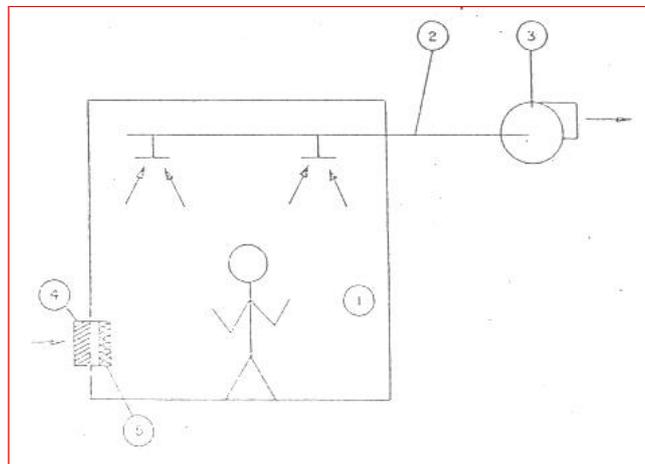


4 SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE CLIMATIZAÇÃO

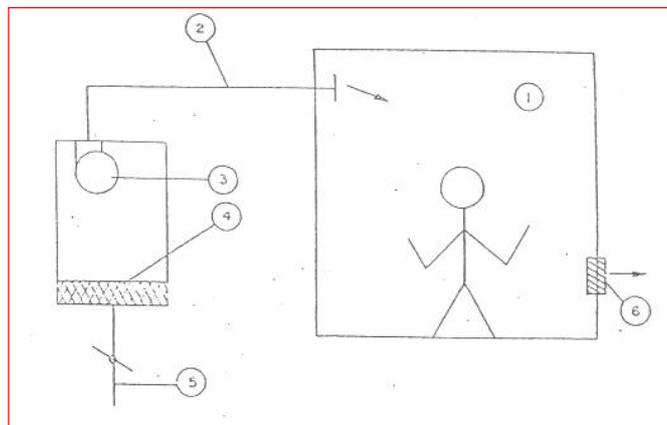
Em uma instalação de ar condicionado quando o circuito de refrigeração estiver desligado, teremos uma instalação de ventilação simples, onde são controlados apenas a vazão e a pureza do ar. Os ventiladores podem fazer parte integrante do equipamento de ar condicionado, como nos equipamentos do tipo self-contained, fan-coils, etc. O sistema de ventilação pode ser com insuflamento de ar, como ilustra o esquema básico da (fig. 22) ou com exaustão de ar mostrado na (fig. 23).

FIGURA 22 - SISTEMA DE VENTILAÇÃO COM INSUFLAMENTO DE AR



- | | | | | | |
|---|----------------------|---|--------------|---|--------------------------|
| 1 | ambiente | 3 | ventilador | 5 | tomada de ar exterior |
| 2 | duto de Insuflamento | 4 | filtro de ar | 6 | veneziana de saída do ar |

FIGURA 23 - SISTEMA DE VENTILAÇÃO COM EXAUSTÃO DE AR



- | | | | | | |
|---|------------------|---|-----------------------|---|-------------------------|
| 1 | ambiente | 3 | ventilador (exaustor) | 5 | filtro de ar (eventual) |
| 2 | duto de exaustão | 4 | tomada de ar exterior | | |

Os sistemas de ar condicionado podem ser classificados quanto ao tipo de expansão em:

- sistemas de expansão ou evaporação direta, quando a serpentina do condicionador recebe diretamente do recinto ou através de dutos a carga de ar frio ou quente;
- sistemas de expansão indireta, quando a serpentina do condicionador utiliza um meio intermediário (água ou salmoura) para retirar a carga térmica que é transmitida pelo ar frio ou quente;

Quanto ao tipo condensação em:

- a ar, em circulação natural ou forçada; nesse caso a temperatura admitida para o fluido frigorífico deve ser superior à de bulbo seco do ar exterior considerado nos cálculos;
- a água, que pode ser sem retorno, usando água corrente, ou com recirculação, utilizando uma torre de resfriamento. Nesse caso, a temperatura do bulbo úmido do ar exterior deve ser inferior à temperatura da água de circulação, para que haja transferência de calor da água para o ar exterior;
- evaporativa, nesse caso também a temperatura de bulbo úmido do ar exterior deve ser inferior à estabelecida para o fluido frigorífico.

