

ANTONIO CARLOS GALVÃO MONTEMÓR

**DESENVOLVIMENTO DA MATRIZ DE PRIORIDADES VISANDO
IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS NA OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR
EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS**

São Paulo

2.009

ANTONIO CARLOS GALVÃO MONTEMÓR

**DESENVOLVIMENTO DA MATRIZ DE PRIORIDADES VISANDO
IMPLANTAÇÃO DE MELHORIAS NA OPERAÇÃO E
MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO DE AR
EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS**

**Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de MBA em
Gerenciamento de Facilidades.**

Área de Concentração:

Gerenciamento de Facilidades / MBA – USP

Orientador:

Prof. Dr. Moacyr Eduardo Alves da Graça

São Paulo

2.009

DEDICATÓRIA

Ao Grande Arquiteto do Universo, que é Deus, que me concedeu a vida e me permitiu evoluir.

À minha esposa, Vera, pela dedicação e apoio incondicional em todos os momentos.

Às minhas filhas, Liana, Livia e Liara, pela aceitação dos momentos de ausência.

À minha mãe, Alice, pelo carinho e a oportunidade de uma vida profícua.

Ao meu pai, *in memoriam*, pela herança dos princípios de uma vida condigna.

AGRADECIMENTOS

À REVISTA INFRA, da Editora Talen, em especial à sua Diretoria, Sr^a. Léa Lobo e Sr. Luiz Nelson Ribeiro, pelo patrocínio do curso com a concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Moacyr Eduardo Alves da Graça, pela atenção, esclarecimentos e cortesia que nunca faltaram.

A todos os professores do curso MBA em Gerenciamento de Facilidades, pelos ensinamentos e dedicação.

Aos colegas de turma, pela participação, colaboração e amizade.

À Diretoria da BR Properties, pelo acesso e disponibilidade a informações técnicas utilizadas neste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é estudar os aspectos que mais influenciam no funcionamento dos sistemas de condicionamento de edifícios de escritórios, para identificar os critérios, parâmetros e indicadores que vão propiciar aos gestores de sua operação e manutenção uma maneira simples e ágil para nortear o planejamento das ações para obter a melhor eficiência e eficácia do sistema. Pretende-se com isto estabelecer uma metodologia de trabalho, baseada em uma Matriz de Prioridades capaz de auxiliar o gestor destes sistemas a avaliar as condições de utilização, funcionamento e custos, identificar pontos críticos, coletar e compilar dados e informações, avaliar resultados e identificar soluções para os problemas operacionais com vistas na satisfação dos usuários e no aumento do desempenho técnico e econômico da instalação.

Palavras-chave: Edifícios de Escritórios, Ar Condicionado, Operação, Manutenção

ABSTRACT

The objective of this monograph is to study the main aspects that most influence the performance of air conditioning systems in office buildings, identifying the criteria and parameters that will make the maintenance and support of air conditioning systems easier and faster, and make its maintenance and operation planning more effective and efficient. To achieve that, a work methodology will be established, based on a Priority Matrix capable to assist the manager of this system to evaluate its use conditions, performance and cost, to identify the critical points, to collect and compile data and information, to evaluate the results and to identify the solution to the operational problems with the objective to achieve the users' satisfaction and to amplify the technical and economical performance of the building air conditioning system.

Key-words: Office Buildings, Air Conditioners, Operation, Maintenance

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1	Fluxos de calor	26
Figura 3.2	Ciclo básico de refrigeração	27
Figura 3.3	Tipos de compressor	28
Figura 3.4	Compressor e condensador	28
Figura 3.5	Válvulas de expansão e capilares	29
Figura 3.6	Tipos de evaporadores	30
Figura 3.7	Circuito frigorígeno	31
Figura 4.1	Aparelho de ar condicionado de janela	34
Figura 4.2	Esquemático de sistema <i>self-contained</i> com condensação a ar	36
Figura 4.3	Equipamento <i>self-contained</i> com condensação a ar	36
Figura 4.4	Esquemático de sistema <i>self-contained</i> com condensação a água	38
Figura 4.5	Esquemático de sistema dividido com condensador remoto	39
Figura 4.6	Condensador remoto	39
Figura 4.7	Esquemático de sistema <i>split</i>	40
Figura 4.8	Sistema <i>split</i>	40
Figura 4.9	Sistema VRV – Unidade Condensadora.....	42
Figura 4.10	Sistema VRV – 3 tipos de Unidades Evaporadoras.....	42
Figura 4.11	<i>Chiller</i> com condensação a ar	43
Figura 4.12	<i>Chiller</i> com condensação a água	44
Figura 4.13	<i>Fan coil</i>	44
Figura 4.14	Torre de resfriamento	45
Figura 4.15	Esquemático de sistema de expansão indireta com condensação a ar	47
Figura 4.16	Esquemático de sistema de expansão indireta com condensação a água	48
Figura 4.17	Esquemático de sistema com tanque para termo- acumulação	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Distribuição dos custos de construção	17
Tabela 1.2	Distribuição dos custos de sistemas prediais	18
Tabela 7.1	Matriz de Prioridades para o edifício descrito	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1	Consumo de energia em edifícios de escritórios	18
Gráfico 1.2	Custo de manutenção de instalações prediais	19
Gráfico 3.1	Variação do trabalho entre dois estados de energia	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica (do CREA)
BAC	Bomba de água de condensação
BACR	Bomba de água de condensação reserva
BAG	Bomba de água gelada
BAGR	Bomba de água gelada reserva
CAG	Central de Água Gelada
CFC	Gás cloro-fluor-carbono
CMMS	<i>Computerized Maintenance Manegement System</i> (Sistema de Gerenciamento da Manutenção Computadorizado)
CO ₂	Dióxido de Carbono
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura
HCF	Gás hidro-fluor-carbono
NA	Não aplicável
NBR	Norma brasileira (da ABNT)
NR	Norma Regulamentadora (do Ministério do trabalho)
O&M	Operação e manutenção
OS	Ordem de serviço
PMOC	Plano de manutenção, operação e controle (da ANVISA)
R11	Refrigerante R11 (CFC)
R12	Refrigerante R12 (CFC)
R123	Refrigerante R123 (HFC)
R134-a	Refrigerante R134-a (HFC)
R22	Refrigerante R22 (CFC)
RAC	Retorno de água de condensação
RAG	Retorno de água gelada
RE	Resolução (da ANVISA)
SAC	Saída de água de condensação
SAG	Saída de água gelada

LISTA DE SÍMBOLOS

psi	Unidade de pressão – <i>Pound square inch</i>
BTU/h	Unidade de capacidade térmica – <i>British Thermal Unit</i> por hora
f	Estado final
h	Unidade de tempo – hora
i	Estado inicial
Kcal/h	Unidade de capacidade térmica – quilo-caloria por hora
Kg	Unidade de massa – quilograma
m	Massa
m^2	Unidade de área – metro quadrado
m^3/h	Unidade de vazão – metro cúbico por hora
mmca	Unidade de pressão – milímetro de coluna d'água
$\varnothing$	Indica diâmetro – precede um número
$^{\circ}C$	Unidade de temperatura – graus Celsius
p	Pressão
Q	Quantidade de calor
T	Temperatura
TR	Unidade de capacidade térmica – Tonelada de refrigeração
v	Volume
W	Trabalho
ΔT	Diferença entre duas temperaturas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E RESULTADOS ESPERADOS	21
2.1	Objetivos	21
2.2	Justificativa	21
2.3	Resultados esperados	22
3	O FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR.....	23
3.1	Temperatura, calor, trabalho e energia	23
3.2	Os componentes de um sistema de condicionamento	26
3.2.1	Compressor	27
3.2.2	Condensador	28
3.2.3	Válvula de expansão e capilar	29
3.2.4	Evaporador	29
3.2.5	Funcionamento do sistema de condicionamento	30
4	TIPOS DE SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO UTILIZADOS EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS .	32
4.1	Sistemas de expansão direta	33
4.1.1	Aparelhos de janela	33
4.1.2	Sistema <i>self-contained</i> com condensação a ar	35
4.1.3	Sistema <i>self-contained</i> com condensação a água	37
4.1.4	Sistemas divididos	38
4.2	Sistemas de expansão indireta	42
4.2.1	Sistemas de expansão indireta com condensação a ar	47
4.2.2	Sistemas de expansão indireta com condensação a água	47
4.2.3	Climatizadores (fan coils)	48

