aula apresenta relevância muito grande em número de questões em concursos, ou seja, você deve dar muita atenção a essa aula, para não ser surpreendido na sua prova! Para melhor aprendizagem vamos abordar os assuntos desta aula de modo a proporcionar uma leitura de fácil compreensão e assimilação.

Os tópicos necessários e mais importantes serão aprofundados por meio de esquemas, figuras e resumos. Tudo isto será feito para que você possa extrair o máximo de conteúdo para a hora de sua prova. Além disso, fique atento as nossas famosas corujinhas, pois por meio delas indicarei os tópicos mais importantes para você.

Como de costume, antes de começarmos nossa aula, reforço que ela é escrita baseada em fontes consagradas da engenharia mecânica, portanto haverá figuras e citações retiradas de bibliografias. Isto é realizado com o objetivo de tornar o material o mais didático e claro possível.

Sem mais, lembre-se de **acessar e curtir minhas redes sociais**. Lá você poderá encontrar dicas, conteúdos e informações a respeito de seu concurso! Vamos lá?!

Instagram - @profjulianodp

Telegram – <https://t.me/profjulianodp>

YouTube – Prof. Juliano de Pelegrin

e-mail – profjulianodp@gmail.com



REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

Caro(a) estrategista, um sistema de refrigeração possui como objetivo manter uma região fria a uma temperatura menor à de sua vizinhança. Vamos iniciar nossa aula com uma introdução ao assunto, estudando conceitos básicos e a terminologia da refrigeração e climatização. Bora lá?!

1 – Introdução e conceitos fundamentais

Prezado(a) aluno(a), até certo tempo atrás a refrigeração de um local para conforto humano era vista como um luxo. Contudo, com o passar dos anos notou-se que a refrigeração ou climatização de um ambiente, seja para o conforto humano ou para armazenamento e resfriamento de produtos, apresenta diversos benefícios.

Da mesma forma, com o passar dos anos, a importância do tema refrigeração e climatização para concursos de engenharia mecânica, cresceu.

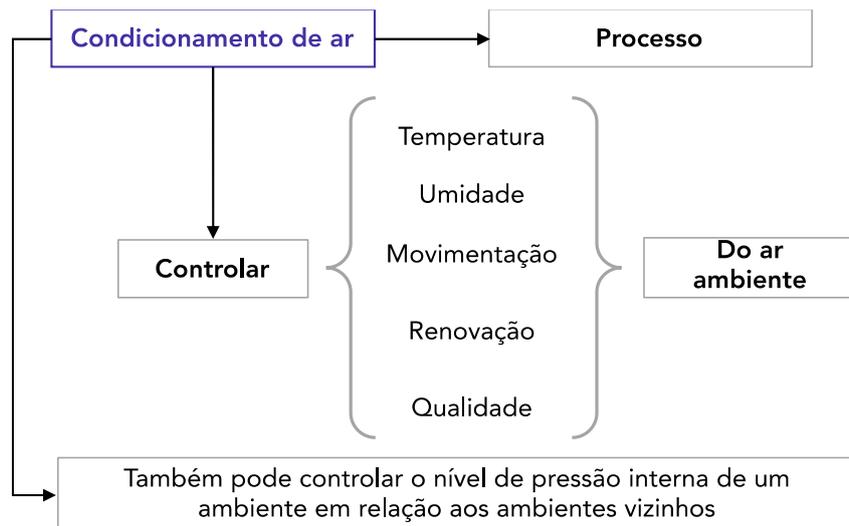
Em questões de prova é muito comum questões envolvendo conceitos presentes nas diretrizes de projeto definidas na norma **ABNT NBR 16401** que trata a respeito das Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Atualmente a norma encontra-se em revisão, portanto em breve deveremos ter atualizações. Além, é claro, de questões abordando os mais diversos conceitos teóricos encontrados na literatura a respeito do tema.

Vamos iniciar, analisando alguns termos e definições presentes na NBR 16401.

Condicionamento de ar – processo que tem por objetivo **controlar** simultaneamente a **temperatura, umidade, a movimentação, a renovação e a qualidade do ar de um ambiente**. Em certas aplicações controla também o nível de pressão interno do ambiente em relação aos ambientes vizinhos.

Note que o termo condicionamento de ar é definido como um processo que possui diversos objetivos e finalidades. Vejamos o esquema:





Logo, para desenvolvimento de um projeto de climatização ou refrigeração, **não basta apenas o controle de temperatura**. Diversos outros parâmetros estão envolvidos e são cobrados em provas, como umidade relativa e limpeza do ar ambiente.

De maneira a se diferenciar os conceitos de refrigeração climatização e ventilação temos as seguintes definições:

Climatização – trata o ar adequando a temperatura do ambiente geralmente em temperaturas acima de 20 °C, podendo também ser utilizada para controlar a pressão interna, a pureza do ar (filtragem) e sua umidade relativa.

Refrigeração – quando se utiliza o ar como fluido para controle de temperatura, ele é resfriado a temperaturas na casa de 0 °C, podendo atingir temperaturas abaixo de -10 °C. Um exemplo de aplicação típica são as câmaras frigoríficas.

Ventilação – consiste na introdução de ar em um ambiente para controlar a sua temperatura, limitado sempre a temperatura do ar exterior, promovendo a remoção da energia térmica gerada no interior por pessoas, equipamentos eletrônicos, etc. A ventilação não permite controlar a temperatura com um valor fixo. Outra aplicação da ventilação é para realizar a remoção de poluentes e odores.

Dentro da norma NBR 16401 temos também as seguintes definições dentro da categoria de sistema de ar-condicionado central.

Central de água gelada – Sistema central em que uma ou mais unidades de tratamento de ar, operadas e controladas independentemente das demais, são supridas com água gelada (ou outro fluido térmico) que é produzida em uma central frigorígena constituída por um ou mais grupos resfriadores de água e distribuída por bombas, em circuito fechado.

Central multi-split VRV (Vazão de Refrigerante Variável) – Sistema central em que um conjunto de unidades de tratamento de ar de expansão direta, geralmente instaladas dentro do ambiente a que servem (designadas unidades internas), cada uma operada e



controlada independentemente das demais, e suprido em fluido refrigerante líquido em vazão variável (VRV) por uma unidade condensadora central, instalada externamente.

Vejamos abaixo outras definições.

Sistema de ar-condicionado unitário – sistema constituído por um ou mais condicionadores autônomos de qualquer tipo e capacidade, servindo a um recinto isolado ou a um grupo de recintos, constituindo uma fração autônoma de edificação.

Unidade de tratamento de ar – unidade montada em fábrica, em gabinete ou composta no local em arcabouço de alvenaria, comportando todos ou parte dos elementos necessários à realização do processo de condicionamento do ar, ou seja, ventilador(es), filtros de ar, serpentina(s) de resfriamento e desumidificação de expansão direta ou de água gelada, e dispositivos de aquecimento e umidificação que podem ser supridos por fonte de calor proveniente de uma central colorífera ou gerada localmente.

Para os sistemas de condicionamento autônomo a NBR 16401 traz a seguinte terminologia.

Compacto (self contained) – unidade com capacidade nominal geralmente superior a 17 kW, montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento de expansão direta conjugada a uma unidade condensadora, resfriada a ar ou a água, incorporada ao gabinete da unidade. O condicionador é previsto para insuflação do ar por dutos. O condensador de ar pode ser desmembrado da unidade para instalação à distância. O condicionador pode também ser apresentado dividido, para instalação à distância da unidade condensadora.

Roof Top – condicionador compacto, projetado para ser instalado ao tempo, sobre a cobertura.

Mini-split – condicionador constituído por uma unidade de tratamento de ar de expansão direta, de pequena capacidade (geralmente inferior a 10 kW), instalada dentro do ambiente a que serve (designada unidade interna), geralmente projetada para insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete, sem dutos, suprida em fluido refrigerante líquido por uma unidade condensadora, instalada externamente (designada unidade externa).

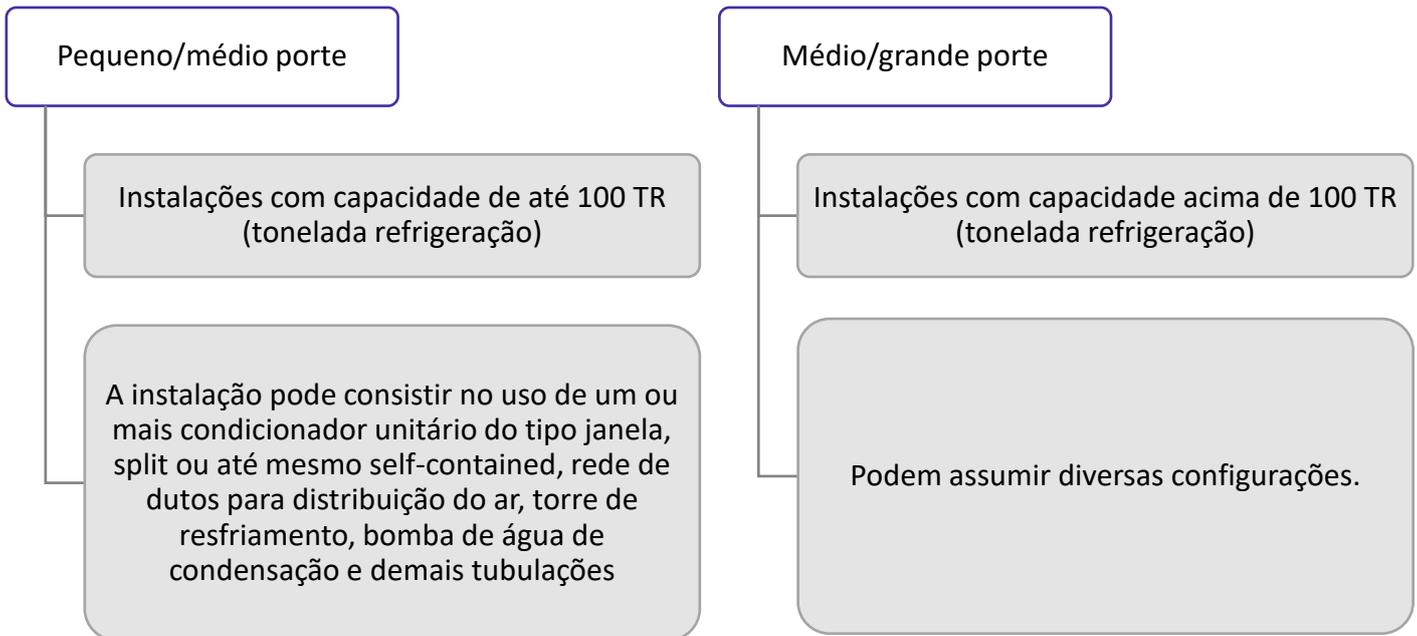
De janela – unidade de pequena capacidade (geralmente inferior a 10 kW), montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentina de resfriamento de expansão direta, conjugada a uma unidade condensadora resfriada a ar, montados em gabinete projetado para ser instalado no ambiente, em janela ou em abertura na parede externa, com insuflação do ar por difusor incorporado ao gabinete.

A NBR 16401 também define como unidade condensadora aquelas montadas em fábrica, que são compostas por um ou mais compressores frigoríficos e condensadores resfriados a ar ou a água.





De uma maneira introdutória, basicamente as instalações de ar podem ser divididas em pequeno/médio porte e médio/grande porte. Vejamos:



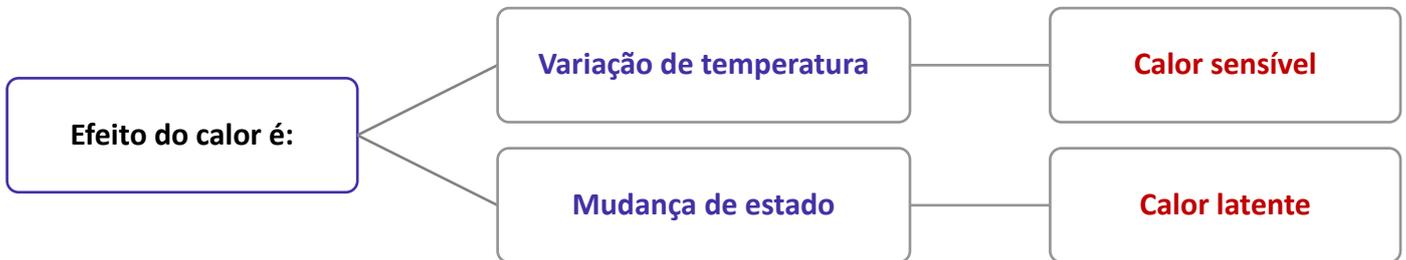
Não se preocupe em um primeiro momento com alguns termos citados. Mais adiante, tudo ficará mais claro. Agora, dando sequência a nossa introdução ao estudo da refrigeração e climatização vejamos algumas outras definições.

Calor específico – indica a quantidade de calor que cada unidade de massa do corpo precisa receber ou ceder para que sua temperatura possa variar em um grau.

Calor sensível – calor que muda a temperatura de uma substância, sem mudar o seu estado quando fornecido ou retirado.

Calor latente – calor necessário para mudar o estado de uma substância sem mudar sua temperatura é chamado de calor latente ou calor oculto.





Lembre-se que enquanto ocorre **mudança de estado**, **a temperatura do corpo permanece constante**.

Dando sequência aos nossos estudos, vejamos a definição de zona térmica e ar-padrão conforme a NBR 16401.

Zona térmica – grupo de ambientes com o mesmo regime de utilização e mesmo perfil de carga térmica, permitindo que as condições requeridas possam ser mantidas com um único dispositivo de controle, ou atendidas por um único equipamento condicionador destinado somente aquela zona.

Ar-padrão – ar à pressão barométrica de 101,325 kPa, temperatura de 20 °C, umidade absoluta de 0 kg de vapor de água/ kg de ar seco, com massa específica de 1,2 kg/m³.

Vejamos também, algumas definições dispostas na NBR 16401-3 que trata a respeito da qualidade do ar interior;

Ar interior de qualidade aceitável – ar que não contém poluentes em concentração prejudicial à saúde ou ao bem-estar e é percebido como satisfatório por grande maioria (80% ou mais) dos ocupantes do recinto.

Zona de respiração – região ocupada de um espaço ventilado situado entre os planos horizontais localizados entre 0,8m a 1,8m do piso e distante de 0,6m das paredes ou de componentes do sistema de tratamento de ar.

Zona de ventilação – um espaço ou grupo de espaços do mesmo tipo de utilização, com a mesma densidade de ocupação, a mesma eficiência da distribuição de ar e a mesma vazão de ar insuflado por metro quadrado. As zonas de ventilação não coincidem necessariamente com as zonas de controle térmico.

Ar insuflado – ar suprido ao espaço ventilado por meios mecânicos constituído, em qualquer proporção, de ar exterior e ar recirculado.



Ar exterior – ar captado na parte externa da edificação.

Ar de retorno – ar do recinto recirculado no sistema e/ou rejeitado ao exterior.

Ar de escape – ar impulsionado ao exterior por diferença de pressão.

Ar de exaustão – ar extraído do recinto por meios mecânicos e rejeitado ao exterior.

Zona primária – área que compreende a sala de máquina do condicionador e o(s) equipamento(s) de tratamento de ar.

Zona secundária – área que compreende a rede de dutos de insuflação e os acessórios empregados para difusão do ar (bocas de ar).

Zona terciária – área que compreende o ambiente climatizado e o retorno do ar para o condicionador.

Passa-duto – vão na alvenaria da edificação normalmente utilizado para passagem de dutos, tubos, cabos ou condução do ar externo até a casa de máquinas no pavimento.



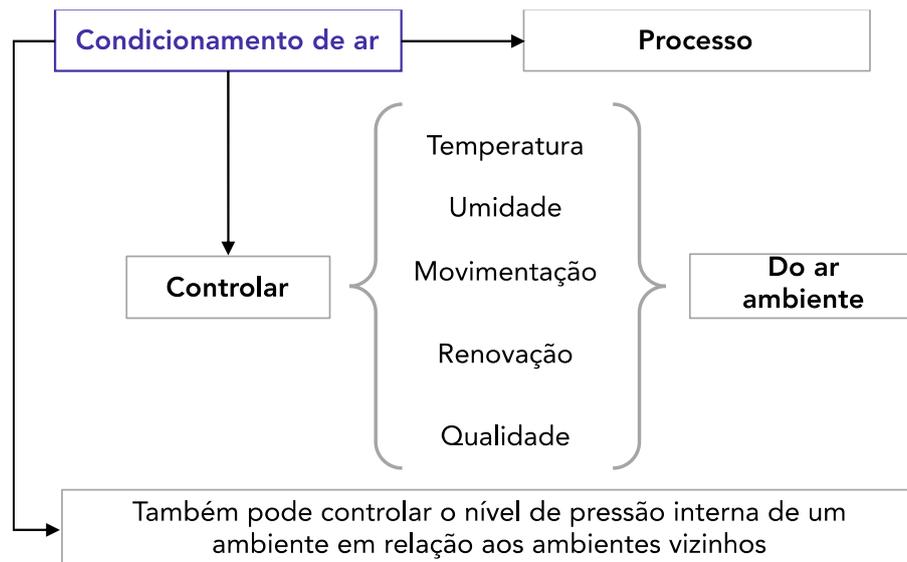
(PR4/UFRJ-2018) De acordo com a norma NBR 16401-1:2008, a definição de condicionamento de ar é um processo que objetiva controlar:

- a) simultaneamente a umidade, a qualidade e a pressão interna do ambiente em relação aos ambientes vizinhos.
- b) simultaneamente a velocidade e a qualidade do ar de um ambiente.
- c) simultaneamente a temperatura e a pressão do ar de um ambiente.
- d) simultaneamente a temperatura, a umidade, a movimentação, a renovação e a qualidade do ar de um ambiente.
- e) a umidade relativa e a qualidade do ar de um ambiente.

Comentário:

Questão que exige o conhecimento da definição do condicionamento de ar de acordo com a NBR 16401. Para resolvermos, vejamos o esquema abaixo sobre a definição de condicionamento de ar conforme essa norma:





Portanto, a definição de condicionamento de ar é um processo que objetiva controlar simultaneamente a temperatura, a umidade, a movimentação, a renovação e a qualidade do ar de um ambiente. Desta forma, a alternativa D está CORRETA e é o gabarito da questão.

Conhecidos os principais termos dispostos em normas e na literatura e abordados em provas, vamos ao estudo da psicrometria.

1.1 – Psicrometria

▪ Caso você nunca tenha ouvido falar, a **psicrometria** é o **estudo das propriedades do ar atmosférico e possui como objetivo a medição das condições e propriedades do ar**. Para se realizar o condicionamento de ar é necessária a determinação das propriedades do ar externo e interno do ambiente que se deseja climatizar.

Como você já deve saber o ar atmosférico é composto por uma mistura de gases, como oxigênio, nitrogênio, argônio, dióxido de carbono, etc e de vapor de água. A condição e proporção desta mistura apresenta grande influência sobre o conforto humano.

Uma determinada quantidade de vapor de água no ar atmosférico é necessária para que haja bem-estar humano. A umidade relativa para tal conforto se dá em torno de 60% a 65%, ou seja, conforme é realizada a alteração da temperatura do ar, outras propriedades podem se alterar, sendo assim necessária o estudo da psicrometria.

O ar presente na atmosfera é dividido em ar seco e ar úmido. O ar seco é aquele em que se desconsidera o vapor de água contido nele e o ar úmido é constituído pelo ar seco mais a porção de vapor de água contido no mesmo. Para o projeto e resolução de questões de prova em relação a projeto de refrigeração e climatização geralmente considera-se o ar úmido.

A determinação da **umidade relativa** do ar pode ser realizada através da **medição das temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido**. Não está entendendo? Calma! Vou explicar o que são essas temperaturas.



A **temperatura de bulbo seco** é a temperatura do ar atmosférico obtida pela leitura de um termômetro comum, ou seja, o bulbo do termômetro está “seco”.

A **temperatura de bulbo úmido** indica o ponto de saturação de evaporação de água no ar em uma certa temperatura de bulbo seco. Ela leva esse nome por ser obtida pelo uso de um termômetro convencional que possui seu bulbo coberto por uma malha porosa (normalmente algodão) que se encontra mergulhado em água destilada ficando constantemente úmida.

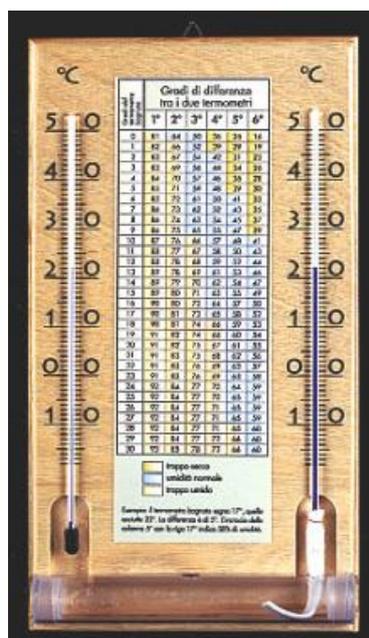


A **temperatura de orvalho** é a temperatura em que o vapor de água se condensa, ou solidifica, quando resfriado sob pressão e umidade constantes.

O **ponto de orvalho** é a temperatura logo abaixo daquela em que se inicia a condensação, sob pressão constante, do vapor de água contido no ar.

O calor presente no ar atmosférico fará com que a água presente no tecido poroso evapore, com isso ocorrerá uma redução da temperatura até o ponto em que o ar atmosférico não consiga mais absorver vapor de água, representando a temperatura de saturação correspondente a uma temperatura de bulbo seco.

Através da combinação destes dois tipos de termômetros criou-se um equipamento denominado **psicrômetro** que possui dois termômetros idênticos, sendo um de bulbo seco e outro de bulbo úmido, alocados um ao lado do outro para determinação da umidade relativa do ar. A imagem abaixo represente este aparelho.



Além do psicrômetro, podemos medir a umidade relativa do ar com um instrumento denominado higrômetro muito utilizado no estudo do clima.



(FEPESE/ DEINFRA SC-2019) Analise o texto abaixo:

A umidade de uma mistura ar- vapor d'água é usualmente estabelecida através das temperaturas de bulbo e bulbo seco. Estas são obtidas com o uso de um, o que envolve o escoamento de através dos termômetros de bulbo úmido e bulbo seco.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas do texto.

- a) negro • psicrômetro • ar
- b) úmido • higrômetro • ar
- c) úmido • psicrômetro • ar
- d) úmido • psicrômetro • água
- e) a vácuo • psicrômetro • água

Comentário:

Prezados, pela leitura texto do enunciado da questão podemos notar que a banca está falando do psicrômetro. Desta a forma o texto, com seu correto preenchimentos será:

A umidade de uma mistura ar- vapor d'água é usualmente estabelecida através das temperaturas de bulbo **úmido** e bulbo seco. Estas são obtidas com o uso de um **psicrômetro**, o que envolve o escoamento de **ar** através dos termômetros de bulbo úmido e bulbo seco.

Portanto, a **alternativa C** está CORRETA e é o gabarito da questão.

Dando sequência aos nossos estudos, você deve ter notado que existe uma tabela ao centro dos dois termômetros na imagem do psicrômetro. Ela normalmente é composta por uma coluna com a temperatura de bulbo úmido a esquerda e a linha superior apresenta diversas diferenças entre as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido, também conhecida como depressão psicrométrica. **Basta relacionar os dois valores encontrados na tabela para se determinar a umidade relativa do ar atmosférico.**



Apesar de podermos determinar a umidade relativa do ar através da medição realizada pelos termômetros do psicrômetro a sua definição é a seguinte.



A **umidade relativa** é a relação entre a pressão parcial da água contida no ar e a pressão de vapor da água tomada à temperatura do ar.

Em outras palavras, a **umidade relativa do ar** é a **relação entre a umidade absoluta** (quantidade de água existente no ar) **e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura** (ponto de saturação). Quanto mais seco o ar, maior o resfriamento. Portanto, quanto maior a diferença entre as temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco, menor a umidade relativa e quanto menor a diferença, maior a umidade relativa.

1.1.1 – Carta Psicrométrica

A **carta psicrométrica** é utilizada para **análise do processo que envolve o ar úmido**. Ela facilita a solução de muitos problemas típicos que são presentes em sistemas de condicionamento de ar. A carta psicrométrica contém todas as propriedades do ar úmido e sua seleção deve levar em consideração a pressão atmosférica local de onde será realizada a climatização do ambiente. A imagem abaixo apresenta uma carta psicrométrica para a pressão atmosférica ao nível do mar.



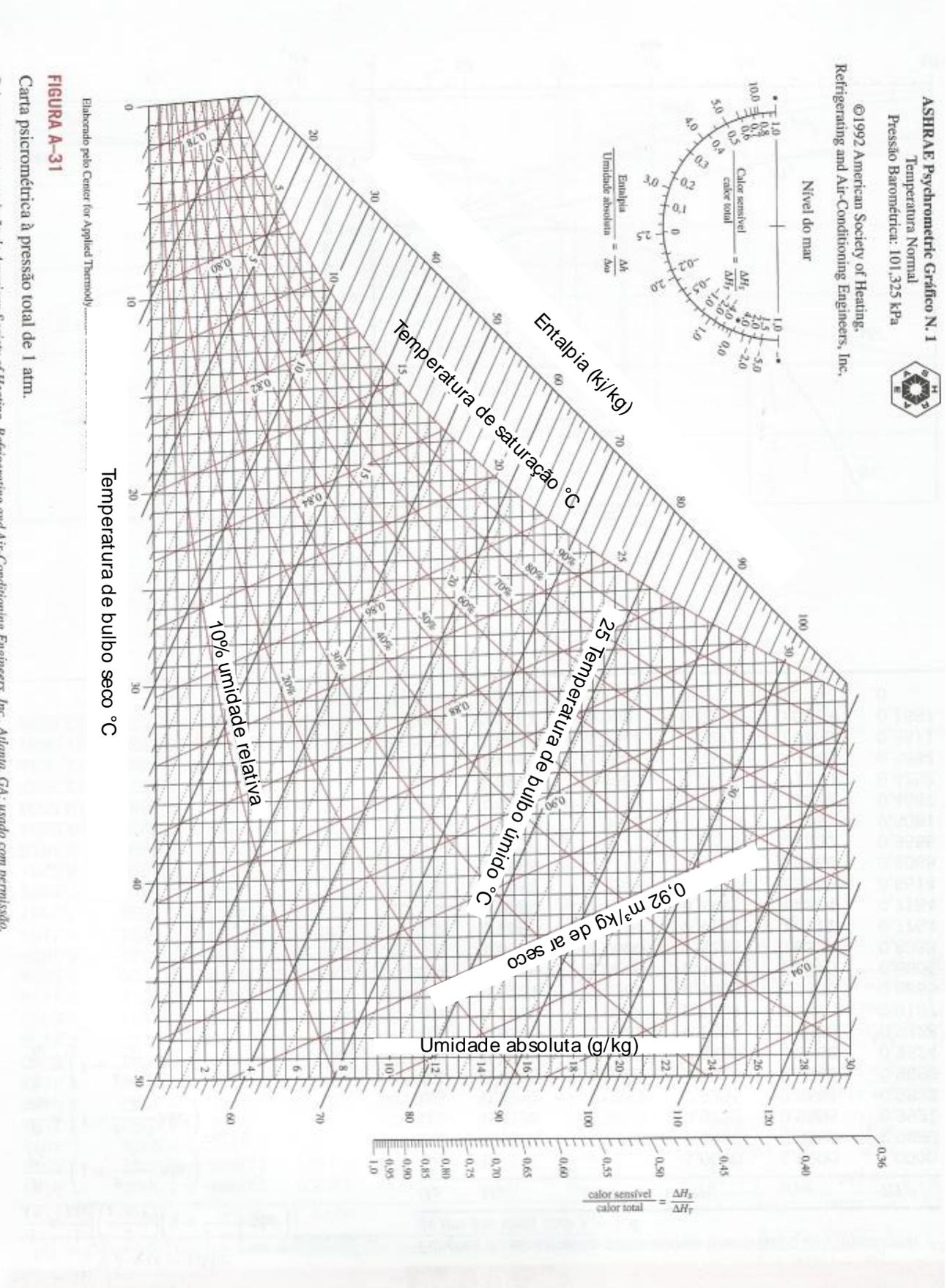


FIGURA A-31

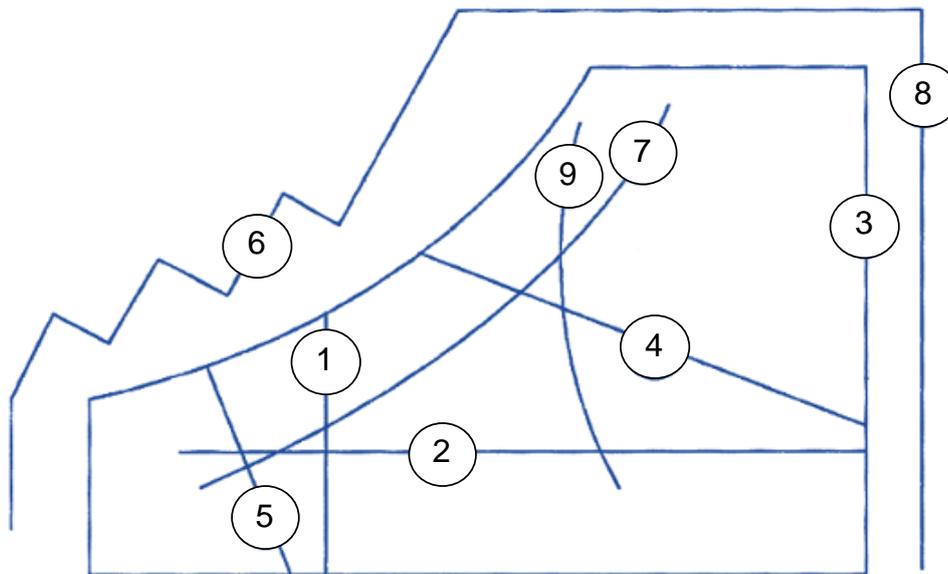
Carta psicrométrica à pressão total de 1 atm.

Elaborado pelo Center for Applied Thermody...
 Reimpresa com permissão da American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA; usado com permissão.

Fonte - UTFPR



Para uma melhor compreensão vejamos como é constituída a carta psicrométrica.



1. Linha de temperatura de bulbo seco, em °C.
2. Linha da umidade específica em kg de umidade por kg de ar seco.
3. Linha da escala de umidade específica.
4. Linha da temperatura de bulbo úmido, em °C.
5. Linha do volume específico em m³ de mistura por kg de ar seco.
6. Linha de escalas de entalpia em kJ por kg de ar seco na saturação.
7. Linha da umidade relativa em %.
8. Linha da razão de calor sensível (calor sensível/carga térmica).
9. Linha do desvio da entalpia em relação à entalpia específica na saturação.

Note, caro(a) aluno(a), que conhecendo a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar, a partir da carta psicrométrica, pode-se determinar diversas outras propriedades como a temperatura de bulbo úmido, a umidade específica, a entalpia, o volume específico, etc.

2 – Procedimento para elaboração de projeto

Prezado(a) estrategista, vamos agora abordar como deve ser realizado o procedimento para elaboração e documentação de um projeto de um sistema de climatização. Para isso vamos falar de alguns trechos da norma NBR 16401, muito abordada em prova, que trata das instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários e também de outras definições da literatura.

Já citamos alguns trechos da norma na seção anterior, da sua terminologia e, agora, nesta seção, vamos abordar os procedimentos de projeto dispostos nela.

Esta norma técnica é dividida em três partes que são:

- ABNT NBR 16401
 - Parte 1: Projetos e instalações.



- Parte 2: Parâmetros de conforto térmico.
- Parte 3: Qualidade do ar interior.

Para nosso estudo não vou abordar toda a norma em nossa aula, mas sim os pontos mais explorados pelas bancas em prova conforme o assunto dos tópicos da aula. Caso possível, **recomendo que você faça a leitura da norma como complemento**. Vamos lá?!

2.1 - Projetos e instalações.

Como citei anteriormente os termos referentes a terminologia utilizada na norma estão na introdução da nossa aula. Por isso, passaremos para o item 4 da NBR 16401-1 que trata a respeito do procedimento de elaboração e documentação do projeto.

De acordo com a norma técnica, a elaboração do projeto deve acontecer em sucessivas etapas, dividindo-se o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de uma maneira a se obter uma evolução positiva e consistente da concepção utilizada para as instalações e da integração destas com a edificação e seus componentes, garantindo o atendimento das exigências de desempenho e qualidade definidas pelo contratante do serviço.

Cabe destacar, que os autores da norma, editaram um item trazendo uma **exceção** para os casos onde o projeto será realizado em um empreendimento já existente, permitindo a supressão de algumas etapas de projeto descritos na norma, definidas pelo projetista contratado.

O procedimento de elaboração e documentação do projeto é dividido 6 etapas pela NBR 16401 que são:

1. Concepção inicial da instalação.
2. Definição das instalações.
3. Identificação e solução de interfaces.
4. Projeto de detalhamento.
5. Projeto legal.
6. Detalhamento de obra e desenhos “conforme construído”.

Concepção inicial da instalação

Esta etapa é destinada pela norma para a análise conjunta entre o projetista, empreendedor e escritórios de arquitetura sobre os impactos das soluções envolvendo o consumo de energia da edificação e os aspectos ambiental.

Além disso, ela está relacionada com:

- A etiquetagem de eficiência energética do respectivo empreendimento;
- Coleta de informações a respeito do atendimento pelos serviços públicos de água, esgoto, gás combustível e energia elétrica.
- Coleta de informações a respeito do local como topografia, incidência solar, edificações na vizinhança, condições do meio externo, tipo de ocupação, exigências específicas das autoridades legais, etc.



- Coleta de dados preliminares de tratamento de ar, parâmetros para os cálculos de carga térmica, como condições específicas de temperatura, umidade relativa, pressão interna, renovação do ar e classe de filtragem requerida, layout, dissipação térmica de equipamento, altura entre forros, tipos de vidro/materiais, tipos de revestimentos de coberturas e paredes e dispositivos de sombreamento, etc.
- Análise de sistemas viáveis para utilização a partir do pré-cálculo da carga térmica.
- Indicação preliminar das necessidades de áreas e espaços técnicos, com estimativa de carga estática e consumo elétrico dos equipamentos.

Por fim, este trecho da NBR 16401 também engloba conceitualmente etapas de acordo com a NBR 13531, como levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade e estudo preliminar. Além disso, ela elenca o que o contratante deve disponibilizar para o projetista que são plantas da situação do terreno, dados gerais do empreendimento e o projeto legal ou estudos de arquitetura.

Definição das instalações

Esta etapa elencada na norma é destinada à evolução da concepção das instalações e à representação das informações técnicas provisória de detalhamento das instalações. Ela refere-se à etapa de anteprojeto da NBR 13531. Esta etapa deve incluir as seguintes atividades:

- Cálculos preliminares de carga térmica e vazão de ar;
- Seleção preliminar de equipamento, com dados referências de capacidade, dimensão, consumo de energia e água e peso.
- Definição preliminar da localização das casas de máquinas com suas respectivas dimensões;
- Dimensionamento preliminar das redes de dutos principais e definição de passagem vertical e horizontal necessários.
- Dimensionamento preliminar das redes hidráulicas e frigoríficas principais, assim como definição de passagem vertical e horizontal necessários.
- Representação gráfica das instalações de forma esquemática para identificação preliminar de interferências.

Assim como na etapa anterior esse trecho da norma, também define o que o contratante deve disponibilizar para o projetista passando pela atualização ou complementação dos dados fornecidos anteriormente, definição do sistema a ser adotado, desenhos preliminares de arquitetura e layouts de ocupação e lançamento preliminar de forma da estrutura.

Identificação e solução de interfaces

Nesta etapa a norma detalha como se dá a concepção e à representação das informações técnicas das instalações, ainda não completas ou definitivas. Referindo-se a etapa de pré-execução da NBR 13531

As atividades que esta etapa deve incluir são:

- Consolidação dos cálculos, seleção de equipamento, localização e dimensões das casas de máquinas, dimensionamento de toda a rede de distribuição de ar, rede hidráulica e frigorífica.
- Participação no processo de definição das soluções de compatibilização com os elementos da edificação e demais instalações.



- Representação gráfica do desenvolvimento da rede de dutos, incluindo a definição do tipo, seleção e posicionamento das grelhas e difusores de ar.

Como nas etapas anteriores, temos citados na NBR 16401 o que o contratante deve disponibilizar ao projetista nesta fase.

Projeto de detalhamento

Prezado estrategista, esta etapa da norma possui como objetivo a consolidação do conceito de projeto adotado e à representação final das informações técnicas das instalações, completas, definitivas, necessárias e suficientes tanto à licitação quanto à execução dos serviços.

A documentação gerada nesta etapa deve apresentar perfeita caracterização das instalações demonstrando distribuição de fluidos térmicos, distribuição de ar, controle, alimentação e comando elétrico, e todas as especificações necessárias para permitir a tomada de preços, aquisição, execução e colocação em operação das instalações.

Segundo a NBR 16401 esta etapa deve incluir peças gráficas contendo os desenhos das instalações de distribuição de ar e redes hidráulicas em plantas e cortes mostrando com clareza as áreas técnicas, os espaços reservados para passagem das instalações, afastamentos necessários para operação e manutenção do sistema, fluxograma de ar, fluidos térmicos, redes frigoríficas, necessidades de infraestrutura, descritivos funcionais da lógica de controle e para fornecimento e montagem das instalações elétricas, especificações gerais de equipamentos, componentes e materiais a serem fornecidos e, além disso, resumo geral dos dados resultantes dos cálculos de carga térmica para cada ambiente e memorial descritivo contendo a descrição geral das instalações.

Como nas demais etapas o contratante deve disponibilizar ao projetista diversos dados para execução desta etapa.

Projeto legal

Sempre que requerida esta etapa deve ser cumprida, seguindo a formatação exigida, das informações técnicas necessárias para análise e aprovação junto as autoridades competentes, com base nas exigências legais municipais, estaduais e federais.

Detalhamento de obra e desenhos “Conforme Construído”

Esta etapa é de responsabilidade da empresa instaladora, que deve realizar o detalhamento e as adequações necessárias no projeto de acordo com as características dimensionais e construtiva dos equipamentos efetivamente utilizados e também conforme os detalhes construtivos e padrões de fabricação característicos dos itens de seu funcionamento tais como quadros elétricos dutos de ar, rede hidráulica e seus elementos de sustentação.

Nessa etapa todas as modificações necessárias no decorrer da obra devem ser detalhadas fornecendo assim desenhos “conforme construído” e, além disso, o manual de operação e manutenção da instalação deve apresentar no mínimo:



- Memorial descritivo da instalação contendo a relação dos equipamentos com as seguintes informações de cada equipamento e instrumentos de medição:
 - Fabricante;
 - Modelo;
 - Tipo;
 - Número de série;
 - Características elétricas;
 - Curvas características; e
 - Dados de operação.
- Recomendações operacionais para colocação em funcionamento e desligamento do sistema conforme recomendado por fabricantes.
- Recomendações com periodicidade de manutenção dos equipamentos de acordo com recomendações dos fabricantes.
- Esquemas elétricos de controle.
- Certificados de garantia de todos os equipamentos e instrumentos de medição.
- Recomendação de calibração dos instrumentos de medição.

Por fim, os relatórios de ensaio, ajustes finais e balanceamento do sistema e de suas partes, fornecidos pelo profissional ou entidade responsável, devem ser incluídos na documentação final da instalação.

Condições climáticas e termoigrométricas de projeto

Caro estrategista, a NBR 16401 cita que o projeto e dimensionamento do sistema deve ser baseado nas condições climáticas do local da obra e nas condições termoigrométricas de projeto, conforme estipulados na norma e seguindo os dados de seu anexo A.

O anexo A da norma dispõe, para cada localidade listada, conjuntos de dados climáticos para diversas frequências anuais de ocorrência e objetivos de cálculo. Cabe ao responsável pelo projeto determinar as condições de projeto levando em consideração a frequência de ocorrência e o objetivo do cálculo. A norma também acaba indicando os dados que devem ser adotados de acordo com o objetivo, essas informações indicadas no anexo A, de acordo com a localidade, são:

- Temperatura de Bulbo Seco TBS
- Temperatura de Bulbo Úmido TBU
- Temperatura de Ponto de Orvalho TPO
- Temperaturas de projeto coincidentes, de bulbo seco e de bulbo úmido TBSc e TBUC
- Umidade absoluta w (kg/kg de ar seco)

Captação do ar exterior

Em relação ao ar exterior a NBR 16401 estabelece:

Devem ser acrescentado as cargas, sensível e latente, do ar exterior a ser admitido no sistema.