As unidades de condicionamento de ar pode ser do tipo:

- self-contained (compacta); aquela que traz incorporada em si mesma todos os componentes de um sistema de condicionamento de ar, exceto dutos e tubulação de água de condensação (quando condensação a água); são também denominadas de unidades compactas, porque em seu invólucro contém o compressor de refrigeração, ventilador e motor, condensador (a água ou a ar), filtros de ar e controles;
- fan-coil (ventilador-serpentina) aquela que consiste apenas do invólucro, o ventilador e motor, a serpentina e o filtro de ar e controles, são unidades utilizadas nos sistemas de água gelada ou quente.

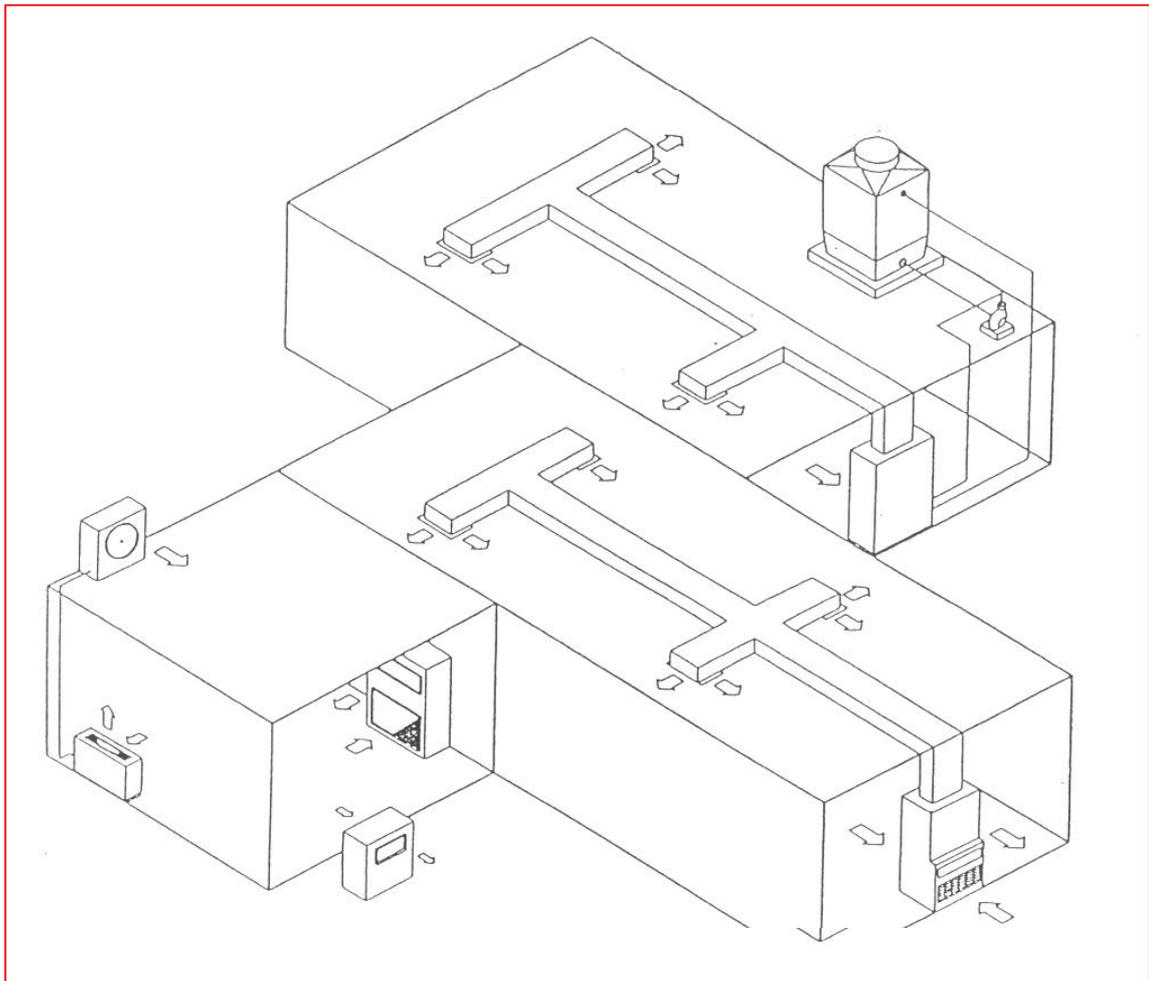
Para a escolha do sistema de climatização mais indicado, o primeiro passo para definição do sistema deve partir do cliente, em face do que pode gastar, ou seja, após uma análise do custo/benefício. Em seguida, entra o projetista que, pela sua experiência, pode definir o sistema mais indicado e tecnicamente possível.