4.2.4	Termo-acumulação	49
4.2.4.1	Termo-acumulação com tanque de água gelada	50
4.2.4.2	Termo-acumulação com tanque de gelo	51
4.2.5	Sistema com insuflamento pelo piso	52
4.2.6	Sistema de teto frio	53
5	MANUTENÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS	55
5.1	Termos e definições da manutenção predial	56
5.2	Tipos e conceitos de manutenção predial	57
5.2.1	Manutenção preventiva	57
5.2.1.1	Manutenção preditiva	58
5.2.2	Manutenção corretiva	58
5.2.3	Políticas de manutenção	59
5.2.3.1	Manutenção proativa (detectiva)	59
5.2.3.2	Manutenção com base no estado	59
5.2.3.3	Manutenção centrada na confiabilidade	60
5.2.3.4	Manutenção produtiva total	60
5.2.4	Tipos de tarefas de manutenção	61
5.2.4.1	Tarefas críticas	61
5.2.4.2	Tarefas urgentes	61
5.2.4.3	Tarefas prioritárias	61
5.2.4.4	Tarefas rotineiras	62
6	IMPORTÂNCIA E PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO	63
6.1	A importância da manutenção	63
6.2	A terminologia da manutenção	65
6.3	Formação das equipes	67
6.4	Conhecimento das instalações	68
6.5	Documentação técnica	69
6.6	Conhecimento dos requisitos dos usuários	71
6.7	Conhecimento das restrições	72

6.8	Planejamento, execução e controle da operação e manutenção de sistemas de condicionamento para edifícios de escritórios	72
6.8.1	Planejamento dos serviços de manutenção	73
6.8.2	Controle dos serviços de manutenção	77
7	MATRIZ DE PRIORIDADES PARA SISTEMAS CENTRAIS DE CONDICIONAMENTO DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS	82
7.1	Montagem da Matriz de Prioridades e Metodologia.....	83
7.2	Tipificação do edifício de escritórios para aplicação da matriz	84
7.3	Parâmetros da matriz de prioridades	87
7.4	Itens da matriz de prioridades	89
7.5	A matriz de prioridades para o edifício	91
8	COMENTÁRIOS FINAIS	100
9	BIBLIOGRAFIA	103

1. INTRODUÇÃO

As empresas em geral necessitam de locais para realizar suas atividades produtivas. Entre estes locais estão os edifícios que têm como objetivo propiciar as melhores condições de segurança, conforto e utilização pelos menores custos possíveis para o desenvolvimento das atividades produtivas. Em particular, este estudo vai abordar apenas os edifícios de escritórios.

Os edifícios de escritórios variam em tamanho, valor, tipo e complexidade das instalações conforme sejam as facilidades disponíveis e as necessidades de cada ocupante ou usuário. Entretanto, quaisquer que sejam suas características, estes edifícios de escritórios necessitarão ser administrados para atender aos requisitos de sua conservação, pelas necessidades de funcionamento de suas instalações e para o controle dos custos envolvidos.

A atividade administrativa de edifícios de escritórios, na grande maioria dos casos, não se constitui no foco do negócio dos proprietários, dos ocupantes ou usuários. É, portanto, muito comum que estes serviços sejam prestados por especialistas ou empresas contratadas para este fim.

Dentre estas empresas estão as administradoras que vêm ampliando seu leque de serviços, deixando de executar funções que envolviam apenas as relações locatícias, passando a oferecer “pacotes de serviços” cada vez mais sofisticados para atender às necessidades de proprietários e usuários e da complexidade das instalações, num mercado muito competitivo.

Como consequência, as administradoras estão se tornando cada vez mais exigentes em relação aos seus colaboradores que devem se manter atualizados para atender à evolução dos sistemas prediais, sistemas produtivos e necessidades dos usuários das edificações, sempre dentro dos melhores padrões e de políticas econômicas e financeiras, e estas também mais restritas a cada dia.

Assim, ganham importância os serviços prediais e a operação e manutenção das instalações que vão procurar garantir que os usuários terão atendidas as suas necessidades.

Como no âmbito das instalações típicas dos edifícios de escritórios o sistema de condicionamento é o que representa o maior custo em termos de materiais, mão-de-obra e insumos; requer maior conhecimento técnico do pessoal operacional e é fundamental para estabelecer as condições de conforto higrotérmico do ambiente, será este o sistema a ser abordado neste trabalho, mais especificamente o tipo central de água gelada.

Do ponto de vista econômico, o investimento na construção de um edifício de escritórios está distribuído conforme a tabela abaixo, onde se vê que as instalações prediais podem, em média, custar 33% do valor da obra, sendo, portanto o sistema de maior custo.

Serviços / Sistemas	Custo Médio
Serviços Preliminares	5,50%
Infra-estrutura	6,00%
Super-estrutura	9,00%
Paredes e Painéis	15,50%
Coberturas e proteções	2,00%
Revestimentos	23,50%
Pavimentação	0,50%
Instalações prediais	33,00%
Outros	5,00%
Total	100,00%

Fonte: Caixa Econômica Federal

Tabela 1.1 – Distribuição de custos na construção

Já dentre os sistemas prediais, segundo recentes estudos para incorporações de edifícios de escritórios feitos pela BR Properties, o sistema de condicionamento representa cerca de 30% do custo dos investimentos em instalações, conforme a tabela abaixo, onde o sistema de condicionamento é o de maior custo entre os sistemas mecânicos.

Instalações Prediais	Custo Médio
Hidráulica	21,00%
Segurança contra incêndio	4,00%
Comunicação / Supervisão	5,00%
Elétrica	30,00%
Mecânica	33,00%
Segurança patrimonial	4,00%
Transporte	3,00%
Total	100,00%

Fonte: BR Properties

Tabela 1.2 – Distribuição dos custos de sistemas prediais

Pelo aspecto de consumo de energia elétrica o sistema de condicionamento é responsável por 48% do consumo de um edifício de escritórios, conforme se observa no gráfico abaixo, segundo a Eletropaulo. Uma distribuição muito semelhante é verificada nas estatísticas da BR Properties:

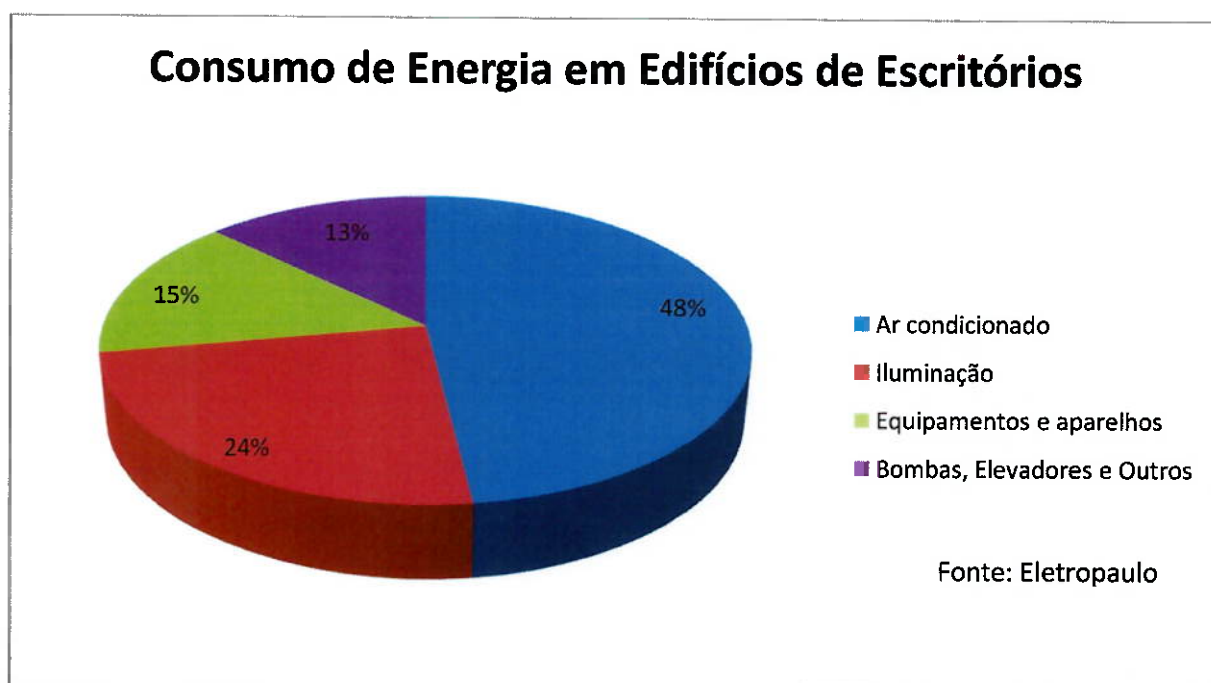


Gráfico 1.1 – Consumo de energia em edifícios de escritórios

Na distribuição dos custos de mão de obra de manutenção dos sistemas prediais, segundo a BR Properties, verifica-se a distribuição abaixo, onde se destaca a manutenção dos sistemas mecânicos com cerca de 34%, sendo

que o sistema de condicionamento é responsável por mais de 30% do total das despesas com esta mão de obra.