A vazão de ar exterior deve ser suficiente para manter os locais em leve pressão positiva e minimizar infiltrações

Para sistemas especiais ou ligados a processos industriais, a vazão mínima de ar exterior deve ser determinada de forma a garantir gradientes de pressão (positivos e/ou negativos) entre os ambientes condicionados e em relação à atmosfera, parâmetros de processo, condições mínimas de segurança e saúde ocupacional durante a permanência de pessoas dos ambientes condicionados, tais como: concentração de gases e vapores nocivos à saúde, limites de explosão de gases e vapores de combustíveis, concentração de oxigênio e outros fatores de risco.

A vazão de ar exterior deve ser obrigatoriamente na parte exterior da edificação.

No posicionamento da captação de ar exterior deve ser observado o sentido de ventos predominantes do local e a propagação inerente de cada poluente, para evitar o arraste no sentido da tomada de ar externo, respeitando-se as distâncias da tabela 6.

Tabela 6 — Distância mínima de possíveis fontes de poluição

Entrada de garagens estacionamentos ou "drive-in"	5 m
Docas de carga e descarga estacionamento de ônibus	7,5 m
Estradas, ruas com pouco movimento	1,5 m
Estradas, ruas com tráfego pesado	7,5 m
Telhados, lajes, jardins ou outra superfície horizontal	1,5 m
Depósitos de lixo e área de colocação de caçambas	5 m
Locais reservados a fumantes (fumódromos)	4 m
Torres de resfriamento	10 m

Vamos agora ao estudo do cálculo da carga térmica.

3 - Carga Térmica

Prezado(a) estrategista, a carga térmica ou, em outras palavras, a quantidade de calor que deve ser retirada ou colocada em um ambiente em um determinado período de tempo é comumente explorada em questões de prova.

Para se dimensionar o sistema de refrigeração é fundamental uma correta determinação da carga térmica. Existem, basicamente, dois tipos de dimensionamento para a carga térmica. O primeiro é o dimensionamento da carga térmica para o ser humano (ar condicionado) e a outra é especializada para a conservação de perecíveis ou redução de temperatura em processos e produtos industriais.

Para o cálculo comercial da carga térmica, que pode ser em kcal/h ou BTU/h, existem planilhas desenvolvidas de acordo com especificações das normas vigentes para ajudar nesse processo. Em concursos,



difícilmente você precisará calcular a carga térmica de um ambiente por completo, mas deverá saber quais são os fatores a serem adotados e as considerações necessárias.

3.1 – Carga térmica interna

Para o cálculo da carga térmica interna dos recintos deve ser considerado a envoltória, em que de acordo com a NBR 16401, o calor contribuído pela envoltória resulta da diferença de temperatura externa e interna somada a radiação solar incidente, direta e difusa. Devem ser considerados:

A orientação solar das fachadas	
Para envoltória externa opaca (paredes e coberturas):	Tipo, materiais, massa por metro quadrado, capacidade térmica, coeficientes de transmissão de calor, cor da superfície externa.
Para os vãos externos translúcidos (janelas e claraboias):	Tipo de material, propriedades físicas e absorção de calor, coeficiente de transmissão de calor, coeficiente de ganho solar, proteção solar interna, sombra projetada por anteparos e edifícios vizinhos.
Para as divisórias com recintos não condicionados (paredes, tetos e pisos):	Tipo, material, coeficiente de transmissão de calor da divisória e temperatura dos recintos vizinhos.
A massa total da envoltória e do seu conteúdo por metros quadrado de piso do recinto.	

Conforme a NBR 16401, também deve-se considerar o efeito de retardamento devido à inércia térmica da estrutura:

Na parte opaca da envoltória externa, o calor incidente é antes absorvido pela massa das paredes e coberturas e só se constitui em carga térmica quando a temperatura de superfície interna do envoltório se eleva acima da temperatura do ar, sendo o calor armazenado gradativamente transmitido ao ar do recinto por condução e convecção.

Na parte translúcida da envoltório externa, a radiação solar incidente que penetra diretamente no recinto é antes absorvida pela massa do recinto e de seu conteúdo e só se constitui em carga térmica quando a temperatura de sua superfície se eleva acima da temperatura do ar, e o calor armazenado é gradativamente transmitido ao ar do recinto por condução e convecção.

Em ambos os casos, os ciclos diários das cargas térmicas são defasados no tempo e reduzidos em intensidade em relação às cargas incidentes; cessada a carga incidente o calor armazenado pode continuar a se dissipar no recinto, após o desligamento do sistema, constituindo-se em carga remanescente, a ser dissipada no início de operação no dia seguinte.

O desempenho térmico dos elementos e componentes da edificação deve ser calculado conforma a ABNT NBR 15220-2 que fala a respeito do desempenho térmico de edificações.



De uma maneira direta na hora do cálculo da carga térmica será necessário determinar o croqui da instalação com medição da sala, suas paredes e aberturas, metros. Também é importante determinar a orientação solar. Nessa etapa o projetista deverá analisar:

- Janelas com insolação – aquelas que sofrem incidência direta de raios solares.
- Janelas de transmissão – colar ganho via condução/convecção através de todas as janelas.
- Paredes – incluindo portas e excluindo janelas.
- Teto – determinando a área do teto e suas características como se é laje, entre andares, sob telhado isolado...
- Piso – determinando sua área.
- Vãos e portas – determinando sua área e no caso da existência de vãos ou portas com largura superior a 1,5m, o ambiente deverá ser considerado contíguo.

A **carga térmica de condução** é calculada pela expressão geral da transmissão de calor por condução e por hora pode ser expressa, para materiais homogêneos, paredes planas e paralelas por:

$$Q = \frac{A \cdot K \cdot \Delta T}{x}$$

Em que:

- Q= taxa de fluxo de calor transmitido em kcal/h;
- A= área da superfície normal ao fluxo em m²;
- x= espessura do material em metros;
- K= condutividade térmica do material em kcal/k.m.°C; e
- ΔT= diferença entre as temperaturas das superfícies separadas pela espessura x em °C.

Geralmente para o cálculo da carga térmica do ar condicionado o **coeficiente global de transmissão de calor** (U) é utilizado, medindo-se a temperatura do ar de ambos os lados da superfície. Vejamos a equação:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Onde:

- Q=fluxo de calor em kcal/h/
- A=área em m²;
- U=coeficiente global de transmissão de calor em kcal/h.m².°C/
- ΔT= diferença entre as temperaturas em °C.



O ar insuflado em um recinto condicionado retorna ao condicionador devido a diferença de pressão que é fornecida pelo ventilador. O **retorno de ar** pode ser realizado sob a forma de plenum, ou seja,



utilizando um ambiente como próprio recinto, um corredor, ou até mesmo um teto rebaixado, como se fosse um condutor de ar ou utilizando dutos de retorno.

Cabe destacar que em ambos os casos é **adicionado calor ao ar de retorno**, e este deve ser retirado pelas serpentinas do evaporador. Para calcular a **carga térmica dos dutos** deve-se conhecer a quantidade de ar a ser insuflado no ambiente e esta quantidade é dependente da carga térmica. A equação para carga térmica devido aos dutos é:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Em que Q é a carga térmica em watts ou kcal/h, A é a área do duto exposta ao calor, em m², U é o coeficiente global de transmissão de calor (tabelado) e ΔT é a diferença de temperatura entre o ar exterior e ao interior do duto em °C.



De acordo com a NBR 16401-1:

- No traçado da rede de dutos de um projeto de ar condicionado não devem ser instaladas bocas de ar diretamente em duto tronco de insuflação, exceto quando atender a um único ambiente.

Fontes internas de calor

De acordo com a ABNT NBR 16401 as fontes internas de calor são:

Pessoas	Número máximo de pessoas em cada recinto deve ser estipulado pelo contratante do projeto. Caso não seja possível a definição da quantidade máxima de pessoas deve-se adotar a densidade de ocupação tabelada. Também devem ser considerados o regime e os horários de ocupação.
Iluminação	Geralmente o número máximo de pessoas deve ser adotado para projeto quando a ocupação contínua ocorrer por períodos maiores do que 90 minutos. No caso de ocupação intermitente deve-se adotar uma taxa média de ocupação.
Equipamentos de escritório	Tipo e potência das luminárias devem ser considerados no projeto, além, é claro, da sua quantidade. Deve-se considerar a montagem das luminárias no ambiente (suspensas ou embutidas) e a possibilidade de parte do calor não ser dissipado no ambiente, por exemplo em forro falso. Também é necessário a avaliação de uma possível não simultaneidade da carga de iluminação com a carga máxima de insolação das áreas envidraçadas.
	Essas informações devem ser consideradas de acordo com informações fornecidas pelos fabricantes, caso isso não seja possível deve-se adotar valores de referências



	tabelados. Também é necessária a consideração de operação dos equipamentos de modo de espera ou intermitente e o fator de simultaneidade.
Motores elétricos	A dissipação efetiva de motores deve ser avaliada e obtida via dados de fabricante. Na falta dessas informações deve-se adotar valores típicos da eficiência e dissipação de calor de motores elétricos operando em plena carga. Além disso, é necessário a consideração de uma eventual operação dos motores em carga parcial ou intermitente e o fator de não simultaneidade.
Outras fontes de calor e umidade	Nesta parte entra aqueles equipamentos como os de cozinha, lanchonete, médicos e de laboratórios. A dissipação efetiva de calor e umidade desses equipamentos deve ser obtida junto aos fabricantes. Como nos demais casos, quando não disponíveis essas informações, deve-se adotar dados tabelados.
Infiltrações	A infiltração é o fluxo de ar externo para dentro da edificação através de frestas e outras aberturas não intencionais, e através do uso normal de portas localizadas na fachada. Normalmente a infiltração é provocada pelo efeito de ventos e de diferenças de pressão devido ao efeito chaminé e, quando não mantida sob controle, implica taxa adicional de ar exterior e consequentemente de carga térmica para o sistema. No caso de aberturas em fachadas opostas, pode ocorrer infiltração por uma fachada e exfiltração (saída não intencional de ar) pela outra. Normalmente os ambientes condicionados são mantidos levemente pressurizados, para se minimizar os efeitos de infiltração de ar não controlada.

Normalmente todos os dados sobre os fatores que influenciam no cálculo da carga térmica são definidos via tabelas. No caso de **motores** (calor sensível) **deve-se levar em consideração o seu rendimento.**



Como sabemos ventiladores possuem motores acoplados e entram no mesmo padrão para o cálculo da carga térmica. Para esses dispositivos dentro da corrente de ar no espaço interno a seguinte equação é utilizada:

$$q = \frac{P}{\eta} .733 \text{ [watts]}$$

Em que q é a carga térmica em watts, P é a potência do motor em CV e η é o rendimento do motor. **Quando deseja-se encontrar a carga térmica em CV basta somente não multiplicar a razão entre a potência e o rendimento do motor por 733.**



Para o cálculo da carga térmica de um motor em BTU/H, utilizando a potência em HP a seguinte equação deve ser utilizada.



$$q = \frac{P}{\eta} \cdot 2490 \left[\frac{BTU}{h} \right]$$

Outros pontos importantes abordados pela NBR 16401, em relação a carga térmica, são:

A soma das cargas térmicas das zonas é a carga máxima simultânea do conjunto de zonas servidas pela unidade; não é necessariamente a soma dos **máximos das zonas**, que podem não ocorrer simultaneamente.

Deve-se considerar ainda um eventual fator de não simultaneidade para alguns dos componentes da carga térmica (pessoas, iluminação, equipamentos) ao nível do conjunto das zonas.

Evitar superdimensionar o sistema. Os cálculos das cargas térmicas devem ser os mais exatos possíveis, evitando aplicar “fatores de segurança” arbitrários para compensar eventuais incertezas no cálculo.

Basicamente para o cálculo da carga térmica de um recinto deve-se somar todos os fatores que dissipam calor de modo a se encontrar a carga térmica necessária para suprir as necessidades do ambiente.

Além dos métodos citados acima, também devemos conhecer como é realizada o cálculo da **carga térmica devido a infiltração**. O movimento do ar exterior ao recinto faz com que este adentro no ambiente por frestas, portas, aberturas, janelas, etc. Tal penetração adiciona uma carga térmica sensível e latente.

Essa carga térmica não pode ser calculada com precisão, mas pelo **método da troca de ar** pode ser realizada uma aproximação. Neste método supõe a troca de ar por hora do recinto conforme o número de janela ou até mesmo dados fornecidos, no nosso caso, em questões de prova.

A troca de ar significa renovar todo o ar contido no ambiente por hora. Conhecendo a temperatura do ar exterior, o volume do ambiente a ser climatizado o calor específico e a massa específica do ar e a diferença de temperatura entre o interior e exterior a seguinte equação pode ser utilizada para o cálculo do calor sensível devido ao ar externo:

$$q_s = \rho \cdot c_p \cdot V_E \cdot (T_e - T_i)$$

Em que:

- q_s = calor sensível devido ao ar externo, W;
- ρ = densidade do ar conforme a altitude local;
- c_p = Calor específico do ar seco kJ/kg.°C;
- V_E = Vazão de ar externo.
- T_e = Temperatura do ar externo, °C; e
- T_i = Temperatura do ar interno, °C.





(NC UFPR/UFPR-2018) Considere um ambiente de 200 m^2 ($10 \times 20 \text{ m}$) a ser climatizado. A densidade normatizada para a atividade exercida nesse local é de 10 pessoas por 100 m^2 . Nesse ambiente, cada computador dissipa 400 W , e a densidade de pessoas é a máxima. Cada pessoa que ocupa o local dissipa 100 W , e todas utilizam um computador. A iluminação dissipa 10 W/m^2 . A temperatura do ar externo é de $35 \text{ }^\circ\text{C}$, enquanto o ambiente interno deve estar a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. O pé-direito dessa sala possui 3 metros de altura, e o número de trocas de ar com o exterior é de 08 ACH (air change per hour). O ar possui uma massa específica aproximada de 1 kg/m^3 . O calor específico do ar pode ser aproximado por 1000 J/kgK . Todas as paredes recebem insolação, com um acréscimo de insolação de $5 \text{ }^\circ\text{C}$. O coeficiente global de transferência de calor pelas paredes e pela laje horizontal é de $15 \text{ W/m}^2\text{K}$. No local há ainda uma geladeira que dissipa 300 W e 5 televisores que dissipam 40 W cada. Sabendo que 1 TR é $3,51685 \text{ kW}$, a capacidade do equipamento que deve ser instalado no sistema é de:

- a) 42 TR.
- b) 36 TR.
- c) 30 TR.
- d) 24 TR.
- e) 18 TR.

Comentário:

Prezado(a) estrategista, para a resolução desta questão devemos somar as potências dissipadas pelas pessoas e equipamentos com a potência relativa a troca de ar e ainda com a potência dissipada pela condução pelas paredes e teto.

Potências dissipadas por pessoas e equipamentos:

$$\text{Pessoas} = 20 \cdot 100 = 2 \text{ kW}$$

$$\text{Computadores} = 20 \cdot 400 = 8 \text{ kW}$$

$$\text{Iluminação} = 10 \cdot 200 = 2 \text{ kW}$$

$$\text{Geladeira} = 0,3 \text{ kW}$$

$$\text{Televisores} = 5 \cdot 40 = 0,2 \text{ kW}$$

$$\text{Potência Total} = 2 + 8 + 2 + 0,3 + 0,2 = 12,5 \text{ kW}$$

Potência dissipada pelas paredes e teto (condução):

$$P = A \cdot U \cdot \Delta T$$

A área de troca de calor é composta por duas paredes com 60 m^2 e duas paredes com 30 m^2 além do teto que possui 200 m^2 , desta forma $A=180 \text{ m}^2$. Além disso, devemos, neste caso, considerar o acréscimo de $5 \text{ }^\circ\text{C}$ de insolação. Assim,

$$P = A \cdot U \cdot \Delta T = 380 \cdot 15 \cdot (40 - 20) = 114 \text{ kW}$$

Por fim, devemos calcular a potência em relação a troca de ar por:



$$q_s = \rho \cdot c_p \cdot V_E \cdot (T_e - T_i)$$

A vazão será igual ao volume multiplicado pelo número de trocas por hora e, não podemos esquecer, de converter a vazão para m³/s.

$$q_s = \rho \cdot c_p \cdot V_E \cdot (T_e - T_i) = 1 \cdot 1000 \cdot 600 \cdot \frac{8}{3600} \cdot (35 - 20) = 20 \text{ kW}$$

Somando toda a carga térmica obtemos:

$$\text{Carga total} = 12,5 + 114 + 20 = 146,5 \text{ kW}$$

Convertendo para TR...

$$\text{Carga total} = 146,5 \frac{\text{kW}}{3,51685} \cong 42 \text{ TR}$$

Portanto, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

Caros(as) estrategistas, encerramos aqui o estudo do cálculo da carga térmica. Como citei no início desta seção da aula em provas, dificilmente você será instado a realizar o cálculo da carga térmica de um ambiente, no máximo um ou outro componente você deverá calcular. Contudo, elas podem aparecer como no exemplo acima. Mesmo assim, as questões em relação a este assunto, são em sua maioria teóricas!

Passaremos agora ao estudo das principais instalações de ar condicionado.

4 – Instalações de ar condicionado

Meu amigo e minha amiga, podemos dividir as instalações de ar condicionado em dois grupos que são os sistemas de **expansão direta** e o sistema de **expansão indireta**.

Os sistemas de **expansão direta** apresentam o fluido refrigerante contido dentro de uma serpentina e, quando ele evapora, acaba resfriando o ar em contato com ela. Neste tipo de condicionadores encontramos o ar condicionado do tipo janela (ACJ), o Split ou multi-split e o self-contained.

Os sistemas de expansão indireta são caracterizados pela utilização de um fluido refrigerante secundário para resfriamento do ar, em geral a água, que é resfriada em um circuito de compressão a vapor ou absorção por um chiller.



Uma classificação dos sistemas de ar condicionado quanto aos fluidos utilizado para a remoção da carga térmica e arranjos dos equipamentos é a seguinte:

- Expansão Direta
 - Aparelhos de janela
 - Splits



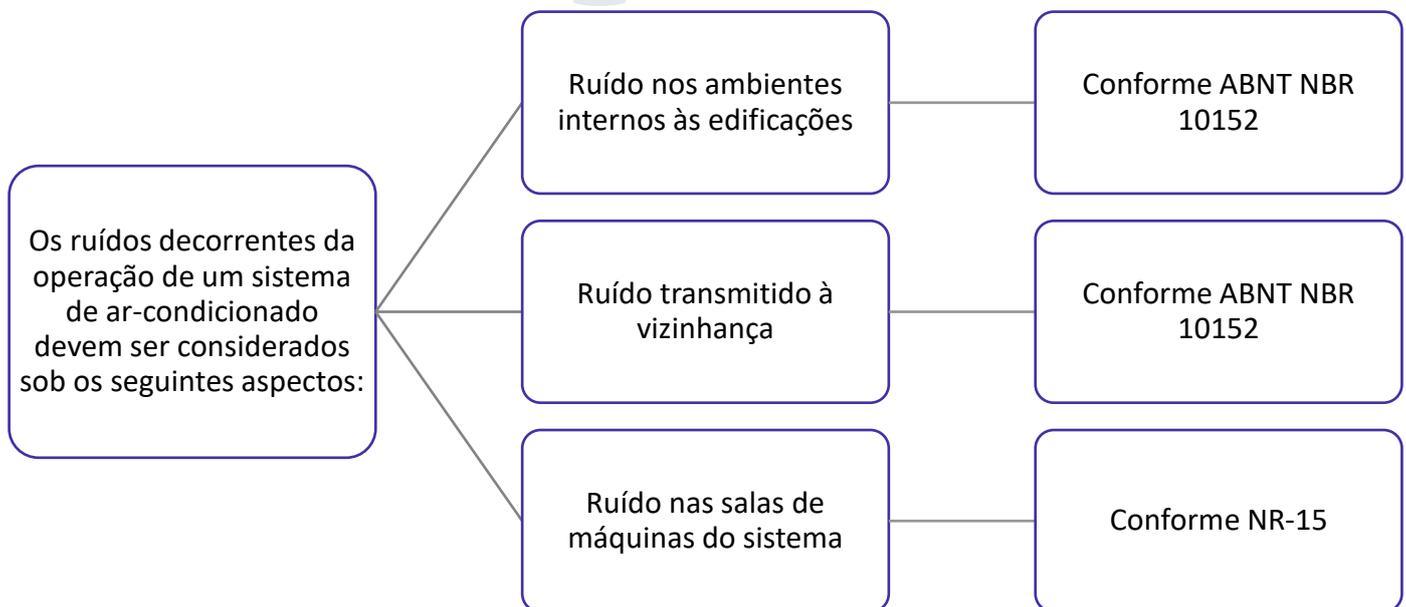
- Self contained
- Tudo água
- Ar-água
- Tudo ar

Vamos então estudar os principais tipos de ar condicionados. Começaremos pelo ar condicionado do tipo janela (ACJ).

4.1 – Ar condicionado do tipo janela (ACJ)

Este é o tipo de ar condicionado compacto, de expansão direta, com condensação a ar acoplada. Desta forma, é constituído por apenas uma única peça composta por condensador e evaporador. Leva este nome por necessitar de um buraco na parede para sua instalação. Normalmente é indicado para ambientes pequenos como casas e apartamentos.

Sua principal vantagem é seu custo reduzido, mas apresenta grande ruído e para sua instalação é necessário alterar a estrutura de paredes. Podemos dizer que este é um modelo antigo de ar condicionado que vem sendo substituído aos poucos pelo ar Split.

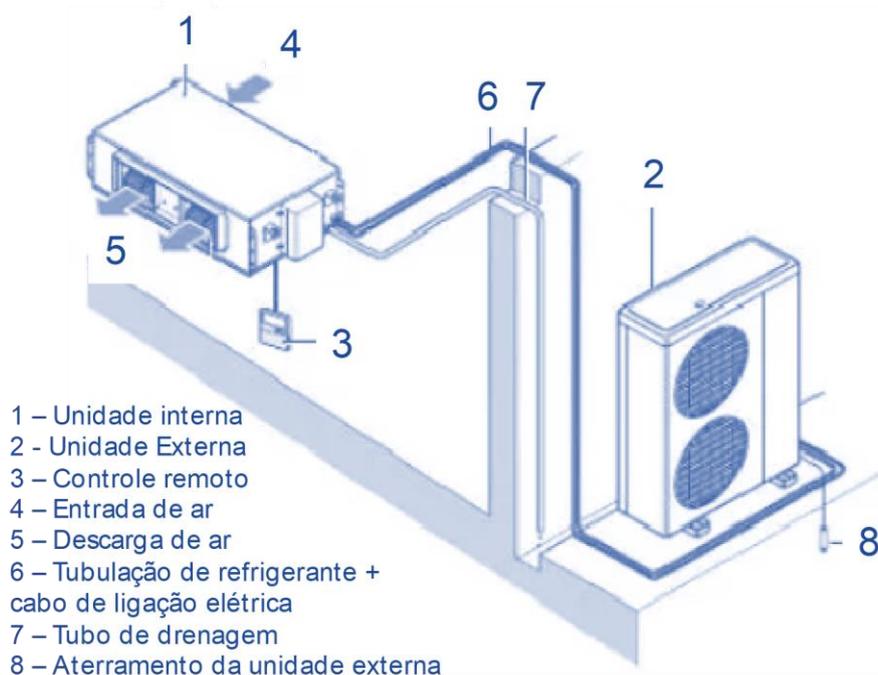


4.2 – Ar Split ou multi-split

Caro estrategista, o sistema de ar Split é aquele em que temos o aparelho dividido em duas unidades, uma evaporadora e outra condensadora, que são interligadas por tubulações, normalmente de cobre, por onde o fluido refrigerante circula.

O sistema Split normalmente é utilizado em residências domésticas, escritórios e lojas onde se deseja a climatização de apenas uma divisão. Vejamos a representação abaixo de um sistema Split.





Existem diversos modelos para os equipamentos do tipo Split. Vejamos a tabela abaixo com alguns tipos:

 <p>Split Hi-Wall</p>	<p>Tipo de ar condicionado mais comum. É considerado o modelo padrão de condicionador do tipo Split. A unidade condensadora trabalha do lado externo diminuindo o ruído do sistema. A desvantagem deste sistema é sua limitação de utilização em ambientes muito amplos e com grande fluxo de pessoas.</p>
 <p>Split piso teto</p>	<p>Sistema muito similar ao modelo hi-wall possuindo como principal diferença o fato de que a unidade interna pode ser instalada no piso ou no teto. Este modelo é indicado para aplicações residenciais ou comerciais de médio ou grande porte. Sua principal desvantagem é em relação ao seu tamanho maior, demandando maior espaço para instalação.</p>



Split Cassete

Este modelo é um tanto quanto diferente dos demais sistemas Split, pois é embutido no teto e pode ser disfarçado no forro. O Split cassete possui bomba de drenagem de água e chave de nível tipo boia em seu interior para seu correto funcionamento. A sua principal vantagem é sua discricção podendo também trabalhar em conjunto com outros condicionadores de ar.

A sua principal desvantagem é o seu custo e seu tamanho, denso necessário o rebaixamento de forro para sua instalação.



Split quatro lados

Este tipo de aparelho condicionador de ar leva este nome pelo fato de possuir quatro saídas de ar assim como o Split cassete, contudo ele não necessita de rebaixamento de forro. Pode ser instalado no centro, na lateral ou no canto do ambiente permitindo a distribuição de ar.

Sua maior vantagem é a versatilidade, contudo é um pouco difícil de encontra-lo no mercado e possui um valor um pouco elevado quando comparado com outros modelos.



No sistema Split, em sua unidade evaporadora é realizado o processo de resfriamento sensível do ar ambiente. Neste processo o refrigerante absorve a carga térmica sensível e latente, uma vez que ocorre mudança de umidade e de temperatura, respectivamente.

Além disso, na instalação de um aparelho de condicionamento de ar do tipo Split, alguns **cuidados especiais devem ser tomados com relação às elevações da unidade condensadora e da evaporadora**. Quando a unidade condensadora estiver numa cota superior à da evaporadora em, por exemplo, 6 metros, um sifão deve ser instalado na linha de sucção na cota de 3 metros em relação a unidade evaporadora. Esta **medida visa possibilitar o retorno do óleo lubrificante ao compressor**.

Os aparelhos do tipo **Split** são equipados com termostatos permitindo que estes **controlem a temperatura de bulbo seco do ambiente com maior precisão**.

Professor, o que é um termostato? Termostatos são instrumentos utilizados para regulação da temperatura através de contatos que se abrem no limite máximo e se fecham no limite mínimo. Para regulação da umidade umidistatos são utilizados. Esse instrumento

regula a umidade relativa do ambiente abrindo e fechando o circuito conforme os limites desejáveis.

Dando sequência, quando se deseja a climatização de mais de uma divisão o sistema multi-split é indicado.

O sistema multi-split possui seu sistema de funcionamento similar ao Split, contudo este apresenta apenas uma unidade externa ligadas a várias unidades internas operando individualmente por ambiente. No sistema multi-split convencional normalmente é possível a ligação de até 5 unidades internas. Cada unidade interna apresenta um controle remoto individual, contudo, a temperatura destas unidades é igual para todo o sistema.

Uma variação da tecnologia multi-split é denominada por Volume de Refrigerante Variável (VRV) do inglês (Variable Refrigerant Flow). O sistema VRV foi desenvolvido para edifícios de médio e grande porte podendo chegar a até 64 equipamento internos.

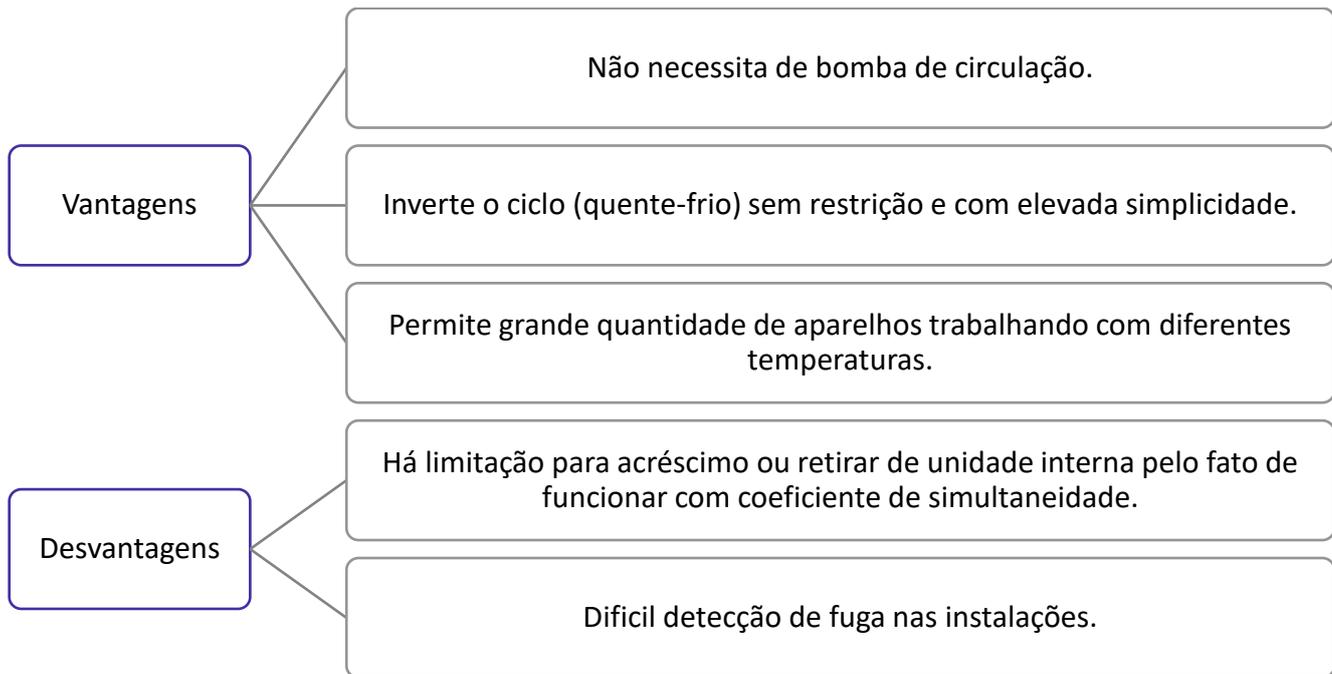
No sistema multi-split VRV, como o nome diz, o fluxo de gás refrigerante pode variar, possibilitando que haja o redirecionamento do ar refrigerado para os locais onde há maior necessidade de refrigeração. Neste sistema é possível o controle de temperatura de cada unidade interior individualmente devido a uma combinação de tecnologia eletrônica e um sistema de controle micro controlado.

Para a instalação de um sistema VRV alguns critérios devem ser seguidos para preservação da qualidade do sistema. Vejamos abaixo:

- Armazenamento da tubulação em local livre de umidade.
- Procedimentos de solda por brasagem com conjunto maçarico e nitrogênio passante.
- Teste de estanqueidade.
- Desidratação do ciclo. Deve-se utilizar bomba de dreno e vacuômetro eletrônico.
- Carga de refrigerante – quebra vácuo.
- Ligações elétricas de comando. É recomendado conexão com cabo blindado para se evitar interferência eletromagnética.

Vantagens e desvantagens do sistema Split VRV





Em caso de perda do gás refrigerante por vazamento, a reposição da carga de gás perdida, com o refrigerante na composição original, **não** restitui plenamente a capacidade de refrigeração e consumo de energia do sistema original.



(VUNESP/UFABC-2018) Nos condicionadores de ar tipo Split, é possível controlar com maior rigor

- a) a temperatura de bulbo seco.
- b) a umidade relativa.
- c) a temperatura de bulbo úmido e bulbo seco.
- d) a umidade relativa e a temperatura de bulbo úmido.
- e) a temperatura de orvalho e a umidade absoluta.

Comentário:

Questão simples e direta que exige o conhecimento do fato de que os aparelhos do tipo Split possuem termostatos para controle de temperatura. Desta forma, os aparelhos do tipo Split controlam a temperatura



de bulbo seco do ambiente com maior precisão. Portanto, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

Nos sistemas Split atualmente destacam-se também o **sistema inverter** em que ao ser acionado o compressor atua com velocidade máxima para atingir o mais rápido possível a temperatura desejada. Quando alcançada esta temperatura, as unidades invertidas conseguem ajustar e variar a velocidade do compressor (evitando liga/desliga) para manter a temperatura desejada com uma flutuação mínima para garantir o conforto.

Vamos agora ao estudo dos chillers.

4.3 – Sistema de água gelada (Chillers)

Nas instalações de água gelada o resfriador de água, chiller, está localizado em uma casa de máquinas. Este sistema é diferenciado por possuir como função o arrefecimento de água ou outro produto líquido em diferentes sistemas através de um ciclo termodinâmico.

Um **chiller** é um **aparelho de ar condicionado com sistema baseado no resfriamento de água**. Em outras palavras, é utilizado para climatização de grandes ambientes utilizando água gelada e não apenas fluido refrigerante. A capacidade de refrigeração de um chiller pode chegar até 250 TR. (Cada TR equivale a 12000 BTU/h).

A água gelada é obtida e distribuída aos pontos de resfriamento por tubulações termicamente isoladas. O ar do ambiente condicionado é resfriado pela água gelada em serpentinas de unidade que são chamadas de fan-coil.

As unidades de resfriamento a água gelada são muito versáteis e duráveis. São muito mais potentes do que os sistemas Split, além de serem mais econômicos. Normalmente a temperatura da água é mantida em torno de 12 °C. Contudo, a partir do uso de aditivos anticongelantes como o etilenoglicol, estes sistemas podem alcançar temperaturas negativas facilmente.

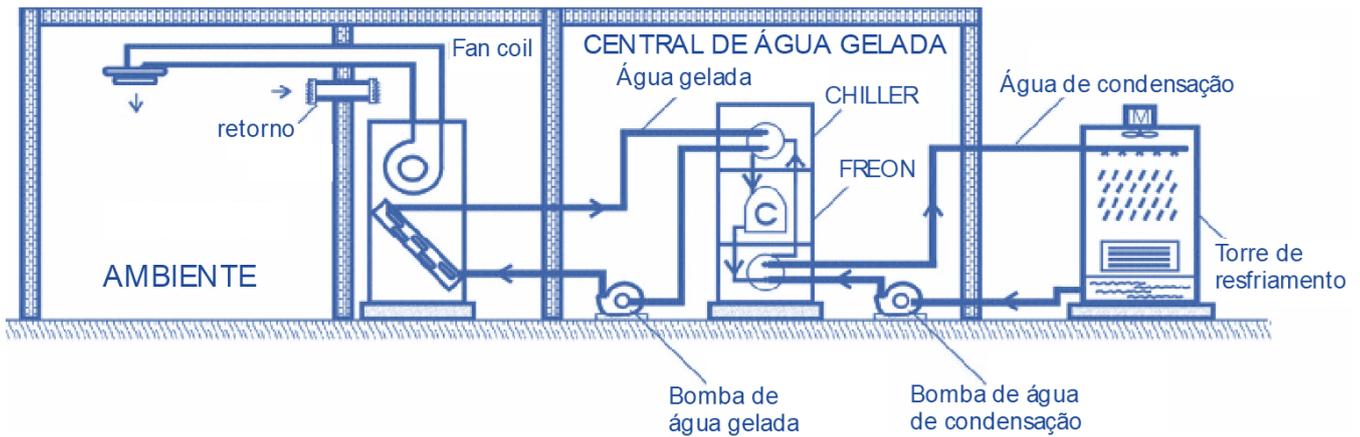


Para se **economizar energia** na instalação de dois Chiller que trabalham em série é possível trabalhar com a temperatura de evaporação mais alta no primeiro chiller.

Para se manter a água gelada e reduzir os gastos com energia, através da mudança dos horários de funcionamento dos chiller para fora do horário de ponta (com energia mais cara) tanques de **termo acumulação podem ser utilizados em sistemas de climatização por água gelada**.

Vejamos a imagem abaixo em que temos uma representação de um sistema de água gelada (expansão indireta).





Note que o sistema é composto por diversos componentes para refrigeração do ambiente. Evidenciando que este tipo de sistema apresenta mais vantagens para utilização em indústrias ou grandes edifícios.

Os chillers são divididos em dois tipos que são: **de condensação a água e os de condensação a ar.**

Os chillers de condensação a água utilizam normalmente compressores centrífugos ou parafusos e podem atingir potências de até 2000 TR. Apresentam um alto investimento inicial, mas apresentam um ótimo custo benefício a longo prazo.

Os chillers de condensação a ar utilizam compressores scroll e parafuso. Sua potência pode chegar até 350TR. São robustos e duráveis normalmente aplicados na refrigeração industrial. Apresentam manutenção centralizada e mais simples.

Vamos ao estudo das instalações self-contained.

4.4 – Self Contained (compactos)

Os **sistemas de ar condicionado self-contained** são condicionadores de ar que possuem em seu gabinete **todos os equipamentos** necessários para promover o tratamento de ar, como por exemplo filtragem, refrigeração, umidificação, aquecimento, desumidificação e movimentação de ar.

A potência deste tipo de sistema geralmente está situada entre 5TR a 30TR. A imagem abaixo representa este tipo de sistema.

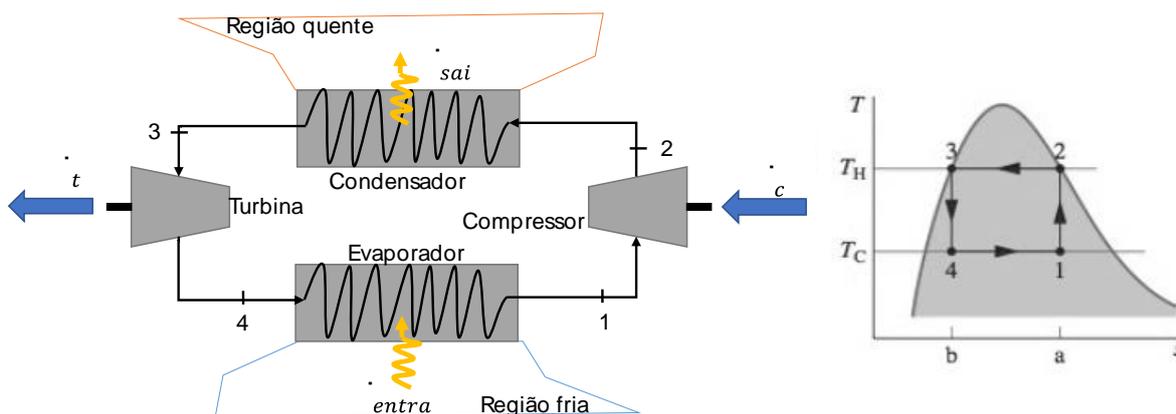




Os equipamentos tipo “self-contained” podem possuir condensador resfriado à água, montado em torre única, juntamente ao evaporador. Além disso, um self contained com condensação a água é considerado um sistema de expansão direta.

5 – Sistema de refrigeração a vapor

Para uma melhor compreensão do ciclo real de refrigeração vamos, em um primeiro momento, estudar como acontece o ciclo de refrigeração a vapor de Carnot, que nada mais é, do que a inversão do ciclo de potência a vapor de Carnot que estudamos na termodinâmica. Vejamos a imagem abaixo.



A figura acima apresenta o esquemático e o diagrama T-s (temperatura-entropia) de um ciclo de refrigeração de Carnot que está operando entre duas fontes de temperaturas, sendo uma fria T_C e uma quente T_H .

Através da **circulação contínua de um refrigerante**, por meio de vários componentes, o ciclo é realizado. Neste ciclo todos os processos são internamente reversíveis e de acordo com as setas ocorre as transferências de energia.



O refrigerante, fluido refrigerante ou gás refrigerante é um produto químico usado em ciclos térmicos, nos sistemas de refrigeração e climatização, que atravessa mudança de fases, trocando calor com o ambiente.

Neste ciclo, o refrigerante entra no evaporador como uma mistura bifásica líquido-vapor (4). No evaporador, parte do refrigerante altera de fase de líquido para vapor em razão da transferência de calor da região à temperatura T_C para o refrigerante. Durante o processo 4-1 tanto a temperatura quanto a pressão do gás refrigerante permanecem constantes.

Como dito, o estado (1) o refrigerante encontra-se como uma mistura bifásica líquido-vapor e, em seguida, ele é comprimido de maneira adiabática até atingir o estado (2) no estado de vapor saturado. Neste processo. (1)-(2) tanto a pressão quanto a temperatura do refrigerante aumentam, sendo que a temperatura vai de T_C para T_H .

Na sequência o fluido refrigerante atravessa o condensador no processo (2)-(3), em que ele muda de vapor saturado para líquido saturado em razão da transferência de calor para a região de temperatura T_H . Nesta etapa do processo, tanto a pressão quanto a temperatura se mantêm constantes.