Os sistemas de expansão direta são empregados para instalações pequenas e médias; e o de expansão indireta, para grandes instalações.

4.1 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DE EXPANSÃO DIRETA

A (fig. 24) mostra uma vista isométrica de um sistema de expansão direta com condensação a ar ou a água e insuflamento a plenum ou através de dutos.

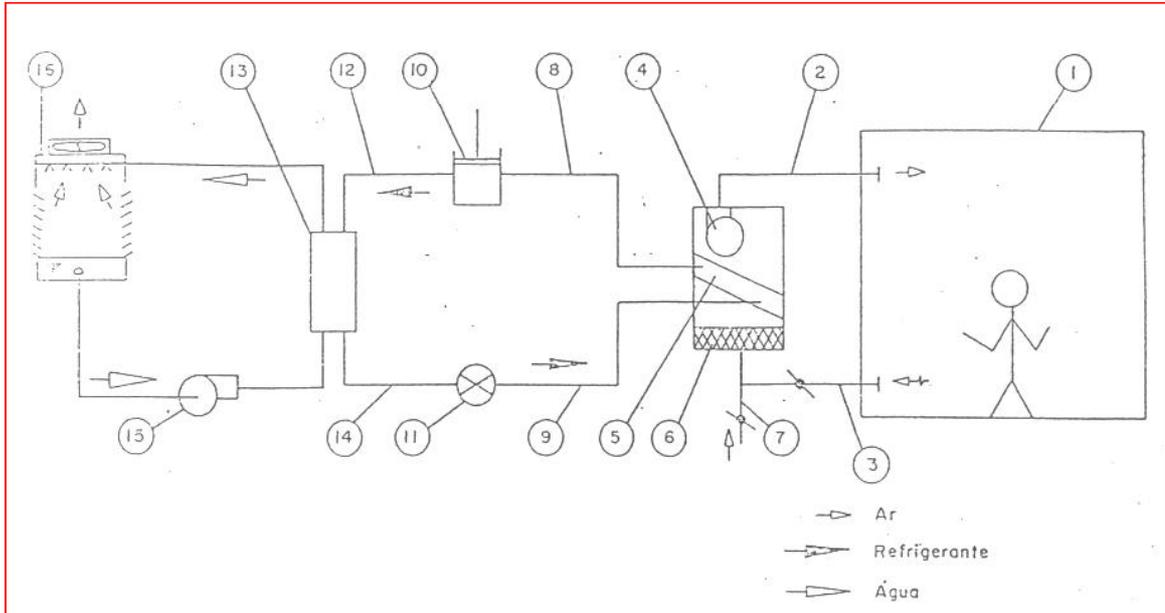
FIGURA 24 - SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DE EXPANSÃO DIRETA



4.1.1 Sistemas de expansão direta com condensação a água

A (fig. 25) apresenta um esquema básico de um sistema de ar condicionado de expansão direta com condensação a água.

FIGURA 25 - SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DE EXPANSÃO DIRETA COM CONDENSAÇÃO A ÁGUA



- | | | |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1 ambiente | 7 tomada de ar exterior | 13 condensador a água |
| 2 duto de insuflamento | 8 linha de sucção | 14 linha de líquido |
| 3 duto de retorno | 9 linha de distribuição | 15 bomba d' água de cond. |
| 4 ventilador | 10 compressor | 16 torre de resfriamento |
| 5 evaporador | 11 válvula de expansão | |
| 6 filtro de ar | 12 linha de gás | |

A (fig. 26) ilustra uma unidade de condicionamento utilizada nos sistemas de expansão direta com condensação a água do tipo self-contained:

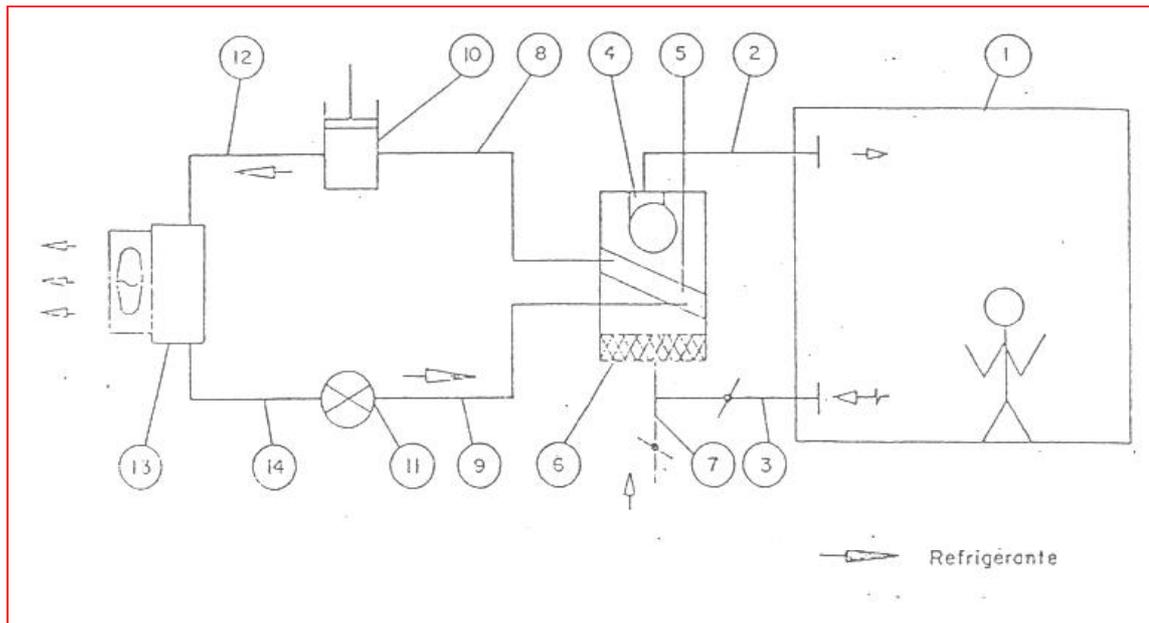
FIGURA 26 - SELF-CONTAINED COM CONDENSAÇÃO A ÁGUA



4.1.2 Sistemas de expansão direta com condensação a ar

A (fig. 27) apresenta um esquema básico de um sistema de ar condicionado de expansão direta com condensação a ar.

FIGURA 27 - SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DE EXPANSÃO DIRETA COM CONDENSAÇÃO A AR



- | | | |
|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 ambiente | 6 filtro de Ar | 11 válvula de expansão |
| 2 duto de insuflamento | 7 tomada de ar exterior | 12 linha de gás |
| 3 duto de retorno | 8 linha de sucção | 13 condensador a ar |
| 4 ventilador | 9 linha de distribuição | 14 linha de líquido |
| 5 evaporador | 10 compressor | |

As unidades de condicionamento utilizadas nos sistemas de expansão direta com condensação a ar podem ser do tipo:

- self-contained com condensador remoto (fig. 28a), onde a unidade evaporadora encontra-se separada da unidade condensadora e interligadas pelas linhas frigoríficas, podendo ainda ser do tipo split, quando o compressor ficar junto à unidade condensadora;
- self-contained com condensador acoplado (fig. 28b), onde a unidade evaporadora e condensadora encontram-se no mesmo gabinete;
- janela (fig. 29a), onde a unidade evaporadora e condensadora encontram-se no mesmo gabinete;
- roof-top (fig. 29b), onde a unidade evaporadora e condensadora encontram-se no mesmo gabinete, porém são instalados no teto;
- split system (fig 29c), onde a unidade evaporadora encontra-se separada da unidade condensadora e interligadas pelas linhas frigoríficas e o compressor fica junto à unidade condensadora.