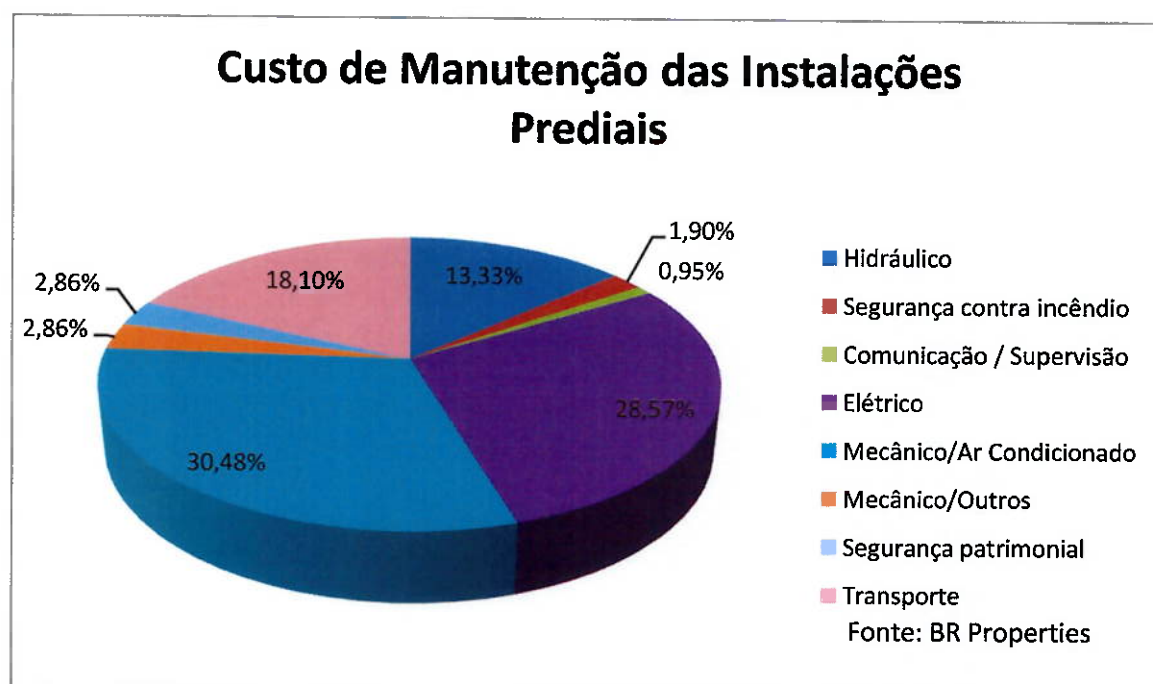


Gráfico 1.2 – Custo de manutenção das instalações prediais

O sistema de condicionamento é também um sistema que possui múltiplas especialidades, tendo como elétrica, hidráulica, mecânica e eletrônica as principais disciplinas que o envolvem, exigindo da equipe também múltiplos conhecimentos.

Outro aspecto a ser considerado para os edifícios de escritório que possuem sistema de condicionamento e que está diretamente relacionado com a operação e manutenção das instalações é o do conforto higrotérmico dos usuários, que é fator crítico de produtividade no desenvolvimento das atividades nos ambientes condicionados.

A princípio o projeto do sistema de condicionamento deve atender as necessidades dos usuários e esta condição só será garantida ao longo tempo se houver uma operação e uma manutenção eficazes.

Por outro lado, durante a vida útil do edifício e do sistema de condicionamento várias condições podem mudar: ocupação, equipamentos, instalações, leiaute, etc., e estes também são fatores que interferem no desempenho do sistema de condicionamento e geralmente são administrados pela equipe de operação e manutenção.

Neste contexto, este trabalho vai estudar as melhores condições de operação e manutenção de um sistema de condicionamento para edifício de escritórios, ocupado com múltiplos usuários, abordando os aspectos técnico, econômico e financeiro para que ele possa atender com a máxima eficácia e eficiência aos requisitos dos usuários, buscando identificar quais os indicadores e os critérios que poderão permitir alcançar estes objetivos, sem abordar os aspectos relativos à modernização do sistema ou partes dele, que é uma condição sempre desejada pelos gestores de facilidades, mas nem sempre possível.

Desta forma, pretende-se abordar neste trabalho os temas que influenciam o funcionamento dos sistemas de condicionamento com foco nos aspectos de manutenção e operação dos sistemas: o conhecimento e a formação das equipes sob os aspectos técnico, administrativo, econômico e legal; o conhecimento das instalações e dos requisitos dos usuários; o conhecimento das restrições de ordem econômica e das disponibilidades de recursos humanos e sua capacitação, das restrições de infra-estrutura e tecnológicas; responsabilidade social, ambiental e econômica; disponibilidade, uso e controle dos insumos; planejamento, execução e controle das atividades; estabelecimento de critérios de desempenho; sistemas de medição de parâmetros; avaliação de resultados; avaliação e controle do equilíbrio técnico x financeiro entre a eficácia e a eficiência do sistema.

2. OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E RESULTADOS ESPERADOS

2.1. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é estudar os aspectos que mais influenciam no funcionamento dos sistemas de condicionamento de edifícios de escritórios, independentemente do tipo de sistema, para identificar os critérios, parâmetros e indicadores que permitam executar sua operação e manutenção de forma eficiente e eficaz.

2.2. Justificativa

Pretende-se com isto estabelecer uma metodologia de trabalho criteriosa, capaz de auxiliar o gestor de um sistema de condicionamento para edifício de escritório a avaliar as condições de utilização, funcionamento e custos, identificar pontos críticos, coletar e compilar dados e informações, avaliar resultados e identificar soluções para os problemas operacionais com vistas na satisfação dos usuários e no aumento do desempenho técnico e econômico da instalação.

Questões importantes para o meio ambiente e a para saúde dos usuários desses edifícios também serão abordadas para melhoria da qualidade do ar interior das edificações, maior controle dos materiais poluentes e dos gases de efeito estufa.

Do ponto de vista administrativo e operacional também permitirá que o gestor tenha maior controle das atividades sobre a mão de obra, própria ou terceirizada e sobre a vida útil dos equipamentos que compõem o sistema.

2.3. Resultados esperados

Espera-se aprimorar as técnicas de operação e manutenção para reduzir os custos operacionais e as despesas com insumos, aumentar a vida útil das instalações e a satisfação dos usuários, melhorar a qualidade do ar interior e diminuir a poluição ambiental.

Criação de uma matriz de estado do sistema, relacionando os principais componentes entre si e identificar, por meio de inspeções, quais as prioridades das intervenções necessárias para seu melhor desempenho.

Criação de um sistema de pontuação para cada subsistema que funcionará como indicador para ações de intervenção.

3. O FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

3.1 Temperatura, calor, trabalho e energia

Temperatura é uma grandeza física que mede o estado de agitação das partículas de um corpo, caracterizando seu estado térmico.

Há duas formas de calor relevantes para os sistemas de ar condicionado: calor sensível e calor latente

Calor Sensível

É o calor que provoca uma mudança de temperatura num objeto. Quando um objeto é aquecido, sua temperatura aumenta à medida que o calor lhe é adicionado. Este aumento de calor é chamado de calor sensível. Do mesmo modo, quando se retira calor de um objeto e a sua temperatura desce, o calor retirado também é chamado calor sensível. é designado por calor sensível.

Calor Latente

Todas as substâncias puras da Natureza conseguem alterar o seu estado. Os sólidos podem tornar-se líquidos (como o gelo se torna água) e os líquidos podem transformar-se em gases (como a água se transforma em vapor). Mas estas alterações requerem a adição ou perda de calor. O calor que provoca estas alterações de estado é chamado de calor latente.

O calor latente, contudo, não afeta a temperatura duma substância - por exemplo, a água permanece a 100°C enquanto ferve. O calor adicionado para manter a água fervendo é calor latente.

Esta distinção é fundamental para compreender porque é usado um refrigerante nos sistemas de arrefecimento. Também explica porque são usados os termos 'capacidade total' (calor sensível e calor latente) e 'capacidade sensível' para definir a capacidade de arrefecimento de uma unidade de refrigeração. Durante o ciclo de arrefecimento, forma-se condensação no interior da unidade, devido à remoção do calor latente do ar. A capacidade sensível é a capacidade necessária para reduzir a temperatura e a capacidade latente é a capacidade de remover a umidade do ar.

Calor é a energia térmica em trânsito, entre dois corpos ou sistemas, decorrente apenas da existência de uma diferença de temperatura entre eles.

Quando uma certa quantidade de calor é transmitida para um corpo, na maioria dos casos a sua temperatura cresce. A quantidade de calor necessária para aumentar de um certo valor a temperatura de uma substância, depende da quantidade dessa substância, e varia de acordo com a substância.