Visto isto, podemos calcular o **coeficiente de desempenho do ciclo de refrigeração (COP)**, através da equação abaixo:

$$\beta_{m\acute{a}x} = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}} - \frac{\dot{W}_{turb}}{\dot{m}}} = \frac{T_C(S_A - S_B)}{(T_H - T_C)(S_A - S_B)}$$

A equação acima pode ser utilizada para qualquer ciclo de refrigeração em que o coeficiente de desempenho será a razão entre o efeito de refrigeração e o trabalho líquido necessário para atingir tal efeito. A equação acima pode ser reduzida a:

$$\beta_{m\acute{a}x} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

Cabe destacar, prezado aluno(a), que a equação acima representa o maior coeficiente teórico para qualquer ciclo de refrigeração que esteja operando entre as regiões T_C e T_H . Além disso, **ciclos de refrigeração reais apresentam coeficientes de desempenho menores** do que os relativos ao ciclo de Carnot, basicamente por três motivos. Vejamos quais são no esquema abaixo:



A transferência de calor entre o refrigerante e as duas regiões não ocorrem de maneira reversível

Em sistemas reais o compressor lida apenas com vapor, realizando a chamada compressão seca.

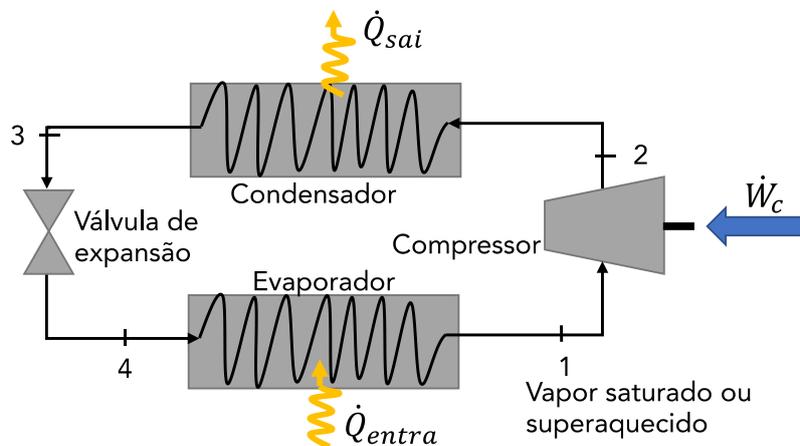
No lugar da turbina normalmente utiliza-se uma válvula de expansão com custo inicial e, de manutenção, reduzidos.

Realizando a adaptação do ciclo de Carnot para um modelo real, obtem-se o ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

6 – Sistema de refrigeração por compressão de vapor

Prezado estrategista, sistema de refrigeração por compressão de vapor são muito utilizados atualmente, podendo ser caracterizados como os mais comuns hoje em dia. Desta maneira, questões de provas de concursos abordando este tema são recorrentes.

Na imagem abaixo temos representado os componentes de um sistema de refrigeração por compressão de vapor.



Assumindo a operação do ciclo representado acima em regime permanente, podemos demarcar na imagem o trabalho fornecido ao compressor e as transferências de calor no evaporador e condensador, todos possuindo sentido positivo de acordo com a direção das setas indicadas. Vamos analisar o ciclo, desconsiderando as variações de energia cinética e potencial dos componentes.

6.1 – Capacidade frigorífica

No evaporador a transferência de calor do espaço que está sendo refrigerado faz com que o refrigerante evapore. Nesta etapa a taxa de calor que entra (\dot{Q}_{entra}) é também chamada de capacidade frigorífica (CF).



A **capacidade frigorífica** é a **quantidade de calor, por unidade de tempo, retirada do meio que se quer resfriar (produto), via evaporador do sistema frigorífico.**

A CF é normalmente expressa em kW em termos do Sistema Internacional ou em Btu/h no sistema inglês de unidades. Ela pode ser obtida, por unidade de massa do refrigerante em escoamento, por:

$$\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}} = h_1 - h_4$$

Onde \dot{m} é a vazão mássica do refrigerante, h_1 e h_4 a entalpia do refrigerante nos pontos (1) e (4).

A quantidade de calor por unidade de massa de refrigerante retirada no evaporador é conhecida como **efeito frigorífico** (EF). Este é um dos parâmetros utilizados para definição do fluido frigorífico que será utilizado em determinada instalação ($EF = h_1 - h_4$).



A **Tonelada de Refrigeração** (TR) é outra unidade comumente utilizada para a capacidade frigorífica e ela é equivalente a 200 Btu/min, 211 kJ/min ou ainda aproximadamente 3,52 kW.

6.2 – Potência teórica de compressão

Após passar pelo evaporador o refrigerante é comprimido pelo compressor até atingir pressão e temperatura relativamente altas. Assumindo que não haja transferência de calor nesta etapa, podemos determinar a **taxa de potência de alimentação** por unidade de massa refrigerante pela equação abaixo:

$$\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}} = h_2 - h_1$$

Em outras palavras, \dot{W}_{comp} é a **potência teórica de compressão** à quantidade de energia, por unidade de tempo, que deve ser fornecida para o compressor, para se obter a elevação de pressão necessária ao ciclo teórico.



Nos sistemas de refrigeração reais o compressor perde calor para o ambiente, contudo, essa transferência de calor é pequena comparada a quantidade de energia necessária para se realizar a compressão.



6.3 – Calor rejeitado no condensador

Dando sequência a trajetória do fluido refrigerante, ele passa pelo condensador, onde ocorre a transferência de calor entre o refrigerante, mais quente, para a vizinhança, mais fria. Nesta etapa ocorre a condensação do fluido e, podemos determinar a **taxa de transferência de calor por unidade de massa do refrigerante em escoamento** por:

$$\frac{\dot{Q}_{sai}}{\dot{m}} = h_2 - h_3$$

Desta forma o condensador do sistema deve ser especificado para que ele seja capaz de rejeitar a taxa de calor calculada pela equação acima.

6.4 – Dispositivo de expansão

Por fim, o refrigerante chega à **válvula de expansão** no estado (3) adentrando nela e se expandindo até a pressão do evaporador. Normalmente temos $h_4 = h_3$ em que a pressão do refrigerante decresce durante a expansão adiabática irreversível, e ocorre um aumento proporcional na entropia específica. **Ao sair da válvula o refrigerante encontra-se como uma mistura bifásica líquido-vapor.**

6.5 – Coeficiente de performance (COP)

Visto como acontece o ciclo de refrigeração por compressão de vapor, podemos calcular o coeficiente de desempenho do sistema. Uma vez que neste ciclo a válvula de expansão não admite entrada ou saída de potência a equação para o coeficiente de desempenho é:

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{W_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}}$$

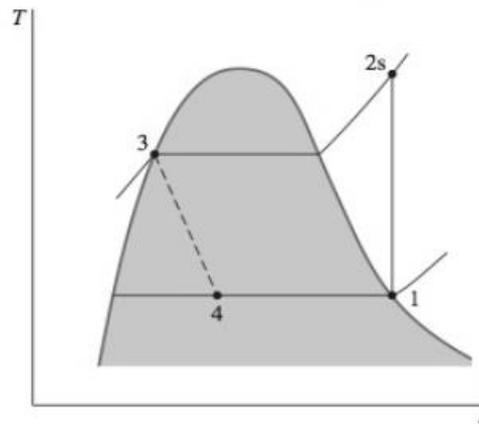
O COP do ciclo real sempre é menor do que aquele calculado para o ciclo teórico, contudo, para condições de operação similares, pode-se, através do ciclo teórico, verificar quais parâmetros influenciam no desempenho do sistema.

Outra maneira para se demonstrar a eficiência de uma máquina frigorífica se dá através da **Razão de Eficiência Energética** (EER), do inglês (Energy Efficiency Rate), expressa por:

$$EER = \frac{EF}{W_{Comp}} \left[\frac{Btu/h}{Watts} \right]$$

Visto isto, podemos analisar o diagrama T-s de um ciclo ideal de compressão de vapor. Neste ciclo, idealizado são ignoradas as irreversibilidades no evaporador e condensador, desta forma, não há queda de pressão por atrito e o fluido refrigerante escoar com pressão constante ao percorrer os dois trocadores de calor. Além disso, no ciclo ideal a compressão é considerada sem irreversibilidades e a transferência de calor perdida para a vizinhança também é ignorada. Vejamos o diagrama.



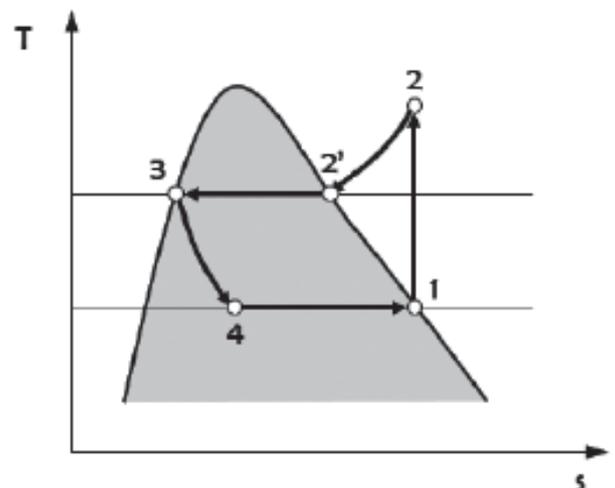
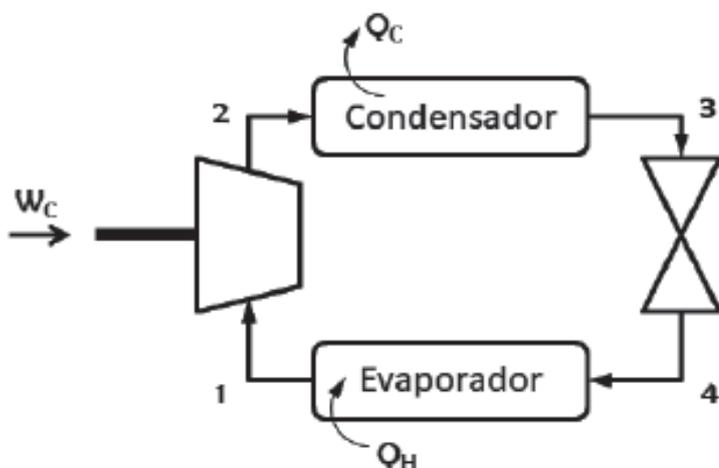


- **Processo 1-2s** – Ocorre compressão isoentrópica do fluido refrigerante até atingir a pressão do condensador no estado 2s.
- **Processo 2s-3** – Acontece transferência de calor do refrigerante conforme este escoar, a pressão constante, ao longo do condensador. O fluido refrigerante sai do condensador como líquido no estado 3.
- **Processo 3-4** – Ocorre o processo de estrangulamento do estado 3 até uma mistura de duas fases líquido-vapor em 4. Processo isentálpico.
- **Processo 4-1** – Acontece transferência de calor para o refrigerante conforme ele escoar com pressão constante ao longo do evaporador para completar o ciclo.

Nos processos citados acima, apenas o processo de estrangulamento não é internamente irreversível, mas mesmo assim o ciclo é conhecido como ciclo ideal de compressão de vapor pela literatura.



(CESGRANRIO/TRANSPETRO-2018) A Figura abaixo representa o Ciclo de Refrigeração por Compressão, onde a massa do fluido refrigerante é constante.



Para esse ciclo, o coeficiente de desempenho é calculado a partir do valor das entalpias dos pontos

- a) 1 e 2, somente
- b) 1 e 2', somente
- c) 2', 3 e 4, somente
- d) 1, 2 e 4, somente
- e) 1, 2, 2', 3 e 4

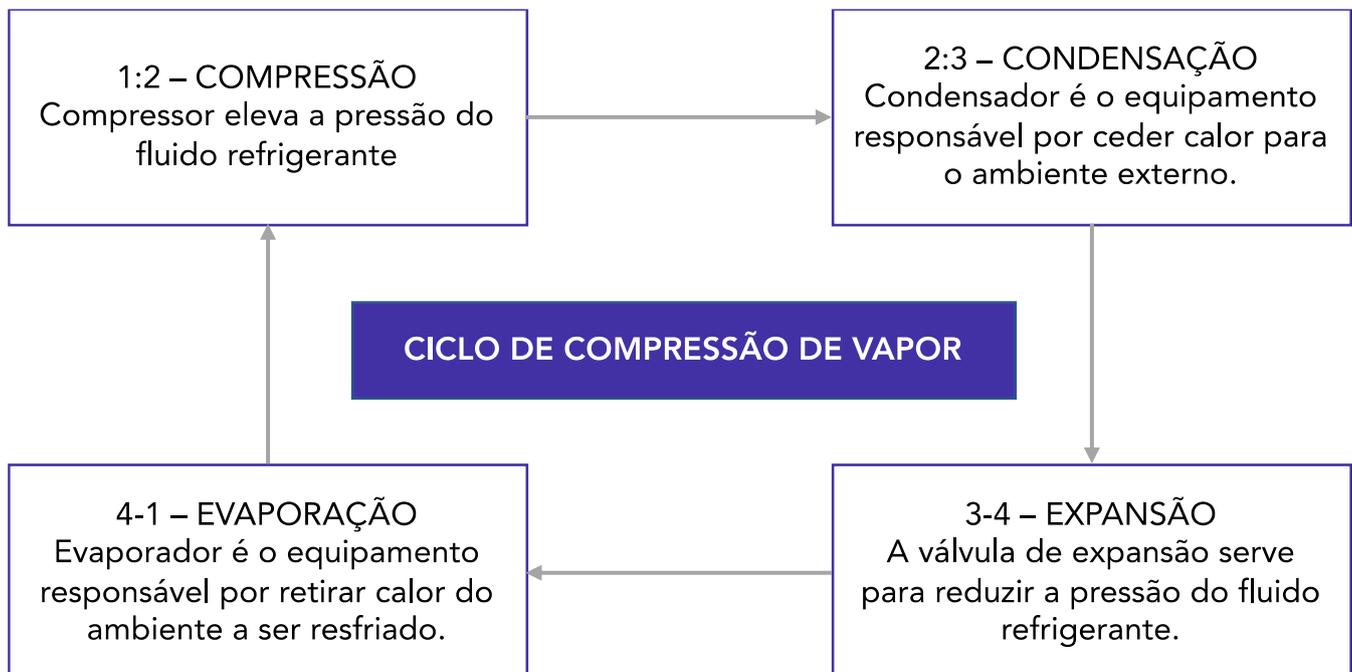
Comentário:

Prezados(as), como visto, o ciclo de refrigeração por compressão de vapor tem o seu coeficiente de desempenho do sistema calculado pela razão entre a capacidade frigorífica e a taxa de potência de alimentação por unidade de massa, expressa por:

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

A equação acima, é utilizada, uma vez que neste ciclo a válvula de expansão não admite entrada ou saída de potência. Desta forma, note que o coeficiente de desempenho no ciclo de refrigeração por compressão, com massa de fluido refrigerante constante, pode ser calculado através das entalpias nos pontos 1, 2 e 4, somente.

Logo, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.



Nas mesmas temperaturas de evaporação e condensação, os ciclos por absorção apresentam menores coeficientes de performance que os ciclos por compressão a vapor.

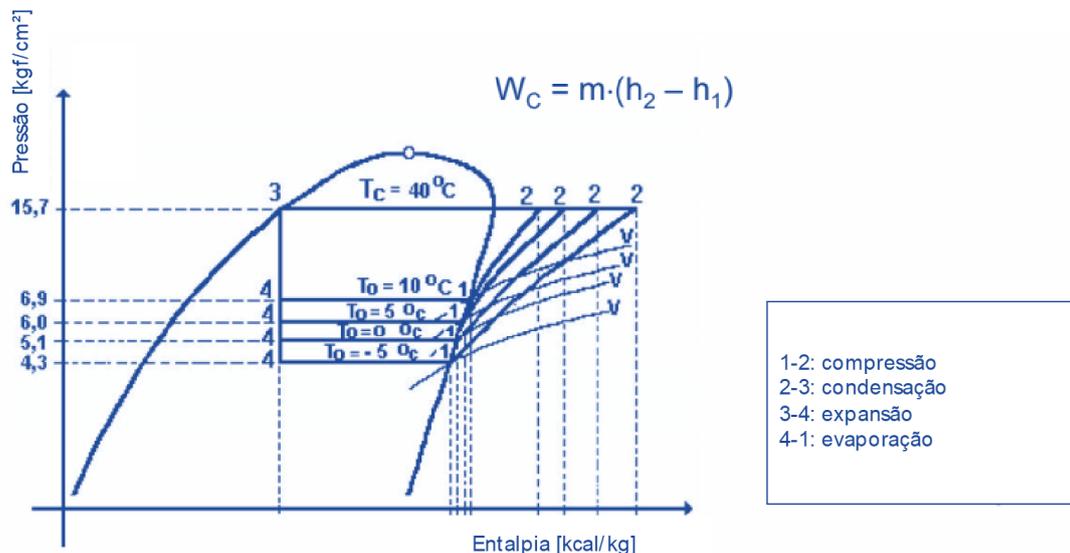
6.6 - Parâmetros que influenciam o Coeficiente de Performance do ciclo de refrigeração.

Existem diversos parâmetros que influenciam o desempenho do ciclo de refrigeração por compressão de vapor. Vejamos quais são:



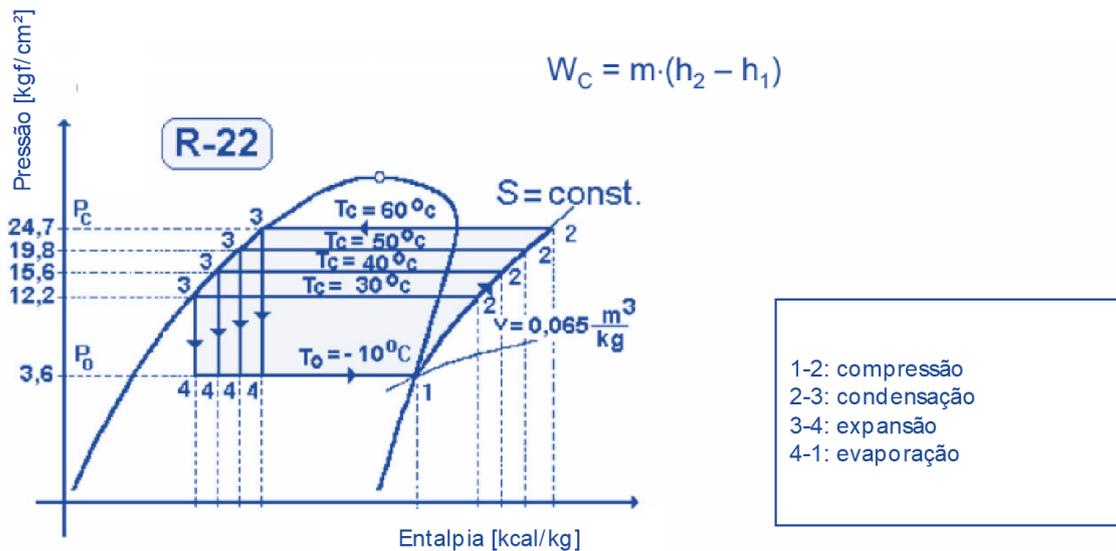
- Temperatura de evaporação
- Temperatura de condensação
- Sub-resfriamento do líquido
- Superaquecimento útil

Uma redução na **temperatura de evaporação** resulta na redução do COP. Logo, um aumento reduz o consumo de energia, sendo que geralmente a cada 1 °C aumentado na temperatura de evaporação, o consumo de energia reduz-se entre 2 e 4%. Vejamos o diagrama de Mollier onde isso fica evidenciado.



Em relação a **temperatura de condensação** a cada 1°C de redução dessa, o consumo de energia é reduzido entre 1,5 e 3%. Note, no diagrama abaixo, que reduzindo a temperatura no processo de condensação o trabalho do compressor se reduzirá.





Uma redução da temperatura de **sub-resfriamento** ocasiona um aumento no COP.



Professor, o que é sub-resfriamento? É a condição onde o fluido refrigerante se encontra abaixo da temperatura mínima (de saturação) necessária para evitar que ele passe da fase líquida para gasosa.

O sub-resfriamento faz com que a quantidade de calor a ser removida por peso de refrigerante circulado seja maior. Simplificadamente, uma quantidade menor de refrigerante precisará ser bombeada para manter a temperatura desejada, diminuindo o tempo de operação do compressor. Além disso, o sub-resfriamento evita que o líquido refrigerante entre no estado gasoso antes de alcançar o evaporador.

Perdas de carga na tubulação de líquido e nos trechos de subida podem ocasionar queda de pressão do refrigerante para seu ponto de evaporação ou faiscar “flash gás” na linha de líquido.

Por fim, o **superaquecimento** nada mais é do que a diferença de temperatura entre a temperatura de sucção e a temperatura de evaporação. **O superaquecimento é chamado de útil quando ocorre retirando calor do meio que se quer resfriar, e ele aumenta o COP.**

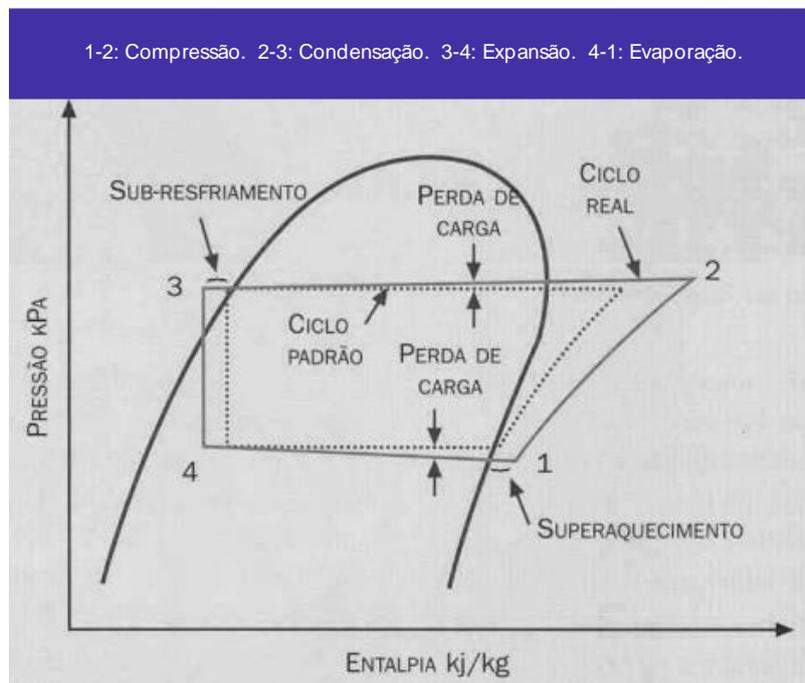
O superaquecimento pode tanto aumentar quanto reduzir o coeficiente de performance do ciclo de refrigeração para sistemas que utilizam válvula de expansão, dependendo do tipo de refrigerante utilizado. Normalmente só se justifica a utilização de superaquecimento do fluido, por motivos de segurança, para evitar a entrada de líquido no compressor.



6.7 – Ciclo real de refrigeração

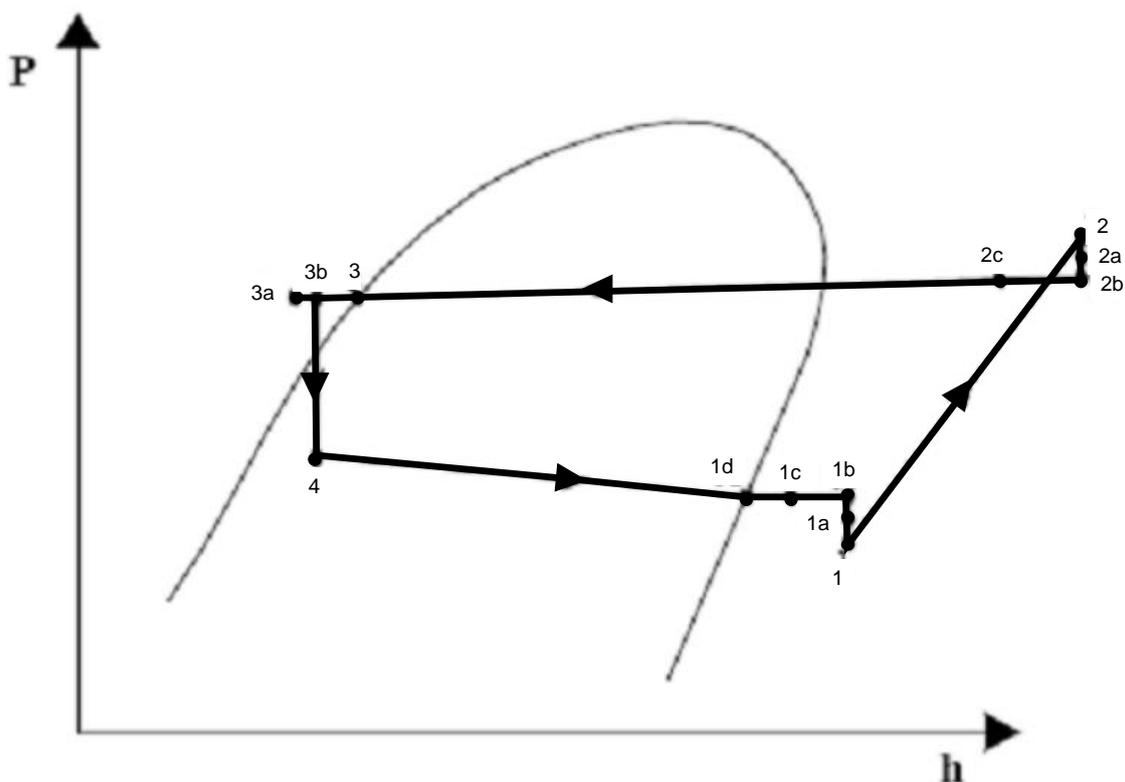
Prezados(as), como vocês devem saber o ciclo real de refrigeração difere do ciclo padrão especialmente devido à presença de irreversibilidades em seus componentes. Duas maneiras comuns de irreversibilidade são o atrito presente no escoamento do refrigerante, gerando perda de pressão e a transferência de calor entre o refrigerante e os seus ambientes, em todos os componentes do ciclo.

Com a presença das irreversibilidades o compressor necessita realizar mais trabalho diminuindo assim o COP do ciclo. Vejamos na imagem abaixo uma representação do ciclo real de refrigeração com um diagrama de Mollier no plano P-h.



As **principais irreversibilidades** presentes no ciclo são **queda de pressão no evaporador e condensador, queda de pressão através das válvulas de sucção e descarga do compressor, transferência de calor no compressor (processo não adiabático), queda de pressão e transferência de calor nas tubulações**. A imagem abaixo representa o ciclo real de refrigeração para fins de comparação com o ciclo ideal.



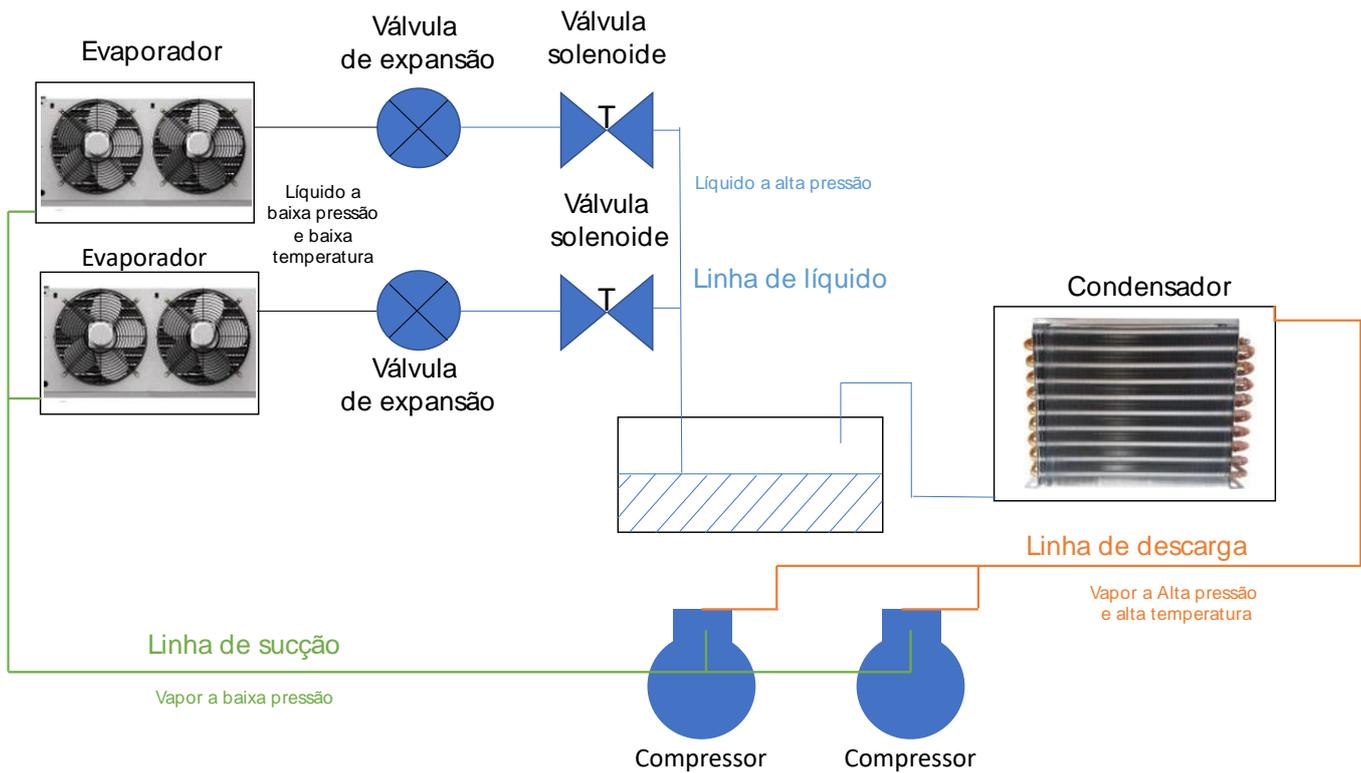


No diagrama de Mollier acima podemos notar as seguintes irreversibilidades internas presentes no ciclo real de acordo com seus estados. Vejamos o quadro abaixo:

Estados	Irreversibilidades
4-1d	Perda de pressão no evaporador
1d-1c	Superaquecimento no evaporador
1c-1b	Superaquecimento inútil na linha de sucção
1b-1a	Perda de pressão na linha de sucção
1a-1	Perde de pressão na válvula de sucção
1-2	Compressão (não-isoentrópica)
2-2a	Perda de pressão na válvula de descarga
2a-2b	Perda de pressão na tubulação de descarga
2b-2c	Desuperaquecimento do vapor na tubulação de descarga
2c-3	Perda de pressão no condensador
3-3a	Subresfriamento do refrigerante na saída do condensador
3a-3b	Ganho de calor na linha de líquido

Vejamos na imagem abaixo um esquemático com a localização das linhas de sucção e descarga de um ciclo de refrigeração com seus respectivos componentes.





Na **linha de sucção** (em verde) a temperatura do refrigerante é normalmente inferior a temperatura do ambiente externo, em decorrência disso há uma troca de calor neste sentido. Essa transferência de calor em conjunto com perda de pressão nesta linha irá afetar a performance do compressor.

Para evitar troca de calor nesta tubulação deve-se utilizar um isolamento térmico adequado. Em relação a queda de pressão na sucção ela irá ocasionar um aumento do volume específico do refrigerante e também a relação de compressão, aumentando o trabalho exigido do compressor.



Uma maneira de **solucionar a queda de pressão na linha de sucção** é através do **aumento do diâmetro da tubulação, reduzindo a velocidade de escoamento do refrigerante**. Contudo, uma velocidade mínima deve ser mantida, quando se está trabalhando com fluido miscíveis em óleo, para garantir o retorno de óleo lubrificante ao compressor.

Na **tubulação de descarga** (em laranja) o fluido refrigerante normalmente se encontra a uma temperatura superior ao seu meio circundante. A perda de pressão nesta linha irá aumentar o trabalho específico de compressão reduzindo o rendimento do compressor.

Na **tubulação de líquido** (em azul) o refrigerante se encontra a alta pressão e perda de pressão nesta linha acontece uma vaporização parcial do líquido diminuindo a capacidade da válvula de expansão.

Na **tubulação de líquido após a válvula de expansão** (em preto) a queda de pressão e a troca de calor com o meio não são tão significativas a ponto de afetarem o ciclo, pois geralmente a válvula encontra-se próxima ao evaporador.



No projeto das linhas frigorígenas de um sistema de refrigeração que opera conforme o ciclo de compressão de vapor, adota-se, tipicamente, um diâmetro para a linha de líquido menor que o das demais linhas, pois a perda de carga nessa linha não afeta o desempenho do sistema de refrigeração, desde que se garanta o sub-resfriamento suficiente do líquido na saída do condensador.

A tubulação de uma unidade de refrigeração é dimensionada, tendo como ideal limitar a perda de carga do escoamento do fluido refrigerante.

Vamos agora ao estudo dos fluidos refrigerantes.

7 – Fluidos refrigerantes

Caro(a) aluno(a), os **refrigerantes** são **fluidos que absorvem calor de uma substância ou do ambiente a ser resfriado**. Não existe um fluido refrigerante que apresente todas as propriedades desejáveis, de modo que, um refrigerante que pode ser bom para determinada aplicação não é indicado para ser utilizado em outra.

O bom refrigerante é aquele que reúne o máximo de boas qualidades, relativamente a um determinado fim. Vejamos na tabela abaixo as principais características de um bom fluido refrigerante.



- O refrigerante não pode ser inflamável, explosivo, tóxico em estado puro ou quando misturado com o ar. Além disso, ele não deve contaminar alimentos ou outros produtos armazenados no interior do espaço refrigerado ou se ocorrer vazamentos no sistema.
- Evaporar-se com pressões acima da pressão atmosférica e também as pressões respectivas as diferentes temperaturas do processo de condicionamento de ar e de refrigeração devem ser acima da pressão atmosférica para evitar penetração de ar e vapor d' água.



- Deve possuir volume específico baixo.
- É importante que o refrigerante apresenta baixo calor específico no estado líquido para que uma quantidade menor de calor seja necessária para o líquido entre a temperatura de condensação e a temperatura na qual o resfriamento deve ser realizado.
- Ter elevado calor latente de vaporização para que as capacidades necessárias possam ser alcançadas com o menor peso do fluxo de refrigerante.
- Não pode ser corrosivo.
- Não pode ser miscível com óleo lubrificante, em outras palavras eles devem ser compatíveis com os óleos lubrificantes, mas não podem alterar sua efetividade com o contato com os lubrificantes.
- Deve ser facilmente detectado em caso de vazamentos do sistema.
- Deve ser quimicamente estável, ou seja, suas propriedades químicas não podem se alterar durante repetidas mudanças de estado no circuito de refrigeração.
- Nas temperaturas mínimas de operação a viscosidade do fluido refrigerante deverá ser o suficientemente baixa para permitir uma transferência de calor satisfatória e razoáveis perdas de carga.
- Alta condutibilidade térmica.
- Deve ser disponível facilmente em mercado, de baixo custo, ambientalmente seguro, não agredir a camada de ozônio ou influenciar no efeito estufa e ser de fácil manuseio.
- Baixa temperatura de descarga no compressor, pois temperatura de descarga superiores ao normal afetam os lubrificantes.

A American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) lista mais de 100 fluidos refrigerantes, com diferentes designações numéricas, fórmulas químicas... Cabe destacar que normalmente os mais utilizados são os:

- Hidrocarbonetos halogenados, muito utilizados em sistemas domésticos de refrigeração, como por exemplo:
 - o Tricloromonofluormetano, R-11 (CFC-11);
 - o Monoclorodifluormetano, R-22 (HCFC-22);
 - o Tetrafluoretano, R-134 (HFC-134); e
 - o Bromotrifluormetano, R-13B1 (B1 indica o nº de átomos de bromo).
- Hidrocarbonetos puros, geralmente recomendados para operação em indústrias de petróleo e petroquímica, como por exemplo:
 - o Metano, R-50 (HC-50);
 - o Etano, R-170 (HC-170);
 - o Propano, R-290 (HC-290); e



- o Isobutano, R-600a (HC-600a).
- Compostos orgânicos, normalmente utilizados em grandes sistemas industriais por apresentarem propriedades termodinâmicas favoráveis, contudo, são compostos que apresentam alta toxicidade e inflamabilidade de matérias, alguns exemplos são:
 - a Amônia, R-717;
 - o Dióxido de carbono, R-744; e
 - o Dióxido de enxofre, R-764.
- Misturas azeotrópicas, aquelas que não podem ser separadas em seus componentes por destilação.
- Misturas não azeotrópicas, misturas de refrigerantes que se comportam como uma mistura binária, a concentração da fase vapor é diferente da fase líquido quando ambas ocorrem em equilíbrio, em uma determinada pressão e temperatura.



O funcionamento adequado de um sistema de refrigeração está diretamente relacionado com a limpeza do circuito. O fluido recomendado para limpeza interna de sistemas de refrigeração e ar condicionado é o R141B.



(Instituto AOCP/TRT 1ª Região-2018) Assinale a alternativa que apresenta uma característica INDESEJÁVEL de um refrigerante para sistemas de climatização.

- a) Alto calor latente de vaporização.
- b) Alta condutibilidade térmica.
- c) Alta viscosidade na fase líquida e gasosa.
- d) Não ser poluente, tóxico, inflamável ou explosivo.
- e) Alta estabilidade química.

Comentário:

Nenhum fluido refrigerante consegue reunir todas as características desejáveis, por isso, um bom refrigerante é aquele que consegue atender o maior número de propriedades, levando em conta a finalidade desse fluido. Devido às diferenças nas aplicações, um refrigerante utilizado em um determinado tipo de refrigeração, pode não ser bom o suficiente para outro fim.

A **alternativa C** apresenta uma característica indesejável em fluidos refrigerantes, portanto, é o gabarito da questão. Alta viscosidade prejudica a troca de calor. Nas temperaturas mínimas de operação a viscosidade deverá ser o suficientemente baixa para permitir uma transferência de calor satisfatória e razoáveis perdas de carga.



A **alternativa A** está incorreta. O calor latente de vaporização deve ser alto para que o fluxo de massa do refrigerante possa ser baixo.

A **alternativa B** está incorreta. Os fluidos refrigerantes precisam apresentar alta condutibilidade térmica, pois está aumenta a transferência de calor.

A **alternativa D** está incorreta. Caso ocorra um vazamento os fluidos refrigerantes não devem ser poluentes, tóxicos, inflamáveis ou explosivos. Evitando acidentes ambientais e pessoais.

A **alternativa E** está incorreta. O refrigerante deve ser quimicamente estável, ou seja, não deve alterar suas propriedades apesar das várias mudanças de fase no ciclo de refrigeração.



Os fluidos refrigerantes que contém cloro e possuem estrutura molecular altamente estáveis também são chamados de FREON, comercialmente. Sua produção se iniciou no início dos anos 1930. Normalmente os FREONS apresentam alto potencial de aquecimento global enquanto os refrigerantes naturais, como a amônia e o dióxido de carbono, possuem baixo potencial de aquecimento global.

Para encerrarmos, o estudo dos refrigerantes, é importante destacar que existe meios de refrigeração sem que nenhum refrigerante seja necessário, evitando assim seus efeitos adversos quando liberados para atmosfera. Uma destas tecnologias é o resfriamento termoelétrico baseada no efeito Peltier.

Passaremos agora ao estudo dos principais componentes do sistema de refrigeração que são os trocadores de calor (evaporador e condensador), válvula de expansão e compressor.

8 - Componentes do sistema de refrigeração

8.1 - Condensadores

Os condensadores são os elementos do sistema de refrigeração que possuem a função de transformar o ar quente, que é descarregado do compressor a alta pressão, em líquido. Para realizar isto o condensador rejeita calor contido no fluido refrigerante para alguma fonte de resfriamento.

Quando atinge o condensador o fluido refrigerante se encontra no mesmo estado que na descarga do compressor, gás quente a alta pressão. Devido ao fato de que em um sistema de refrigeração possui a finalidade de evaporar o refrigerante (para retirar calor de um ambiente e ou produto), o refrigerante em estado gasoso deve ser condensado antes de retornar ao evaporador.

Em outras palavras, o condensador é um trocador de calor e **o processo de condensação do fluido refrigerante acontece em três etapas**, basicamente, que são:

1. **Dessuperaquecimento;**
2. **Condensação; e**



3. Sub-resfriamento.

O gás quando é descarregado pelo compressor, encontra-se a alta temperatura. Logo, a primeira etapa do processo consiste em reduzir esta temperatura, retirando calor sensível do refrigerante, ainda no estado gasoso até ele atingir a temperatura de condensação.