FIGURA 28 - a) SELF-CONTAINED COM CONDENSADOR REMOTO
b) SELF-CONTAINED COM CONDENSADOR ACOPLADO



FIGURA 29 - a) CONDICIONADOR DE AR DE JANELA
b) CONDICIONADOR DE AR ROOF-TOP
c) CONDICIONADOR DE AR SPLIT-SYSTEM



(a)



(b)

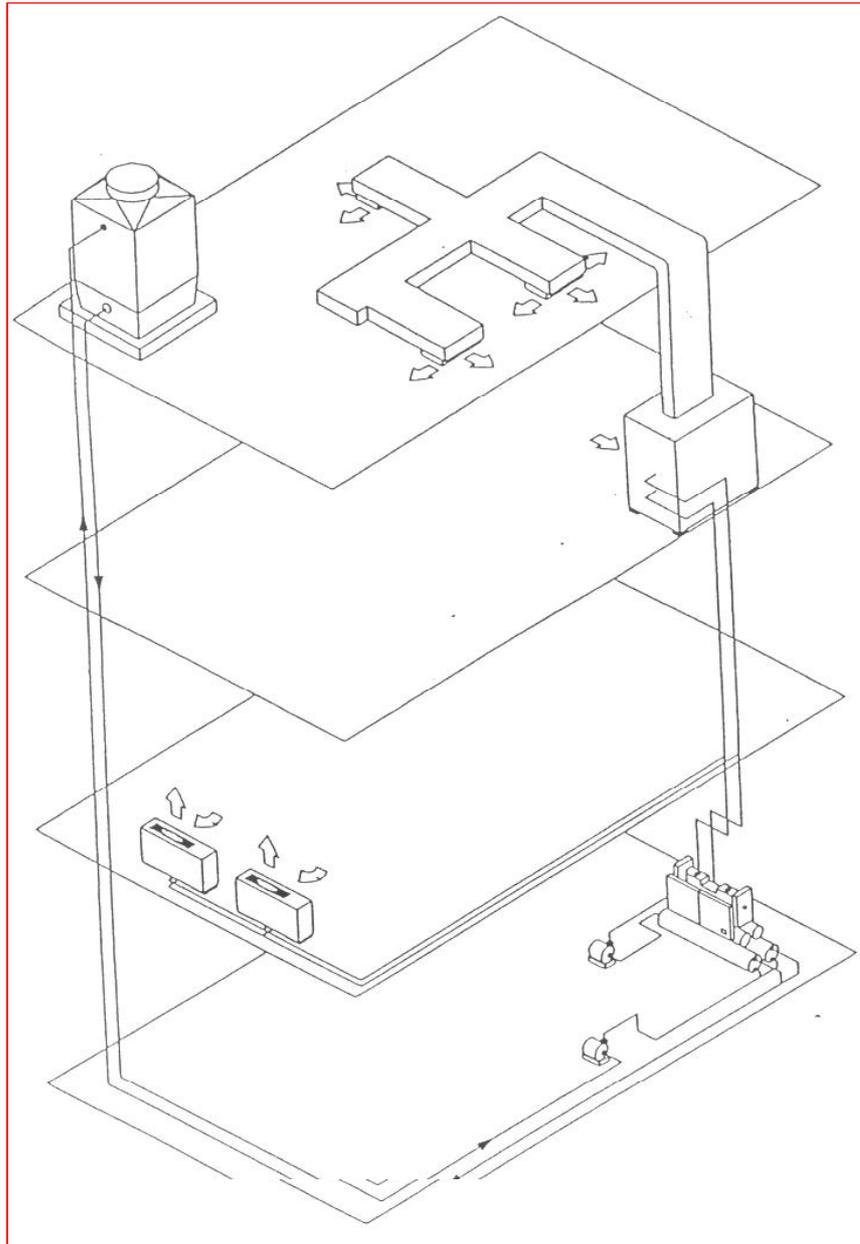


(b)

4.2 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DE EXPANSÃO INDIRETA

A (fig. 30) mostra uma vista isométrica de um sistema de expansão indireta com condensação a ar ou a água e insuflamento a plenum ou através de dutos.