A propriedade física que define a quantidade de calor Q necessária para aquecer de ΔT (diferença de temperatura) uma massa m de determinado material é chamada calor específico c , e é definida como:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Num sistema termodinâmico, para ir de ponto a outro o sistema realiza um trabalho (W).

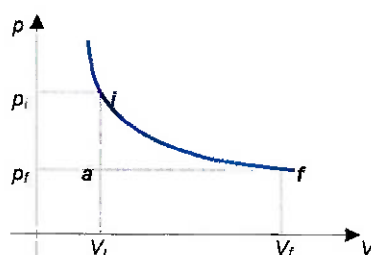


Gráfico 3.1 – Variação do trabalho entre dois estados de energia

No gráfico acima, onde p é a pressão e v o volume, para ir do estado inicial i para o estado final f , haverá variação da energia. É a PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA: *"A diferença entre a quantidade de calor Q e o trabalho W envolvidos em um percurso entre os estados inicial e final, depende apenas dos estados, e fornece o mesmo valor independente do percurso escolhido"*.

Matematicamente pode ser escrita segundo a seguinte expressão:

$$\Delta E = Q - W$$

A 2ª SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA afirma que *"para que haja trabalho deve haver fluxo de energia; e para que haja esse fluxo deve haver um desequilíbrio térmico"*. Este desequilíbrio significa uma perda de energia do sistema sendo esta a forma como os sistemas de condicionamento o utilizam para retirar calor do ambiente.

O Princípio Geral da Conservação da Energia pode ser enunciado da seguinte maneira: *"A energia pode ser transformada de uma forma em outra, mas não pode ser criada nem destruída; a energia total no Universo é constante."* Os sistemas tendem ao equilíbrio térmico.

Se dois corpos A e B de um mesmo sistema tiverem temperaturas diferentes T_A e T_B , sendo $T_A > T_B$, a tendência natural é A (mais quente) esfriar, perdendo calor para B que irá se aquecer.

Quando quisermos um fluxo de calor no sentido inverso, precisaremos de uma máquina térmica; especificamente quando nos referimos ao ar, precisamos de um condicionador de ar.

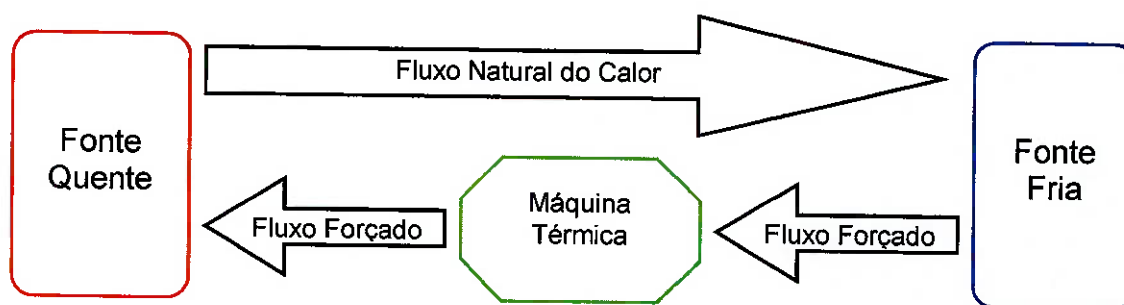


Figura 3.1 – Fluxos de calor

O condicionador de ar contraria a tendência natural do universo, do calor fluir sempre da fonte de temperatura mais elevada para a de temperatura mais baixa.

Na prática, usa-se um fluido de trabalho, que ora está a uma temperatura inferior à da fonte fria, roubando calor desta, ora está a uma temperatura superior à da fonte quente, rejeitando calor nesta. É a aplicação prática da 2ª Lei da Termodinâmica.

Este fluido é chamado de refrigerante, que é uma substância que retira calor de outra (no nosso caso água ou ar). Apenas alguns compostos químicos apresentam condições (propriedades) para serem empregados com esta finalidade.

Os condicionadores de ar funcionam retirando o calor de um ambiente interior, mantendo sua temperatura entre 21°C e 27°C, segundo as normas brasileiras, e rejeitando-o no ambiente exterior, cuja temperatura pode exceder aos 35°C.

3.2 Os Componentes de um sistema de condicionamento

Para isto o condicionador dispõe de quatro elementos básicos que são:

- Compressor

- Condensador
- Evaporador
- Válvula de expansão ou capilar.

Trabalham em um ciclo fechado, usando como fluido o refrigerante, sendo o mais utilizado o R-22, em alguns casos o R-123 ou R134-a que agora estão sendo utilizados como substitutos do R-11 e R12, que, sendo refrigerantes cloro-fluor-carbonados (CFC's), são perigosos para o meio ambiente, pois agredem a camada de ozônio do planeta.

Esquemáticamente este ciclo pode ser representado pelo diagrama básico mostrado na figura abaixo:

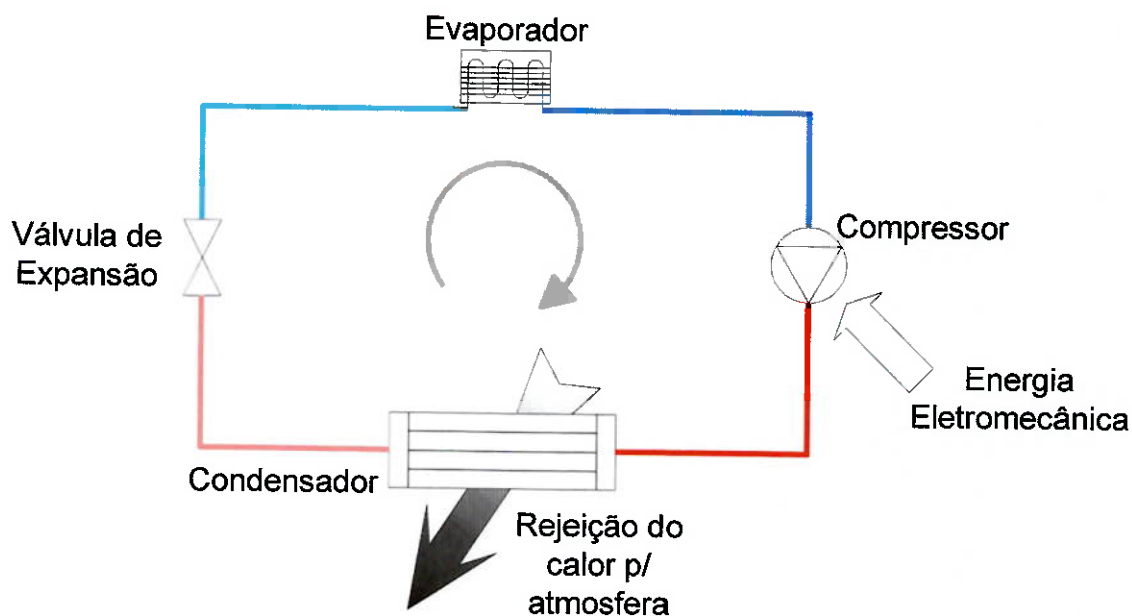


Figura 3.2 – Ciclo básico de refrigeração

3.2.1 Compressor

É destinado a elevar a temperatura e pressão do gás refrigerante. Sua função é aspirar o vapor proveniente do evaporador em baixa temperatura e pressão e comprimi-lo no condensador elevando sua temperatura e pressão.

Dependendo do equipamento, podem-se ter compressores alternativos, centrífugos, parafuso entre outros, de acordo com sua forma construtiva.

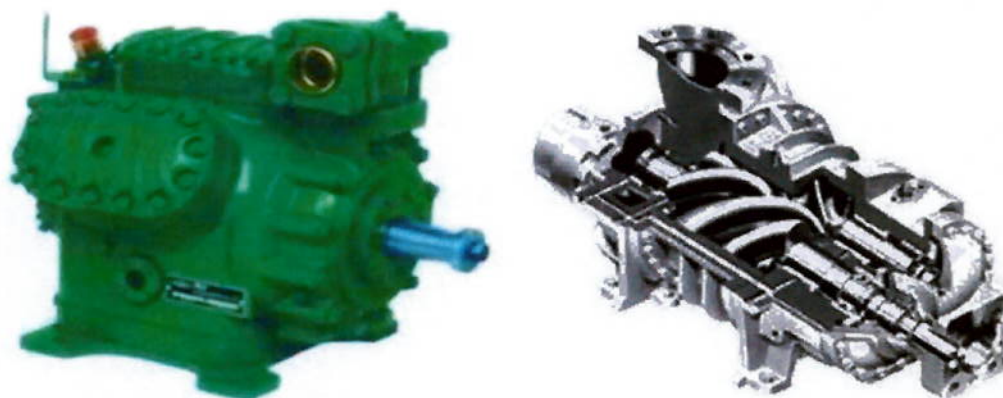


Figura 3.3 – Tipos de compressores

3.2.2 Condensador

Tem a função de rejeitar calor na fonte quente (ar externo ou água de condensação). Neste momento o refrigerante na alta pressão e alta temperatura, na fase de vapor, perde calor e se condensa passando à fase líquida.