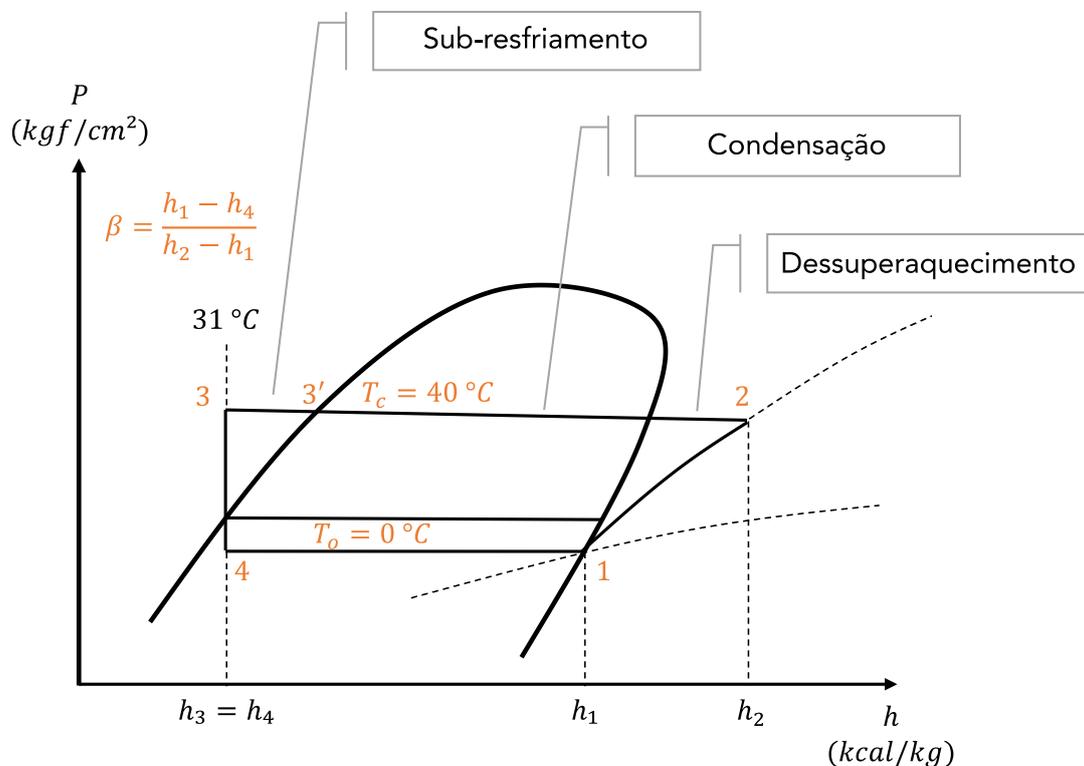
Uma vez que o gás alcança a temperatura de condensação, ele inicia o processo de mudança de estado. Nesta etapa o calor latente é retirado do fluido refrigerante e a temperatura se mantém constante durante todo o processo.

Após a condensação, o refrigerante encontra-se no estado de líquido saturado, é resfriado mais um pouco, sendo esta a etapa de sub-resfriamento. Geralmente para isso é utilizado um trocador de calor intermediário.



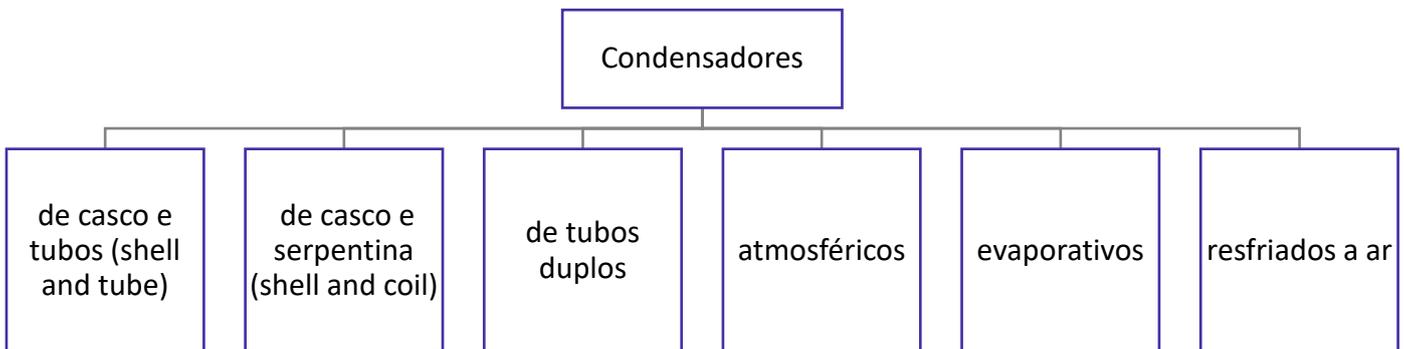
O **sub-resfriamento** é útil para evitar a formação de bolhas de capôs de refrigerante, que podem dificultar o correto escoamento pela válvula de expansão.

Vejamos a imagem abaixo em que temos representado o dessuperaquecimento, a condensação e o sub-resfriamento em um ciclo de refrigeração indicado em um diagrama de Mollier.



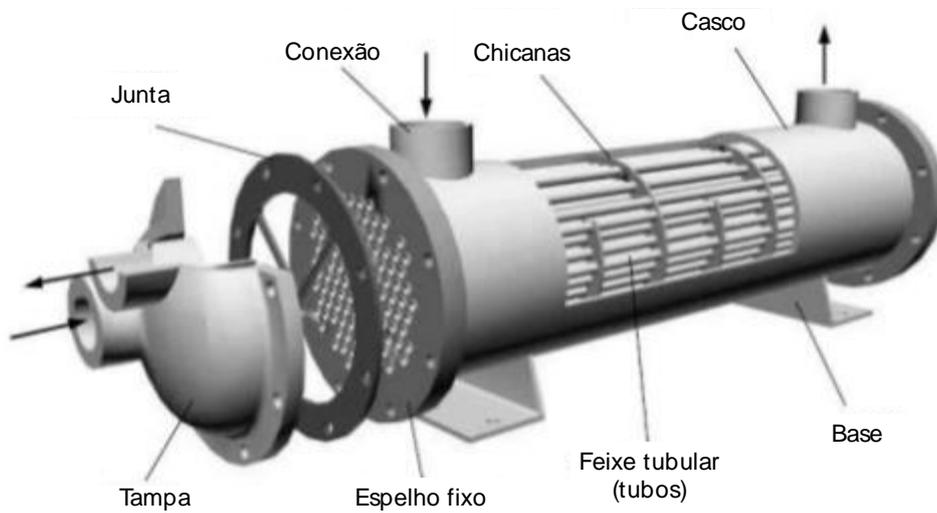
Prezado(a) estrategista, cabe destacar que é no condensador que toda a energia absorvida no sistema de refrigeração, somado ainda o equivalente de calor da energia mecânica necessária para o funcionamento do sistema, devem ser eliminados. Por isso, usualmente os condensadores são projetados, na média, para eliminar 250 BTU/min para cada 200 BTU/min de capacidade de refrigeração.

Dando sequência vamos conhecer quais são os **principais tipos de condensadores**, comumente utilizados na refrigeração. Vejamos:



Condensadores de casco e tubos

Este tipo de condensador é composto por uma carcaça cilíndrica, na qual é instalada uma determinada quantidade de tubos horizontais e paralelos que são conectados a duas placas de tubos dispostas em ambas as extremidades. O gás refrigerante flui dentro da carcaça, em torno dos tubos, enquanto a água passa no interior dos tubos. A imagem abaixo representa este tipo de condensador.



Condensadores de casco e serpentina

Este tipo de condensador é semelhante ao de casco e tubo. São constituídos por uma carcaça que contém uma serpentina no interior para circulação de água. Eles não possuem flanges removíveis e a limpeza deste sistema só pode ser feita via produtos químicos. Em caso de vazamento na serpentina, toda ela deve ser substituída.

Este tipo de condensador geralmente é utilizado para capacidade menores.

Condensadores duplo tubo

Os condensadores de duplo tubo apresentam o tubo de água dentro do tubo de refrigerante, ou seja, o fluido refrigerante atravessa o espaço entre os dois tubos, ao passo que a água é bombeada pelo tubo interior. A água possui sentido de fluxo oposto ao do refrigerante, ocorrendo o contato da porção mais fria da água com o refrigerante mais frio e a água mais quente em contato com a porção mais quente do refrigerante, com o objetivo de se evitar choques térmicos.

São utilizados em sistemas modernos recentes, mas as desvantagens destes condensadores são:

- Grande quantidade de juntas e conexões aumentando a possibilidade de vazamentos;
- Difícil limpeza;
- Não fornecem espaço suficiente para a separação de gás e líquido.
- Em caso de vazamento toda a unidade deve ser substituída.

Condensadores atmosféricos

Os condensadores atmosféricos eram muito utilizados em grandes instalações de amônia, contudo, com o passar dos anos estão caindo em desuso. São fabricados com muitos trechos de tubulação em que a água de resfriamento é distribuída via calha de suprimento que derrama sobre a superfície externa dos tubos.

Similarmente as torres de resfriamento, o resfriamento consiste em uma combinação da evaporação de parte da água com o aquecimento do restante. Este tipo de condensador caiu em desuso devido ao fato de apresentar muitos problemas por incrustações e de algas devido ao seu grande espaço ocupado para determinada capacidade.

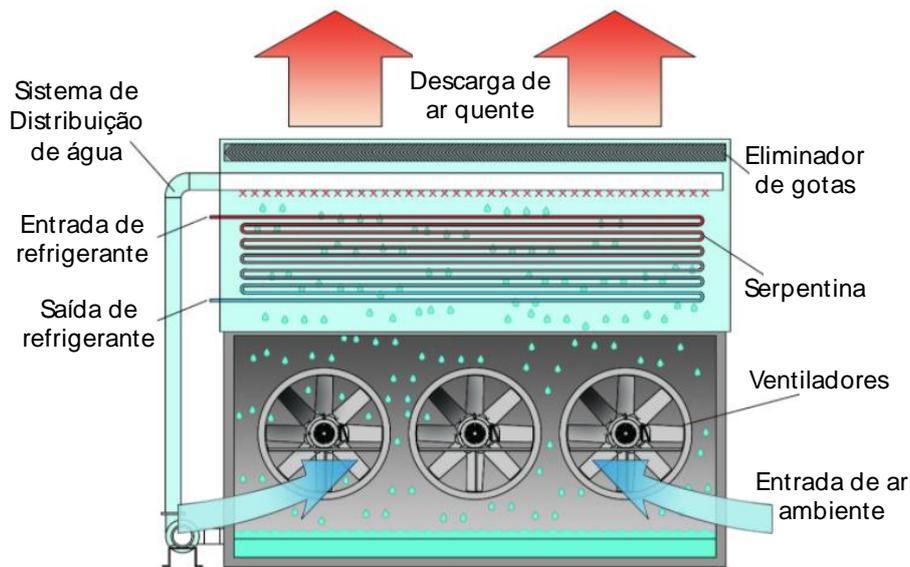
Condensadores evaporativos

Os condensadores evaporativos combinam as funções de condensador e de torre de resfriamento. Eles são compostos por um invólucro que contém uma seção de ventilador, separador de gotas, serpentina de condensação do refrigerante, reservatório de água, válvula de boia e a bomba de pulverização do lado de fora do invólucro.

A bomba de pulverização possui a função de circular a água do reservatório, no fundo da unidade, para os bicos de pulverização, sobre a serpentina do refrigerante. Os ventiladores são instalados para realizar a passagem de ar pela serpentina e pela água que está sendo pulverizada sobre a serpentina.

O calor do refrigerante é transmitido para a água através das paredes da serpentina e o ar remove o calor da água, pela evaporação de parte dela. Os separadores de gotas possuem a função de impedir que gotículas de água sejam levadas pelo ar. Vejamos a imagem abaixo de um condensador evaporativo.





Fonte: evapco.com.br

O condensador evaporativo ainda permite o uso de serpentinas de sub-resfriamento e de pré-resfriamento.

A serpentina de sub-resfriamento atua de maneira auxiliar atuando abaixo da serpentina principal. Esta serpentina retira calor do refrigerante líquido e ajuda a reduzir o volume de gás desprendido.

A serpentina de pré-resfriamento é utilizada de maneira separada do sistema, utilizada em algumas unidades para retirar o calor de compressão do gás refrigerante antes que ele chegue à serpentina de aspersão. Ela atua de modo a retirar o calor do refrigerante até próximo da temperatura de condensação ajudando a reduzir a incrustação na serpentina e a reduzir a umidade relativa do ar que sai da unidade.



A capacidade de um condensador evaporativo depende:

- da extensão da área da serpentina;
- da quantidade de ar que passa pela serpentina;
- da temperatura de bulbo úmido do ar que entra na unidade.

O calor total a ser retirado é função da temperatura de bulbo úmido e ele é representado pelo somatório do calor sensível e latente à temperatura de bulbo úmido. Quanto mais baixa a temperatura de bulbo úmido do ar de entrada, tanto maior a capacidade do condensador.



Quando as instalações estão sujeitadas a climas muito frio, com temperaturas chegando abaixo de zero, alguns cuidados devem ser tomados para assegurar o bom funcionamento do sistema. Vejamos:

- Instalação de bomba e tomada de água separada da casa de máquinas ou outro ambiente aquecido. A água do condensador pode fluir para esta tomada realizada internamente.
- Instalação de aquecedores elétricos ou a vapor no receptáculo de água.
- Instalação de defletores para recircular uma parte do ar aquecido da descarga pelo condensador.

Por fim, em se tratando de **manutenção destes equipamentos**, existe a necessidade de realização de manutenção preventiva como:

- Lubrificação apropriada de mancais dos ventiladores e bombas;
- Revisão periódica das correias dos ventiladores localizando desgaste e ajustando a tensão.
- Drenagem e limpeza do reservatório de água periodicamente.
- Inspeção e limpeza dos bocais de asperção.
- Limpeza e pintura de pontos onde ocorrem ferrugem ou corrosão.
- Limpeza periódica das serpentinas para se evitar incrustações.

Condensadores a ar

Os condensadores a ar são utilizados normalmente para refrigeração doméstica ou comercial de pequenas e médias instalações. Proporcionam economia, por não precisarem de tubulação de água e possuem tamanho reduzido. Devido ao custo crescente da água e as restrições ambientais de seu uso essa tecnologia vem se difundindo para instalações de grande porte também.



(FGV/ALERO-2018) Um sistema de refrigeração consiste na retirada de calor de um ambiente ou produto. Ao ser admitido no condensador, o fluido refrigerante no estado gasoso deve ser condensado antes de retornar ao evaporador. Este processo se dá através de um trocador de calor, denominado condensador, por meio de três fases distintas, que ocorrem na seguinte ordem:

- a) Dessuperaquecimento, condensação e sub-resfriamento.
- b) Dessuperaquecimento, sub-resfriamento e condensação.
- c) Sub-resfriamento, condensação e dessuperaquecimento.
- d) Condensação, sub-resfriamento e dessuperaquecimento.
- e) Condensação, dessuperaquecimento e sub-resfriamento.

Comentário:

Caro(a) aluno(a), O condensador é um trocador de calor e o processo de condensação do fluido refrigerante acontece em três etapas, que acontece na seguinte ordem:

Dessuperaquecimento;



**Condensação; e
Sub-resfriamento.**

Portanto, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

Vamos ao estudo dos evaporadores.

8.2 - Evaporadores

Caro(a) estrategista, o evaporador é a parte do sistema de refrigeração em que o fluido refrigerante sofre mudança de estado, deixando a fase líquido, passando para a fase gasosa. Apesar de ser um dispositivo muito simples ele pode ser considerado a parte mais importante do sistema, pois ele é o responsável por absorver o calor do ambiente ou de uma substância, logo, a eficiência do sistema dependerá de seu correto dimensionamento e operação.



Em um ciclo de refrigeração à compressão a vapor ideal, **o evaporador tem a função de promover a absorção de calor a pressão constante.**

Vejamos abaixo os três principais requisitos que devem ser considerados no projeto e seleção do evaporador para obtenção de uma boa eficiência:

- Apresentar uma superfície suficiente para absorver a carga de calor necessária, sem apresentar uma diferença excessiva de temperatura entre o refrigerante e a substância a resfriar.
- Apresentar espaço suficiente para o refrigerante líquido e também espaço suficiente para que o vapor se separe do líquido.
- Apresentar espaço suficiente para a circulação do refrigerante sem queda de pressão excessiva entre a entrada e a saída.

O processo de evaporação acontece após a passagem do fluido refrigerante pela válvula de expansão, nesta etapa o refrigerante adentra no evaporador na forma líquida. A pressão no evaporador é baixa, portanto, o refrigerante se evapora com uma temperatura reduzida. No lado de fora do evaporador há um fluido a ser refrigerado que pode ser ar, água, solução de etileno-glicol, etc. Como a temperatura do fluido é superior do que a do refrigerante ele irá se evaporar. Após, toda a evaporação do refrigerante é comum ele ser submetido a um acréscimo de temperatura denominado superaquecimento.

Dando sequência, os **evaporadores podem ser classificados**, de uma maneira geral, **pelo seu tipo de alimentação e pela superfície de troca de calor.**

De acordo com o tipo de alimentação do líquido, os evaporadores são divididos em evaporadores secos ou inundados. O **evaporador inundado** trabalha de maneira que o refrigerante permaneça inundado com refrigerante, podendo atuar com recirculação por gravidade ou por bombeamento.



O **evaporador seco**, possui um dispositivo de controle do refrigerante que admite apenas a quantidade de líquido suficiente para que ele seja evaporado em sua totalidade até se atingir o final da serpentina. Todo o refrigerante sai do evaporador em estado seco, como vapor seco.

Segundo a classificação pela superfície de troca de calor os evaporadores são classificados em evaporadores de superfície primária e de superfície estendida. Ambos são compostos por tubos lisos, mas os evaporadores de tubo estendido apresentam extensões na superfície feitas de chapas ou placas metálicas ou ondulações fundidas ou usinadas na superfície de tubulação, chamadas de aletas.

A maior vantagem dos evaporadores de superfície estendida se dá pela área de troca de calor com o fluido a ser resfriado ser maior!

Os principais tipos de evaporadores são:

- Evaporador de serpentina de placas;
- Evaporador tubular;
- Evaporador de Baudelot



Antes de avançarmos para o próximo tópico lembre-se do seguinte:

O **evaporador** é o **agente direto de resfriamento do ambiente**, constituindo a interface entre o processo e o circuito frigorífico.

8.3 - Dispositivos de expansão

Tubos capilares

Vamos iniciar pelos tubos capilares que são normalmente aplicados em sistemas de refrigeração de pequeno porte, como por exemplo em ar condicionados residenciais, refrigeradores domésticos, expositores para refrigeração comercial, bebedouros de água, etc.

Basicamente os tubos capilares possuem duas funções que são:

- Reduzir a pressão do refrigerante líquido; e
- Regular a quantidade ou vazão da mistura líquido/gás que entrará no evaporador.

Cabe destacar que apesar dos sistemas de refrigeração serem compostos por poucos elementos, estes não atuam isoladamente, ou seja, qualquer alteração em um deles irá refletir no desempenho do sistema. O tubo capilar é dimensionado de modo que se houverem variações na temperatura de condensação ou na carga térmica sua eficiência irá reduzir.





A carga de gás refrigerante é fator importante no desempenho do sistema que utiliza tubo capilar, a definição da carga de gás deve estar dentro de um estreito limite. Geralmente problemas por excesso ou falta de carga de gás são atribuídas ao capilar, mesmo ele estando corretamente dimensionado.

A carga insuficiente de gás conduz o sistema a baixa temperatura de evaporação com utilização parcial do evaporador e capacidade frigorífica reduzida, uma vez que o retorno de gás será menor do que a capacidade de bombeamento do compressor.

A carga excessiva de gás acarretará uma pressão de condensação excessiva, sobrecarga do compressor, maior pressão de evaporação e risco de retorno de líquido para o compressor.

Válvulas de expansão

As válvulas de expansão são dispositivos responsáveis pelo controle preciso da quantidade de refrigerante que irá entrar no evaporador. Os principais tipos de válvula de expansão são:

- Válvula manual
- Válvula Automática
- Válvula de boia
- Válvula elétrica
- Válvula termostática



A válvula de expansão tem, por função, regular a vazão do refrigerante líquido para o evaporador.

As **válvulas de expansão manuais** são as mais simples em que são acionadas e a quantidade de fluxo de refrigerante é ajustada manualmente. Possui muita simplicidade e baixo custo, mas apresenta inflexibilidade.

As **válvulas de expansão automáticas** são utilizadas para manter a pressão de sucção maior e constante no evaporador, independente das variações de carga e calor. Destacam-se por sua precisão, pois quando bem reguladas conseguem manter a temperatura do evaporador constante.



As **válvulas de expansão de boia** são divididas em válvulas de expansão de boia de baixa pressão e de alta pressão. A diferença entre esses dois tipos de válvulas se dá pelo fato de que a válvula de boia de alta pressão está localizada no lado de alta pressão do sistema e esta é aberta quando o nível de líquido aumenta.

As **válvulas de expansão elétricas** utilizam um termistor para detectar a presença de refrigerante líquido na saída do evaporador. Existem também as válvulas de expansão eletrônicas que regulam o fluxo de refrigerante por meio de um microprocessador.

As **válvulas de expansão termostáticas**, também denominadas válvulas de expansão térmicas e válvulas de superaquecimento, funcionam de maneira similar às válvulas de expansão automáticas, mas estas apresentam um dispositivo que corrige a quantidade de líquido a ser evaporado na serpentina de modo que seja correspondente a carga no evaporador.

Para se escolher uma válvula de expansão termostática, em catálogos de fabricantes, deve-se avaliar as condições de operação que são:

1. Carga ou toneladas de refrigeração.
2. Tipo e tamanho das conexões de entrada e saída.
3. Diferencial de pressão na válvula, em funcionamento normal.
4. Possível necessidade de um equalizador externo.
5. Refrigerante usado no sistema

Para encerrarmos o estudo sobre as válvulas de expansão você deve saber que:

As **válvulas de expansão termostática** podem ser do tipo para **equalização externa de pressão** ou do tipo para **equalização interna de pressão**.

Uma Válvula Termostática de Expansão equalizada internamente utiliza a pressão de entrada do evaporador para criar a pressão de atuação na válvula. Já uma válvula equalizada externamente utiliza a pressão de saída do evaporador, compensando a queda de pressão através do evaporador, para o mesmo fim.



(FCC/EMAE-2018) Sobre os sistemas de refrigeração, considere:

- I. A função da válvula de expansão termostática é a de regular o fluxo do refrigerante, a fim de garantir que não haja a evaporação do mesmo.
- II. As válvulas de expansão termostática são aplicáveis somente para o tipo equalização externa de pressão.
- III. As válvulas de expansão termostática podem ser do tipo para equalização externa de pressão ou do tipo para equalização interna de pressão.



IV. Uma vantagem do uso da termo acumulação em sistemas de grande porte é a possibilidade de poder transferir a energia consumida do horário de pico.

Está correto o que consta APENAS de

- a) II e IV.
- b) III.
- c) III e IV.
- d) I e II.
- e) I, III e IV.

Comentário:

Vamos avaliar cada um dos itens:

O **item I** está incorreto. A válvula de expansão tem, por função, regular a vazão do refrigerante líquido para o evaporador para que haja a evaporação do mesmo.

O **item II** está incorreto. As válvulas de expansão termostática podem ser do tipo para equalização externa de pressão ou do tipo para equalização interna de pressão.

O **item III** está correto, uma vez que, as válvulas de expansão podem ser do tipo de equalização externa e interna.

O **item IV** está correto. Para se manter a água gelada e reduzir os gastos com energia, através da mudança dos horários de funcionamento dos chiller para fora do horário de ponta (com energia mais cara) tanques de termo acumulação podem ser utilizados em sistemas de climatização por água gelada, ou seja, item correto.

Portanto a **alternativa C** está CORRETA e é o gabarito da questão.

Vamos ao próximo tópico de nossa aula.

8.4 - Compressores

Prezado(a) estrategista, os compressores são considerados os corações do sistema de compressão a vapor. Sua utilização é com o objetivo de recuperar o líquido expandido para que ele possa ser utilizado inúmeras vezes.

Os **principais tipos de compressores frigoríficos** são:

- Compressor alternativo;
- Compressor de parafuso;
- Compressor de palheta;
- Compressor centrífugo; e
- Compressor Scroll.

Os compressores também podem ser divididos pela pressão de evaporação em baixa pressão, média/alta pressão e pressão comercial em que o uso de um determinado compressor fora da sua faixa de aplicação pode resultar em perda de rendimento, superaquecimento, alto consumo de energia, redução de sua vida útil e perda da capacidade de partida.



Compressores alternativos

Os **compressores alternativos**, máquinas de deslocamento positivo em que ocorre a redução de volume da câmara de compressão, são os pioneiros na utilização comercial na refrigeração industrial. Estas máquinas compreendem a combinação de um ou mais conjunto de pistão e cilindro. O pistão desloca-se com movimento alternativo, aspirando gás em um curso, comprimindo e descarregando o gás no curso de retorno.



Os compressores alternativos utilizados na refrigeração normalmente são divididos em **abertos, semi-herméticos e herméticos** a depender da forma como o motor está instalado junto a um compressor.

Os compressores **alternativos abertos** são máquinas em que o eixo de acionamento sai da carcaça para se acoplar em um motor de acionamento. Normalmente utilizados para altas potências de refrigeração. Nestas máquinas, geralmente são utilizadas uma resistência elétrica imersa no óleo lubrificante acumulado no cárter com a finalidade de liberar o refrigerante absorvido no óleo.

Os compressores alternativos **semi-herméticos** são utilizados em potências intermediárias. Possuem uma única carcaça, contudo possuem seu cabeçote removível, permitindo a manutenção de válvulas e êmbolos. O motor é acoplado dentro do compressor e, por isso, ocorre uma economia de energia pela não existências de correias de ligação como nos compressores alternativos abertos.

Os **compressores herméticos** geralmente são de pequeno porte e tanto o motor quanto o compressor estão vedados dentro de um único invólucro. São descartáveis por não permitirem abertura para manutenção. Apresentam também, como grande vantagem o não vazamento de refrigerante através da ponta de eixo, pois não possuem parafuso.



Os compressores herméticos eliminam a necessidade de um selo de vedação em seu eixo.

Nos compressores alternativos a compressão ocorre em quatro fases que são admissão, compressão, descarga e expansão. As válvulas de admissão e descarga do compressor alternativo são fundamentais para a maximização da capacidade volumétrica do compressor e para manter o consumo específico de energia otimizado. Quando apresentam maior resistência ao escoamento do gás ocorre aumento da razão de compressão.



Compressores de parafuso

Os **compressores de parafuso** são máquinas de deslocamento positivo que consistem basicamente em duas engrenagens helicoidais que são ajustadas entre si, sendo uma delas macho e outra fêmea. Elas são dispostas dentro de um invólucro estacionário com aberturas para sucção e descarga. Para que as roscar se tornem estanques, na maioria destes equipamentos o óleo é bombeado em conjunto com o refrigerante através do compressor.

Compressor de palheta

Os **compressores de palhetas** deslizantes são unidades de deslocamento positivo. Aprisionam o gás em um volume determinado, comprime ele girando em um cilindro, com palhetas deslizantes forçadas contra a parede do cilindro. Quando o espaço entre duas palhetas passa a frente da abertura de sucção, um grande volume de gás é aprisionado. Conforme se desloca em torno do cilindro, este espaço vai diminuindo, comprimindo o gás até a pressão máxima até a sua descarga pela tubulação.

Um compressor rotativo de palheta fixa não possui válvula de sucção.

Por fim, existem dois tipos básicos de compressores de palhetas que são os de palhetas simples e os de múltiplas palhetas.

Compressor centrífugo

Os **compressores centrífugos** são dinâmicos, em que é necessária a presença de impulsores para transferir a energia cinética para o ar. Nestas máquinas o ar passa sucessivamente por cilindros (estágios), necessários para aumentar parcialmente a pressão até atingir a pressão de descarga requerida.

Essas máquinas podem ser utilizadas de maneira satisfatória em unidades de 200 a 10000 kW de capacidade de refrigeração. Em relação a suas características construtivas este tipo de compressor se assemelha as bombas centrífugas em que o fluido adentra pela abertura central do rotor e, pela ação da força centrífuga, desloca-se para a periferia. Desta forma, as pás do rotor imprimem uma grande velocidade ao gás e elevam sua pressão.

Compressor scroll

O **compressor do tipo scroll** é classificado como rotativo e de deslocamento positivo. O gás atravessa por entre duas espirais, sendo uma fixa e a outra móvel. De acordo com o movimento da espiral o gás aprisionado é transferido para o centro das espirais, aumentando gradativamente a sua pressão até a saída.



Compressores do tipo Scroll são geralmente compostos por duas espirais de geometria idêntica montadas de forma a promover a compressão simultânea de dois volumes de gás que são descarregados pela região central entre as espirais. Uma técnica de controle de capacidade aplicada a esses compressores consiste na modificação da folga axial entre os elementos espirais.



Os vazamentos internos axiais, nesse tipo de compressor, são, em geral, os mais críticos para o desempenho do compressor.

Os compressores scroll são herméticos, trabalham de forma silenciosa e vibram menos comparado com os demais tipos de compressores de mesma potência.

Encerramos aqui o estudo dos principais tipos de compressores utilizados na refrigeração.

9 - Refrigeração por absorção

Caro (a) aluno(a), o **ciclo de refrigeração por absorção** apresenta diversas características em comum com o ciclo de refrigeração por compressão de vapor. Contudo, devemos destacar dois detalhes que diferenciam o ciclo de absorção do ciclo de compressão. Vejamos:

1 - Natureza do processo de compressão.

O fluido refrigerante de um **sistema de absorção** é absorvido por uma substância secundária, denominada absorvente, com o objetivo de formar uma solução líquida, ou seja, isso ocorre no lugar da compressão do vapor entre o evaporador e o condensador no processo de compressão. Essa solução é posteriormente bombeada para uma pressão maior.

Devido ao fato de que o volume específico médio da solução líquida ser muito menor do que o volume do vapor do refrigerante é necessária uma quantidade significativamente menor de trabalho. Em decorrência disso, **os sistemas de refrigeração por absorção têm a grande vantagem de exigir uma menor potência de acionamento quando comparado com os sistemas de compressão de vapor.**

2 - Mecanismo para retirada do vapor de refrigerante da solução líquida antes que o refrigerante atinja o condensador

No sistema de refrigeração por absorção deve ser inserido um mecanismo para a retirada do vapor de refrigerante da solução líquida antes que o refrigerante chegue ao condensador. Isso engloba uma transferência de calor de uma fonte que a uma temperatura mais elevada.

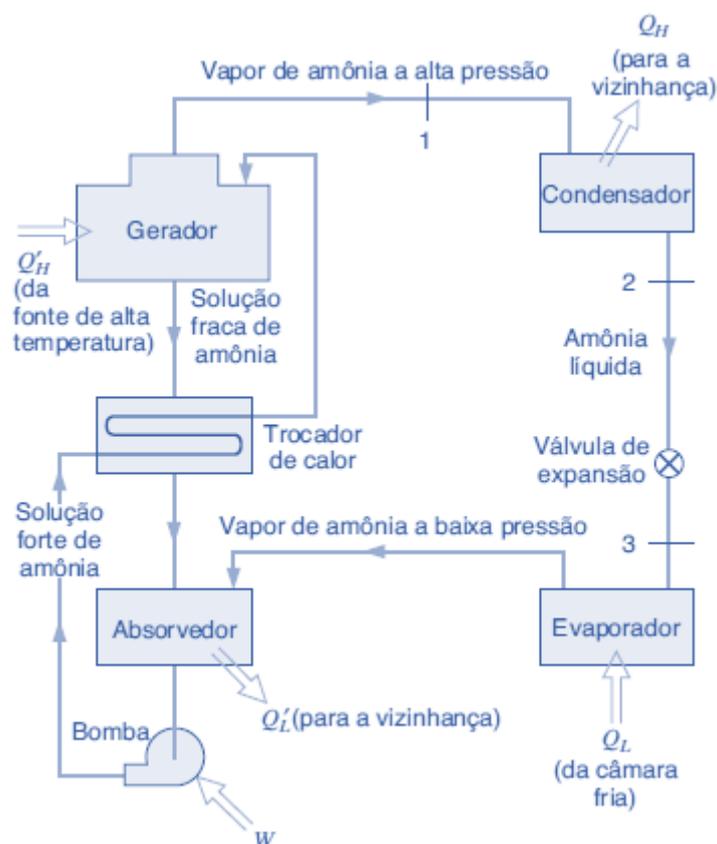


O calor rejeitado que seria rejeitado para a vizinhança sem uso é muito utilizado para esse propósito para redução de custos. O gás natural ou outro tipo de combustível pode ser utilizado para fornecer a fonte de calor e também existem aplicações práticas da refrigeração por absorção em que se usam energias alternativas como solar ou geotérmica.

Nas mesmas temperaturas de evaporação e condensação, os ciclos por absorção apresentam menores coeficientes de performance que os ciclos por compressão a vapor.

9.1 - Principais componentes

Os principais componentes de um sistema de refrigeração por absorção estão demonstrados na figura abaixo.



Vamos agora entender o que se passa no absorvedor e no gerador.

No **absorvedor**, o **vapor de amônia** oriundo do evaporador no estado 4 é **absorvido pela água no estado líquido** (solução fraca). A formação dessa solução líquida é exotérmica (cede-se calor para o ambiente).

A solução forte de amônia então é bombeada ao **gerador** por meio do trocador de calor, onde são mantidas altas temperaturas e pressão. Nessas condições, o **vapor de amônia se separa da solução** devido a transferência de calor da fonte de alta temperatura.



No **gerador**, a fonte de calor de alta temperatura extrai vapor de amônia da solução (processo endotérmico - absorção de calor) restando uma solução fraca de amônia e água nesse equipamento.

Na sequência o vapor de amônia segue para o **condensador**, onde é condensado, similar ao o que ocorre em um sistema de compressão de vapor. Em seguida vai para a **válvula de expansão** e para o **evaporador**. O vapor liberado chega até o condensador no estado 1, logo a solução fraca em recircula até o absorvedor.

Devido ao fato de que a quantidade de amônia capaz de ser dissolvida em água aumenta conforme a temperatura da solução diminui, a **água de arrefecimento** pode ser circulada pelo absorvedor para remover a energia liberada conforme a amônia torna-se uma solução e também para manutenção da temperatura no absorvedor tão baixa quanto for possível. Assim a solução forte de amônia e água sai do absorvedor em um ponto e adentra na bomba, para ter sua pressão elevada até a pressão do gerador.

No ciclo de absorção, o vapor de amônia a baixa pressão é absorvido pela água e a solução líquida é bombeada a uma pressão superior por uma bomba de líquido.

A **única potência de acionamento é aquela requisitada para a operação da bomba**, que é pequena quando comparada à potência que seria necessária para a compressão de vapor do refrigerante entre os mesmos níveis de pressão. Em outras palavras, uma característica particular do sistema de absorção consiste em consumir uma quantidade menor de trabalho, pois **o processo de bombeamento envolve um líquido**.

Cabe destacar que os custos referentes à fonte de calor e aos outros equipamentos que não são presentes em sistemas de compressão de vapor, podem tornar a vantagem de uma potência de acionamento menor, nula.

Os sistemas de amônia-água permitem ainda **modificações no ciclo**. Uma delas é a **inclusão de um trocador de calor entre o gerador e o absorvedor** permitindo o pré-aquecimento da solução forte de água e amônia que adentra no gerador pela solução fraca que retorna do gerador ao absorvedor, diminuindo assim a transferência de calor ao gerador.

Outra modificação é a **utilização de um retificador entre o gerador e o condensador**. O objetivo do retificador é a remoção de qualquer resquício de água do refrigerante antes que este chegue ao condensador, eliminando-se a possibilidade formação de gelo na válvula de expansão e no evaporador.

Para finalizar, existe ainda o **sistema de absorção em brometo de lítio** é utilizado como absorvente e água como refrigerante. Possui o mesmo princípio básico do sistema amônia-água.

O **Chiller por Absorção** é um Resfriador de Líquido, simplificada, é uma máquina termoquímica, pois é utilizado um processo químico internamente para reduzir a temperatura de água gelada. O processo químico é realizado através do brometo de lítio (LiBr) e o refrigerante (água desmineralizada).

Ainda, buscando-se uma refrigeração a temperaturas inferiores à aquelas em que água é utilizada como refrigerante, é possível a combinação de um sistema brometo de lítio/água com um outro ciclo que

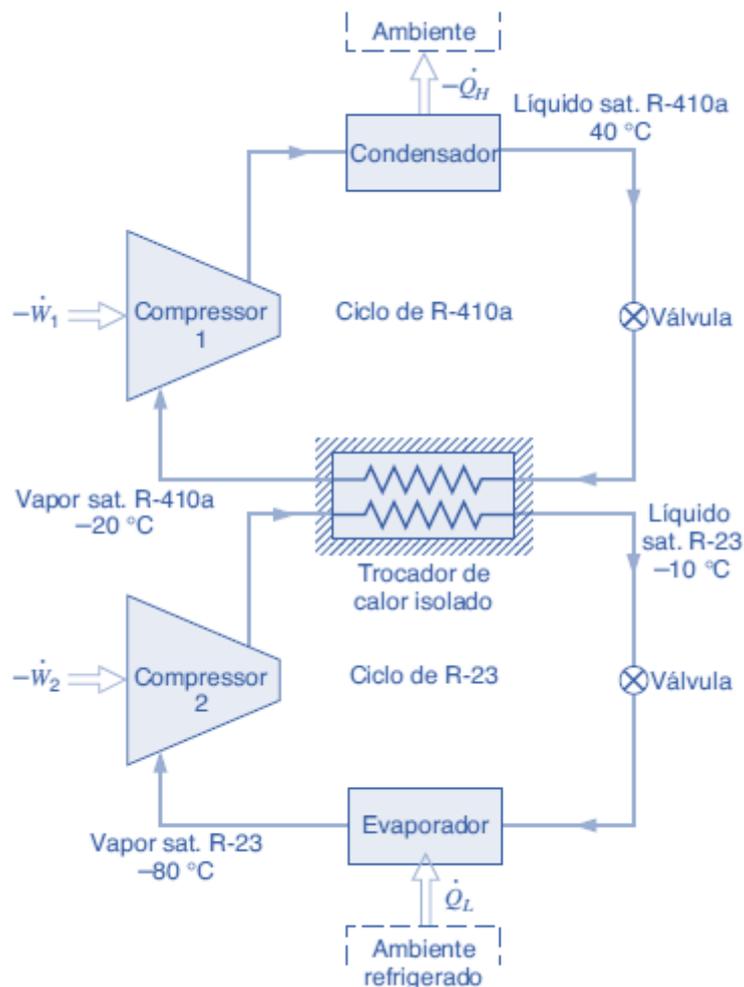


usa refrigerante de boas características de baixa temperatura, como a própria amônia, montando-se assim um sistema de refrigeração em cascata.

10 - Ciclos combinados

Caro(a) aluno(a), nesse tópico de nossa aula, em relação aos ciclos combinados de refrigeração, devemos saber que variações do ciclo por compressão de vapor são utilizadas para aumentar o rendimento em aplicações especiais.

Uma forma de combinação se dá em sistemas de refrigeração em que temperaturas relativamente baixas podem ser atingidas através de uma série de sistema de compressão de vapor, os quais geralmente possuem diferentes refrigerantes. Esse arranjo combinado também é conhecido como ciclo em cascata. Vejamos a figura abaixo.



Note que no ciclo em cascata temos dois ciclos de compressão de vapor, um com refrigerante R-410a e outro com R-23. Eles são arranjados em série e no trocador de calor isolado, a energia rejeitada durante a condensação do R-23 (ciclo de baixa temperatura) é utilizada para evaporar o R-410a (ciclo de alta temperatura).