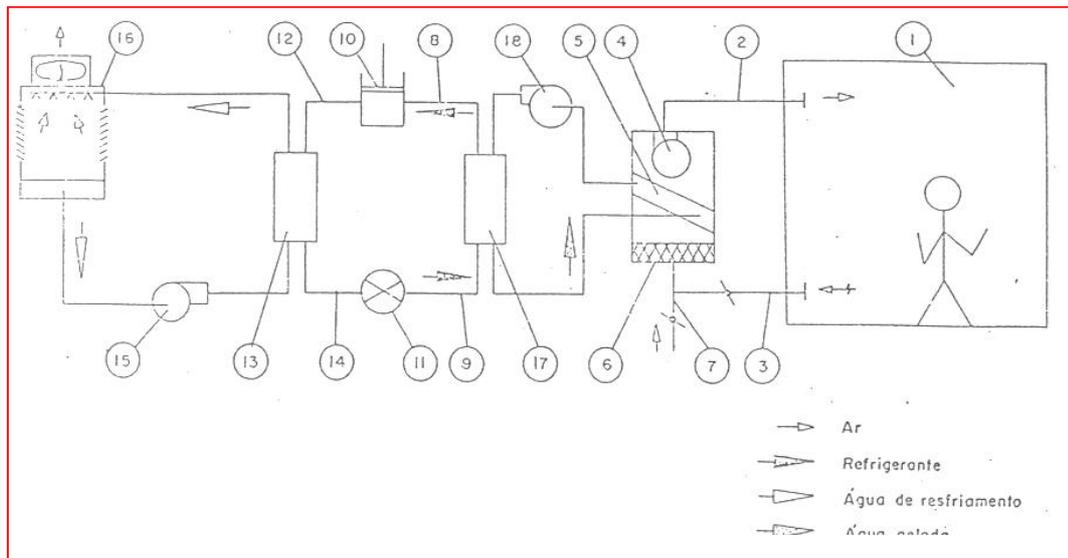
FIGURA 30 - SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DE EXPANSÃO INDIRETA



4.2.1 Sistemas de expansão indireta com condensação a água

A (fig. 31) apresenta um esquema básico de um sistema de ar condicionado de expansão indireta com condensação a água.

FIGURA 31 - SISTEMAS DE AR CONDICIONADO DE EXPANSÃO INDIRETA COM CONDENSAÇÃO A ÁGUA



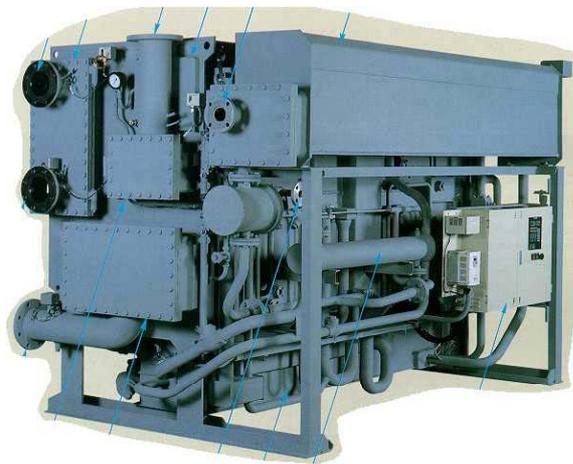
1 ambiente	7 tomada de ar exterior	13 condensador a água
2 duto de insuflamento	8 linha de sucção	14 linha de líquido
3 duto de retorno	9 linha de distribuição	15 bomba d' água de cond.
4 ventilador	10 compressor	16 torre de resfriamento
5 evaporador	11 válvula de expansão	17 resfriador de líquido
6 filtro de ar	12 linha de gás	18 bomba d'água gelada

A (fig. 32a e 32b) mostra um resfriador de líquido com condensador a água e um fan&coil, respectivamente. O sistema de Expansão Indireta para poder trocar calor com o ar que será climatizado necessita de um trocador intermediário constituído de serpentina e ventilador denominado de fan&coil.

4.3 SISTEMAS DE CO-GERAÇÃO

Para grandes áreas (shoppings, supermercados ou áreas de grande público) pode ser indicado o sistema de co-geração como uma boa alternativa para os sistemas de ar condicionado, que utiliza como fonte de energia o gás natural. Este sistema pode trazer economia de energia elétrica, um dos grandes problemas atuais da humanidade. Atualmente utiliza-se com mais frequência os chillers por absorção (fig. 34), embora possam ser utilizados também os chillers convencionais com compressor movido por um motor de explosão a gás.