Figura 3.4 – Compressor e condensador

3.2.3 Válvula de expansão e Capilar

Tem a função de regular a entrada de líquido no evaporador, promovendo a queda de pressão e temperatura do refrigerante, consegue-se isto com um estrangulamento na tubulação onde flui o refrigerante na forma líquida.



Figura 3.5 – Válvulas de expansão e capilares

3.2.4 Evaporador

Tem a função de evaporar o refrigerante, consegue isso promovendo a troca (absorção) de calor entre o líquido subresfriado e o ar de evaporação (do ambiente) até aumentar a temperatura do líquido ao ponto de ebulição. O refrigerante que veio da válvula de expansão a baixa temperatura, ao entrar no evaporador, absorve calor e se evapora. Ao sair do evaporador, na fase de vapor, o refrigerante é aspirado pelo compressor recomeçando o ciclo.

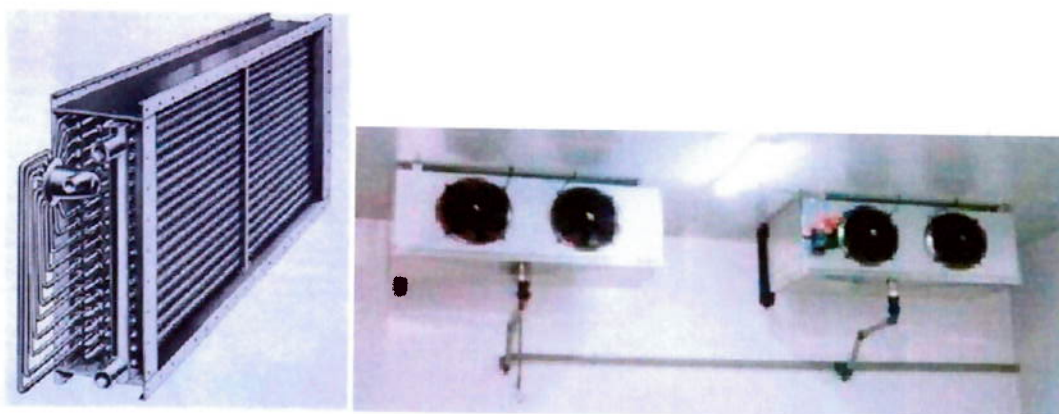


Figura 3.6 – Tipos de evaporadores

3.2.5 Funcionamento do sistema de condicionamento

Partindo dos componentes básicos, o funcionamento de um condicionador de ar dá-se da seguinte maneira:

- O refrigerante é comprimido, saindo do compressor como gás a alta pressão (em torno de 250/300 psi) e alta temperatura (70°C a 80°C) e chega ao condensador, onde é resfriado pelo ar ou pela água circulante, passando ao estado líquido com uma temperatura em torno de 35°C a 40°C e ainda a alta pressão.
- O refrigerante líquido chega à válvula de expansão, que é uma restrição, fazendo cair a pressão para 50 a 60 psi e temperatura para 0°C. Estes valores de pressão se referem ao R-22.
- No evaporador o líquido, a baixa pressão e temperatura, se evapora ao absorver calor do ar condicionado ou água gelada. Já sob forma de vapor, o refrigerante é aspirado pelo compressor fechando o ciclo.

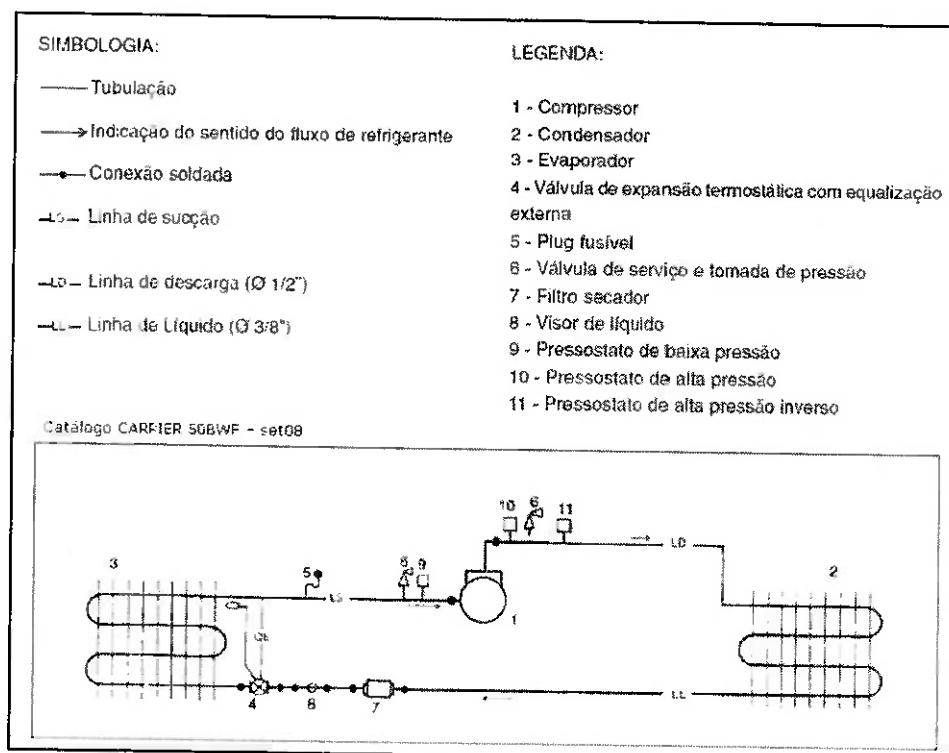


Figura 3.7 – Circuito frigorígeno

4. TIPOS DE SISTEMAS DE CONDICIONAMENTO UTILIZADOS EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Existem dois tipos de sistemas de condicionamento, definidos a partir da maneira pela qual procedem à troca de calor entre o sistema e o ambiente. São eles o de Expansão Direta e o de Expansão Indireta. Em ambos os casos o sistema condensação pode ser a ar ou a água.

No sistema de Expansão Direta, a troca de calor dá-se por meio do evaporador que contem o próprio fluido refrigerante. Ventiladores fazem a exaustão do ar do ambiente forçando-o a passar pelo evaporador, resfriando-o; depois, esse ar é novamente insuflado no ambiente.

Este tipo é mais indicado para edificações de pequeno a médio porte, tendo como vantagens a facilidade de implantação e simplicidade para operação e manutenção. Dentre eles os tipos mais comuns são os Aparelhos de Janela, os *Splits* e os *Self-Contained*.

No sistema de Expansão Indireta, é a água resfriada pelo evaporador que troca calor com o ambiente, por meio dos condicionadores distribuídos pela edificação. O ar do ambiente passa pelos condicionadores também forçado por ventiladores e voltando ao ambiente.

No resfriador o refrigerante passa pelo evaporador e resfria água que é pressurizada por meio de bombas em redes de distribuição pela edificação até chegar ao condicionador, também chamados de *fan coil*, onde troca calor com o ar do ambiente e retornando ao resfriador.

Este sistema é mais indicado para ambientes de médio a grande porte, requer controles complexos e mão de obra especializada para operação e manutenção.

Uma vez retirado o calor do ambiente, este deve ser rejeitado para a atmosfera e existem duas formas de fazê-lo: por meio de um sistema a ar ou de um sistema a água, ambos aplicáveis tanto ao sistema de expansão direta como de expansão indireta.

No primeiro caso diz-se que o sistema é do tipo condensação a ar; ou seja, o ar externo passa pelo condensador, forçado por ventiladores, retirando o calor para o ambiente externo.

No segundo caso dizemos que o sistema é do tipo condensação a água. Pelo condensador circula água bombeada, levando o calor até uma torre de condensação e retornando ao condensador. Na torre, essa água entra em contato com o ar externo, que é forçado por um ventilador, retirando assim o calor.

4.1. Sistemas de expansão direta

Neste sistema o refrigerante absorve o calor diretamente do ar do ambiente a ser condicionado.

4.1.1. Aparelhos de janela

São os chamados aparelhos de janela com condensador resfriado a ar. Seu uso é restrito apenas a pequenos ambientes, sem grandes exigências na qualidade, movimentação do ar e ruído. São utilizados basicamente para conforto humano.

Dispõe apenas de controle de temperatura por meio de um termostato que desliga o compressor quando a temperatura desejada é atingida.

São fabricados atualmente com capacidades variando de 7.000 BTU/h (0,6 TR) a 30.000 BTU/h (2,5 TR).