A refrigeração do ambiente desejado acontece no evaporador do ciclo de baixa temperatura e a rejeição de calor para o ambiente acontece no condensador do ciclo de alta temperatura. O **coeficiente de performance** é obtido pela razão entre a energia útil (retirada do ambiente a ser refrigerado) pela soma total dos trabalhos injetados nos compressores.

$$\beta = \frac{Q_{entra}}{W_1 + W_2}$$

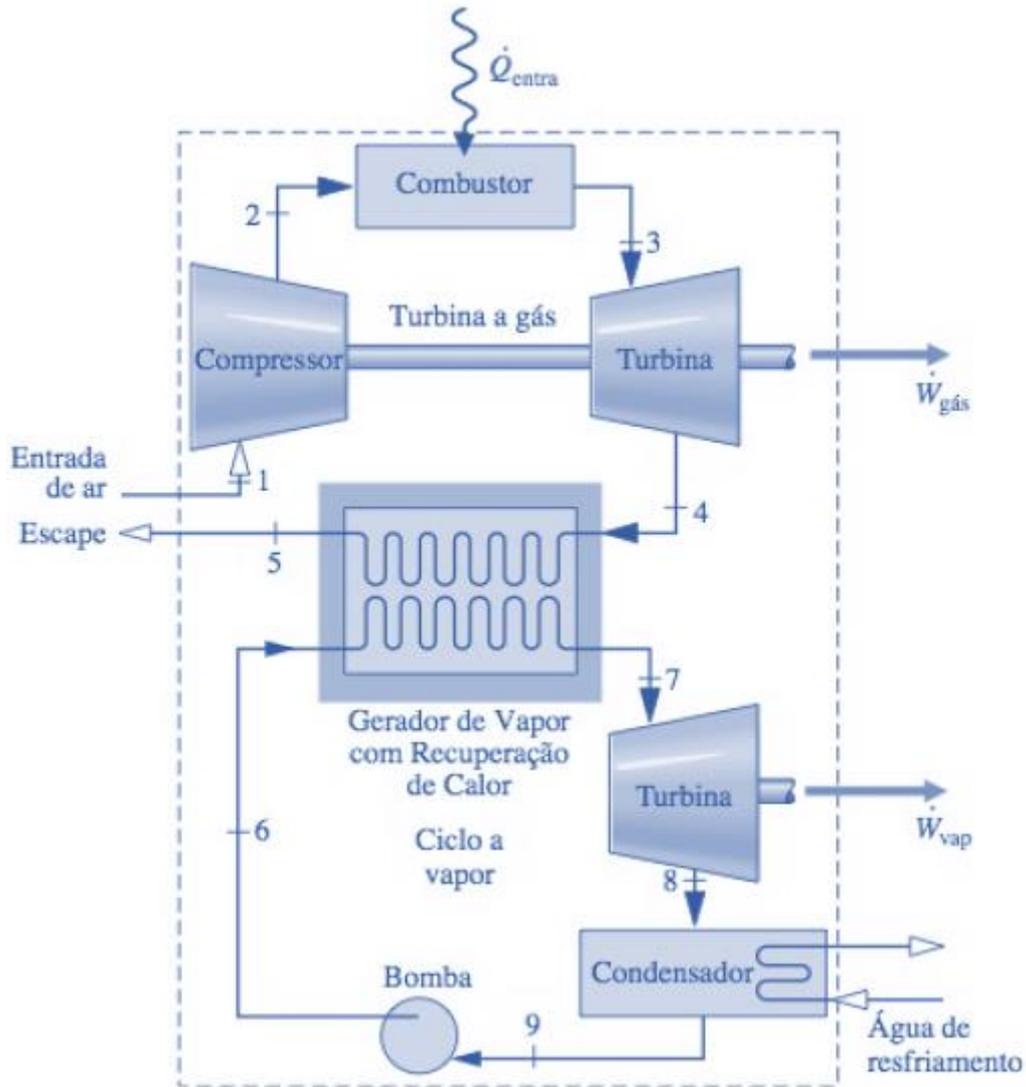
Como exemplos estudamos somente dois ciclos em cascata. Contudo, cabe destacar que três ou mais ciclos individuais podem ser combinados.

Uma característica significativa do sistema em cascata é que os refrigerantes nos dois ou mais estágios podem ser selecionados para ter pressões de evaporador e condensador razoáveis nas duas ou mais faixas de temperatura.

Em um **sistema de cascata duplo**, o refrigerante para o ciclo de baixa temperatura deve ser selecionado visando uma relação de temperatura-pressão de saturação que permita a refrigeração a uma temperatura relativamente baixa, sem pressões de evaporação excessivamente baixas. O refrigerante para o de alta temperatura deve ter características de saturação que permitem a condensação na temperatura necessária sem pressões de condensação excessivamente altas.

Em relação aos ciclos combinados de potência, temos na imagem abaixo o exemplo de um **ciclo combinado de potência a gás e a vapor**.





Esse ciclo é combinado através de um gerador de vapor com recuperação de calor como interligação, funcionando como caldeira do ciclo de potência a vapor. A eficiência térmica desse ciclo é:

$$\eta = \frac{W_{gás} + W_{vapor}}{Q_{entra}}$$

Ou seja, a eficiência é obtida através da razão da soma das potências líquidas produzidas nas turbinas a gás e a vapor pela transferência de calor total para o ciclo combinado.

(CEBRASPE/PEFOCE-2012) Julgue o item a seguir, acerca dos processos e conceitos relacionados aos ciclos de turbinas a vapor.

Em um ciclo combinado de turbina a gás e turbina a vapor, a caldeira do ciclo a vapor é substituída por um trocador de calor que transfere energia dos gases de exaustão de uma ou mais turbinas a gás para a substância de trabalho do ciclo Rankine.

Comentário:



O **item** está correto. Em um ciclo combinado de turbina a gás e turbina a vapor, a interligação é feita através de um gerador de vapor com recuperação de calor da turbina a gás.

(CEBRASPE/PF-2004) Com relação a ciclos de geração de potência, julgue o item subsequente.

Recomenda-se que ciclos de turbina a gás operem no modo combinado, de forma a se incrementar a eficiência global da planta de geração. Nesse sentido, na situação em que apenas o ciclo Brayton esteja em operação e o ciclo vapor, em planejamento, a utilização de um regenerador de calor pode elevar a eficiência do ciclo Brayton, desde que o ciclo Rankine não esteja operacional. Essa estratégia é recomendável se o retorno financeiro da economia de combustível cobrir o investimento inicial, admitindo-se que fatores econômicos prevaleçam na análise.

Comentário:

O **item** está correto. Prezado(a) aluno(a), note que essa é uma questão um tanto quanto interpretativa. Não é necessário nenhum grande conhecimento técnico. Vejamos:

- 1 - Ciclos combinados são utilizados para incrementar a eficiência global de ciclos. CORRETO! Essa é a ideia principal da combinação de ciclos.
- 2 - A utilização de um regenerador de calor pode elevar a eficiência do ciclo Brayton. CORRETO! Visa reaproveitamento.
- 3 - Retorno financeiro da economia de combustível cobrir o investimento inicial. CORRETO! Rentabilidade econômica sempre deve ser considerada, principalmente em casos de alto investimento como esse.

(CEBRASPE/PF-2004) Com referência a ciclos de geração de potência, julgue o item a seguir.

A eficiência global teórica de um ciclo combinado (Brayton e Rankine) pode ser calculada pela soma das eficiências dos dois ciclos, por exemplo, se o ciclo Brayton possui eficiência de 35% e o Rankine de 25%, a eficiência global será de 60%.

Comentário:

O **item** está incorreto. A eficiência é obtida através da razão da soma das potências líquidas produzidas nas turbinas a gás e a vapor pela transferência de calor total para o ciclo combinado. Vejamos:

$$\eta = \frac{W_{gás} + W_{vapor}}{Q_{entra}}$$

Vamos em frente!

11 - Cogeração

Caro(a) aluno(a), a **cogeração** acontece nos ciclos de potência e de refrigeração quando a geração de um subproduto está atrelada à geração principal. Como por exemplo, em algumas situações o vapor d' água é o produto principal e o subproduto é a eletricidade. Em outras situações, ocorre a situação inversa.



como a produção combinada de energia térmica e de energia mecânica/elétrica através de uma única fonte de combustível, que pode ser os derivados do petróleo, o gás natural, a biomassa, entre outras.

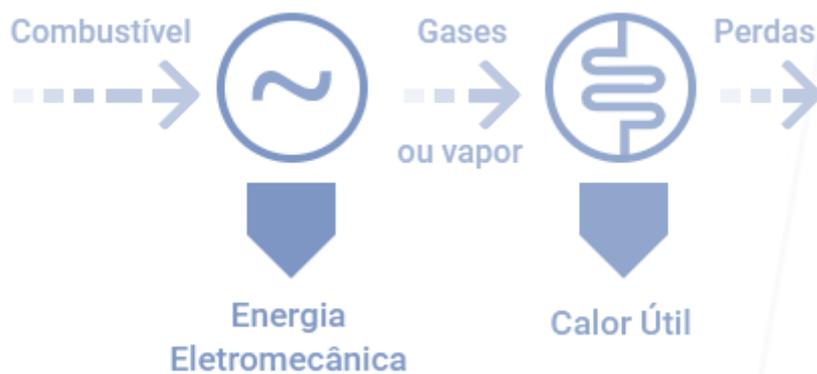
(CESGRANRIO/PETROBRAS-2008) A co-geração é uma técnica utilizada na produção de energia para utilização em vários tipos de instalações industriais, comerciais, hospitais etc. e consiste na produção simultânea de energias

- a) térmica e elétrica.
- b) mecânica e elétrica.
- c) térmica e mecânica.
- d) térmica e nuclear.
- e) elétrica e eólica.

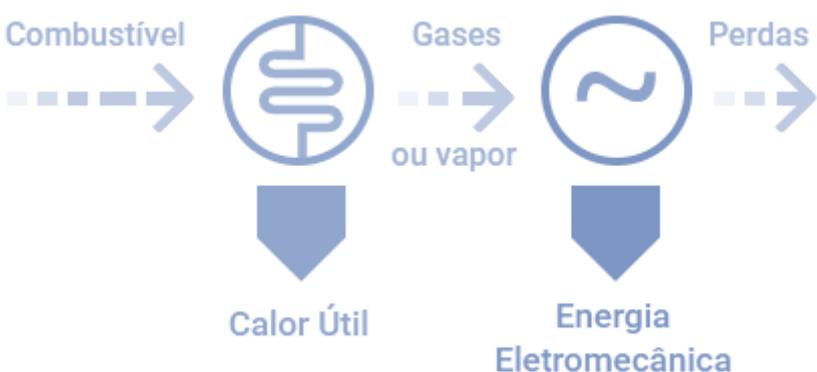
Comentário:

A **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão. Prezado(a), note que a banca considerou a alternativa A como gabarito, levando em conta as formas finais das energias utilizadas e também podemos dizer que esse é o processo mais comum. Para fins de prova leve como conceito que a cogeração é a produção combinada de energia térmica e de energia mecânica/elétrica.

Prosseguindo, devemos saber que a cogeração é classificada em duas formas de acordo com a sequência realtiva da geração de energia eletromecânica para a térmica. Se a **geração primária é a de energia eletromecânica denomina-se topping** e se **a geração de energia eletromecânica for posterior a de a chama-se bottoming**.



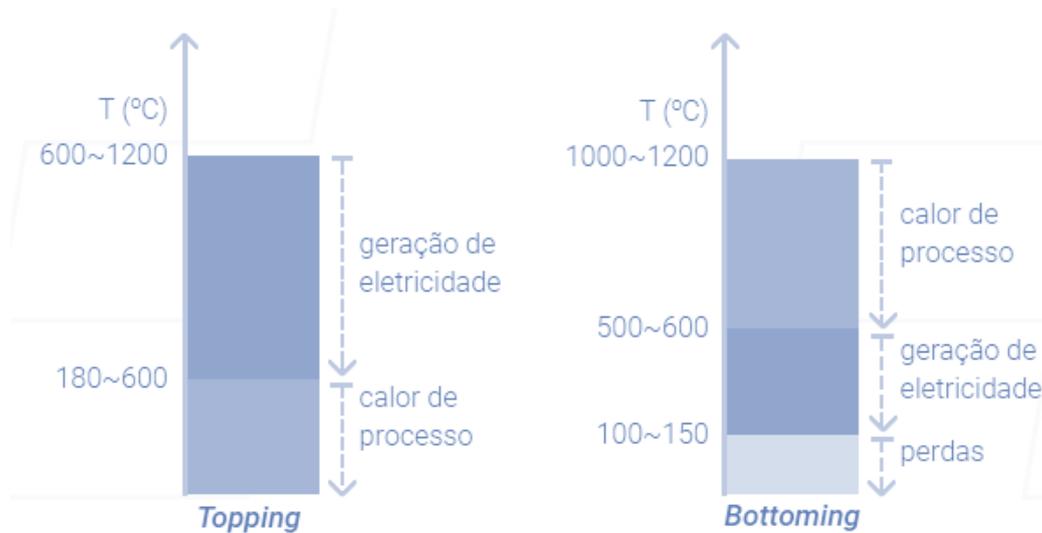
Topping



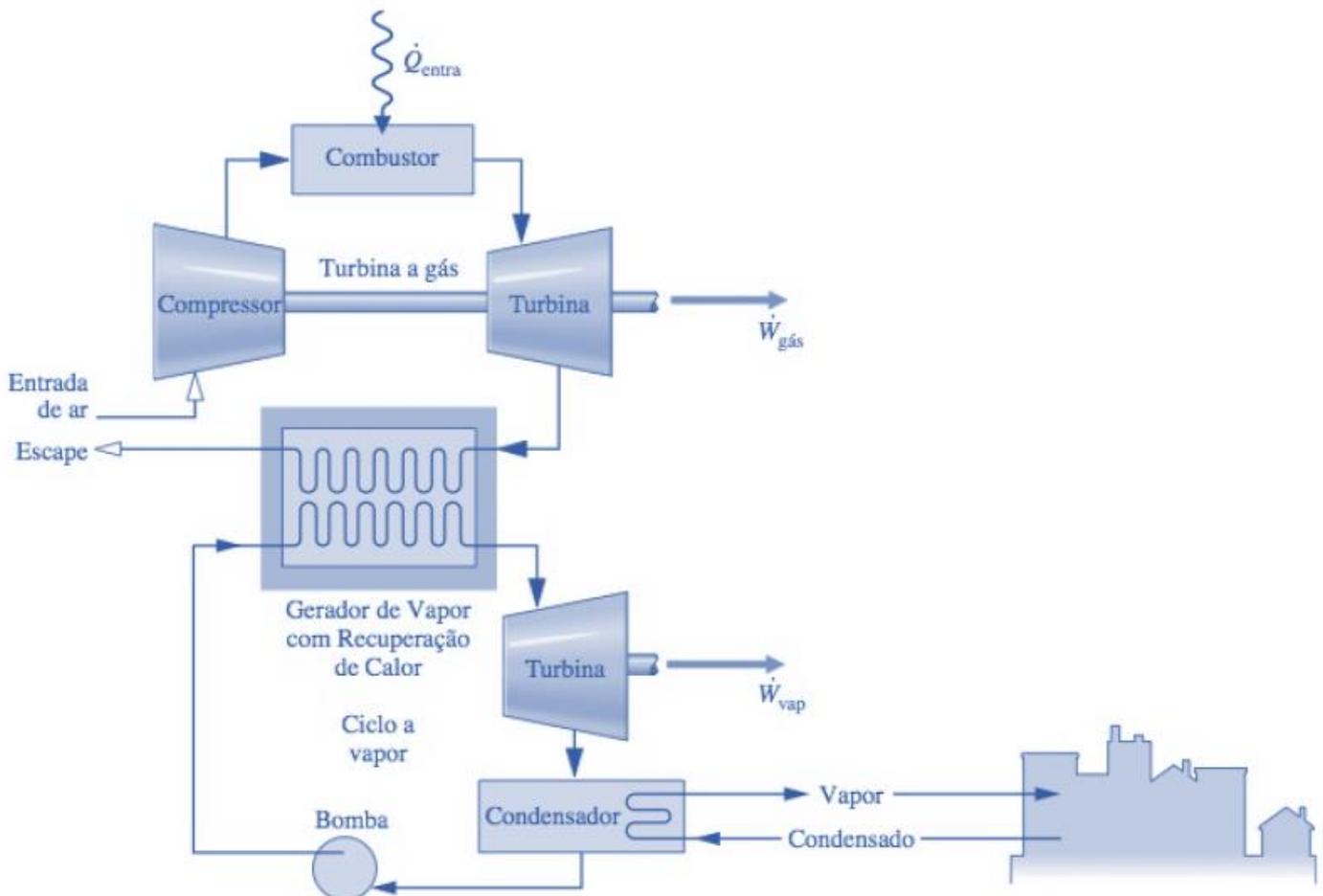
Bottoming



As faixas típicas de temperatura para os sistemas de cogeração é representada na imagem abaixo.

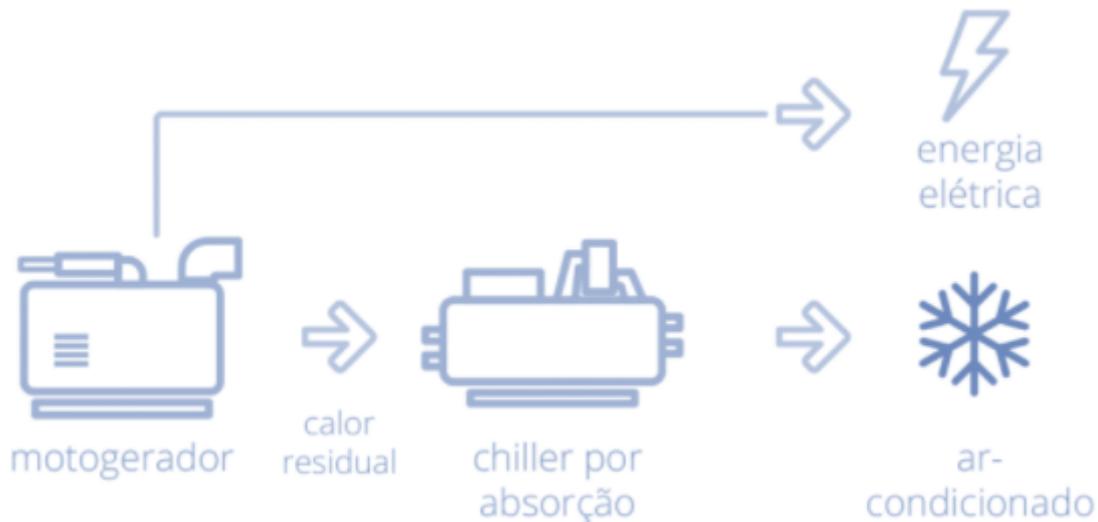


Visto isso, é importante também sabermos em quais tipos de plantas, os sistemas de cogeração podem ser baseados. Eles podem ter como base plantas de potência a vapor, de turbina a gás, motores de combustão interna e células de combustíveis. Vejamos abaixo um exemplo de **ciclo combinado de cogeração com aquecimento urbano**.



Note que temos um sistema de cogeração baseado em uma planta de turbina a gás e outra a vapor.

Outro exemplo de cogeração se dá por um sistema de **cogeração combinada entre motores de combustão interna e chillers por absorção**. Vejamos o esquema abaixo:



O calor produzido pelo motor pode ser utilizado na produção de frio em chillers por absorção. Nesse sistema, **caldeiras de recuperação** são utilizadas para o acionamento dos chillers por absorção. Logo, o chiller não necessitará de um equipamento de queima direta, pois sua energia térmica requerida é oriunda do calor residual do motorgerador.

Em sistemas de climatização de grandes unidades, como shoppings, tanques de termoacumulação são utilizados como reservatórios metálicos para armazenamento de água gelada que trabalham junto ao sistema de refrigeração com a principal finalidade de aproveitar melhor a energia disponível durante o dia.

Nessa situação, a carga térmica excedente gerada pelo Chiller em horários de baixo consumo é armazenada para posterior aproveitamento em horários de pico. Assim, o sistema terá sua confiabilidade aumentada e também haverá a possibilidade de diminuição da potência instalada.



Essencialmente, a definição da capacidade dos tanques de termoacumulação deve ter como base de cálculo a carga térmica durante o período de horário de pico.

Finalizamos aqui, o estudo da refrigeração.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muito obrigado meu caro aluno ou minha cara aluna! Novamente agradeço sua paciência para me acompanhar por toda esta aula¹. Sei que a jornada é dura, mas saiba que cada vez que você chegar aqui, no final da aula, você está **um passo mais próximo do seu objetivo**.

Quaisquer dúvidas, sugestões ou críticas entrem em contato conosco. Estou disponível no fórum no Curso, por e-mail e, inclusive, pelo *instagram*. Aguardo você na próxima aula. Até lá!

Juliano de Pelegrin



SIGA MINHAS REDES SOCIAIS

 @profjulianodp

 <https://t.me/profjulianodp>

 Prof. Juliano de Pelegrin

The graphic features a portrait of Prof. Juliano de Pelegrin on the left, a 3D character with a gear and wrench on the right, and a background with abstract brushstrokes.

¹ Bibliografia base utilizada nesta aula:

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

Ênnio Cruz da Costa, Refrigeração, 3ª Ed.

Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, Daisie D. Boettner, Margaret. B Bailey: Princípios da Termodinâmica para Engenharia, 7ª Ed. 2013.

Sistemas de ar condicionado, PROCEL, 2011

Introdução às Máquinas Térmicas: Refrigeração – Prof. Dr. Luiz Carlos Martinelli Júnior



QUESTÕES COMENTADAS

1. (CEBRASPE/CODEVASF-2021) Julgue o item a seguir, relativo a sistemas termomecânicos.

Em um ciclo de refrigeração real, a temperatura do líquido que deixa o condensador pode ser inferior à temperatura de saturação e ainda diminuir mais ao longo da tubulação até a válvula de expansão; isso representa um ganho, pois o refrigerante entra no evaporador com uma entalpia menor.

Comentário:

O **item** está correto. A situação descrita no enunciado caracteriza um ciclo de refrigeração com sub-resfriamento. Sub-resfriamento é o nome dado a condição onde o fluido refrigerante se encontra abaixo da temperatura mínima (de saturação) necessária para evitar que ele passe da fase líquida para gasosa.

O sub-resfriamento faz com que a quantidade de calor a ser removida por peso de refrigerante circulado seja maior, devido à menor entropia na entrada do evaporador. Simplificadamente, uma quantidade menor de refrigerante precisará ser bombeada para manter a temperatura desejada, diminuindo o tempo de operação do compressor.

2. (CEBRASPE/CODEVASF-2021) Julgue o item a seguir, relativo a sistemas termomecânicos.

São características desejáveis para um gás refrigerante: calor latente de vaporização elevado, volume específico da fase de vapor reduzido e pressão de vapor abaixo da pressão atmosférica.

Comentário:

O **item** está incorreto. Vejamos na tabela abaixo as principais características de um bom fluido refrigerante.

- O refrigerante não pode ser inflamável, explosivo, tóxico em estado puro ou quando misturado com o ar. Além disso, ele não deve contaminar alimentos ou outros produtos armazenados no interior do espaço refrigerado ou se ocorrer vazamentos no sistema.
- Evaporar-se com pressões acima da pressão atmosférica e também as pressões respectivas as diferentes temperaturas do processo de condicionamento de ar e de refrigeração devem ser acima da pressão atmosférica para evitar penetração de ar e vapor d' água.
- Deve possuir volume específico baixo.
- É importante que o refrigerante apresenta baixo calor específico no estado líquido para que uma quantidade menor de calor seja necessária para o líquido entre a temperatura de condensação e a temperatura na qual o resfriamento deve ser realizado.
- Ter elevado calor latente de vaporização para que as capacidades necessárias possam ser alcançadas com o menor peso do fluxo de refrigerante.



- Não pode ser corrosivo.
- Não pode ser miscível com óleo lubrificante, em outras palavras eles devem ser compatíveis com os óleos lubrificantes, mas não podem alterar sua efetividade com o contato com os lubrificantes.
- Deve ser facilmente detectado em caso de vazamentos do sistema.
- Deve ser quimicamente estável, ou seja, suas propriedades químicas não podem se alterar durante repetidas mudanças de estado no circuito de refrigeração.
- Nas temperaturas mínimas de operação a viscosidade do fluido refrigerante deverá ser o suficientemente baixa para permitir uma transferência de calor satisfatória e razoáveis perdas de carga.
- Alta condutibilidade térmica.
- Deve ser disponível facilmente em mercado, de baixo custo, ambientalmente seguro, não agredir a camada de ozônio ou influenciar no efeito estufa e ser de fácil manuseio.
- Baixa temperatura de descarga no compressor, pois temperatura de descarga superiores ao normal afetam os lubrificantes.

O enunciado está correto quando diz que é desejável que um gás refrigerante apresente calor latente de vaporização elevado e volume específico da fase de vapor reduzido. Entretanto está incorreto quanto à pressão do vapor, essa deve estar acima da pressão atmosférica.

3. (CEBRASPE/SLU DF-2021) A respeito dos ciclos termodinâmicos, julgue o item a seguir.

Um sistema de expansão indireta dispõe de torres de resfriamento a água ou ar para condensação do gás refrigerante e produz água fria para trocadores de calor.

Comentário:

O **item** está correto. Sistemas de expansão indireta são sistemas de refrigeração em que a transferência de calor ocorre em mais de um meio antes de retirar o calor do ambiente ou sistema a ser refrigerado. Nesses sistemas são utilizadas torres de resfriamento tanto a ar quanto a água para resfriar o fluido que será utilizado para retirar calor do ambiente ou sistema que se deseja resfriar.

4. (CEBRASPE/EMAP-2018) Em um tubo capilar usado em sistemas de refrigeração, o fluido refrigerante encontra-se, na entrada, no estado sub-resfriado e, na saída, no estado correspondente a uma mistura com baixo título de vapor.

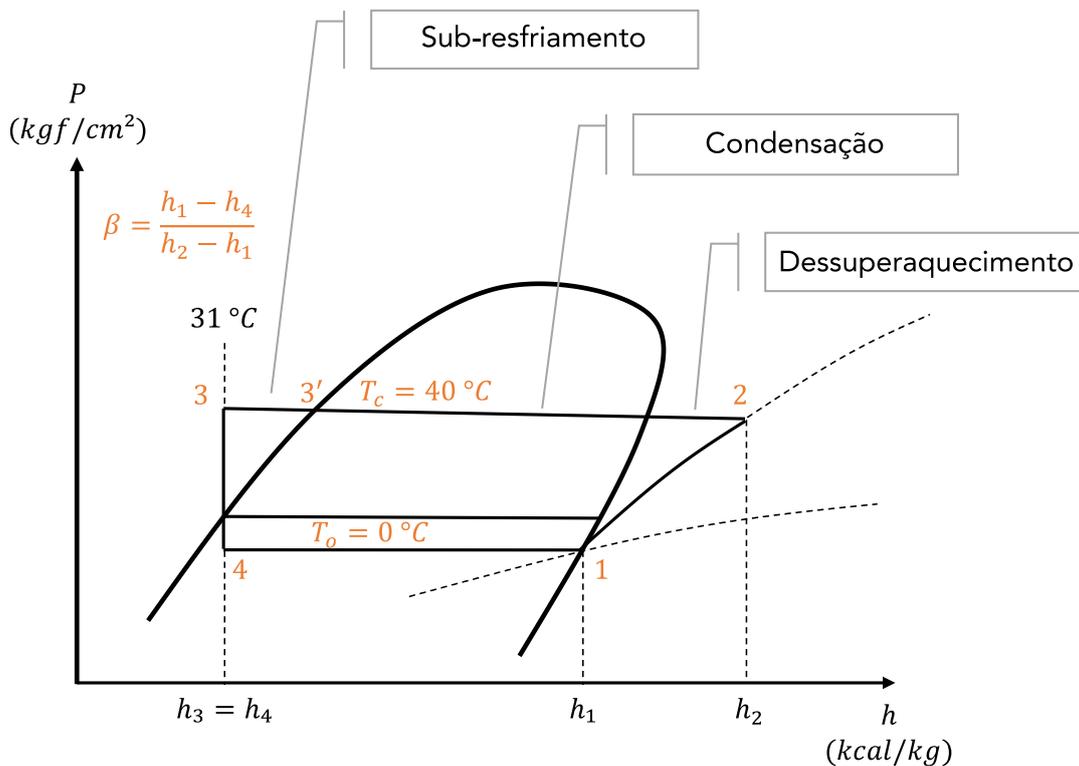
Tendo como referência esse processo, julgue o item que se segue, a respeito dos princípios termodinâmicos.



A temperatura do fluido refrigerante na entrada do tubo capilar é menor que a temperatura de saturação correspondente à pressão na qual o fluido se encontra nesse ponto.

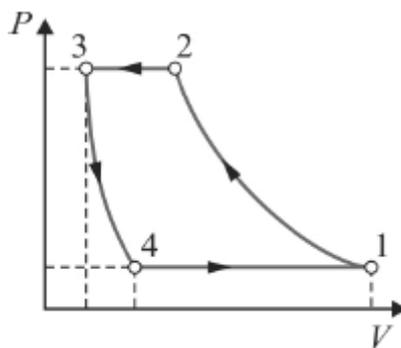
Comentário:

O **item** está correto. Veja o diagrama de Mollier abaixo, nele é possível ver como ocorre o sub-resfriamento.



O sub-resfriamento corresponde a linha que liga o ponto 3' ao ponto 3. O ponto 3' está sobre a linha de saturação, enquanto o ponto 3, apesar de estar na mesma pressão, apresenta entalpia menor, ou seja, tem menor temperatura.

5. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura precedente representa o diagrama pressão (P) versus volume (V) de um compressor alternativo, como os usados em sistemas de refrigeração e ar-condicionado. Considerando essa figura, julgue o item a seguir.



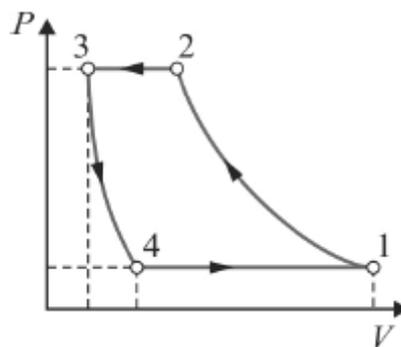
O processo 3-4 representa a expansão do volume residual de gás que permanece no interior do cilindro do compressor, ao término da compressão. A fração de espaço nocivo variável associada a esse compressor é obtida por $V_4/(V_1-V_3)$.

Comentário:

O **item** está incorreto. A fração de espaço nocivo (m), também chamada de fração de volume morto é dada pela seguinte equação.

$$m = \frac{V_3}{V_1 - V_3}$$

6. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura precedente representa o diagrama pressão (P) versus volume (V) de um compressor alternativo, como os usados em sistemas de refrigeração e ar-condicionado. Considerando essa figura, julgue o item a seguir.

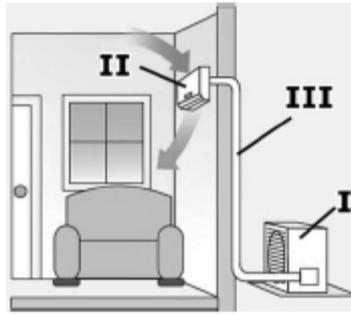
O ciclo de compressão mostrado representa um processo ideal de compressão, sem perdas de carga. Em condições reais, ocorrem perdas de carga nas válvulas de sucção e descarga, acarretando isso aumento no trabalho envolvido na compressão do gás entre os mesmos níveis de pressão.

Comentário:

O **item** está correto. O ciclo ideal de compressão é adiabático e isentrópico, ou seja, não apresenta perdas. Quando tratamos de um ciclo real, as perdas aparecem de diversas formas, seja por atrito do fluido com as paredes, vazamentos, trocas de calor etc. Portanto para que um compressor trabalhe nos mesmos níveis de pressão do ciclo ideal, seu trabalho será maior para compensar as perdas.

7. (CEBRASPE/EMAP-2018)





A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:

- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.

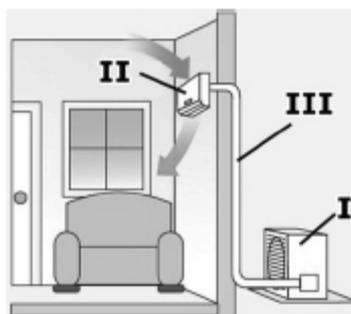
A figura ilustra um sistema classificado como de expansão indireta.

Comentário:

O **item** está incorreto. Os sistemas de expansão direta apresentam o fluido refrigerante contido dentro de uma serpentina e, quando ele evapora, acaba resfriando o ar em contato com ela. Neste tipo de condicionadores encontram-se o ar-condicionado do tipo janela (ACJ), o Split ou multi-split e o self-contained.

Os sistemas de expansão indireta são caracterizados pela utilização de um fluido refrigerante secundário para resfriamento do ar, em geral a água, que é resfriada em um circuito de compressão a vapor ou absorção por um chiller.

8. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:



- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

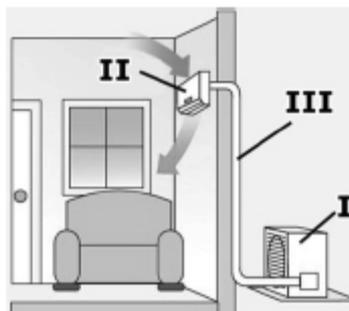
Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.

Em caso de perda do gás refrigerante por vazamento, a reposição da carga de gás perdida, com o refrigerante na composição original, não restitui plenamente a capacidade de refrigeração e consumo de energia do sistema original.

Comentário:

O **item** está correto. Na ocorrência de vazamentos de gás, haverá a contaminação do fluido refrigerante com a entrada de ar atmosférico. O fluido refrigerante original apresenta características que serão modificadas com a presença de ar atmosférico. A única maneira de retornar o sistema para seu funcionamento original é drenar todo o fluido do sistema, realizar uma limpeza e abastecer com o blend original.

9. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:

- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

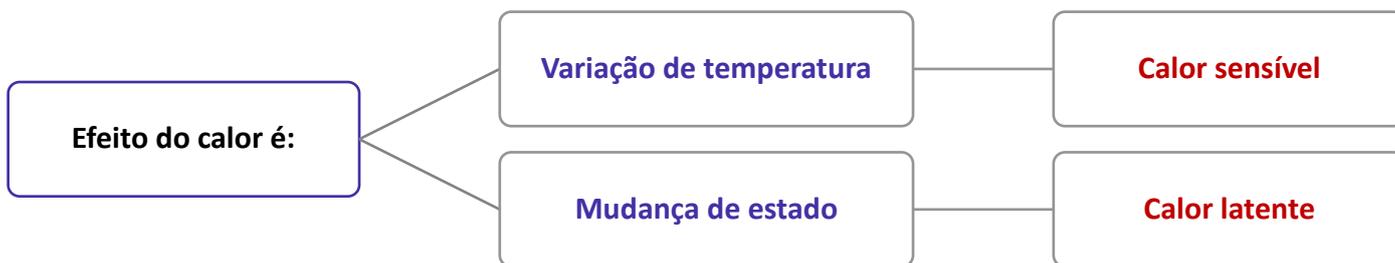
Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.

Na unidade evaporadora, indicada por II na figura, é realizado o processo de resfriamento sensível do ar do ambiente. Nesse processo, o refrigerante absorve apenas a carga térmica sensível do ar, pois constitui uma aplicação de conforto térmico em um espaço ocupado por pessoas.

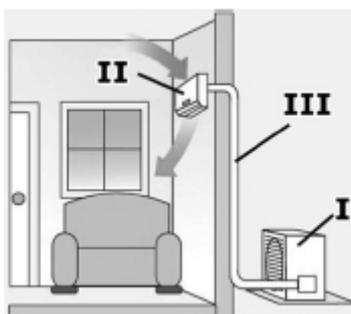
Comentário:



O **item** está incorreto. No processo de refrigeração do ambiente, o fluido refrigerante absorve carga térmica sensível e latente, uma vez que ocorre mudança de temperatura e umidade.



10. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:

- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.

Os componentes indicados por I e II na figura são comumente denominados unidade condensadora e unidade evaporadora, respectivamente. Esses componentes são interligados pela linha frigorígena, indicada por III, através da qual circula o fluido refrigerante.

Comentário:

O **item** está correto. Os componentes I, II e III são chamados de unidade condensadora, unidade evaporadora e linha frigorígena, respectivamente. Os componentes I e II recebem os nomes de unidade pois neles são dispostos diversos dispositivos.

11. (CEBRASPE/IFF-2018) Em um ciclo de refrigeração à compressão a vapor ideal, o evaporador tem a função de promover

- a) a rejeição de calor a volume constante.



- b) o aumento da pressão adiabática.
- c) a expansão isoentrópica.
- d) a absorção de calor a pressão constante.
- e) a realização de trabalho.

Comentário:

A **alternativa D** está correta. Em um ciclo de refrigeração à compressão a vapor ideal, **o evaporador tem a função de promover a absorção de calor a pressão constante.**

A **alternativa A** está incorreta. A função do evaporador é absorver calor do ambiente.

A **alternativa B** está incorreta. Na válvula de expansão, o fluido refrigerante sofre uma queda de pressão que se mantém constante ao passar pelo evaporador.

A **alternativa C** está incorreta. A expansão é feita pela válvula de expansão.

A **alternativa E** está incorreta. O único componente do sistema de refrigeração que realiza trabalho é o compressor.

12. (CEBRASPE/IFF-2018) A respeito do ciclo padrão de refrigeração por absorção de amônia, assinale a opção correta.

- a) Após o condensador, o processo de absorção de vapor de amônia a baixa pressão ocorre a uma temperatura levemente inferior à do meio.
- b) A bomba tem a função de elevar a pressão de uma solução líquida de água e vapor de amônia imediatamente após o gerador.
- c) No trocador de calor, localizado entre a bomba e o gerador, a solução forte de amônia é mantida a alta pressão e a alta temperatura.
- d) O ciclo de absorção caracteriza-se por requerer um alto consumo de trabalho devido ao alto volume específico do vapor.
- e) No ciclo de absorção, a temperatura da fonte térmica deve ser inferior a 50 °C.

Comentário:

A **alternativa A** está incorreta. Após o **evaporador**, o processo de absorção de vapor de amônia a baixa pressão ocorre a uma **temperatura levemente superior à do meio.**

A **alternativa B** está incorreta. A bomba tem a função de elevar a pressão de uma solução líquida forte de água e vapor de amônia imediatamente após o **absorvedor.**



A **alternativa C** está correta. O trocador de calor situa-se entre a bomba e o gerador, onde são mantidas alta temperatura e pressão na solução forte de amônia.

A **alternativa D** está incorreta. O ciclo de absorção caracteriza-se por requerer um baixo consumo de trabalho, pois uma característica particular do sistema de absorção consiste em consumir uma quantidade menor de trabalho, uma vez que **o processo de bombeamento envolve um líquido**. O volume específico do líquido é muito menor que o volume específico do vapor.

A **alternativa E** está incorreta. No ciclo de absorção, a temperatura da fonte térmica deve ser alta 100 a 200°C.

13. (CEBRASPE/IFF-2018) Acerca dos ciclos real e ideal de refrigeração por compressão a vapor, assinale a opção correta.

- a) O superaquecimento do fluido de trabalho na entrada do compressor garante um aumento no rendimento de ciclo.
- b) A perda de carga no condensador auxilia no trabalho realizado pela válvula de expansão em um ciclo ideal.
- c) Nos ciclos reais, a temperatura do líquido que sai do condensador é superior à temperatura de saturação.
- d) O COP de um ciclo pode ser definido como a razão entre o calor trocado entre a condensadora e a evaporadora.
- e) O ciclo real de refrigeração diferencia-se do ciclo ideal devido, principalmente, às perdas de carga no escoamento do fluido de trabalho e a perdas de calor para o meio ou ganhos de calor do meio.

Comentário:

A **alternativa E** está correta. A diferenciação entre os ciclos real e ideal se dá principalmente nas irreversibilidades (perdas) contidas no ciclo real. As principais irreversibilidades presentes no ciclo real são queda de pressão no evaporador e condensador, queda de pressão através das válvulas de sucção e descarga do compressor, transferência de calor no compressor (processo não adiabático), queda de pressão e transferência de calor nas tubulações.

A **alternativa A** está incorreta. O superaquecimento pode tanto aumentar quanto reduzir o coeficiente de performance do ciclo de refrigeração para sistemas que utilizam válvula de expansão, dependendo do tipo de refrigerante utilizado. Normalmente só se justifica a utilização de superaquecimento do fluido, por motivos de segurança, para evitar a entrada de líquido no compressor.

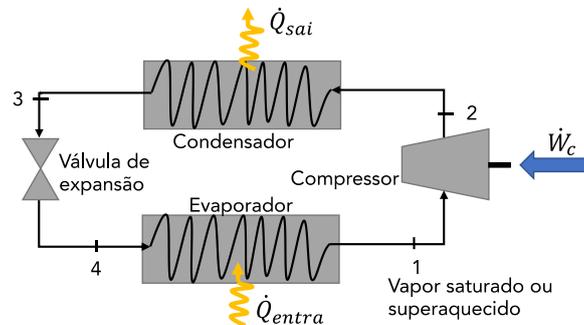
A **alternativa B** está incorreta. A válvula de expansão não realiza trabalho.

A **alternativa C** está incorreta. Em um ciclo real sem sub-resfriamento a temperatura em que o fluido sai do condensador é a temperatura de saturação. No caso de sistemas com sub-resfriamento, essa temperatura é menor que a temperatura de saturação.