FIGURA 34 - CHILLER DE ABSORÇÃO



4.4 SISTEMAS EVAPORATIVOS

Para locais com grande número de pessoas, como restaurantes, casas de espetáculos, aeroportos, academias de ginástica, indústrias de confecções, supermercados etc., pode ser indicado o sistema evaporativo, que tem como principal vantagem uma grande economia de energia elétrica. Este sistema se baseia em uma propriedade que a natureza oferece: a transformação do calor sensível em calor latente, quando posto em contato ar ou água pulverizada ou espargida por lâminas de celulose corrugadas e tratada quimicamente de modo a evitar decomposição pelo ar e pela água. Quando a temperatura da água é mais baixa do que a temperatura do bulbo úmido do ar ela se evapora, baixando a temperatura de bulbo seco do ar, ou seja, houve mudança de calor sensível para calor latente. Este sistema apresenta como vantagens, a economia de energia elétrica, a facilidade de manutenção e o não retorno do ar, o que permite fumantes, porém este sistema não é recomendado em locais em que a umidade relativa é muito alta ou onde a umidade precisa ser controlada.

O processo do resfriamento evaporativo converte calor sensível em calor latente, de modo que o calor total permanece o mesmo. Esse processo evaporativo é muito econômico porque o calor total do recinto não foi retirado e sim trocado de sensível para latente, exigindo apenas o trabalho mecânico de uma

bomba d'água e de um ventilador. A (fig. 35) mostra um resfriador evaporativo.

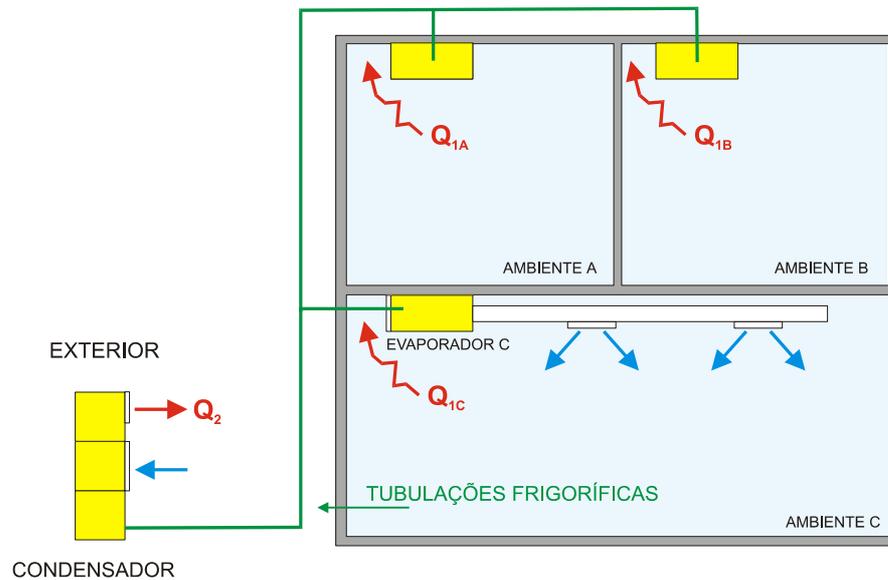
FIGURA 35 - UNIDADE DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO



4.5 SISTEMAS DE VOLUME DE REFRIGERANTE VARIÁVEL (VRF)

Uma tecnologia recente no mundo trata-se do sistema de volume de refrigerante variável (VRF). O VRF é um sistema de fluxo de gás refrigerante variável. Consiste de um condensador dotado de compressor scroll com velocidade variável via um controlador de capacidade denominado inversor de frequência (Inverter). O Inverter, é um componente que através da variação da frequência da energia fornecida ao compressor permite controlar a capacidade adequando-a as variações de demanda da carga térmica durante o dia. No sistema VRF, cada condensadora pode manejar uma quantidade máxima de evaporadoras (dependendo do modelo e fabricante). Isto permite ao sistema manter um equilíbrio constante entre a demanda do sistema e a capacidade fornecida a cada unidade evaporadora. A (fig. 36) mostra um esquema ilustrativo do sistema VRF.