Nota: TR (tonelada de refrigeração) é a quantidade de calor necessária para derreter 1 tonelada curta de gelo (908 kg) a 0°C no período de 24 horas.

1 TR = 3.023 Kcal/h = 12.000 Btu/h

Devem ser instalados em uma parede externa, diretamente no ambiente condicionado, apresentando, por isto, o inconveniente do nível de ruído, mesmo para os modelos mais recentes dotados de compressores rotativos mais silenciosos.

Além disto, os condicionadores de janela não são adequados a instalação de dutos de distribuição de ar devido a seu ventilador de baixa pressão estática.

Alguns modelos de maior capacidade, na versão chamada mini-central, permitem a instalação de uma pequena rede de dutos, limitada, entretanto, a pressão estática disponível pelo ventilador.

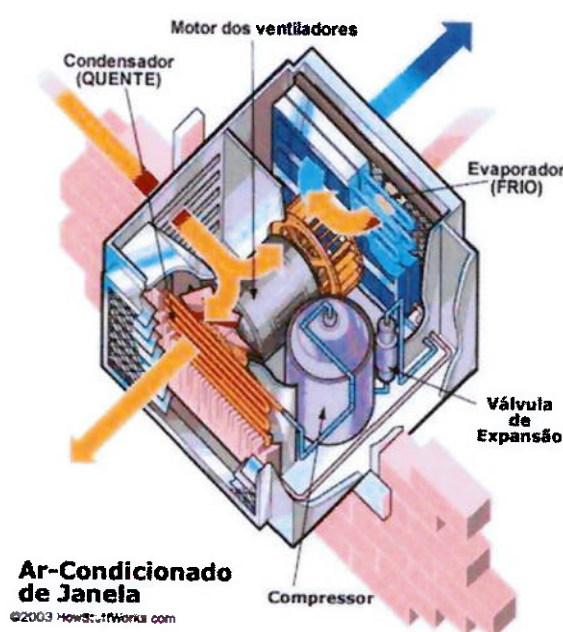


Figura 4.1 – Aparelho de ar condicionado de janela

4.1.2. Sistema *self-contained* com condensação a ar

São equipamentos semelhantes aos condicionadores de janela, dispondo, entretanto, de maiores proteções, tais como pressostatos de alta e baixa pressão e válvulas de segurança no circuito frigorífico, sendo adequados para instalação em casas de máquinas com dutos de distribuição de ar (instalações centrais), reduzindo com isso o nível de ruído nos ambientes condicionados. São fabricados com capacidades nominais de 5 TR, 7,5 TR, 10 TR, 12,5 TR e 15 TR, podendo ter um ou dois compressores, dependendo do modelo.

Os equipamentos de menor porte podem ser instalados diretamente no ambiente condicionado desde que disponha de parede externa para que o condensador possa trocar calor com o meio ambiente tendo ainda, opcionalmente, a possibilidade de ter um condensador remoto, sendo o insuflamento de ar feito por meio de caixa *plenum* dotada de grelha. Entretanto, esse tipo de instalação, tal como nos aparelhos de janela, apresentam o inconveniente do nível de ruído mais elevado.

Os condicionadores permitem ainda, quando associados a conjuntos de aquecimento e/ou umidificação, manter um controle mais rigoroso de temperatura e umidade.

Além disto, por dispor de ventiladores no evaporador com disponibilidade de maior pressão estática, possibilitam a instalação de filtros mais eficientes e redes de dutos, garantindo uma melhor distribuição e movimentação de ar.

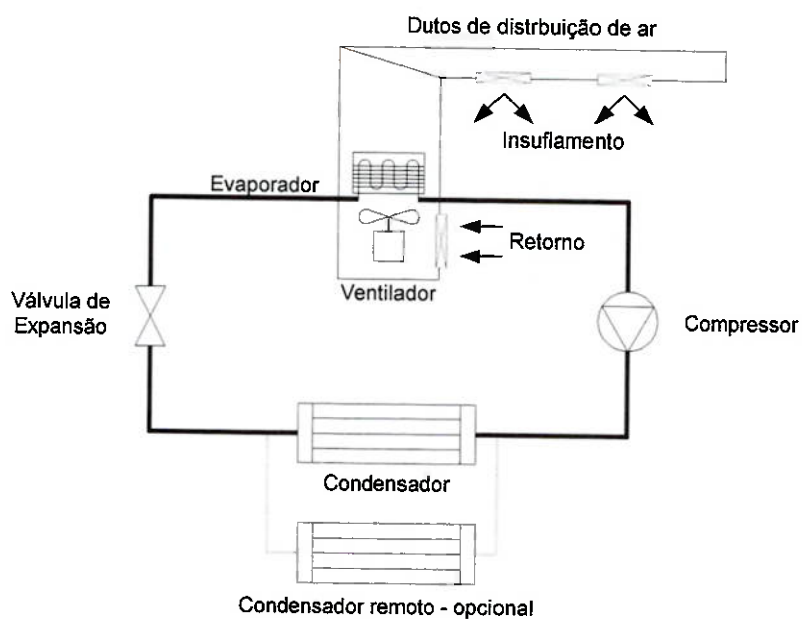


Figura 4.2 – Esquemático de sistema *self-contained* com condensação a ar



Modelo SCIH da TRANE

Figura 4.3 – Equipamento *self-contained* com condensação a ar – sem os acabamentos

4.1.3. Sistema *self-contained* com condensação a água

Apresentam as mesmas características dos condicionadores compactos com condensação a ar, com a diferença de que o condensador é resfriado a água. Devido a este fato, os mesmos podem ser instalados em casas de máquinas centrais, sem paredes externas.

A água para o condensador circula normalmente por meio de bombas e é resfriada em uma torre de resfriamento. A torre também possui uma entrada de água para compensar as perdas por evaporação da água de condensação.

Os condicionadores *self-contained* com condensação a água são fabricados nas capacidades nominais de 3 TR, 5 TR, 7,5 TR, 10 TR, 12,5 TR, 15 TR, 20 TR, 25 TR, 30 TR, 35 TR e 40 TR.

O condensador pode ser do tipo *tube and tube* composto basicamente de um tubo de cobre por onde circula o refrigerante, montado internamente a outro onde circula água para resfriamento. Para reduzir espaço, os tubos são montados em espiral.

A outra opção de condensador é do tipo *shell and tube*, composto por feixe de tubos de cobre colocado no interior de uma carcaça de aço, sendo que a água passa no interior dos tubos.

O condensador tipo *shell and tube* apresenta a vantagem de ser mais facilmente limpo de incrustações retirando-se as tampas e limpando-se internamente os tubos utilizando-se varetas providas de escovas nas extremidades, enquanto que o *tube and tube* somente admite limpeza química.

Este tipo de instalação admite que uma única torre de resfriamento possa ser utilizada para atender a vários condicionadores.

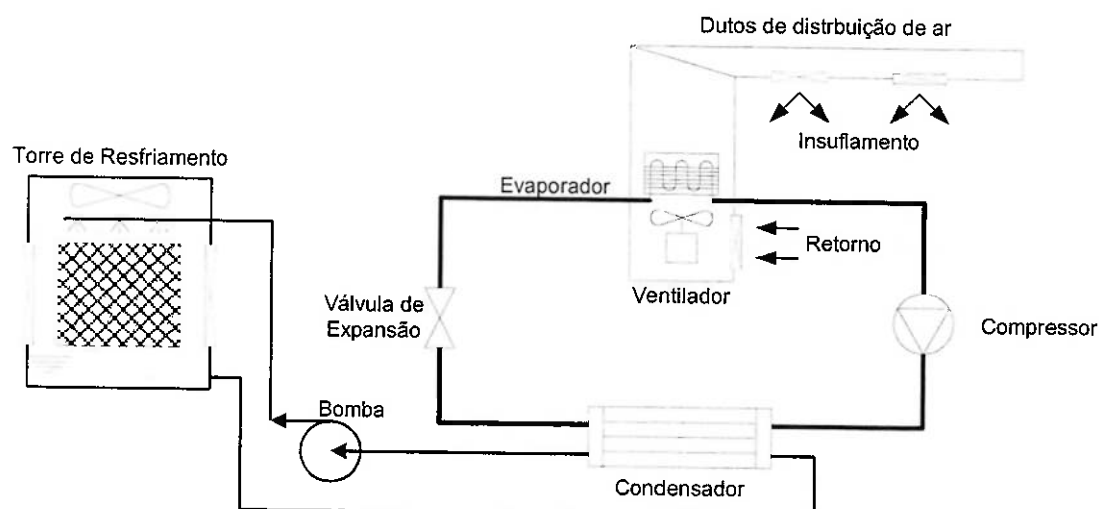


Figura 4.4 – Esquemático de sistema *self-contained* com condensação a água

4.1.4. Sistemas divididos

Os condicionadores de ar com condensação a ar podem ser fabricados com dois gabinetes separados interligados por tubos de cobre. Dependendo da localização do compressor, eles podem ser denominados de condensador remoto, caso o compressor fique instalado no mesmo gabinete da unidade evaporadora ou então *split system* se o compressor for instalado na unidade condensadora.