A **alternativa D** está incorreta. O COP é definido como a razão entre o calor absorvido no evaporador e o trabalho fornecido ao compressor. Veja abaixo a equação para o cálculo do COP.

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}}$$



14. (CEBRASPE/PCie PE-2016) No que se refere aos ciclos de refrigeração por absorção, assinale a opção correta.

- a) Em máquinas por absorção que utilizam água-brometo de lítio, pode ocorrer a cristalização do brometo de lítio quando a solução apresenta baixa concentração desse componente e se sujeita a temperaturas elevadas.
- b) Nas mesmas temperaturas de evaporação e condensação, os ciclos por absorção apresentam menores coeficientes de performance que os ciclos por compressão a vapor.
- c) Em aplicações de conforto com ar condicionado, predominam máquinas de refrigeração por absorção que operam com água-amônia, ao passo que, em aplicações com temperaturas de evaporação negativas, são empregadas máquinas por absorção com água-brometo de lítio.
- d) O acionamento do ciclo de refrigeração por absorção requer essencialmente o fornecimento de calor de uma fonte externa no absorvedor do ciclo.
- e) Ciclos de duplo efeito apresentam menores coeficientes de performance que os ciclos de simples efeito.

Comentário:

A **alternativa B** está correta. Apesar do ciclo de absorção apresentar baixo custo operacional, sua eficiência é inferior comparada com o ciclo de compressão de vapor.

A **alternativa A** está incorreta. A cristalização do brometo de lítio ocorre quando a solução concentrada sofre quedas bruscas de temperatura.

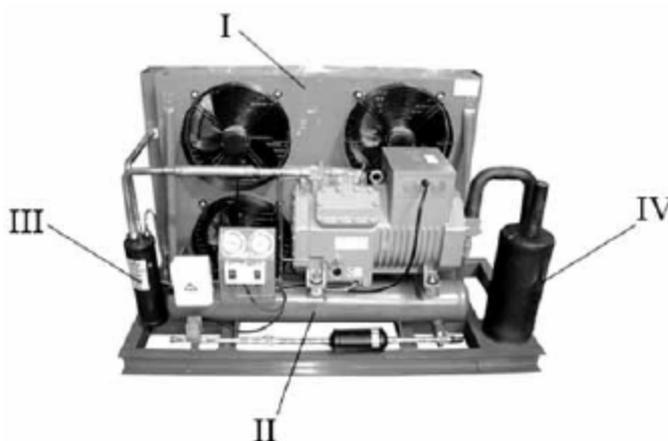


A **alternativa C** está incorreta. Em aplicações de conforto com ar condicionado, predominam máquinas de refrigeração por compressão de vapor.

A **alternativa D** está incorreta. O acionamento do ciclo de refrigeração por absorção requer essencialmente o fornecimento de calor de uma fonte externa no gerador do ciclo.

A **alternativa E** está incorreta. Ciclos de duplo efeito apresentam maiores coeficientes de performance que os ciclos de simples efeito.

15. (CEBRASPE/PCie PE-2016)



A figura precedente ilustra uma unidade pré-montada de fábrica, bastante usual na montagem de sistemas de refrigeração, acerca da qual é correto afirmar que

- a) o componente II é um separador de óleo.
- b) o componente III é um reservatório de líquido.
- c) o componente IV é um acumulador de sucção.
- d) é uma unidade evaporadora.
- e) o compressor mostrado é do tipo hermético.

Comentário:

A **alternativa C** está correta. O componente I corresponde ao condensador. O componente II é um reservatório de líquido. Os componentes III e IV correspondem ao separador de óleo e ao acumulador de sucção, respectivamente.

16. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.



Caso um sensor de pressão diferencial acoplado a um tubo de Pitot em um escoamento de ar indique pressão total igual a 100 Pascal e pressão estática igual a 72 Pascal, sendo a densidade do ar igual a 1 kg/m^3 , é correto afirmar que a velocidade desse escoamento é inferior a $7,0 \text{ m/s}$.

Comentário:

O **item** está incorreto. Vamos utilizar a equação a seguir para calcular de forma direta a velocidade do escoamento.

$$P_{estag} = P + \rho \frac{V^2}{2}$$
$$V = \sqrt{\frac{2(P_{estag} - P)}{\rho}}$$
$$V = \sqrt{\frac{2(100 - 72)}{1}} = 7,48 \frac{m}{s}$$

17. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

Os sensores de temperatura dos termostatos e os sensores de umidade dos umidistatos são instalados preferencialmente próximos às grelhas de insuflamento do ambiente climatizado.

Comentário:

O **item** está incorreto. Os sensores devem ser posicionados próximo às grelhas de retorno, assim poderão medir com maior precisão os parâmetros do ambiente climatizado. Caso sejam posicionados próximo à grelha de insuflamento, os valores das medições serão adulterados pelo ar insuflado.

18. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

No compressor, a função do pressostato de alta é proteger o equipamento contra sobrepressão do fluido refrigerante, o que poderia provocar ruptura de peças.

Comentário:

O **item** está correto. A função do pressostato de alta pressão é interromper o funcionamento do compressor quando este entra em estado de sobrepressão, ou seja, a pressão de trabalho ultrapassa um limite definido como seguro para o funcionamento plenos dos equipamentos. O pressostato de alta é instalado na linha de descarga.



19. (CEBRASPE/BASA-2010) O projeto da nova sede de uma corporação financeira prevê o uso do gás natural como principal insumo energético, adotando-se, para tal, um sistema de cogeração com chillers por absorção. Em relação à configuração desse sistema, julgue o item subsequente.

Na configuração do referido sistema de cogeração, é correto utilizar motores de combustão acoplados a geradores, para suprir a demanda de energia elétrica, e caldeiras de recuperação, para o acionamento dos chillers por absorção.

Comentário:

O **item** está correto. O calor produzido pelo motor pode ser utilizado na produção de frio em chillers por absorção. Nesse sistema, **caldeiras de recuperação** são utilizadas para o acionamento dos chillers.

20. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

O desligamento do compressor pelo pressostato de baixa, instalado na saída do condensador, evita que o compressor trabalhe com pressões muito baixas, situação que provocaria superaquecimento da serpentina da unidade condensadora.

Comentário:

O **item** está incorreto. O pressostato de baixa fica instalado na linha de sucção e sua função é proteger o sistema, desligando o compressor, caso a pressão na linha de sucção fique extremamente baixa.

21. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

Em um sistema de malha fechada, o termostato é responsável por regular automaticamente a temperatura do ambiente aproximando-a do setpoint estabelecido.

Comentário:

O **item** está correto. Existem 2 tipos de sistema de controle, são eles os de malha aberta e os de malha fechada.

Os sistemas de malha aberta funcionam recebendo um comando e executando-o uma vez, não levando em consideração o valor de saída dessa operação. Por exemplo, quando vamos esquentar algo no microondas, escolhemos um tempo e o aparelho funciona durante esse tempo. O microondas não considera se sua comida foi aquecida de forma correta, se precisa de mais algum tempo ou se poderia ter sido removida antes. Este é um sistema de malha aberta, o que é escolhido é executado diretamente.

Já o sistema de malha fechada trabalha de forma que após o envio e execução do comando, um sensor faz uma leitura da saída e caso necessário reinicia o comando com alguma alteração para chegar no melhor resultado. Por exemplo, o sistema de controle de temperatura de uma instalação de



condicionamento de ar está ao tempo todo lendo a temperatura do ambiente através de um termostato e ajustando seu funcionamento para chegar o mais próximo possível da temperatura escolhida pelo usuário.

Para concluir, os sistemas de malha aberta são pouco precisos visto que apenas executam tarefas simples como ligar e desligar, já os controles de malha fechada permitem ajustes mais finos como regular a temperatura de um ambiente grau a grau.

22. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

A principal função das caixas de volume de ar variável (VAVs) é atenuar o ruído causado pelo fluxo do ar.

Comentário:

O **item** está incorreto. O sistema de volume de ar variável tem como função principal controlar a climatização do ambiente. Os sistemas mais antigos de condicionamento de ar que utilizam unidades de tratamentos de ar (UTAs) são os de volume de ar constante (VAC), esses por sua vez não permitiam controle da temperatura do ambiente, vazão de ar, pressão etc. Os VAVs permitem esse controle de forma inteligente, por exemplo, em um andar de um prédio em que as salas são equipadas com VAVs é possível desligar a climatização de uma sala que não esteja sendo usada, algo que não pode ser feito em sistemas VAC, isso acarreta em uma maior eficiência do sistema de distribuição de ar condicionado e conseqüentemente na redução do custo operacional.

23. (CEBRASPE/MPOG-2015) Em relação a sistemas de climatização, julgue o próximo item.

Sistemas do tipo inverter possuem inversores de frequência que controlam a rotação do motor do compressor, fazendo com que haja mais economia de energia; em contrapartida, o controle da temperatura do ambiente atendido é menos preciso, se comparado com o controle da temperatura feito pelos sistemas convencionais.

Comentário:

O **item** está incorreto. No sistema inverter ao ser acionado, o compressor atua com velocidade máxima para atingir o mais rápido possível a temperatura desejada. Quando alcançada esta temperatura, as unidades inverter conseguem, por meio de inversores de frequência, ajustar e variar a velocidade do compressor (evitando liga/desliga) para manter a **temperatura desejada com uma flutuação mínima** para garantir o conforto.

24. (CEBRASPE/MPOG-2015) Em relação a sistemas de climatização, julgue o próximo item.

O índice ODP (ozone depletion potential) indica o potencial de uma substância para a degradação da camada de ozônio e tem como referência o potencial de degradação do clorofluorcarbono-11 (CFC-11), cujo ODP é igual a 1,0.

Comentário:



O **item** está correto. Questão para complementação de conhecimentos. O índice ODP mensura o potencial destrutivo de uma substância para a camada de ozônio. O índice varia de 0 a 1 sendo 1 o maior potencial destrutivo. O CFC-11, também conhecido como freon-11 ou R-11 foi o gás utilizado como referência para a escala, este possui o OPD = 1,0, apesar de não ser o gás mais danoso à camada de ozônio.

25. (CEBRASPE/MPOG-2015) Em relação a sistemas de climatização, julgue o próximo item.

Os sistemas de expansão direta são aqueles em que a troca de calor com o ar ambiente é feita diretamente por meio do fluido refrigerante.

Comentário:

O **item** está correto. Os sistemas de expansão direta realizam as trocas de calor com o ambiente refrigerado através do fluido refrigerante primário. Um exemplo disso são os aparelhos split de ar condicionado.

Existe ainda outro sistema, chamado de sistema de expansão indireta. Nesse sistema, o fluido refrigerante primário troca calor com outro fluido (comumente água) e este fluido secundário troca calor com o ambiente refrigerado. Os chillers são exemplos desse tipo de sistema de expansão.

26. (CEBRASPE/BASA-2010) O projeto da nova sede de uma corporação financeira prevê o uso do gás natural como principal insumo energético, adotando-se, para tal, um sistema de cogeração com chillers por absorção. Em relação à configuração desse sistema, julgue o item subsequente.

No caso do chiller por absorção, deverá ser usado um equipamento de queima direta, que é a única forma possível para disponibilizar a energia térmica requerida para o funcionamento desse tipo de chiller.

Comentário:

O **item** está incorreto. Nessa situação, o chiller não necessitará de um equipamento de queima direta, pois sua energia térmica requerida é oriunda do calor residual do motorizador.

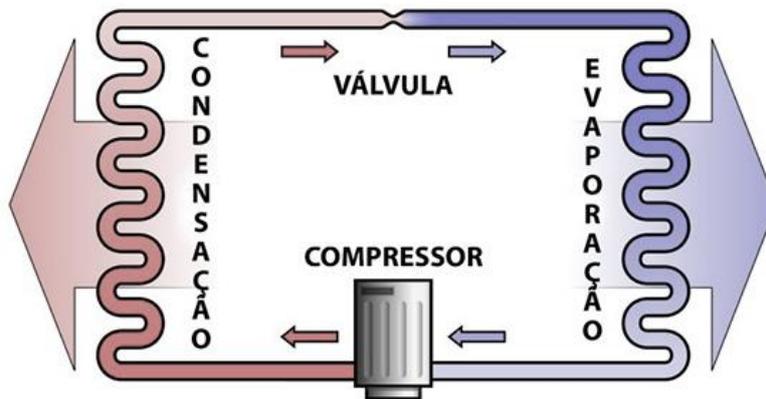
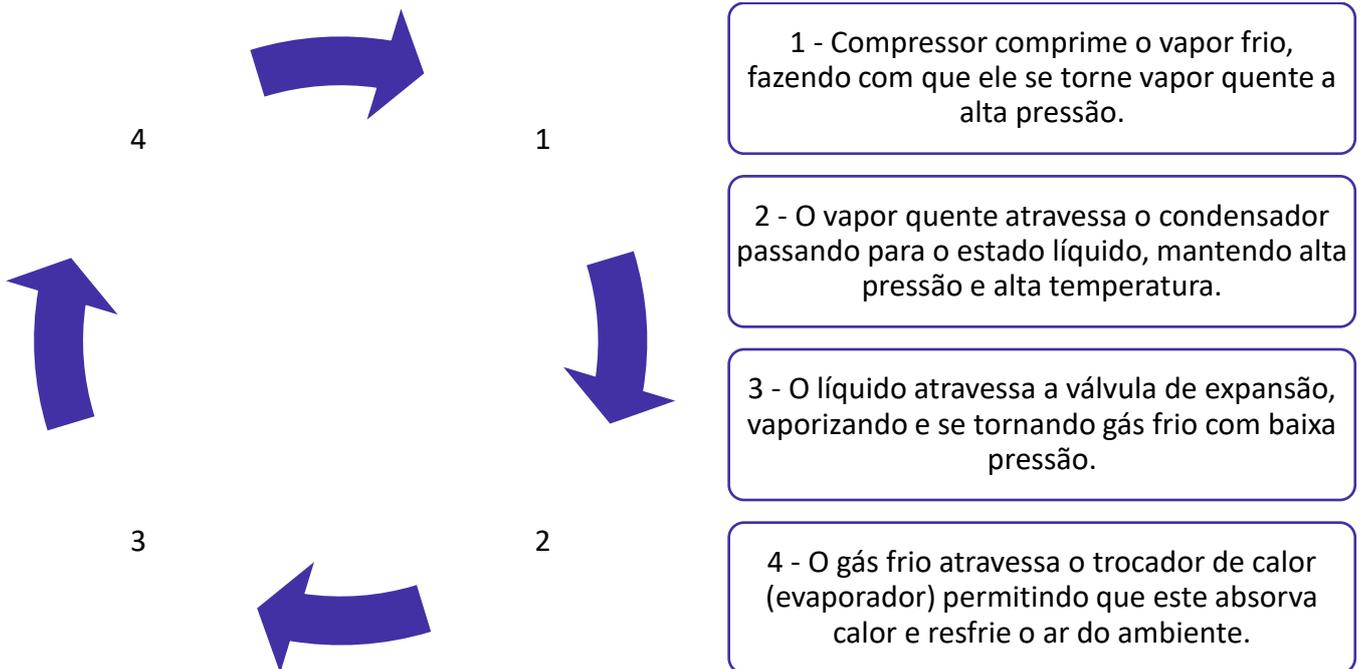
27. (NUCEPE UESPI/PC-PI-2018) Em um refrigerador de ar comum do tipo janela, o fluido refrigerante após passar pelo condensador se transforma no:

- a) Estado de vapor saturado a baixa pressão e temperatura.
- b) Estado líquido saturado a baixa pressão e temperatura.
- c) Estado de vapor saturado a alta pressão e temperatura.
- d) Estado líquido saturado a alta pressão e temperatura.
- e) Estado vapor saturado a alta pressão e baixa temperatura.

Comentário:



O ciclo de refrigeração consiste no seguinte passo a passo:



Portanto, após passar pelo condensador o fluido se transforma em líquido saturado a alta pressão e temperatura. Logo, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.

A **alternativa A** está incorreta, pois após passar pela válvula de expansão o fluido refrigerante se transforma no estado de vapor saturado a baixa pressão e temperatura.

A **alternativa B** está incorreta, uma vez que o fluido refrigerante não se transforma no estado de líquido saturado a baixa pressão e temperatura no ciclo de refrigeração de um ACJ.

A **alternativa C** está incorreta. Após passar pelo compressor o fluido refrigerante se transforma no estado de vapor saturado a alta pressão e temperatura.

A **alternativa E** está incorreta, uma vez que o fluido refrigerante não se transforma no estado de vapor saturado a alta pressão e baixa temperatura no ciclo de refrigeração de um ACJ.



28. (FUNDATEC/IGP RS-2017) Quando a temperatura do ar externo está a 22°C, uma geladeira mantém o compartimento do congelador a -3°C mediante a circulação de um refrigerante à baixa temperatura por passagens nas paredes do compartimento do congelador. A taxa de transferência de calor entre o compartimento do congelador e o refrigerante é de 6.000 KJ/h, e a potência de entrada necessária é de 2.800 KJ/h.

Assinale a alternativa que indica o coeficiente de desempenho do refrigerador.

- a) 2,14.
- b) 400.
- c) 0,53.
- d) 10,8.
- e) 0,09.

Comentário:

Podemos calcular o coeficiente de desempenho do sistema citado no enunciado através da razão entre a energia útil (taxa de transferência de calor entre o compartimento do congelador e o refrigerante) e a energia gasta (potência de entrada necessária). Uma vez que neste ciclo a válvula de expansão não admite entrada ou saída de potência a equação para o coeficiente de desempenho é:

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}}$$

Logo...

$$\beta = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}} = \frac{6000}{2800} = 2,14$$

O COP do ciclo real sempre é menor do que aquele calculado para o ciclo teórico, contudo, para condições de operação similares, pode-se, através do ciclo teórico, verificar quais parâmetros influenciam no desempenho do sistema.

Portanto, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

29. (INCAB/PC AC-2015) Considere o Ciclo Ideal de Refrigeração por Compressão de Vapor. Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os dispositivos isentálpico, isentrópico, isobárico que rejeita calor e isobárico que absorve calor.

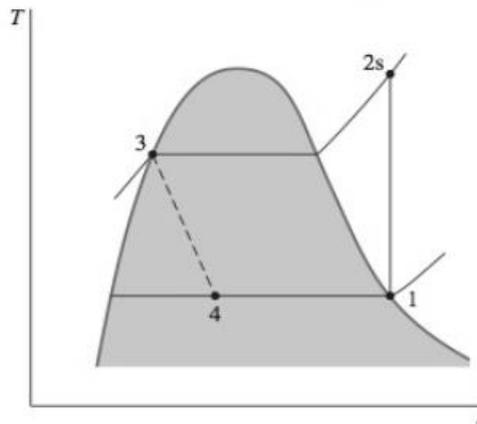
- a) Compressor, válvula de expansão, evaporador e condensador



- b) Evaporador, condensador, compressor e válvula de expansão
- c) Condensador, compressor, válvula de expansão e evaporador
- d) Válvula de expansão, compressor, condensador e evaporador
- e) Compressor, evaporador, condensador e válvula de expansão

Comentário:

Vejamos o diagrama.



- **Processo 1-2s** – Ocorre compressão isentrópica do fluido refrigerante até atingir a pressão do condensador no estado 2s.
- **Processo 2s-3** – Acontece transferência de calor do refrigerante conforme este escoar, a pressão constante, ao longo do condensador. O fluido refrigerante sai do condensador como líquido no estado 3.
- **Processo 3-4** – Ocorre o processo de estrangulamento do estado 3 até uma mistura de duas fases líquido-vapor em 4. Processo isentálpico.
- **Processo 4-1** – Acontece transferência de calor para o refrigerante conforme ele escoar com pressão constante ao longo do evaporador para completar o ciclo.

Nos processos citados acima, apenas o processo de estrangulamento não é internamente irreversível, mas mesmo assim o ciclo é conhecido como ciclo ideal de compressão de vapor pela literatura.

Portanto, temos:

Dispositivo	Processo
Válvula de expansão	Isentálpico
Compressor	Isentrópico
Condensador	Isobárico que rejeita calor para o ambiente
Evaporador	Isobárico que absorve calor do ambiente ou produto a ser refrigerado

Logo, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.



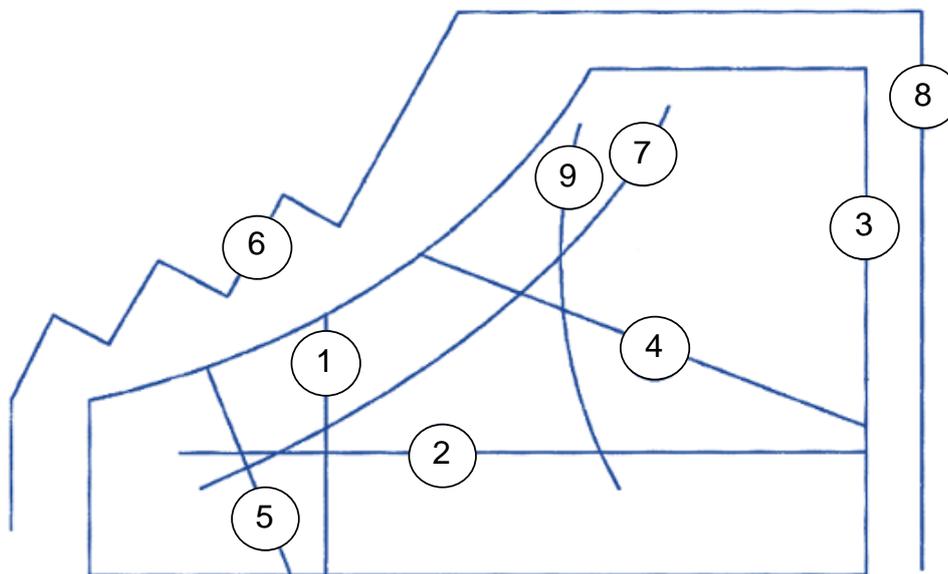
30. (IBFC/PC RJ-2013) Na elaboração de um projeto para climatização de um salão de vendas de uma concessionária de automóveis, o engenheiro de projeto consultou um desenho que continha várias linhas, entre as quais às referentes ao fator de calor sensível e as temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco. Pode-se mencionar que esse desenho é denominado de carta:

- a) barométrica.
- b) higrométrica.
- c) termométrica.
- d) psicrométrica.
- e) planimétrica.

Comentário:

A carta psicrométrica é utilizada para análise do processo que envolve o ar úmido. Ela facilita a solução de muitos problemas típicos que são presentes em sistemas de condicionamento de ar. A carta psicrométrica contém todas as propriedades do ar úmido e sua seleção deve levar em consideração a pressão atmosférica local de onde será realizada a climatização do ambiente.

Para uma melhor compreensão vejamos como é constituída a carta psicrométrica.



- 10. Linha de temperatura de bulbo seco, em °C.
- 11. Linha da umidade específica em kg de umidade por kg de ar seco.
- 12. Linha da escala de umidade específica.
- 13. Linha da temperatura de bulbo úmido, em °C.
- 14. Linha do volume específico em m³ de mistura por kg de ar seco.
- 15. Linha de escalas de entalpia em kJ por kg de ar seco na saturação.
- 16. Linha da umidade relativa em %.



- 17. Linha da razão de calor sensível (calor sensível/carga térmica).
- 18. Linha do desvio da entalpia em relação à entalpia específica na saturação.

Logo, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.

31. (IBFC/PC RJ-2013) A carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada ou colocada em um recinto a fim de proporcionar as condições desejadas. Um engenheiro projetista de refrigeração e climatização calculou, para um auditório, após vistoria, uma carga térmica de 40TR (toneladas de refrigeração). Desejando expressar esse valor em kcal/h e BTU/h, o engenheiro encontrou, respectivamente, os seguintes valores aproximados:

- a) 12.000 e 48.000.
- b) 12.000 e 480.000.
- c) 120.000 e 48.000.
- d) 120.000 e 480.000.
- e) 480.000 e 120.000

Comentário:

A Tonelada de Refrigeração (TR) é a unidade comumente utilizada para a capacidade frigorífica e ela é equivalente a 200 Btu/min, 211 kJ/min, aproximadamente 3,52 kW ou ainda 3023.95 kcal/h. Vejamos como devemos fazer as conversões para obtermos a grandeza dada no enunciado em kcal/h e BTU/h.

$$40TR = 40 \cdot 3023,95 \approx 120000 \frac{kcal}{h}$$
$$40 TR = 40 \cdot 200 \left[\frac{Btu}{min} \right] = 8000 \left[\frac{Btu}{min} \right] \left[\frac{60min}{1h} \right] = 480000 \left[\frac{Btu}{h} \right]$$

Logo, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.

32. (FADESP/BANPARÁ-2018) É correto afirmar que

- a) na climatização o ar é introduzido num ambiente para controlar a sua temperatura, limitado sempre em relação à temperatura do ar exterior, removendo a energia térmica gerada no seu interior por pessoas, equipamentos, etc.
- b) a climatização pode ser utilizada com finalidades de conforto ambiental (como no uso residencial, em escritórios, comércio, etc.) ou industrial, para controlar variáveis de processo (na indústria de tecelagem e gráfica – controlando temperatura e umidade; na indústria eletrônica – controlando temperatura, umidade, pureza do ar e pressão do recinto).



c) na climatização trata-se o ar, ajustando sua temperatura em valores, geralmente abaixo de 20 °C. Pode controlar, além da temperatura do ar no recinto, a pressão interna, a pureza do ar (filtragem) e sua umidade absoluta.

d) na refrigeração utiliza-se o ar como fluido para controle da temperatura. O ar é resfriado a temperaturas próximas de 0 °C, podendo chegar a temperaturas abaixo de -20 °C e controlando sua umidade absoluta.

e) na refrigeração utiliza-se o ar como fluido para controle da temperatura. O ar é resfriado a temperaturas próximas de 0 °C, podendo chegar a temperaturas abaixo de -30 °C e controlando sua umidade absoluta.

Comentário:

A **alternativa A** está incorreta, pois na VENTILAÇÃO o ar é introduzido num ambiente para controlar a sua temperatura, limitado sempre em relação à temperatura do ar exterior, removendo a energia térmica gerada no seu interior por pessoas, equipamentos, etc.

A **alternativa B** está CORRETA e é o gabarito da questão, uma vez que traz, uma correta definição para climatização tanto na esfera residencial quanto industrial.

A **alternativa C** está incorreta. Na climatização trata-se o ar, ajustando sua temperatura em valores, geralmente ACIMA de 20 °C. Pode controlar, além da temperatura do ar no recinto, a pressão interna, a pureza do ar (filtragem) e sua umidade absoluta.

As **alternativas D e E** estão incorretas, pois na refrigeração, quando se utiliza o ar como fluido para controle de temperatura, ele é resfriado a temperaturas na casa de 0 °C, podendo atingir temperaturas abaixo de -10 °C. Um exemplo de aplicação típica são as câmaras frigoríficas.

33. (VUNESP/UFABC-2019) A qualidade do ar interno aceitável é obtida pela renovação de ar do ambiente.

A quantidade de ar de renovação depende

- a) do sistema de ar condicionado escolhido.
- b) das condições de temperatura e umidade a serem mantidas no ambiente.
- c) da temperatura do ar externo de renovação.
- d) da concentração admissível de contaminantes gerados no ambiente.
- e) da vazão de ar insuflada no ambiente.

Comentário:

De acordo com a NBR 16401, o ar interior de qualidade aceitável, obtido pela renovação de ar do ambiente, é **aquele que não contém poluentes em concentração prejudicial à saúde ou ao bem-estar e é percebido como satisfatório por grande maioria (80% ou mais) dos ocupantes do recinto.**



Interpretando a definição da norma já é possível notar que o examinador evidencia que a quantidade de ar de renovação depende da concentração admissível de contaminantes gerados no ambiente. Além disso, a NBR 16401-3 estipula a vazão mínima de ar exterior de qualidade aceitável a ser suprida pelo sistema para promover a renovação do ar interior e manter a concentração de poluente no ar em nível aceitável.

Ainda segundo a norma, as vazões estipuladas são dimensionadas considerando poluentes biológicos, físico e químicos esperados nas condições normais de utilização e de ocupação dos locais. Em outras palavras devem levar em consideração a concentração admissível de contaminantes gerados no ambiente. Portanto, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.

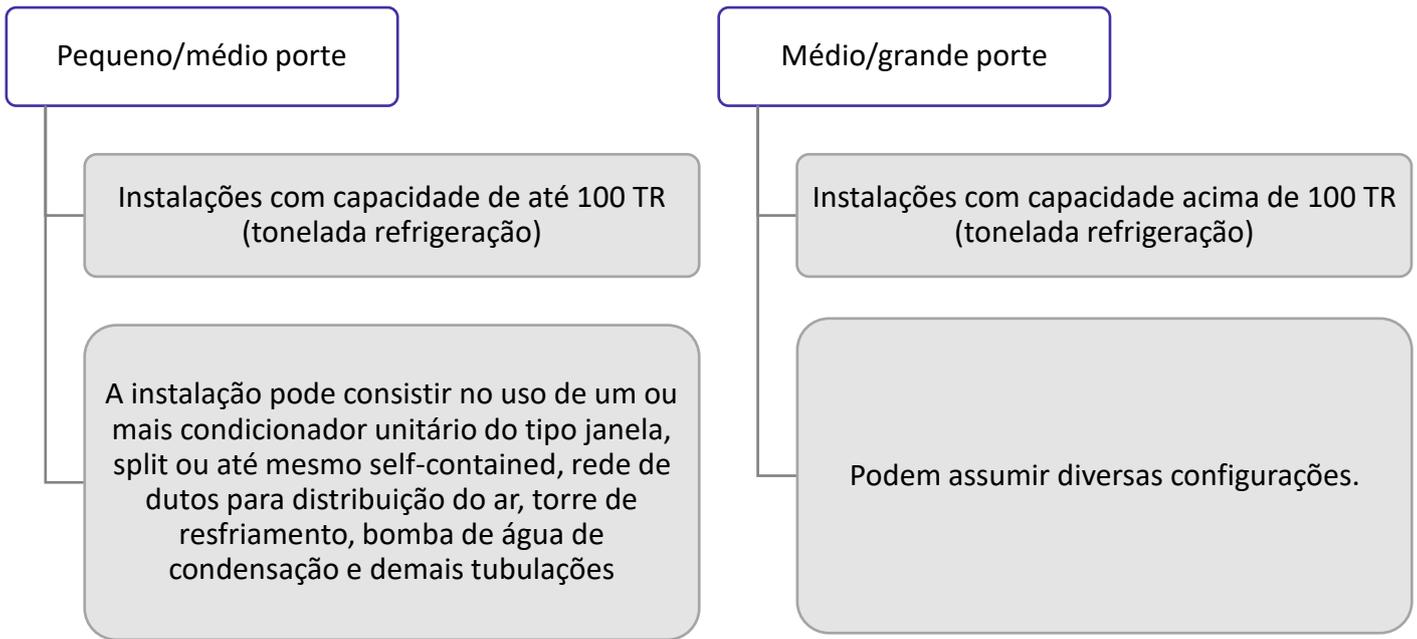
34. (FADESP/BANPARÁ-2018) Um sistema de condicionamento de ar é considerado de pequeno porte sempre que apresentar

- a) instalações de até 30 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-control” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações
- b) instalações de até 20 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-contained” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.
- c) instalações de até 100 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-contained” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.
- d) instalações de até 100 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, utilização de condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-control” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.
- e) instalações de até 20 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-contained” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.

Comentário:

Caro(a) estrategista, basicamente os sistemas de ar condicionado são divididos em pequeno/médio porte (até 100 TR) e médio/grande porte (acima de 100 TR). Vejamos o esquema para uma melhor compressão:





Desta forma, fica evidente que a única alternativa CORRETA é a **alternativa C** que é o gabarito da questão.

35. (CEV UECE/DETRAN CE-2018) No que diz respeito às boas práticas da elaboração de projetos de climatização de ambientes e ao dimensionamento de sistemas condicionadores de ar, considere as seguintes afirmações:

- I. No dimensionamento de sistemas de ar-condicionado, deverá ser considerado o somatório das cargas térmicas máximas de cada zona servida pelo mesmo condicionador de ar.
- II. A captação de ar exterior para a renovação do ar interior deverá ser realizada o mais distante possível de potenciais fontes de poluição, como entradas de garagens, estradas e depósitos de lixo.
- III. A carga térmica sensível está relacionada diretamente com a elevação da umidade relativa do ar do ambiente climatizado.
- IV. A carga térmica proveniente da envoltória externa dos ambientes depende da orientação solar das fachadas, devendo ser consideradas as propriedades térmicas dos materiais utilizados na sua construção.

Está correto o que se afirma em

- a) I, II, III e IV.
- b) II e IV apenas.
- c) I, II e III apenas.



d) I, III e IV apenas.

Comentário:

Vamos avaliar cada um dos itens:

O **item I** está incorreto. Conforme a NBR 16401 a soma das cargas térmicas das zonas é a carga máxima simultânea do conjunto de zonas servidas pela unidade; **não é necessariamente a soma dos máximos das zonas**, que podem não ocorrer simultaneamente.

O **item II** está correto. A NBR 16401-3 apresenta em seu texto os requisitos para captação de ar exterior citando que a tomada deve ser o mais distante possível de fontes de poluição e também a norma, em sua tabela 6, estipula a distância mínima a ser respeitada nestes casos.

O **item III** está incorreto. A carga **térmica latente** está relacionada diretamente com a elevação da umidade relativa do ar do ambiente climatizado.

O **item IV** está correto. Para o cálculo da carga térmica interna dos recintos deve ser considerado a envoltória, em que de acordo com a NBR 16401, o calor contribuído pela envoltória resulta da diferença de temperatura externa e interna somada a radiação solar incidente, direta e difusa. Ainda, a carga térmica proveniente da envoltória externa dos ambientes depende da orientação solar das fachadas, devendo ser consideradas as propriedades térmicas dos materiais utilizados na sua construção.

Portanto a **alternativa B** está CORRETA e é o gabarito da questão.

36. (VUNESP/UFABC-2019) Umidade relativa é por definição:

- a) a relação entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco no ar úmido.
- b) a relação entre a massa de vapor e a temperatura de saturação do ar úmido.
- c) a relação entre a umidade absoluta e a pressão de vapor para uma determinada temperatura de bulbo seco do ar úmido.
- d) a relação entre a temperatura de bulbo seco e a densidade do ar do ar úmido.
- e) a relação entre a pressão de vapor e a pressão de vapor saturado na mesma temperatura de bulbo seco do ar úmido.

Comentário:

Prezado estrategista, a umidade relativa do ar é a relação entre a pressão de vapor e a pressão de vapor saturado na mesma temperatura de bulbo seco do ar úmido. Ela também pode ser definida entre a relação da temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido, com auxílio de um psicrômetro.

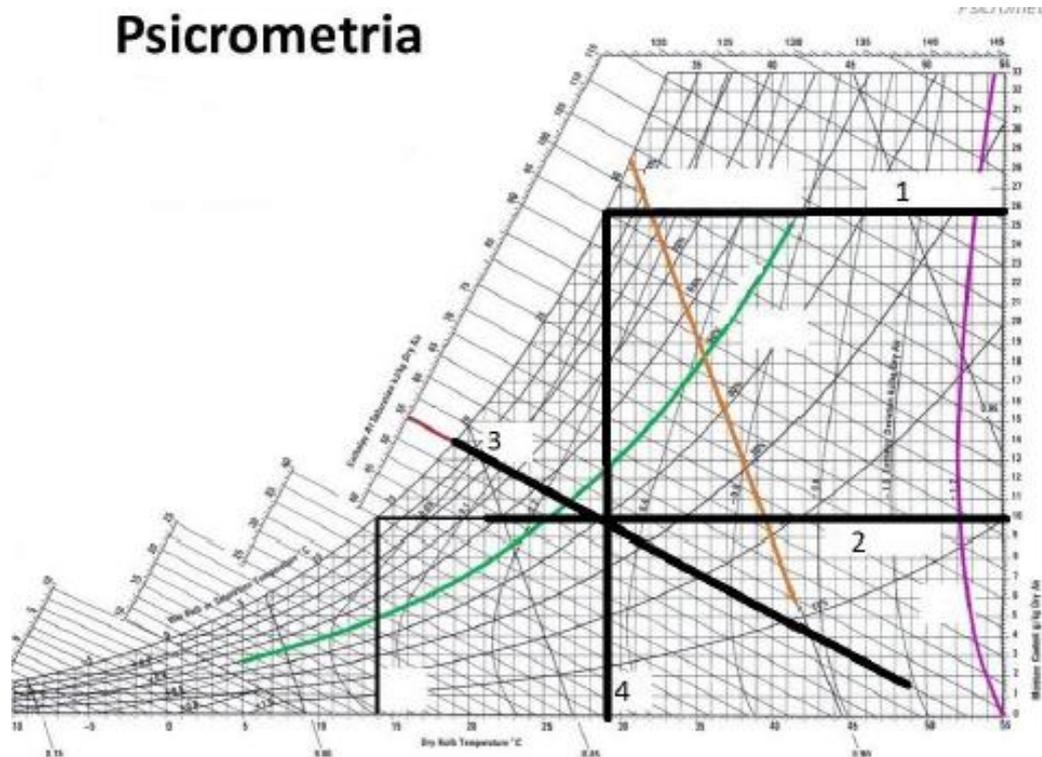


Além disso, em outras palavras, a umidade relativa do ar é a relação entre a umidade absoluta (quantidade de água existente no ar) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação).

Portanto, a **alternativa E** está CORRETA e é o gabarito da questão.

As **alternativa A, B, C e D** estão incorretas por não trazerem a definição exata de umidade relativa.

37. (FADESP/BANPARÁ-2018) Na figura a seguir – Carta Psicrométrica –, identifique as linhas relativas às suas grandezas.

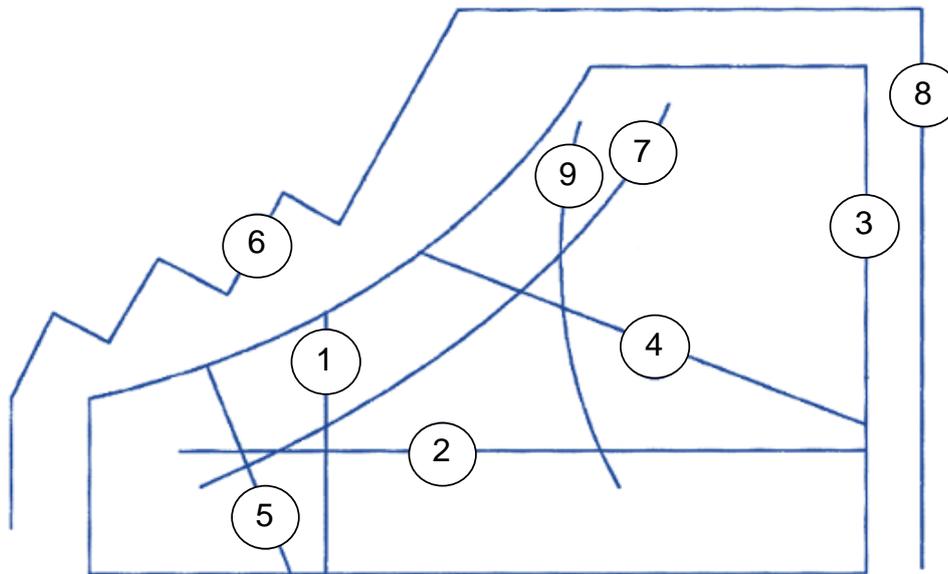


- a) Umidade de saturação, umidade absoluta, temperatura de bulbo úmido e temperatura de bulbo seco.
- b) Umidade absoluta, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e umidade absoluta.
- c) Umidade de saturação, umidade absoluta, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido.
- d) Umidade de saturação, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e umidade absoluta.
- e) Umidade absoluta, umidade de saturação, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido.

Comentário:

Para resolução da questão vejamos como é constituída a carta psicrométrica.





1. Linha de temperatura de bulbo seco, em °C.
2. Linha da umidade específica em kg de umidade por kg de ar seco.
3. Linha da escala de umidade específica.
4. Linha da temperatura de bulbo úmido, em °C.
5. Linha do volume específico em m³ de mistura por kg de ar seco.
6. Linha de escalas de entalpia em kJ por kg de ar seco na saturação.
7. Linha da umidade relativa em %.
8. Linha da razão de calor sensível (calor sensível/carga térmica).
9. Linha do desvio da entalpia em relação à entalpia específica na saturação.

Desta maneira a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão. Em que 1 – Umidade de saturação. 2 – umidade absoluta, 3 – temperatura de bulbo úmido e 4 temperatura de bulbo seco.