FIGURA 36 - SISTEMA DE VOLUME DE REFRIGERANTE VARIÁVEL



O sistema VRF apresenta como vantagens:

- controle individual por ambiente;
- não desfigura as fachadas dos prédios;
- maior parte da manutenção é feita no ambiente externo;
- atende ambientes internos;
- consumo nulo quando desocupado;
- baixo nível sonoro;
- consumo individualizado quando todos os evaporadores atendem um mesmo usuário;
- pequena dispersão em torno da temperatura desejada.

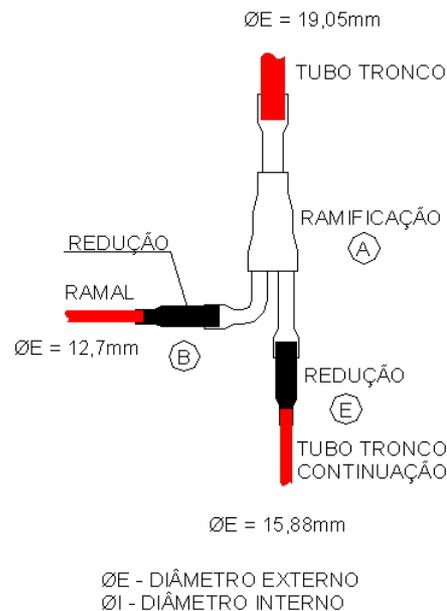
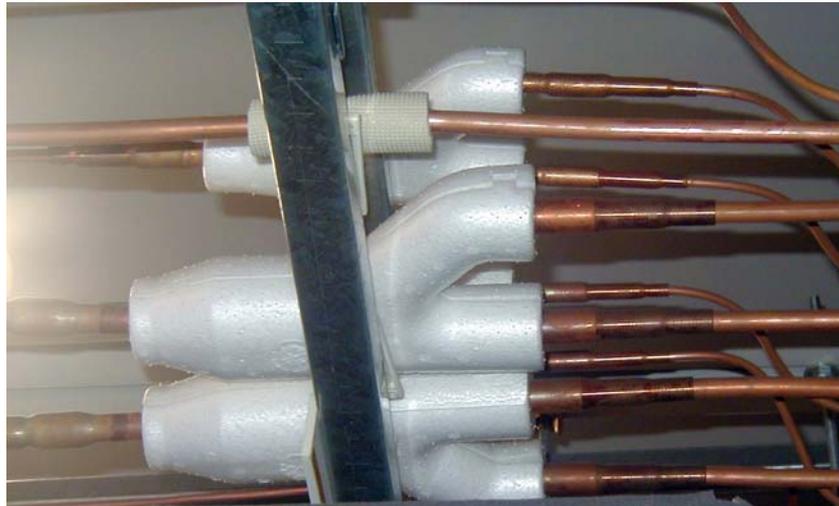
Como desvantagens:

- não se ajusta as necessidades específicas do ambiente (projetado para fator de calor sensível padronizado);
- consumo coletivo, a ser rateado quando os evaporadores atendem vários usuários;
- longas tubulações de refrigerante.

O sistema VRF trata-se de uma evolução do sistema split individual, com maior capacidade, com um menor consumo de energia, capaz de ajustar as unidades internas à carga total do sistema.

O processo de ramificação da tubulação no sistema VRF é complexo, como ilustra a (fig. 37).

FIGURA 37 - RAMIFICAÇÃO DA TUBULAÇÃO NO SISTEMA VRF



4.6 SISTEMAS DE TERMO-ACUMULAÇÃO

Em condicionamento de ar e processos de resfriamento utiliza-se a termo-acumulação como um meio de transferir parte ou toda a carga resfriadora de uma instalação de alta demanda, alto custo de energia, horários de pico (quando a energia é mais cara), para baixa demanda, baixo custo de energia e horários sem pico (quando o custo da energia é mais baixo). Tradicionalmente, isso reduz os custos energéticos nas operações das instalações.

O uso de termo-acumulação significa que a Central de Água Gelada, incluindo as torres de resfriamento, terão seu funcionamento reduzido no pico de demanda e para satisfazer o resfriamento de cargas pode ser instalado um resfriador com menor capacidade visando atender a carga média.