A unidade evaporadora dos aparelhos de menor capacidade pode ser instalada diretamente no ambiente condicionado, sendo o ar insuflado por meio de grelhas colocadas no próprio gabinete ou em caixa *plenum*.

Uma vez que o condensador fica em um gabinete separado, o aparelho apresenta a vantagem de poder ser instalado em ambientes ou casas de máquinas internas sem parede externa.

Os condicionadores tipo *split system* apresentam a vantagem de menor nível de ruído comparado com os do tipo condensador remoto, entretanto, além de necessitar do isolamento térmico da linha de sucção do compressor, exige maiores cuidados no projeto e execução para possibilitar o adequado retorno do óleo ao compressor.

A distância possível entre as unidades evaporadora e condensadora depende do tipo de equipamento (*split* ou condensador remoto) e da perda de carga nas tubulações.

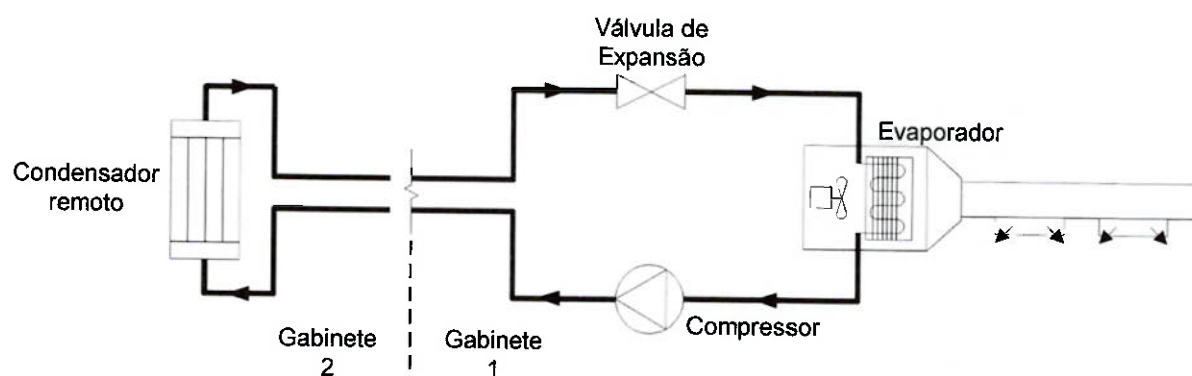


Figura 4.5 – Esquemático de sistema dividido com condensador remoto



Figura 4.6 – Condensador remoto

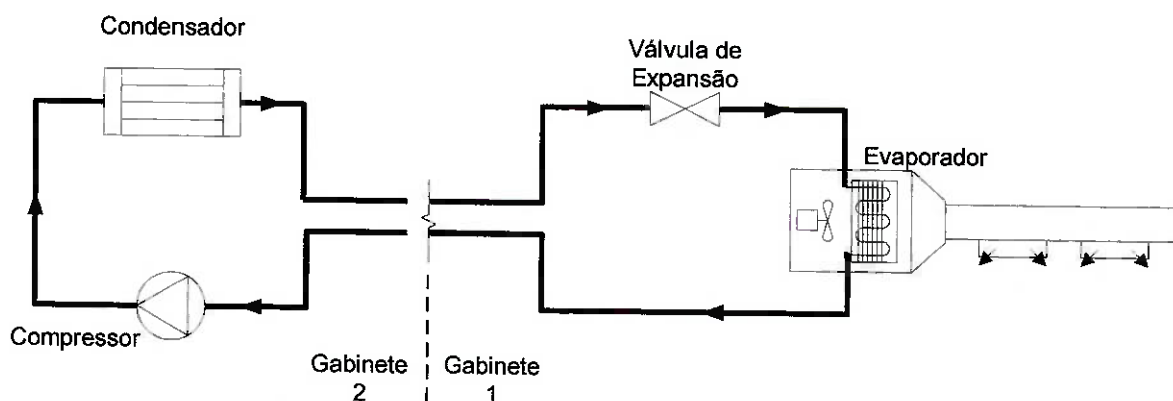


Figura 4.7 – Esquemático de sistema *split*

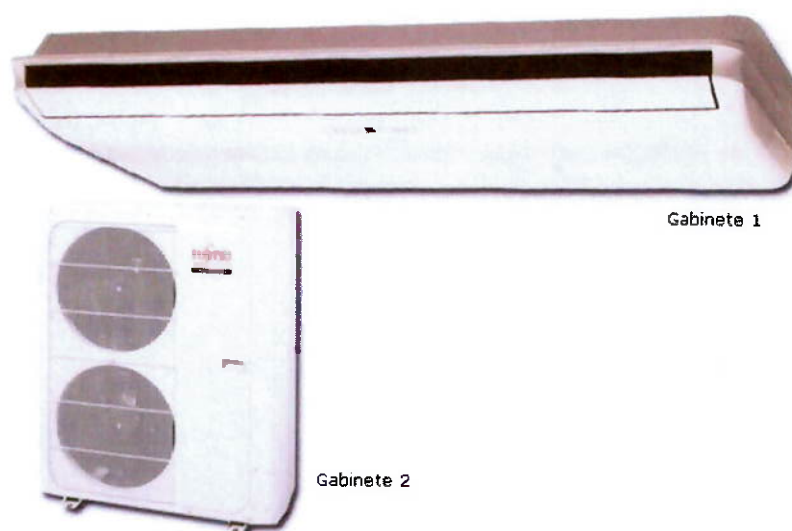


Figura 4.8 – Sistema *split*

Este tipo de sistema é ideal para pequenos ambientes, escritórios, e residências. É encontrado nas capacidades desde 0,6 a 5 TR.

A unidade evaporadora – gabinete 1 – também pode ser dividida em até 4 gabinetes. São sistemas conhecidos como *multi-splits* e podem ser controladas individualmente e estar localizadas em ambientes distintos.

Sistema Multi Split / VRV – Volume de Refrigerante Variável

É um sistema de expansão direta que pode trabalhar com fluxo de refrigerante variável devido às características de funcionamento do compressor e do sistema de controle. A designação *multi* decorre da capacidade que o sistema possui de permitir a instalação de várias unidades evaporadoras para cada unidade condensadora. Desenvolvido especialmente para residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte este sistema vem ganhando destaque e tem sido aplicado muitos projetos novos.

É um sistema de expansão direta que utiliza o conceito de variação do volume de refrigerante comprimido que circula no sistema. Esta variação é provocada pela alteração freqüência de rotação do compressor de refrigeração. Isto se traduz em controle de capacidade e consumo de energia compatíveis com a carga requisitada pelo sistema. Este sistema requer alta tecnologia de automação.

Desvantagens: em sistemas de grande porte e alta capacidade a sua aplicação é questionada em virtude da quantidade de equipamentos utilizados, quantidade de refrigerante circulante pelo edifício, grau de filtragem disponível e manutenção requerida.

Vantagens: economia de energia; baixo custo de manutenção; pouco espaço requerido para instalação; maior conforto ao usuário em função de nível de ruído mais baixo; variação de temperatura máxima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; operação em ciclo reverso no inverno. controles remotos sem fio; autoreligamento em caso de falta de energia; maior segurança de operação, pois uma eventual falha de compressor afeta no máximo cinco evaporadoras; auto-diagnóstico de falha para todos os componentes dos sistemas, o que reduz a chance de falha grave; maior segurança ao usuário, pois a manutenção se restringe à limpeza dos filtros e lavagem das serpentinas, efetuada com reduzido número de operadores e com grande espaçamento no tempo; menor custo de implantação; melhores condições de saúde ao usuário, pois grande parte dos

duto é eliminada e com eles, os focos de possível contaminação, além de que os evaporadores acusam a necessidade de limpeza dos filtros, a variação máxima de temperatura de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, também é fator importante.

Uma unidade condensadora pode atender até 16 unidades evaporadoras a uma distância de até 180m. As unidades evaporadoras podem ser controladas individualmente pelo usuário.