38. (COVEST COPSET/UFPE-2019) No posicionamento da captação do ar exterior, deve ser observado o sentido dos ventos e o afastamento mínimo de fontes de poluição. De acordo com a norma ABNT 16401, a distância mínima das fontes de poluição deve ser:

- a) 20 metros de entrada de garagens e estacionamentos.
- b) 5 metros de torres de resfriamento.
- c) 30 metros de depósito de lixo.
- d) 15 metros de locais reservados a fumantes.
- e) 1,5 metros de telhados, lajes, jardins ou outras superfícies horizontais.

Comentário:



Para resolução desta equação devemos conhecer a tabela 6 da parte 3 da NBR 16401 que trata a respeito da distância mínima de possíveis fontes de poluição. Vejamos a imagem abaixo:

Tabela 6 — Distância mínima de possíveis fontes de poluição

Entrada de garagens estacionamentos ou "drive-in"	5 m
Docas de carga e descarga estacionamento de ônibus	7,5 m
Estradas, ruas com pouco movimento	1,5 m
Estradas, ruas com tráfego pesado	7,5 m
Telhados, lajes, jardins ou outra superfície horizontal	1,5 m
Depósitos de lixo e área de colocação de caçambas	5 m
Locais reservados a fumantes (fumódromos)	4 m
Torres de resfriamento	10 m

A partir da tabela vamos analisar cada uma das alternativas.

A **alternativa A** está incorreta. A distância mínima de entradas de garagens e estacionamentos para captação de ar exterior é de 5 metros.

A **alternativa B** está incorreta. A distância mínima de torres de resfriamento para captação do ar exterior é de 10 metros.

A **alternativa C** está incorreta. De acordo com a norma a distância mínima de depósitos de lixos para a captação de ar exterior é de 5 metros.

A **alternativa D** está incorreta. Conforme a NBR 16401-3 a distância mínima de locais reservados a fumantes para captação de ar é de 4 metros.

A **alternativa E** está CORRETA e é o gabarito da questão trazendo a literalidade da tabela 6 da norma NBR 16401 no que diz respeito a distância mínima de telhados, lajes, jardins ou outras superfícies horizontais, para a captação de ar exterior.

39. (VUNESP/UFABC-2019) A capacidade nominal de condicionadores de ar tipo Self Contained é normalmente indicada em TR (toneladas de refrigeração). Uma TR corresponde a:

- a) 2,90 kW.
- b) 3,52 kW.
- c) 1,97 kW.
- d) 4,25 kW.



e) 3,7 kW.

Comentário:

Prezados, questão decoreba!

Condicionadores de ar self contained são aqueles indicados para utilização em médios e grandes ambientes como shoppings, hospitais, etc. Contudo, o que a questão exige é o conhecimento do fator de conversão entre tonelada refrigeração e kW. A Tonelada de Refrigeração (TR), unidade utilizada para a capacidade frigorífica, é equivalente a 200 Btu/min, 211 kJ/min ou ainda aproximadamente 3,52 kW.

Portanto, a **alternativa B** está CORRETA e é o gabarito da questão.

40. (NC UFPR/ITAIPU-2019) Considerando um típico ciclo de refrigeração por compressão de vapor de fluido refrigerante, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- () Calor latente é a quantidade de calor que se acrescenta ou se retira de um corpo, causando sua mudança de estado, sem mudar sua temperatura.
- () Evaporador é o equipamento responsável por retirar calor do ambiente a ser resfriado.
- () Condensador é o equipamento responsável por ceder calor para o ambiente externo.
- () A válvula de expansão serve para reduzir a pressão do fluido refrigerante.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- a) V – V – V – V.
- b) F – V – F – F.
- c) V – V – F – V.
- d) V – F – F – V.
- e) F – F – V – F.

Comentário:

Para resolução da questão vejamos o esquema abaixo:





Conhecendo as etapas do ciclo de refrigeração por compressão de vapor de fluido refrigerante e, claro, a função de cada um de seus componentes, destacadas no esquema acima e, além disso, sabendo que o calor sensível é calor que muda a temperatura de uma substância, sem mudar o seu estado quando fornecido ou retirado, fica evidente que todas as afirmativas são verdadeiras.

Logo, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

Para fins de revisão, deixo aqui também a definição de calor latente. 😊

Calor latente – calor necessário para mudar o estado de uma substância sem mudar sua temperatura é chamado de calor latente ou calor oculto.

41. (VUNESP/UFABC-2019) Para a escolha dos fluidos refrigerantes, qual das características a seguir é a mais indicada?

- a) Evaporar com pressões inferiores à pressão atmosférica.
- b) Ter alto calor de vaporização (diferença de entalpias no evaporador).
- c) Ter temperaturas de descarga do compressor elevadas.
- d) Ter relação de compressão maior possível para as mesmas relações de temperatura.
- e) Ser miscível com o óleo lubrificante.

Comentário:

Caro(a) estrategista, não existe o fluido refrigerante perfeito, mas sim aqueles que apresentam as melhores propriedades para cada aplicação. Na questão temos apenas uma característica indicada, sendo que nas demais alternativas incorretas, características não desejadas são citadas



Por isso, ao pedir para assinalar a característica mais indicada a banca pode induzir você a pensar que todas são características desejadas e uma se sobressai, mas não é o caso. Vejamos a tabela abaixo com as principais características desejadas em fluidos refrigerantes, e atente-se à aquelas destacadas:

- O refrigerante não pode ser inflamável, explosivo, tóxico em estado puro ou quando misturado com o ar. Além disso, ele não deve contaminar alimentos ou outros produtos armazenados no interior do espaço refrigerado ou se ocorrer vazamentos no sistema.
- **Evaporar-se com pressões acima da pressão atmosférica** e também as pressões respectivas as diferentes temperaturas do processo de condicionamento de ar e de refrigeração devem ser acima da pressão atmosférica para evitar penetração de ar e vapor d' água.
- Deve possuir volume específico baixo.
- É importante que o refrigerante apresenta baixo calor específico no estado líquido para que uma quantidade menor de calor seja necessária para o líquido entre a temperatura de condensação e a temperatura na qual o resfriamento deve ser realizado.
- **Ter elevado calor latente de vaporização** para que as capacidades necessárias possam ser alcançadas com o menor peso do fluxo de refrigerante.
- Não pode ser corrosivo.
- **Não pode ser miscível com óleo lubrificante**, em outras palavras eles devem ser compatíveis com os óleos lubrificantes, mas não podem alterar sua efetividade com o contato com os lubrificantes.
- Deve ser facilmente detectado em caso de vazamentos do sistema.
- Deve ser quimicamente estável, ou seja, suas propriedades químicas não podem se alterar durante repetidas mudanças de estado no circuito de refrigeração.
- Nas temperaturas mínimas de operação a viscosidade do fluido refrigerante deverá ser o suficientemente baixa para permitir uma transferência de calor satisfatória e razoáveis perdas de carga.
- Alta condutibilidade térmica.
- Deve ser disponível facilmente em mercado, de baixo custo, ambientalmente seguro, não agredir a camada de ozônio ou influenciar no efeito estufa e ser de fácil manuseio.
- **Baixa temperatura de descarga no compressor**, pois temperatura de descarga superiores ao normal afetam os lubrificantes.
- **Baixa razão de compressão**, pois com aumento da razão de compressão o rendimento volumétrico do compressor diminui, aumentando o trabalho necessário.



Desta forma, fica evidente que a **alternativa B** está CORRETA e é o gabarito da questão. As **alternativas A, C, D e E** estão incorretas

42. (FCC/SABESP-2018) O funcionamento adequado de um sistema de refrigeração está diretamente relacionado com a limpeza do circuito. O fluido recomendado para limpeza interna de sistemas de refrigeração e ar condicionado é o

- a) R502.
- b) R11.
- c) R141B.
- d) R22.
- e) R717.

Comentário:

A **alternativa C** está CORRETA e é o gabarito da questão. O R141B é um fluido HCFC muito utilizado na refrigeração e sua aplicação é indicada para manutenção e limpeza de sistemas de ar condicionado.

A **alternativa A** está incorreta. O R-502 é uma mistura azeotrópica de R-22 e R-115. É utilizado em balcões frigoríficos e depósitos de alimentos congelados e sorvetes, fabricas de produtos alimentícios congelados e como excelente refrigerante não-específico.

A **alternativa B** está incorreta. O R-11 é um CFC da série do metano. Este fluido é utilizado principalmente em sistemas de ar condicionados de grande porte de 150 a 2000 TR de capacidade e em resfriamento de água e salmoura de processamento industrial. O R-11 apresenta grande potencial de destruição da camada dos CFCs, por isso vem sendo substituído ao longo dos anos.

A **alternativa D** está incorreta. O R-22 é um fluido empregado principalmente no condicionamento de ar residencial e comercial. O R-22 é um HCFC que também deve ser substituído por ocasionar efeito estufa.

A **alternativa E** está incorreta. O R-717 é um dos primeiros refrigerantes e é conhecida como amônia. Não é utilizada no condicionamento de ar por ser altamente tóxico e inflamável. Geralmente é utilizada em aplicações industriais.

43. (VUNESP/UFABC-2019) No dimensionamento das linhas de sucção ascendentes (após o evaporador) trabalhando com fluidos refrigerantes miscíveis em óleo é importante manter-se uma velocidade mínima do fluido refrigerante para



- a) aumentar a perda de pressão no trecho.
- b) diminuir a perda de pressão no trecho.
- c) evitar superaquecimento do vapor na sucção.
- d) evitar o resfriamento do vapor na sucção.
- e) garantir o retorno de óleo ao compressor.

Comentário:

A **alternativa E** está CORRETA e é o gabarito da questão.

Prezados(as), a queda de pressão na tubulação de sucção irá ocasionar um aumento do volume específico do refrigerante e também a relação de compressão, aumentando o trabalho exigido do compressor. Uma maneira de solucionar a queda de pressão na linha de sucção, durante o seu projeto, é através do aumento do diâmetro da tubulação, reduzindo a velocidade de escoamento do refrigerante. Contudo, uma velocidade mínima deve ser mantida, quando se está trabalhando com fluído miscíveis em óleo, **para garantir o retorno de óleo lubrificante ao compressor.**

44. (FEPESE/CELESC-2018) Analise as afirmativas abaixo a respeito da influência de alguns parâmetros na eficácia de um ciclo de refrigeração:

1. Sendo mantida a temperatura de condensação constante, o coeficiente de eficácia diminui quando a temperatura de vaporização diminui.
2. Sendo mantida a temperatura de vaporização constante, o coeficiente de eficácia diminui quando a temperatura condensação de diminui.
3. O coeficiente de eficácia diminui quando há sub-resfriamento do líquido.
4. O coeficiente de eficácia diminui quando há superaquecimento útil do vapor.

Assinale a alternativa que indica todas as afirmativas corretas.

- a) É correta apenas a afirmativa 1.
- b) São corretas apenas as afirmativas 1 e 3.
- c) São corretas apenas as afirmativas 2 e 3.
- d) São corretas apenas as afirmativas 2, 3 e 4.
- e) São corretas as afirmativas 1, 2, 3 e 4.



Comentário:

Vamos analisar cada um dos itens.

O **item 1** está correto. De acordo com os parâmetros que afetam o Coeficiente de performance do ciclo de refrigeração, uma redução na **temperatura de evaporação** resulta na redução do COP, mantendo-se a temperatura de condensação. Logo, um aumento reduz o consumo de energia, sendo que geralmente a cada 1 °C aumentado na temperatura de evaporação, o consumo de energia reduz-se entre 2 e 4%.

O **item 2** está incorreto. Quando a temperatura de condensação é reduzida, a cada 1°C de redução dessa, o consumo de energia é reduzido entre 1,5 e 3%, aumentando o COP.

O **item 3** está incorreto. O COP aumenta quando há sub-resfriamento, fazendo com que a quantidade de calor a ser removida por peso de refrigerante circulado seja maior. Simplificadamente, uma quantidade menor de refrigerante precisará ser bombeada para manter a temperatura desejada, diminuindo o tempo de operação do compressor. Além disso, o sub-resfriamento evita que o líquido refrigerante entre no estado gasoso antes de alcançar o evaporador.

O **item 4** está incorreto. O superaquecimento nada mais é do que a diferença de temperatura entre a temperatura de sucção e a temperatura de evaporação. O superaquecimento é chamado de útil quando ocorre retirando calor do meio que se quer resfriar, e ele aumenta o COP.

Portanto, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

45. (CEV UECE/ DETRAN CE-2018) O aparelho de ar condicionado tipo janelheiro (ACJ) possui um sistema de funcionamento que é classificado como um sistema de

- a) expansão direta com condensação a ar acoplada.
- b) expansão indireta com condensação a ar acoplada.
- c) expansão indireta com condensação a ar remota.
- d) expansão direta com condensação a ar remota.

Comentário:

Prezado(a), o aparelho de ar condicionado tipo janelheiro (ACJ) **é o tipo de ar condicionado compacto, de expansão direta, com condensação a ar acoplada**. Desta forma, é constituído por apenas uma única peça composta por condensador e evaporador. Leva este nome por necessitar de um buraco na parede para sua instalação. Normalmente é indicado para ambientes pequenos como casas e apartamentos.

Os sistemas de expansão direta apresentam o fluido refrigerante contido dentro de uma serpentina e, quando ele evapora, acaba resfriando o ar em contato com ela. Neste tipo de condicionadores encontram-se o ar condicionado do tipo janela (ACJ), o Split ou multi-split e o self-contained.



Portanto, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

46. (VUNESP/UFABC-2019) Para o cálculo de carga térmica em razão da presença de um ventilador situado no ambiente a ser condicionado, com potência do motor elétrico de acionamento de 2 CV, rendimento desse motor 0,80 e rendimento do ventilador de 0,60, qual a carga térmica gerada no ambiente?

- a) 2,5 CV.
- b) 4,16 CV.
- c) 2,0 CV.
- d) 1,4 CV.
- e) 3,2 CV.

Comentário:

Prezado(a), nesta questão o examinador nos dá o rendimento do ventilador com a intenção de lhe induzir ao erro, pois os dados necessários para resolução são apenas a potência do motor e o seu rendimento. A equação para o cálculo da carga térmica de um ventilador é:

$$q = \frac{P}{\eta} \cdot 733 \text{ [watts]}$$

Como as alternativas da questão estão em CV, podemos suprimir o fator de conversão 733 da equação acima, assim obtemos:

$$q = \frac{2}{0,8} = 2,5 \text{ CV}$$

Portanto, a **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão.

47. (Instituto AOCP/TRT 1ª Região-2018) Considerando o cálculo da carga térmica para um projeto de climatização de um escritório localizado em um prédio no centro do Rio de Janeiro, assinale a alternativa correta.

- a) Quanto maior o número de janelas, menor será a carga térmica do ambiente, devido à circulação do ar proporcionada.
- b) A carga térmica para dois escritórios com as mesmas dimensões, recebendo a mesma insolação, é necessariamente a mesma.



- c) A carga térmica independe do tipo de lâmpadas adotadas no projeto de iluminação, mas depende da quantidade.
- d) A carga térmica depende do tipo de lâmpadas adotadas no projeto de iluminação, mas independe da quantidade.
- e) A carga térmica depende dos equipamentos elétricos instalados no escritório.

Comentário:

Vamos analisar cada uma das alternativas.

A **alternativa A** está incorreta, uma vez que, com uma maior quantidade de janela, maior será a renovação de ar, podendo este ser um fator para aumento da carga térmica e não diminuição.

A **alternativa B** está incorreta. Dependendo do tipo de utilização do escritório, apesar de possuírem mesma dimensões e mesma insolação, pode variar a carga térmica para cada um.

A **alternativa C** está incorreta. Lâmpadas constituem um dos fatores mais importantes no dimensionamento da carga térmica de um ambiente. Por exemplo, lâmpadas incandescentes emanam uma grande quantidade de calor quando comparadas com lâmpadas fluorescentes. Além de, consumirem mais energia.

A **alternativa D** está incorreta. Quanto maior for a quantidade de lâmpadas empregada, maior será a carga térmica. Portanto a sua quantidade influencia no dimensionamento da carga térmica do ambiente.

A **alternativa E** está CORRETA e é o gabarito da questão. Equipamentos elétricos emanam calor e, logo, devem ser considerados no dimensionamento da carga térmica de um ambiente.

48. (FADESP/BANPARÁ-2018) Sobre os fatores que influenciam as cargas externas analise os itens a seguir:

- 1 – Radiação solar.
- 2 – Condução através de paredes e telhados.
- 3 – Intensidade de chuva.
- 4 – Infiltração de ar
- 5 – Ar de ventilação.

Estão corretos os itens

- a) 1, 2, 3, 4 e 5.
- b) 1, 2, 3 e 5.
- c) 3 e 4.



d) 1, 3 e 4.

e) 1, 2, 4 e 5.

Comentário:

Prezado(a) estrategista, esta é uma questão que podemos resolver de maneira intuitiva, pois como engenheiros mecânicos conseguimos notar o que pode ou não influenciar nas cargas térmicas externas. Vejamos:

1 – Radiação solar – com certeza deve ser considerada na hora do cálculo da carga térmica como fator externo.

2 – Condução através de paredes e telhados – também é um fator que influencia no cálculo da carga térmica como fator externo.

3 – Intensidade de chuva – de fato a intensidade de chuva, NÃO é um fator que deve ser levado em consideração na hora do cálculo da carga térmica.

4 – Infiltração de ar – deve ser levada em consideração, logo é um fator externo que influencia no cálculo da carga térmica.

5 – Ar de ventilação – também é um fator externo que deve ser levado em consideração pelo projetista no cálculo da carga térmica.

Portanto, a **alternativa E** está CORRETA e é o gabarito da questão.

A caráter de conhecimento seguem alguns fatores que influenciam as cargas internas:

- Condução através de vidro, paredes, forros e pisos.
- Pessoas e animais.
- Equipamentos e máquinas.
- Iluminação.
- Perdas em dutos

49. (CEV UECE/PREF. Sobral-2018) Um refrigerador mantém um ambiente a $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ quando a temperatura externa é de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sabendo que é retirado calor do ambiente refrigerado a uma taxa de 10.000 kJ/h , e que a quantidade de energia necessária para operar o refrigerador é de 2.500 kJ/h , pode-se afirmar corretamente que o coeficiente de performance desse refrigerador é

a) 5.

b) 3.

c) 6.

d) 4.



Comentário:

Prezados(as), como visto, o ciclo de refrigeração por compressão de vapor tem o seu coeficiente de desempenho do sistema calculado pela razão entre a capacidade frigorífica e a taxa de potência de alimentação por unidade de massa, desta forma obtemos:

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{10000}{2500} = 4$$

Questão simples e de aplicação direta. Portanto, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.

50. (FADESP/BANPARÁ-2018) Quanto aos fluidos utilizados para remoção da carga térmica e arranjos dos equipamentos os sistemas de condicionamento podem ser classificados em

- a) expansão direta, expansão indireta, tudo água e ar-água.
- b) expansão direta, tudo água, ar-água e tudo ar.
- c) expansão direta, expansão indireta, ar-água e tudo ar
- d) expansão direta, expansão indireta, tudo água e tudo ar.
- e) expansão indireta, tudo água, ar-água e tudo ar.

Comentário:

Uma classificação dos sistemas de ar condicionado quanto aos fluidos utilizado para a remoção da carga térmica e arranjos dos equipamentos é a seguinte:

- Expansão Direta
 - Aparelhos de janela
 - Splits
 - Self contained
- Tudo água
- Ar-água
- Tudo ar

Portanto, a **alternativa B** está CORRETA e é o gabarito da questão.



51. (CESGRANRIO/PETROBRAS-2018) Um ciclo de refrigeração utiliza freon-12 como fluido de trabalho. Sabe-se que o calor transferido do freon-12 durante o processo de compressão é de 5 kJ/kg, enquanto o calor trocado no evaporador e o trabalho no compressor valem 110 kJ/kg e 70 kJ/kg, respectivamente.

Qual é o valor aproximado do coeficiente de eficácia do ciclo?

- a) 0,071
- b) 0,636
- c) 1,467
- d) 1,571
- e) 1,692

Comentário:

Caro(a) aluno(a), nesta questão o examinador nos dá dados a mais para confundir o candidato na hora da prova. Devemos saber que o coeficiente de eficácia é a razão entre o calor trocado no evaporador e o trabalho realizado pelo compressor. Desta forma temos que:

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{110}{70} = 1,571$$

Logo, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.

52. (FADESP/BANPARÁ-2018) Com base nas recomendações da Norma ABNT 16401, analise os itens a seguir:

1 - Apresenta alguns critérios relacionados à carga térmica a serem adotados no projeto. Primeiramente, não se deve superdimensionar o sistema, o cálculo da carga térmica deve ser o mais exato possível, e, por isso, deve-se evitar o uso de fatores de segurança.

2 - Aponta dois métodos computacionais como referências para o cálculo de carga térmica, isto é, o Modelo HB (Heat Balance) e o Modelo RTS (Radiant Time Series).

3 – Recomenda que se deva prever sistemas independentes de refrigeração para locais que funcionem fora do horário previsto das demais áreas comuns (como salas de segurança, vigia, etc.) e, finalmente, para locais que necessitem de exigências especiais nas condições do ar, temperatura, umidade, etc., não é recomendado que seja o mesmo sistema de refrigeração das demais áreas.



4 - Faz uma série de recomendações que favorecem a conservação e o uso consciente de energia na seleção dos equipamentos que devem ser avaliadas pelo projetista. Sugere o uso de componentes de alta eficiência em qualquer carga utilizada, instalação de sistemas de controle, utilização de vazão variável de distribuição de ar e água, refrigeração por absorção e recuperação do calor rejeitado no ciclo, uso do ar externo para resfriamento no período noturno (quando as condições externas possibilitarem), termo acumulação e aproveitamento da energia solar.

Está(ão) correto(s) o(s) item(ns)

- a) 1.
- b) 1 e 2.
- c) 1, 2 e 4.
- d) 2, 3 e 4.
- e) 1, 2, 3 e 4.

Comentário:

Caro(a) aluno(a), essa questão é muito boa para você aprender sobre a norma NBR 16401, pois todos os itens estão CORRETOS. Note que a questão resume alguns pontos sobre a norma técnica servindo assim para sua aprendizagem. Retome a leitura dos itens mais uma vez para melhor fixação. 😊

Gabarito: **alternativa E.**

53. (Insituto AOCP/UEFS-2018) Sistemas de refrigeração que utilizam fluido refrigerante apresentam 4 componentes básicos. Assinale a alternativa que relaciona corretamente o componente com sua funcionalidade.

Componentes Básicos:

- 1. Evaporador.
- 2. Compressor.
- 3. Válvula de expansão.
- 4. Condensador.

Funcionalidade:

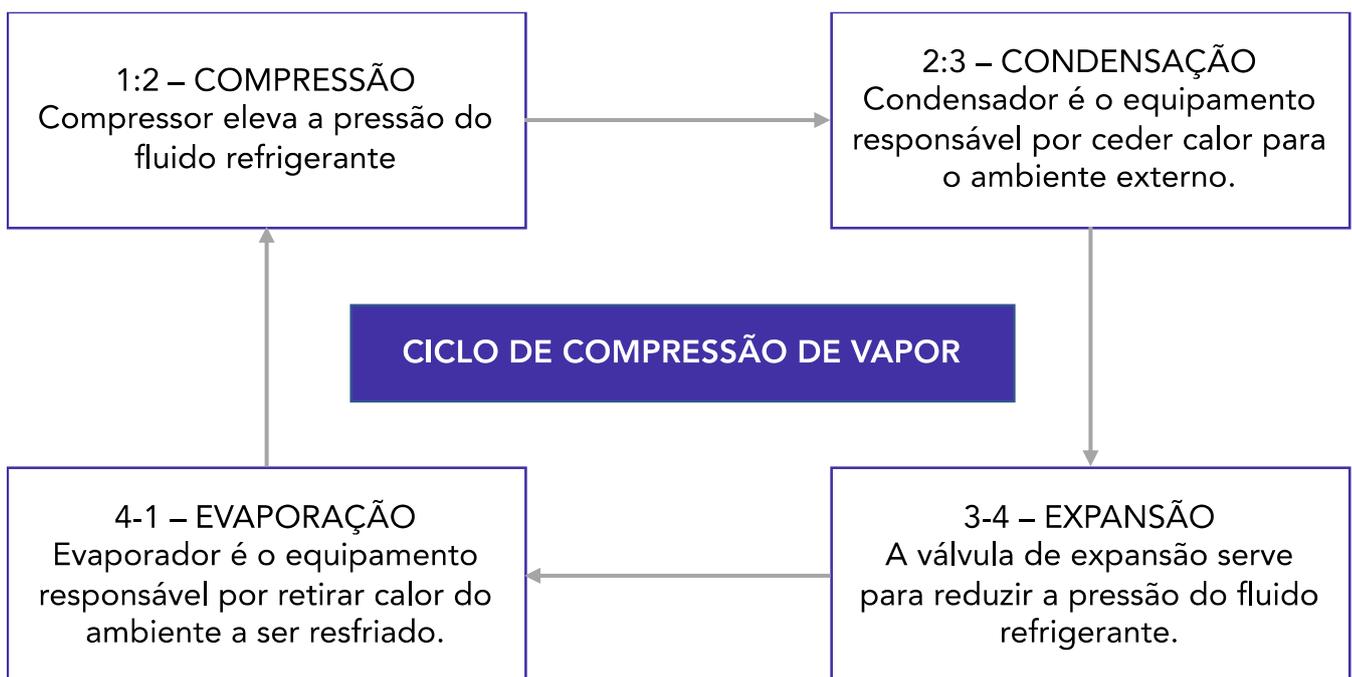
() Responsável por absorver energia térmica do ambiente.



- () Responsável por expelir energia térmica do sistema.
- () Responsável por reduzir a pressão do fluido refrigerante.
- () Responsável por aumentar a pressão do fluido refrigerante.
- a) 1 – 2 – 3 – 4.
- b) 1 – 4 – 3 – 2.
- c) 4 – 1 – 3 – 2.
- d) 1 – 4 – 2 – 3.
- e) 4 – 1 – 2 – 3.

Comentário:

Prezado(a), vejamos o esquema abaixo que exemplifica o ciclo de refrigeração por compressão de vapor



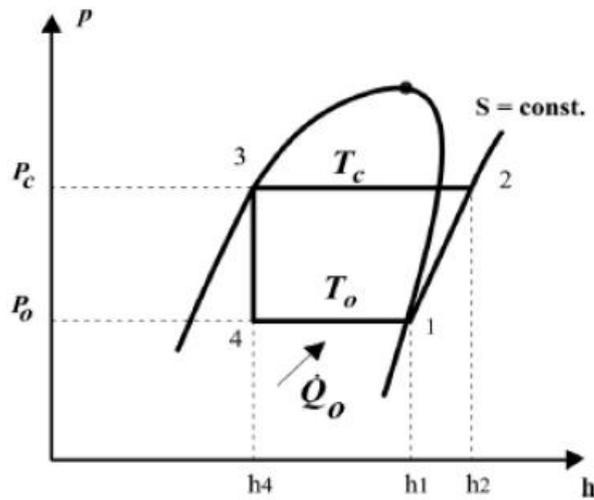
Em outras palavras:

- O compressor é responsável por aumentar a pressão do fluido refrigerante.
- O condensador é responsável por expelir energia térmica do sistema.
- A válvula de expansão é responsável por reduzir a pressão do fluido refrigerante.
- O evaporador é responsável por absorver energia térmica do ambiente.

Portanto, a **alternativa B** está CORRETA e é o gabarito da questão.



54. (FADESP/BANPARÁ-2018) Com base no gráfico representado a seguir, pode-se afirmar que



- a) $COP = h_2 - h_1 / h_1 - h_4$.
- b) $COP = h_1 - h_4 / h_2 - h_4$
- c) $COP = h_1 - h_4 / h_2 - h_1$
- d) $COP = h_2 - h_4 / h_2 - h_1$
- e) $COP = h_2 - h_1 / h_2 - h_1$

Comentário:

Visto como acontece o ciclo de refrigeração por compressão de vapor, podemos calcular o coeficiente de desempenho do sistema. Na questão podemos notar o gráfico referente ao ciclo de refrigeração por compressão de vapor.

Uma vez que neste ciclo a válvula de expansão não admite entrada ou saída de potência a equação para o coeficiente de desempenho é:

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}}$$

O COP do ciclo real sempre é menor do que aquele calculado para o ciclo teórico, contudo, para condições de operação similares, pode-se, através do ciclo teórico, verificar quais parâmetros influenciam no desempenho do sistema.

Portanto, a **alternativa C** está CORRETA e é o gabarito da questão.



55. (NC UFPR/UFPR-2018) Um fluido refrigerante, gás refrigerante ou simplesmente um refrigerante são produtos químicos usados em um ciclo térmico em sistemas de refrigeração e climatização que reversivelmente passam por uma mudança de fase de líquido a gás, absorvendo calor e resfriando ambientes. Tradicionalmente, fluorocarbonos, especialmente clorofluorcarbonetos, foram usados como refrigerantes, devido a suas características ideais, como inflamabilidade e toxicidade zero. Há ainda os hidroclorofluorcarbonos e os hidrofluorcarbonos. Outros refrigerantes são amônia, dióxido de enxofre, dióxido de carbono e hidrocarbonetos não halogenados, tais como o metano. Sobre os fluidos refrigerantes de uso comercial, é correto afirmar:

- a) R-717, que tem composição do tipo HFC, é muito usado em cervejarias, devido à sua baixíssima toxicidade.
- b) R-11, que tem composição do tipo HFC, amplamente utilizado em sistemas de ar condicionado, vem sendo empregado como substituto do R-123, por seu baixo efeito de redução da camada de ozônio.
- c) O R-134a, que tem composição do tipo CFC, tem forte influência sobre a redução da camada de ozônio.
- d) O R-22, que tem composição do tipo HCFC, ataca a camada de ozônio.
- e) O R-123, que tem composição do tipo HCFC, tem efeito menor sobre a redução da camada de ozônio que os refrigerantes do tipo CFC.

Comentário:

A **alternativa A** está incorreta. O fluido R-717 é composto por amônia, é muito utilizado em cervejarias, contudo apresenta altíssima toxicidade.

A **alternativa B** está incorreta. O fluido refrigerante R-11 apresenta composição CFC. Este fluido é utilizado principalmente em sistemas de ar condicionados de grande porte de 150 a 2000 TR de capacidade e em resfriamento de água e salmoura de processamento industrial. O R-11 apresenta grande potencial de destruição da camada dos CFCs, por isso vem sendo substituído ao longo dos anos.

A **alternativa C** está incorreta. O R-134^a possui estrutura HFC.

A **alternativa D** está incorreta. O R-22 é um fluido empregado principalmente no condicionamento de ar residencial e comercial. O R-22 é um HCFC que também deve ser substituído por ocasionar efeito estufa. Neste caso, a banca considerou o seu efeito perante a camada de ozônio insignificante para tornar a alternativa errada. Questão passível ao menos de interposição de recurso.

A **alternativa E** está CORRETA e é o gabarito da questão, pois traz correta definição do fluido refrigerante R-123.

56. (SUGEP/UFRE-2016) A chave de nível tipo 'boia' e a bomba de drenagem d'água são componentes usualmente encontrados em equipamentos do tipo:



- a) condicionador de ar de janela.
- b) central compacta.
- c) split high wall.
- d) split cassete.
- e) split piso/teto.

Comentário:

Prezado(a), esta é uma questão que exige conhecimento técnico dos componentes de um sistema de ar condicionado. Como a questão aborda a chave de nível tipo boia e a bomba de drenagem de água, fica evidente que está falando do sistema Split cassete. Este modelo é um tanto quanto diferente dos demais sistemas Split, pois é embutido no teto e pode ser disfarçado no forro. O Split cassete possui bomba de drenagem de água e chave de nível tipo boia em seu interior para seu correto funcionamento devido a seu posicionamento.

Portanto, a **alternativa D** está CORRETA e é o gabarito da questão.

A **alternativa A** está incorreta. O condicionador de ar de janela é o tipo de ar condicionado compacto, de expansão direta, com condensação a ar acoplada. Desta forma, é constituído por apenas uma única peça composta por condensador e evaporador. Leva este nome por necessitar de um buraco na parede para sua instalação. Normalmente é indicado para ambientes pequenos como casas e apartamentos.

A **alternativa B** está incorreta. O sistema condicionador de ar Compacto (self contained) consiste em uma unidade com capacidade nominal geralmente superior a 17 kW, montada em fábrica, comportando uma unidade de tratamento de ar com serpentinas de resfriamento de expansão direta conjugada a uma unidade condensadora, resfriada a ar ou a água, incorporada ao gabinete da unidade. O condicionador é previsto para insuflação do ar por dutos. O condensador de ar pode ser desmembrado da unidade para instalação à distância.

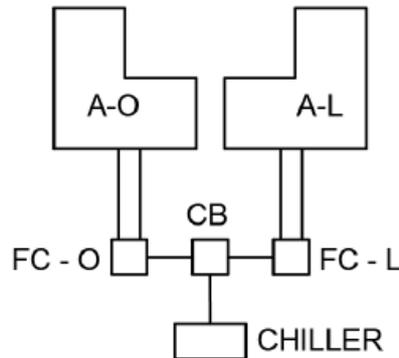
A **alternativa C** está incorreta. O sistema Split hi-wall é o tipo de ar condicionado mais comum. É considerado o modelo padrão de condicionador do tipo Split. A unidade condensadora trabalha do lado externo diminuindo o ruído do sistema. A desvantagem deste sistema é sua limitação de utilização em ambientes muito amplos e com grande fluxo de pessoas.

A **alternativa E** está incorreta. O sistema Split piso/teto é muito similar ao modelo hi-wall possuindo tendo como principal diferença o fato de que a unidade interna pode ser instalada no piso ou no teto. Este modelo é indicado para aplicações residenciais ou comerciais de médio ou grande porte. Sua principal desvantagem é em relação ao seu tamanho maior, demandando maior espaço para instalação.

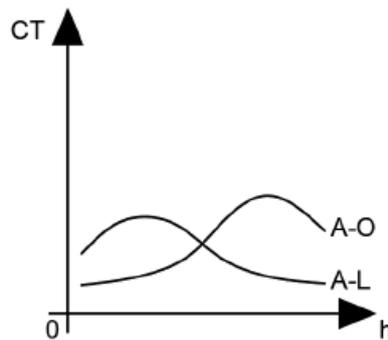
57. (CEV UECE/Pref Sobral-2018) Para climatizar um estabelecimento dividido em dois prédios com orientações diferentes, sendo o prédio da ala oeste (A-O) e o prédio da ala leste (A-L), o projetista



utilizará um sistema de água gelada com um fan coil dedicado para cada prédio (FC-O e FC-L), alimentados por um único chiller através de um sistema de bombeamento presente na casa de bombas (CB), conforme mostrado na figura a seguir.



Considerando as condições de uso dos prédios e as influências externas e internas às edificações, o projetista traça as curvas de variação da carga térmica (CT) ao longo das horas (h) do dia considerado para o dimensionamento do projeto, para cada ala, conforme apresentado na figura a seguir.



Desprezando os ganhos de calor sofridos pelo sistema inerentes aos processos de bombeamento e insuflamento, e considerando que o sistema contemplará uma distribuição otimizada de água gelada de acordo com a demanda de cada prédio, a capacidade mínima do chiller deverá corresponder

- à carga térmica simultânea máxima entre as alas.
- ao somatório das cargas térmicas máximas de cada ala do estabelecimento.
- à carga térmica máxima da ala oeste.
- à carga térmica máxima da ala leste.

Comentário:

A **alternativa A** está CORRETA e é o gabarito da questão. Vejamos o que diz a NBR 16401 sobre o dimensionamento de sistemas de ar condicionado não qual incluem os sistemas de água gelada:

A soma das cargas térmicas das zonas é a carga máxima simultânea do conjunto de zonas servidas pela unidade; não é necessariamente a soma dos **máximos das zonas**, que podem não ocorrer simultaneamente.

Deve-se considerar ainda um eventual fator de não simultaneidade para alguns dos componentes da carga térmica (pessoas, iluminação, equipamentos) ao nível do conjunto das zonas.

Evitar superdimensionar o sistema. Os cálculos das cargas térmicas devem ser os mais exatos possíveis, evitando aplicar “fatores de segurança” arbitrários para compensar eventuais incertezas no cálculo.

A **alternativa B** está incorreta. Está incorreta pois a soma das cargas máximas podem ocorrer de maneira não simultânea, podendo assim caracterizar um superdimensionamento do sistema.

As **alternativas C e D** estão incorretas, uma vez que, as cargas térmicas do conjunto de zonas (alas) deve ser levado em consideração e não apenas uma delas.

58. (SUGEP/UFPE-2016) Analise a seguinte plaqueta de identificação das características técnicas de uma central de ar-condicionado do tipo self contained.

Potência frigorífica: 15 Kw	Corrente elétrica: 30 A	Tensão elétrica: 110 V
Frequência elétrica: 50 Hz	Carga de fluido refrigerante: 2 Kg	Vazão de ar: 3.800 m ³ /m

Nessa plaqueta, todos os símbolos das unidades de medida à direita dos valores numéricos indicam as grandezas correspondentes, EXCETO na:

- a) carga de fluido refrigerante.
- b) frequência elétrica.
- c) potência frigorífica.
- d) tensão elétrica.
- e) vazão de ar.

Comentário:

A **alternativa E** é o gabarito da questão. A vazão de ar é dada por alguma unidade de volume dividido por alguma unidade de tempo, como por exemplo m³/s, L/min, cm³/min, etc. Na tabela a unidade m³/m está incorreta.

As demais alternativas estão corretas por apresentarem grandezas e unidades coerentes.

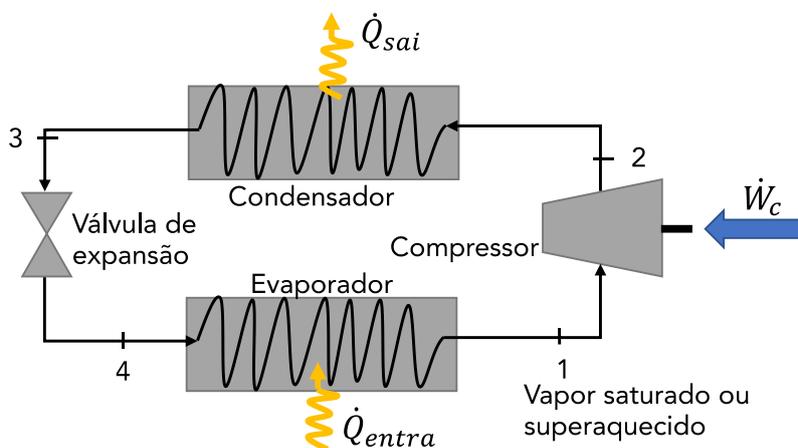


59. (NC UFPR/UFPR-2018) Considere o ciclo termodinâmico de uma máquina frigorífica que opera em regime permanente e sem variações de energia cinética e potencial, cuja carga térmica que o evaporador deve retirar é de 10 kW. O fluido refrigerante entra no compressor adiabático com uma entalpia de 100 kJ/kg e 1 bar de pressão, e é comprimido a uma pressão de 10 bar e uma entalpia correspondente de 120 kJ/kg. O fluido é então condensado à pressão constante até o estado de líquido saturado, em que a entalpia específica cai para 50 kJ/kg. Após o condensador, o fluido passa por uma válvula de expansão isentálpica, que faz a pressão cair para a pressão do evaporador. Com base nessas informações, o coeficiente de performance do sistema frigorífico (β) é:

- a) 1,5.
- b) 2,5.
- c) 3,5.
- d) 4,0.
- e) 4,5.

Comentário:

Prezado(a) estrategista, para resolução desta questão devemos conhecer o ciclo de refrigeração por compressão de vapor e também conhecer as suas etapas. Vejamos o esquema abaixo:



A equação para calcularmos o COP do ciclo termodinâmico de uma máquina frigorífica que opera em regime permanente e sem variações de energia cinética e potencial é:

$$\beta = \frac{\frac{\dot{Q}_{entra}}{\dot{m}}}{\frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{m}}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia gasta}}$$



Note que no enunciado é fornecido as entalpias específicas e devemos saber que o refrigerante chega à válvula de expansão no estado (3) adentrando nela e se expandindo até a pressão do evaporador. Normalmente temos $h_4=h_3$ em que a pressão do refrigerante decresce durante a expansão adiabática irreversível, e ocorre um aumento proporcional na entropia específica. Ao sair da válvula o refrigerante encontra-se como uma mistura bifásica líquido-vapor.

Assim, obtemos:

$$\beta = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{100 - 50}{120 - 100} = \frac{50}{20} = 2,5$$

Portanto, a **alternativa B** está CORRETA e é o gabarito da questão.



LISTA DE QUESTÕES

1. (CEBRASPE/CODEVASF-2021) Julgue o item a seguir, relativo a sistemas termomecânicos.

Em um ciclo de refrigeração real, a temperatura do líquido que deixa o condensador pode ser inferior à temperatura de saturação e ainda diminuir mais ao longo da tubulação até a válvula de expansão; isso representa um ganho, pois o refrigerante entra no evaporador com uma entalpia menor.

2. (CEBRASPE/CODEVASF-2021) Julgue o item a seguir, relativo a sistemas termomecânicos.

São características desejáveis para um gás refrigerante: calor latente de vaporização elevado, volume específico da fase de vapor reduzido e pressão de vapor abaixo da pressão atmosférica.

3. (CEBRASPE/SLU DF-2021) A respeito dos ciclos termodinâmicos, julgue o item a seguir.

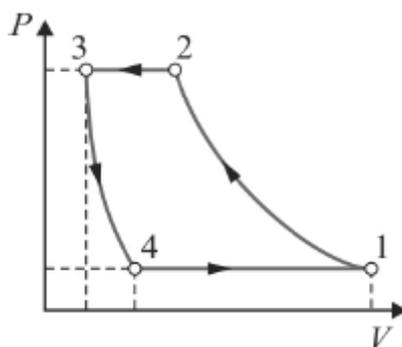
Um sistema de expansão indireta dispõe de torres de resfriamento a água ou ar para condensação do gás refrigerante e produz água fria para trocadores de calor.

4. (CEBRASPE/EMAP-2018) Em um tubo capilar usado em sistemas de refrigeração, o fluido refrigerante encontra-se, na entrada, no estado sub-resfriado e, na saída, no estado correspondente a uma mistura com baixo título de vapor.

Tendo como referência esse processo, julgue o item que se segue, a respeito dos princípios termodinâmicos.

A temperatura do fluido refrigerante na entrada do tubo capilar é menor que a temperatura de saturação correspondente à pressão na qual o fluido se encontra nesse ponto.

5. (CEBRASPE/EMAP-2018)

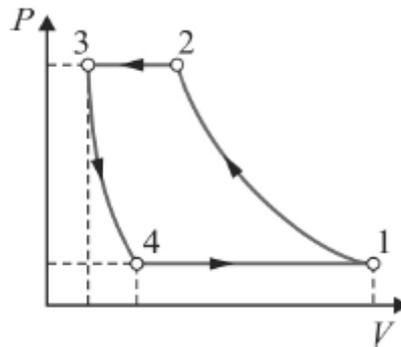


A figura precedente representa o diagrama pressão (P) versus volume (V) de um compressor alternativo, como os usados em sistemas de refrigeração e ar-condicionado. Considerando essa figura, julgue o item a seguir.

O processo 3-4 representa a expansão do volume residual de gás que permanece no interior do cilindro do compressor, ao término da compressão. A fração de espaço nocivo variável associada a esse compressor é obtida por $V_4/(V_1-V_3)$.



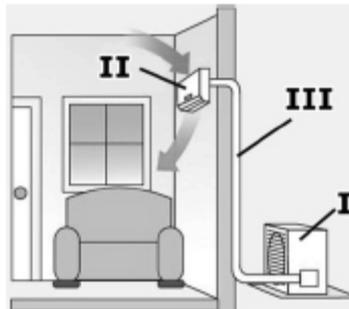
6. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura precedente representa o diagrama pressão (P) versus volume (V) de um compressor alternativo, como os usados em sistemas de refrigeração e ar-condicionado. Considerando essa figura, julgue o item a seguir.

O ciclo de compressão mostrado representa um processo ideal de compressão, sem perdas de carga. Em condições reais, ocorrem perdas de carga nas válvulas de sucção e descarga, acarretando isso aumento no trabalho envolvido na compressão do gás entre os mesmos níveis de pressão.

7. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:

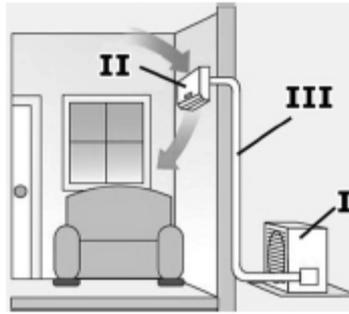
- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.

A figura ilustra um sistema classificado como de expansão indireta.

8. (CEBRASPE/EMAP-2018)





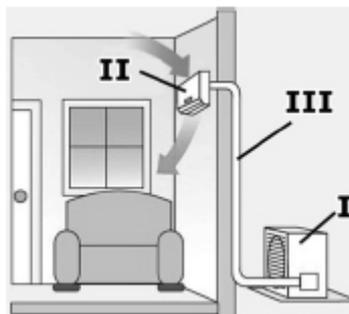
A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:

- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.

Em caso de perda do gás refrigerante por vazamento, a reposição da carga de gás perdida, com o refrigerante na composição original, não restitui plenamente a capacidade de refrigeração e consumo de energia do sistema original.

9. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:

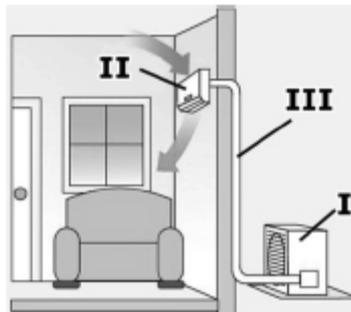
- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.



Na unidade evaporadora, indicada por II na figura, é realizado o processo de resfriamento sensível do ar do ambiente. Nesse processo, o refrigerante absorve apenas a carga térmica sensível do ar, pois constitui uma aplicação de conforto térmico em um espaço ocupado por pessoas.

10. (CEBRASPE/EMAP-2018)



A figura apresentada ilustra um sistema de ar-condicionado convencional do tipo split, com as seguintes características:

- o fluido refrigerante que circula entre os componentes I, II e III é um blend não azeotrópico;
- trata-se de uma aplicação de conforto térmico que atende a um ambiente ocupado por pessoas;
- não há nenhuma vedação aplicada às frestas de portas e janelas.

Tendo como referência a figura e as informações precedentes, julgue o próximo item.

Os componentes indicados por I e II na figura são comumente denominados unidade condensadora e unidade evaporadora, respectivamente. Esses componentes são interligados pela linha frigorígena, indicada por III, através da qual circula o fluido refrigerante.

11. (CEBRASPE/IFF-2018) Em um ciclo de refrigeração à compressão a vapor ideal, o evaporador tem a função de promover

- a) a rejeição de calor a volume constante.
- b) o aumento da pressão adiabática.
- c) a expansão isoentrópica.
- d) a absorção de calor a pressão constante.
- e) a realização de trabalho.

12. (CEBRASPE/IFF-2018) A respeito do ciclo padrão de refrigeração por absorção de amônia, assinale a opção correta.



- a) Após o condensador, o processo de absorção de vapor de amônia a baixa pressão ocorre a uma temperatura levemente inferior à do meio.
- b) A bomba tem a função de elevar a pressão de uma solução líquida de água e vapor de amônia imediatamente após o gerador.
- c) No trocador de calor, localizado entre a bomba e o gerador, a solução forte de amônia é mantida a alta pressão e a alta temperatura.
- d) O ciclo de absorção caracteriza-se por requerer um alto consumo de trabalho devido ao alto volume específico do vapor.
- e) No ciclo de absorção, a temperatura da fonte térmica deve ser inferior a 50 °C.

13. (CEBRASPE/IFF-2018) Acerca dos ciclos real e ideal de refrigeração por compressão a vapor, assinale a opção correta.

- a) O superaquecimento do fluido de trabalho na entrada do compressor garante um aumento no rendimento de ciclo.
- b) A perda de carga no condensador auxilia no trabalho realizado pela válvula de expansão em um ciclo ideal.
- c) Nos ciclos reais, a temperatura do líquido que sai do condensador é superior à temperatura de saturação.
- d) O COP de um ciclo pode ser definido como a razão entre o calor trocado entre a condensadora e a evaporadora.
- e) O ciclo real de refrigeração diferencia-se do ciclo ideal devido, principalmente, às perdas de carga no escoamento do fluido de trabalho e a perdas de calor para o meio ou ganhos de calor do meio.

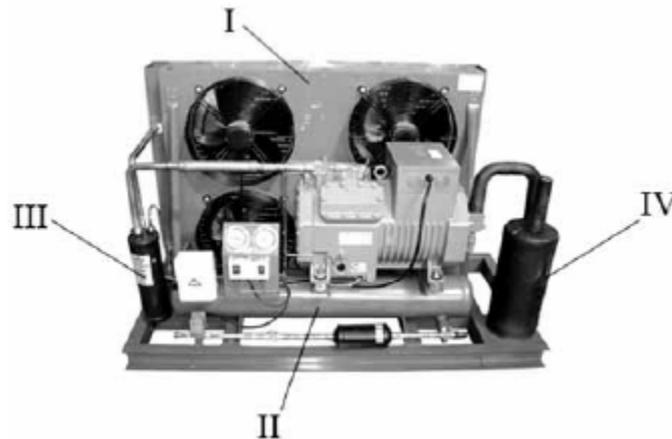
14. (CEBRASPE/PCie PE-2016) No que se refere aos ciclos de refrigeração por absorção, assinale a opção correta.

- a) Em máquinas por absorção que utilizam água-brometo de lítio, pode ocorrer a cristalização do brometo de lítio quando a solução apresenta baixa concentração desse componente e se sujeita a temperaturas elevadas.
- b) Nas mesmas temperaturas de evaporação e condensação, os ciclos por absorção apresentam menores coeficientes de performance que os ciclos por compressão a vapor.
- c) Em aplicações de conforto com ar condicionado, predominam máquinas de refrigeração por absorção que operam com água-amônia, ao passo que, em aplicações com temperaturas de evaporação negativas, são empregadas máquinas por absorção com água-brometo de lítio.
- d) O acionamento do ciclo de refrigeração por absorção requer essencialmente o fornecimento de calor de uma fonte externa no absorvedor do ciclo.



e) Ciclos de duplo efeito apresentam menores coeficientes de performance que os ciclos de simples efeito.

15. (CEBRASPE/PCie PE-2016)



A figura precedente ilustra uma unidade pré-montada de fábrica, bastante usual na montagem de sistemas de refrigeração, acerca da qual é correto afirmar que

- a) o componente II é um separador de óleo.
- b) o componente III é um reservatório de líquido.
- c) o componente IV é um acumulador de sucção.
- d) é uma unidade evaporadora.
- e) o compressor mostrado é do tipo hermético.

16. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

Caso um sensor de pressão diferencial acoplado a um tubo de Pitot em um escoamento de ar indique pressão total igual a 100 Pascal e pressão estática igual a 72 Pascal, sendo a densidade do ar igual a 1 kg/m^3 , é correto afirmar que a velocidade desse escoamento é inferior a 7,0 m/s.

17. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

Os sensores de temperatura dos termostatos e os sensores de umidade dos umidistatos são instalados preferencialmente próximos às grelhas de insuflamento do ambiente climatizado.

18. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

No compressor, a função do pressostato de alta é proteger o equipamento contra sobrepressão do fluido refrigerante, o que poderia provocar ruptura de peças.

19. (CEBRASPE/BASA-2010) O projeto da nova sede de uma corporação financeira prevê o uso do gás natural como principal insumo energético, adotando-se, para tal, um sistema de cogeração com chillers por absorção. Em relação à configuração desse sistema, julgue o item subsequente.

Na configuração do referido sistema de cogeração, é correto utilizar motores de combustão acoplados a geradores, para suprir a demanda de energia elétrica, e caldeiras de recuperação, para o acionamento dos chillers por absorção.

20. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

O desligamento do compressor pelo pressostato de baixa, instalado na saída do condensador, evita que o compressor trabalhe com pressões muito baixas, situação que provocaria superaquecimento da serpentina da unidade condensadora.

21. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

Em um sistema de malha fechada, o termostato é responsável por regular automaticamente a temperatura do ambiente aproximando-a do setpoint estabelecido.

22. (CEBRASPE/FUB-2015) Acerca dos sistemas de controle em instalações de condicionamento de ar, julgue o item a seguir.

A principal função das caixas de volume de ar variável (VAVs) é atenuar o ruído causado pelo fluxo do ar.

23. (CEBRASPE/MPOG-2015) Em relação a sistemas de climatização, julgue o próximo item.

Sistemas do tipo inverter possuem inversores de frequência que controlam a rotação do motor do compressor, fazendo com que haja mais economia de energia; em contrapartida, o controle da temperatura do ambiente atendido é menos preciso, se comparado com o controle da temperatura feito pelos sistemas convencionais.

24. (CEBRASPE/MPOG-2015) Em relação a sistemas de climatização, julgue o próximo item.

O índice ODP (ozone depletion potential) indica o potencial de uma substância para a degradação da camada de ozônio e tem como referência o potencial de degradação do clorofluorcarbono-11 (CFC-11), cujo ODP é igual a 1,0.

25. (CEBRASPE/MPOG-2015) Em relação a sistemas de climatização, julgue o próximo item.



Os sistemas de expansão direta são aqueles em que a troca de calor com o ar ambiente é feita diretamente por meio do fluido refrigerante.

26. (CEBRASPE/BASA-2010) O projeto da nova sede de uma corporação financeira prevê o uso do gás natural como principal insumo energético, adotando-se, para tal, um sistema de cogeração com chillers por absorção. Em relação à configuração desse sistema, julgue o item subsequente.

No caso do chiller por absorção, deverá ser usado um equipamento de queima direta, que é a única forma possível para disponibilizar a energia térmica requerida para o funcionamento desse tipo de chiller.

27. (NUCEPE UESPI/PC-PI-2018) Em um refrigerador de ar comum do tipo janela, o fluido refrigerante após passar pelo condensador se transforma no:

- a) Estado de vapor saturado a baixa pressão e temperatura.
- b) Estado líquido saturado a baixa pressão e temperatura.
- c) Estado de vapor saturado a alta pressão e temperatura.
- d) Estado líquido saturado a alta pressão e temperatura.
- e) Estado vapor saturado a alta pressão e baixa temperatura.

28. (FUNDATEC/IGP RS-2017) Quando a temperatura do ar externo está a 22°C, uma geladeira mantém o compartimento do congelador a -3°C mediante a circulação de um refrigerante à baixa temperatura por passagens nas paredes do compartimento do congelador. A taxa de transferência de calor entre o compartimento do congelador e o refrigerante é de 6.000 KJ/h, e a potência de entrada necessária é de 2.800 KJ/h.

Assinale a alternativa que indica o coeficiente de desempenho do refrigerador.

- a) 2,14.
- b) 400.
- c) 0,53.
- d) 10,8.
- e) 0,09.

29. (INCAB/PC AC-2015) Considere o Ciclo Ideal de Refrigeração por Compressão de Vapor. Assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, os dispositivos isentálpico, isentrópico, isobárico que rejeita calor e isobárico que absorve calor.



- a) Compressor, válvula de expansão, evaporador e condensador
- b) Evaporador, condensador, compressor e válvula de expansão
- c) Condensador, compressor, válvula de expansão e evaporador
- d) Válvula de expansão, compressor, condensador e evaporador
- e) Compressor, evaporador, condensador e válvula de expansão

30. (IBFC/PC RJ-2013) Na elaboração de um projeto para climatização de um salão de vendas de uma concessionária de automóveis, o engenheiro de projeto consultou um desenho que continha várias linhas, entre as quais às referentes ao fator de calor sensível e as temperaturas de bulbo úmido e de bulbo seco. Pode-se mencionar que esse desenho é denominado de carta:

- a) barométrica.
- b) higrométrica.
- c) termométrica.
- d) psicrométrica.
- e) planimétrica.

31. (IBFC/PC RJ-2013) A carga térmica é a quantidade de calor sensível e latente que deve ser retirada ou colocada em um recinto a fim de proporcionar as condições desejadas. Um engenheiro projetista de refrigeração e climatização calculou, para um auditório, após vistoria, uma carga térmica de 40TR (toneladas de refrigeração). Desejando expressar esse valor em kcal/h e BTU/h, o engenheiro encontrou, respectivamente, os seguintes valores aproximados:

- a) 12.000 e 48.000.
- b) 12.000 e 480.000.
- c) 120.000 e 48.000.
- d) 120.000 e 480.000.
- e) 480.000 e 120.000

32. (FADESP/BANPARÁ-2018) É correto afirmar que

- a) na climatização o ar é introduzido num ambiente para controlar a sua temperatura, limitado sempre em relação à temperatura do ar exterior, removendo a energia térmica gerada no seu interior por pessoas, equipamentos, etc.



b) a climatização pode ser utilizada com finalidades de conforto ambiental (como no uso residencial, em escritórios, comércio, etc.) ou industrial, para controlar variáveis de processo (na indústria de tecelagem e gráfica – controlando temperatura e umidade; na indústria eletrônica – controlando temperatura, umidade, pureza do ar e pressão do recinto).

c) na climatização trata-se o ar, ajustando sua temperatura em valores, geralmente abaixo de 20 °C. Pode controlar, além da temperatura do ar no recinto, a pressão interna, a pureza do ar (filtragem) e sua umidade absoluta.

d) na refrigeração utiliza-se o ar como fluido para controle da temperatura. O ar é resfriado a temperaturas próximas de 0 °C, podendo chegar a temperaturas abaixo de -20 °C e controlando sua umidade absoluta.

e) na refrigeração utiliza-se o ar como fluido para controle da temperatura. O ar é resfriado a temperaturas próximas de 0 °C, podendo chegar a temperaturas abaixo de -30 °C e controlando sua umidade absoluta.

33. (VUNESP/UFABC-2019) A qualidade do ar interno aceitável é obtida pela renovação de ar do ambiente. A quantidade de ar de renovação depende

- a) do sistema de ar condicionado escolhido.
- b) das condições de temperatura e umidade a serem mantidas no ambiente.
- c) da temperatura do ar externo de renovação.
- d) da concentração admissível de contaminantes gerados no ambiente.
- e) da vazão de ar insuflada no ambiente.

34. (FADESP/BANPARÁ-2018) Um sistema de condicionamento de ar é considerado de pequeno porte sempre que apresentar

- a) instalações de até 30 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-control” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações
- b) instalações de até 20 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-contained” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.
- c) instalações de até 100 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-contained” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.
- d) instalações de até 100 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, utilização de condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-control” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.



e) instalações de até 20 TR, no uso de um ou mais de um condicionador unitário tipo “janela”, condicionadores tipo “split” e de condicionadores tipo “self-contained” (auto portante), rede de dutos para distribuição do ar, torre de resfriamento, bomba de água de condensação e respectivas tubulações.

35. (CEV UECE/DETRAN CE-2018) No que diz respeito às boas práticas da elaboração de projetos de climatização de ambientes e ao dimensionamento de sistemas condicionadores de ar, considere as seguintes afirmações:

I. No dimensionamento de sistemas de ar-condicionado, deverá ser considerado o somatório das cargas térmicas máximas de cada zona servida pelo mesmo condicionador de ar.

II. A captação de ar exterior para a renovação do ar interior deverá ser realizada o mais distante possível de potenciais fontes de poluição, como entradas de garagens, estradas e depósitos de lixo.

III. A carga térmica sensível está relacionada diretamente com a elevação da umidade relativa do ar do ambiente climatizado.

IV. A carga térmica proveniente da envoltória externa dos ambientes depende da orientação solar das fachadas, devendo ser consideradas as propriedades térmicas dos materiais utilizados na sua construção.

Está correto o que se afirma em

- a) I, II, III e IV.
- b) II e IV apenas.
- c) I, II e III apenas.
- d) I, III e IV apenas.

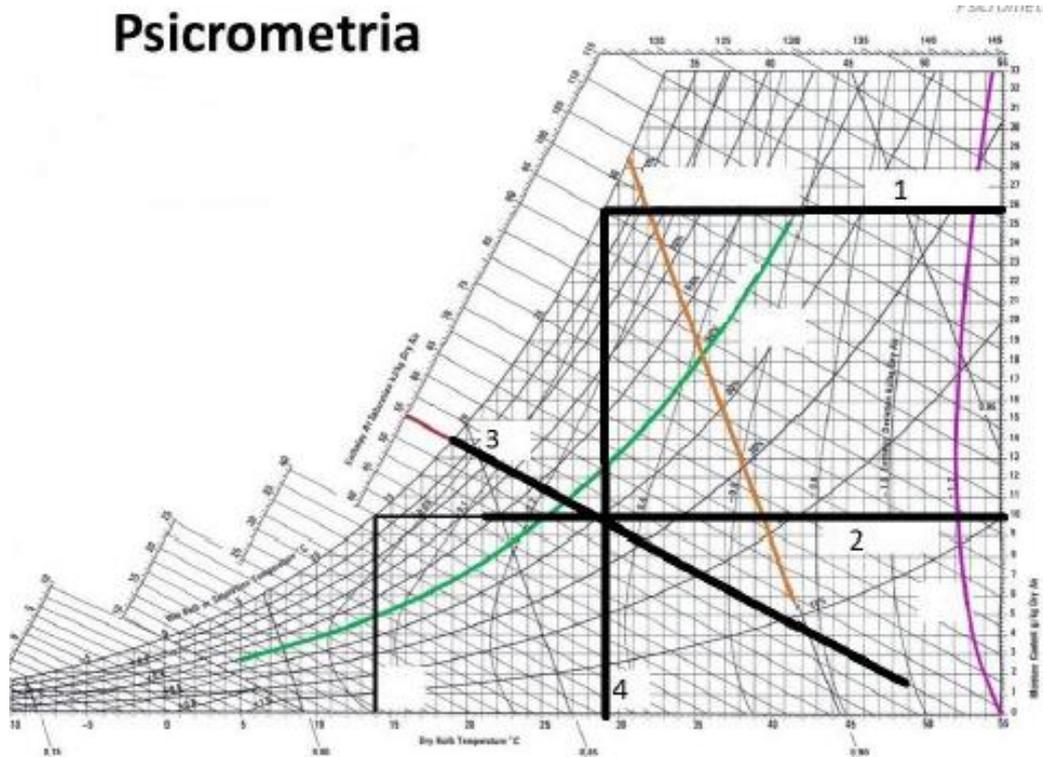
36. (VUNESP/UFABC-2019) Umidade relativa é por definição:

- a) a relação entre a massa de vapor de água e a massa de ar seco no ar úmido.
- b) a relação entre a massa de vapor e a temperatura de saturação do ar úmido.
- c) a relação entre a umidade absoluta e a pressão de vapor para uma determinada temperatura de bulbo seco do ar úmido.
- d) a relação entre a temperatura de bulbo seco e a densidade do ar do ar úmido.
- e) a relação entre a pressão de vapor e a pressão de vapor saturado na mesma temperatura de bulbo seco do ar úmido.

37. (FADESP/BANPARÁ-2018) Na figura a seguir – Carta Psicrométrica –, identifique as linhas relativas às suas grandezas.



Psicrometria



- a) Umidade de saturação, umidade absoluta, temperatura de bulbo úmido e temperatura de bulbo seco.
- b) Umidade absoluta, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e umidade absoluta.
- c) Umidade de saturação, umidade absoluta, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido.
- d) Umidade de saturação, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e umidade absoluta.
- e) Umidade absoluta, umidade de saturação, temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido.

38. (COVEST COPSET/UFPE-2019) No posicionamento da captação do ar exterior, deve ser observado o sentido dos ventos e o afastamento mínimo de fontes de poluição. De acordo com a norma ABNT 16401, a distância mínima das fontes de poluição deve ser:

- a) 20 metros de entrada de garagens e estacionamentos.
- b) 5 metros de torres de resfriamento.
- c) 30 metros de depósito de lixo.
- d) 15 metros de locais reservados a fumantes.
- e) 1,5 metros de telhados, lajes, jardins ou outras superfícies horizontais.



39. (VUNESP/UFABC-2019) A capacidade nominal de condicionadores de ar tipo Self Contained é normalmente indicada em TR (toneladas de refrigeração). Uma TR corresponde a:

- a) 2,90 kW.
- b) 3,52 kW.
- c) 1,97 kW.
- d) 4,25 kW.
- e) 3,7 kW.

40. (NC UFPR/ITAIPU-2019) Considerando um típico ciclo de refrigeração por compressão de vapor de fluido refrigerante, identifique como verdadeiras (V) ou falsas (F) as seguintes afirmativas:

- () Calor latente é a quantidade de calor que se acrescenta ou se retira de um corpo, causando sua mudança de estado, sem mudar sua temperatura.
- () Evaporador é o equipamento responsável por retirar calor do ambiente a ser resfriado.
- () Condensador é o equipamento responsável por ceder calor para o ambiente externo.
- () A válvula de expansão serve para reduzir a pressão do fluido refrigerante.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- a) V – V – V – V.
- b) F – V – F – F.
- c) V – V – F – V.
- d) V – F – F – V.
- e) F – F – V – F.

41. (VUNESP/UFABC-2019) Para a escolha dos fluidos refrigerantes, qual das características a seguir é a mais indicada?

- a) Evaporar com pressões inferiores à pressão atmosférica.
- b) Ter alto calor de vaporização (diferença de entalpias no evaporador).
- c) Ter temperaturas de descarga do compressor elevadas.
- d) Ter relação de compressão maior possível para as mesmas relações de temperatura.



e) Ser miscível com o óleo lubrificante.

42. (FCC/SABESP-2018) O funcionamento adequado de um sistema de refrigeração está diretamente relacionado com a limpeza do circuito. O fluido recomendado para limpeza interna de sistemas de refrigeração e ar condicionado é o

a) R502.

b) R11.

c) R141B.

d) R22.

e) R717.

43. (VUNESP/UFABC-2019) No dimensionamento das linhas de sucção ascendentes (após o evaporador) trabalhando com fluidos refrigerantes miscíveis em óleo é importante manter-se uma velocidade mínima do fluido refrigerante para

a) aumentar a perda de pressão no trecho.

b) diminuir a perda de pressão no trecho.

c) evitar superaquecimento do vapor na sucção.

d) evitar o resfriamento do vapor na sucção.

e) garantir o retorno de óleo ao compressor.

44. (FEPESE/CELESC-2018) Analise as afirmativas abaixo a respeito da influência de alguns parâmetros na eficácia de um ciclo de refrigeração:

1. Sendo mantida a temperatura de condensação constante, o coeficiente de eficácia diminui quando a temperatura de vaporização diminui.

2. Sendo mantida a temperatura de vaporização constante, o coeficiente de eficácia diminui quando a temperatura condensação de diminui.

3. O coeficiente de eficácia diminui quando há sub-resfriamento do líquido.

4. O coeficiente de eficácia diminui quando há superaquecimento útil do vapor.

Assinale a alternativa que indica todas as afirmativas corretas.

a) É correta apenas a afirmativa 1.



- b) São corretas apenas as afirmativas 1 e 3.
- c) São corretas apenas as afirmativas 2 e 3.
- d) São corretas apenas as afirmativas 2, 3 e 4.
- e) São corretas as afirmativas 1, 2, 3 e 4.

45. (CEV UECE/ DETRAN CE-2018) O aparelho de ar condicionado tipo janeleiro (ACJ) possui um sistema de funcionamento que é classificado como um sistema de

- a) expansão direta com condensação a ar acoplada.
- b) expansão indireta com condensação a ar acoplada.
- c) expansão indireta com condensação a ar remota.
- d) expansão direta com condensação a ar remota.

46. (VUNESP/UFABC-2019) Para o cálculo de carga térmica em razão da presença de um ventilador situado no ambiente a ser condicionado, com potência do motor elétrico de acionamento de 2 CV, rendimento desse motor 0,80 e rendimento do ventilador de 0,60, qual a carga térmica gerada no ambiente?

- a) 2,5 CV.
- b) 4,16 CV.
- c) 2,0 CV.
- d) 1,4 CV.
- e) 3,2 CV.

47. (Instituto AOCP/TRT 1ª Região-2018) Considerando o cálculo da carga térmica para um projeto de climatização de um escritório localizado em um prédio no centro do Rio de Janeiro, assinale a alternativa correta.

- a) Quanto maior o número de janelas, menor será a carga térmica do ambiente, devido à circulação do ar proporcionada.
- b) A carga térmica para dois escritórios com as mesmas dimensões, recebendo a mesma insolação, é necessariamente a mesma.
- c) A carga térmica independe do tipo de lâmpadas adotadas no projeto de iluminação, mas depende da quantidade.



- d) A carga térmica depende do tipo de lâmpadas adotadas no projeto de iluminação, mas independe da quantidade.
- e) A carga térmica depende dos equipamentos elétricos instalados no escritório.

48. (FADESP/BANPARÁ-2018) Sobre os fatores que influenciam as cargas externas analise os itens a seguir:

- 1 – Radiação solar.
- 2 – Condução através de paredes e telhados.
- 3 – Intensidade de chuva.
- 4 – Infiltração de ar
- 5 – Ar de ventilação.

Estão corretos os itens

- a) 1, 2, 3, 4 e 5.
- b) 1, 2, 3 e 5.
- c) 3 e 4.
- d) 1, 3 e 4.
- e) 1, 2, 4 e 5.

49. (CEV UECE/PREF. Sobral-2018) Um refrigerador mantém um ambiente a $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ quando a temperatura externa é de $23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sabendo que é retirado calor do ambiente refrigerado a uma taxa de 10.000 kJ/h , e que a quantidade de energia necessária para operar o refrigerador é de 2.500 kJ/h , pode-se afirmar corretamente que o coeficiente de performance desse refrigerador é

- a) 5.
- b) 3.
- c) 6.
- d) 4.

50. (FADESP/BANPARÁ-2018) Quanto aos fluidos utilizados para remoção da carga térmica e arranjos dos equipamentos os sistemas de condicionamento podem ser classificados em

- a) expansão direta, expansão indireta, tudo água e ar-água.



- b) expansão direta, tudo água, ar-água e tudo ar.
- c) expansão direta, expansão indireta, ar-água e tudo ar
- d) expansão direta, expansão indireta, tudo água e tudo ar.
- e) expansão indireta, tudo água, ar-água e tudo ar.

51. (CESGRANRIO/PETROBRAS-2018) Um ciclo de refrigeração utiliza freon-12 como fluido de trabalho. Sabe-se que o calor transferido do freon-12 durante o processo de compressão é de 5 kJ/kg, enquanto o calor trocado no evaporador e o trabalho no compressor valem 110 kJ/kg e 70 kJ/kg, respectivamente.

Qual é o valor aproximado do coeficiente de eficácia do ciclo?

- a) 0,071
- b) 0,636
- c) 1,467
- d) 1,571
- e) 1,692

52. (FADESP/BANPARÁ-2018) Com base nas recomendações da Norma ABNT 16401, analise os itens a seguir:

1 - Apresenta alguns critérios relacionados à carga térmica a serem adotados no projeto. Primeiramente, não se deve superdimensionar o sistema, o cálculo da carga térmica deve ser o mais exato possível, e, por isso, deve-se evitar o uso de fatores de segurança.

2 - Aponta dois métodos computacionais como referências para o cálculo de carga térmica, isto é, o Modelo HB (Heat Balance) e o Modelo RTS (Radiant Time Series).

3 – Recomenda que se deva prever sistemas independentes de refrigeração para locais que funcionem fora do horário previsto das demais áreas comuns (como salas de segurança, vigia, etc.) e, finalmente, para locais que necessitem de exigências especiais nas condições do ar, temperatura, umidade, etc., não é recomendado que seja o mesmo sistema de refrigeração das demais áreas.

4 - Faz uma série de recomendações que favorecem a conservação e o uso consciente de energia na seleção dos equipamentos que devem ser avaliadas pelo projetista. Sugere o uso de componentes de alta eficiência em qualquer carga utilizada, instalação de sistemas de controle, utilização de vazão variável de distribuição de ar e água, refrigeração por absorção e recuperação do calor rejeitado no ciclo, uso do ar externo para resfriamento no período noturno (quando as condições externas possibilitarem), termo acumulação e aproveitamento da energia solar.



Está(ão) correto(s) o(s) item(ns)

- a) 1.
- b) 1 e 2.
- c) 1, 2 e 4.
- d) 2, 3 e 4.
- e) 1, 2, 3 e 4.

53. (Insituto AOCP/UEFS-2018) Sistemas de refrigeração que utilizam fluido refrigerante apresentam 4 componentes básicos. Assinale a alternativa que relaciona corretamente o componente com sua funcionalidade.

Componentes Básicos:

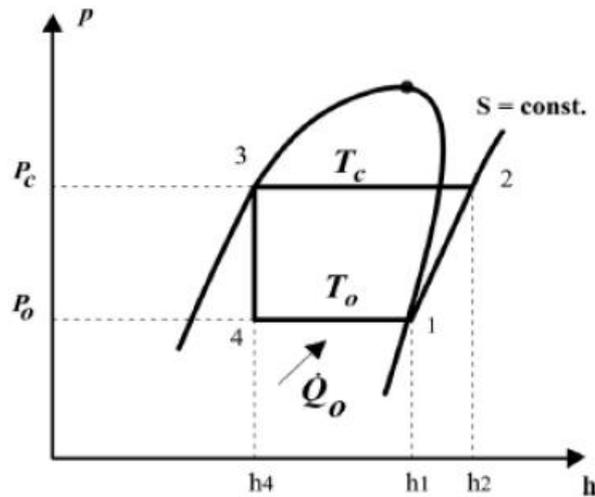
- 1. Evaporador.
- 2. Compressor.
- 3. Válvula de expansão.
- 4. Condensador.

Funcionalidade:

- () Responsável por absorver energia térmica do ambiente.
 - () Responsável por expelir energia térmica do sistema.
 - () Responsável por reduzir a pressão do fluido refrigerante.
 - () Responsável por aumentar a pressão do fluido refrigerante.
- a) 1 – 2 – 3 – 4.
 - b) 1 – 4 – 3 – 2.
 - c) 4 – 1 – 3 – 2.
 - d) 1 – 4 – 2 – 3.
 - e) 4 – 1 – 2 – 3.

54. (FADESP/BANPARÁ-2018) Com base no gráfico representado a seguir, pode-se afirmar que





- a) $COP = h_2 - h_1 / h_1 - h_4$.
- b) $COP = h_1 - h_4 / h_2 - h_4$
- c) $COP = h_1 - h_4 / h_2 - h_1$
- d) $COP = h_2 - h_4 / h_2 - h_1$
- e) $COP = h_2 - h_1 / h_2 - h_1$

55. (NC UFPR/UFPR-2018) Um fluido refrigerante, gás refrigerante ou simplesmente um refrigerante são produtos químicos usados em um ciclo térmico em sistemas de refrigeração e climatização que reversivelmente passam por uma mudança de fase de líquido a gás, absorvendo calor e resfriando ambientes. Tradicionalmente, fluorocarbonos, especialmente clorofluorocarbonetos, foram usados como refrigerantes, devido a suas características ideais, como inflamabilidade e toxicidade zero. Há ainda os hidroclorofluorocarbonos e os hidrofluorocarbonos. Outros refrigerantes são amônia, dióxido de enxofre, dióxido de carbono e hidrocarbonetos não halogenados, tais como o metano. Sobre os fluidos refrigerantes de uso comercial, é correto afirmar:

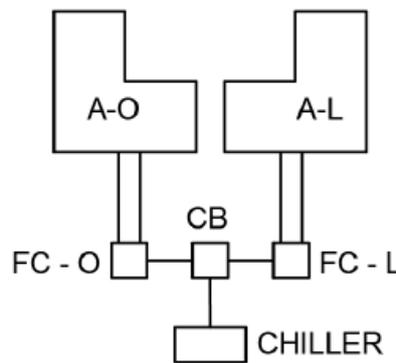
- a) R-717, que tem composição do tipo HFC, é muito usado em cervejarias, devido à sua baixíssima toxicidade.
- b) R-11, que tem composição do tipo HFC, amplamente utilizado em sistemas de ar condicionado, vem sendo empregado como substituto do R-123, por seu baixo efeito de redução da camada de ozônio.
- c) O R-134a, que tem composição do tipo CFC, tem forte influência sobre a redução da camada de ozônio.
- d) O R-22, que tem composição do tipo HCFC, ataca a camada de ozônio.
- e) O R-123, que tem composição do tipo HCFC, tem efeito menor sobre a redução da camada de ozônio que os refrigerantes do tipo CFC.



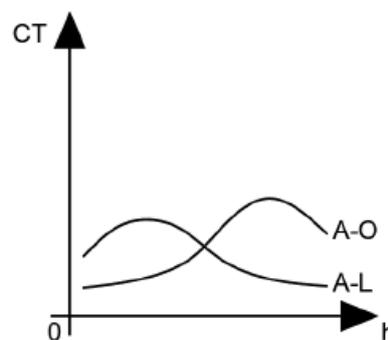
56. (SUGEP/UFRE-2016) A chave de nível tipo 'boia' e a bomba de drenagem d'água são componentes usualmente encontrados em equipamentos do tipo:

- a) condicionador de ar de janela.
- b) central compacta.
- c) split high wall.
- d) split cassette.
- e) split piso/teto.

57. (CEV UECE/Pref Sobral-2018) Para climatizar um estabelecimento dividido em dois prédios com orientações diferentes, sendo o prédio da ala oeste (A-O) e o prédio da ala leste (A-L), o projetista utilizará um sistema de água gelada com um fan coil dedicado para cada prédio (FC-O e FC-L), alimentados por um único chiller através de um sistema de bombeamento presente na casa de bombas (CB), conforme mostrado na figura a seguir.



Considerando as condições de uso dos prédios e as influências externas e internas às edificações, o projetista traça as curvas de variação da carga térmica (CT) ao longo das horas (h) do dia considerado para o dimensionamento do projeto, para cada ala, conforme apresentado na figura a seguir.



Desprezando os ganhos de calor sofridos pelo sistema inerentes aos processos de bombeamento e insuflamento, e considerando que o sistema contemplará uma distribuição otimizada de água gelada de acordo com a demanda de cada prédio, a capacidade mínima do chiller deverá corresponder

- a) à carga térmica simultânea máxima entre as alas.
- b) ao somatório das cargas térmicas máximas de cada ala do estabelecimento.
- c) à carga térmica máxima da ala oeste.
- d) à carga térmica máxima da ala leste.

58. (SUGEP/UFPE-2016) Analise a seguinte plaqueta de identificação das características técnicas de uma central de ar-condicionado do tipo self contained.

Potência frigorífica: 15 Kw	Corrente elétrica: 30 A	Tensão elétrica: 110 V
Frequência elétrica: 50 Hz	Carga de fluido refrigerante: 2 Kg	Vazão de ar: 3.800 m ³ /m

Nessa plaqueta, todos os símbolos das unidades de medida à direita dos valores numéricos indicam as grandezas correspondentes, EXCETO na:

- a) carga de fluido refrigerante.
- b) frequência elétrica.
- c) potência frigorífica.
- d) tensão elétrica.
- e) vazão de ar.

59. (NC UFPR/UFPR-2018) Considere o ciclo termodinâmico de uma máquina frigorífica que opera em regime permanente e sem variações de energia cinética e potencial, cuja carga térmica que o evaporador deve retirar é de 10 kW. O fluido refrigerante entra no compressor adiabático com uma entalpia de 100 kJ/kg e 1 bar de pressão, e é comprimido a uma pressão de 10 bar e uma entalpia correspondente de 120 kJ/kg. O fluido é então condensado à pressão constante até o estado de líquido saturado, em que a entalpia específica cai para 50 kJ/kg. Após o condensador, o fluido passa por uma válvula de expansão isentálpica, que faz a pressão cair para a pressão do evaporador. Com base nessas informações, o coeficiente de performance do sistema frigorífico (β) é:

- a) 1,5.
- b) 2,5.
- c) 3,5.



d) 4,0.

e) 4,5.



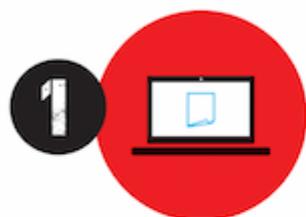
GABARITO

- | | |
|---------------|-------|
| 1. CORRETO | 32. B |
| 2. INCORRETO | 33. D |
| 3. CORRETO | 34. C |
| 4. CORRETO | 35. B |
| 5. INCORRETO | 36. E |
| 6. CORRETO | 37. A |
| 7. INCORRETO | 38. E |
| 8. CORRETO | 39. B |
| 9. INCORRETO | 40. A |
| 10. CORRETO | 41. B |
| 11. D | 42. C |
| 12. C | 43. E |
| 13. E | 44. A |
| 14. B | 45. A |
| 15. C | 46. A |
| 16. INCORRETO | 47. E |
| 17. INCORRETO | 48. E |
| 18. CORRETO | 49. D |
| 19. CORRETO | 50. B |
| 20. INCORRETO | 51. D |
| 21. CORRETO | 52. E |
| 22. INCORRETO | 53. B |
| 23. INCORRETO | 54. C |
| 24. CORRETO | 55. E |
| 25. CORRETO | 56. D |
| 26. INCORRETO | 57. A |
| 27. D | 58. E |
| 28. A | 59. B |
| 29. D | |
| 30. D | |
| 31. D | |



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.