Figura 4.9 – Sistema VRV – Unidade Condensadora

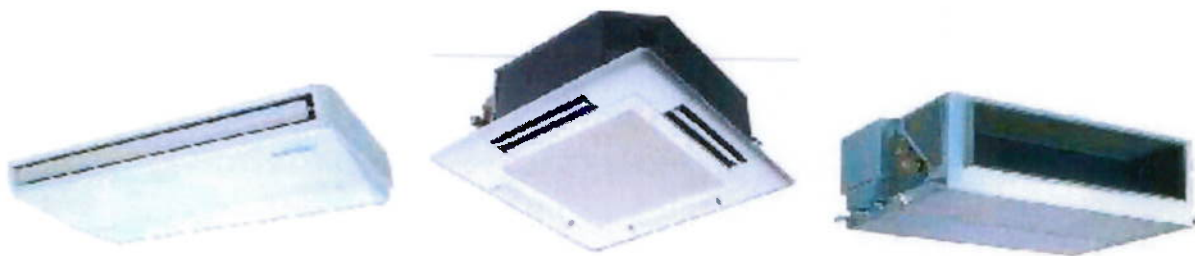


Figura 4.10 – Sistema VRV – 3 tipos de Unidades Evaporadoras

4.2. Sistemas de expansão indireta

Neste sistema o refrigerante resfria um meio intermediário (por exemplo: água) que, por sua vez, passa em uma serpentina que irá resfriar o ar a ser insuflado no ambiente.

O sistema de ar condicionado tipo expansão indireta é composto de vários equipamentos interligados, compreendendo:

- Gerador de água gelada (*chiller*);
- Climatizadores (*fan coils*);
- Bombas de circulação de água gelada.



Figura 4.11 – *Chiller* com condensação a ar



Figura 4.12 – *Chiller* com condensação a água



Figura 4.13 – *Fan coil*

No caso de condensação a água inclui ainda:

- Torre de resfriamento;
- Bomba de circulação de água de condensação.



Figura 4.14 – Torre de resfriamento

Os sistemas de expansão indireta ainda podem possuir termo-acumulação com tanque de gelo ou de água gelada para economizar dinheiro nas despesas com energia elétrica.

O resfriamento do ar a ser insuflado no ambiente é feito pelos climatizadores (*fan coils*) compostos basicamente de um ventilador para circulação do ar e uma serpentina por onde circula água gelada, montados em um gabinete termicamente isolado. A água gelada necessária ao sistema é produzida pelo gerador de água gelada (*chiller*) é circulada em circuito fechado até os

diversos climatizadores. Estas tubulações também são termicamente isoladas.

Nos sistemas de expansão indireta, o controle de temperatura no ambiente é geralmente feito por meio do controle da vazão de água gelada que passa pela serpentina. Para os climatizadores de menor capacidade, esse controle é do tipo *ON-OFF* (liga-desliga), enquanto que os de maior capacidade possuem válvulas motorizadas modulantes que deixam passar pela serpentina apenas a quantidade de água necessária para atender a capacidade requerida naquele momento. Este é o tipo de sistema mais adequado quando se necessita um rigoroso controle das condições internas de um determinado ambiente.

O sistema de expansão indireta possui ainda a vantagem de se ter uma casa de máquinas central, também conhecida por CAG – Central de Água Gelada, onde se concentra praticamente toda a manutenção, uma vez que os climatizadores, por disporem apenas de ventilador, serpentina e válvula de água gelada, necessitam pouca manutenção.

Outra vantagem é que se pode ter climatizadores em cada ambiente, garantindo assim um controle para cada usuário. Nesta solução o ruído também fica concentrado na casa de máquinas central. Uma mesma CAG processa água gelada para vários climatizadores.

A distribuição do ar assim resfriado pelos dos climatizadores também pode ser feita em vários ambientes por meio de uma rede de dutos dotados de isolamento térmico.

É muito comum que nas representações esquemáticas dos sistemas de expansão indireta o ciclo de refrigeração fique subentendido como parte interna do *chiller*.

4.2.1. Sistema de expansão indireta com condensação a ar

Os resfriadores de líquido possuem circuito frigorífico igual aos condicionadores de ar de expansão direta, com a diferença que ao invés de resfriar o ar em uma serpentina, possuem no evaporador um trocador de calor para resfriamento de líquido, normalmente água. São fabricados nas capacidades de 5 TR até 400 TR.

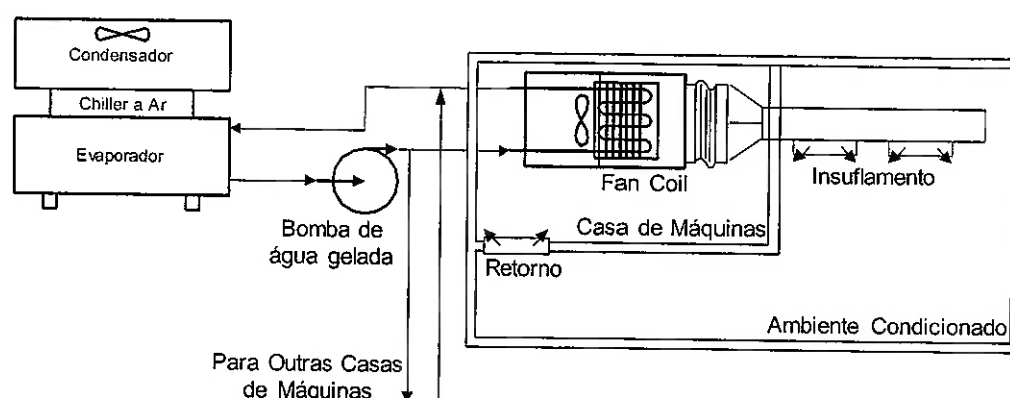


Figura 4.15 – Esquemático de sistema de expansão indireta com condensação a ar

4.2.2. Sistema de expansão indireta com condensação a água

Os resfriadores de líquido possuem circuito frigorífico igual aos condicionadores de ar de expansão direta com condensação a água, com a diferença que ao invés de resfriar o ar em uma serpentina, possuem no evaporador um trocador de calor para resfriamento de líquido, normalmente água. São fabricados nas capacidades de 20 TR até 1000 TR.

Os resfriadores de líquido dependendo do tipo de compressor utilizado são usualmente conhecidos por *chiller*, caso sejam dotados de compressores alternativos ou ainda centrífugas, caso sejam dotados de compressores rotativos centrífugos.

Alguns fabricantes dispõem ainda de compressores do tipo parafuso ou ainda compressores abertos com acionamento por polias e correias ou luvas elásticas.

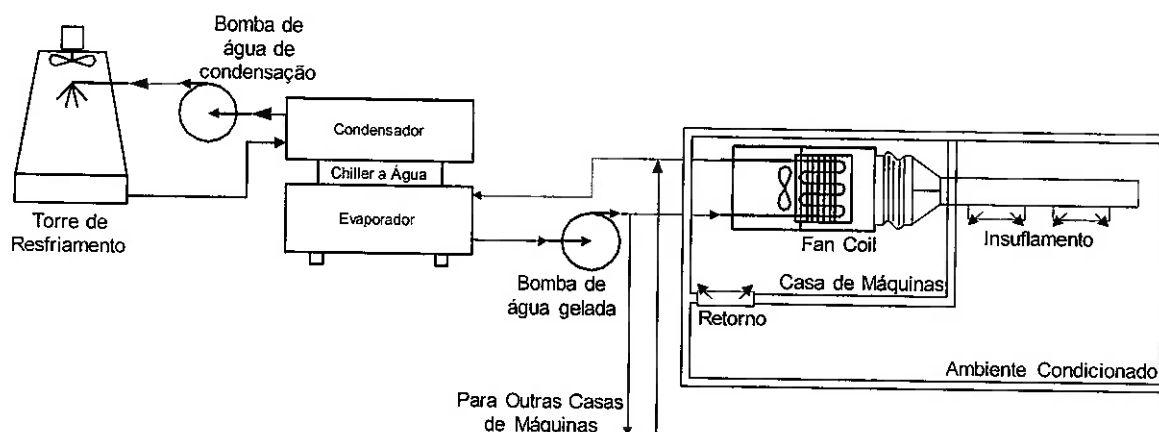


Figura 4.16 – Esquemático de sistema de expansão indireta com condensação a água

4.2.3. Climatizadores (*fan coils*)

Os climatizadores são os equipamentos destinados a resfriar o ar que será insuflado no ambiente a ser condicionado. São equipamentos simples, compostos basicamente de ventilador e serpentina por onde circula a água gelada.

Devido ao fato da capacidade de um climatizador ser em função da vazão e diferença de temperatura da água gelada e também da vazão de ar, eles são normalmente identificados pela vazão de ar. A capacidade em TR também é usada para sua identificação.

As temperaturas de água gelada normalmente utilizadas para conforto estão na faixa de 5°C a 7°C com diferencial em torno de 5,5°C entre a entrada e a saída da serpentina. Em alguns sistemas com termo-acumulação utiliza-se

diferenciais de até 10°C para melhor aproveitamento da capacidade armazenada nos tanques.

Existem climatizadores de pequena capacidade para utilização em pequenos ambientes, onde se deseja um controle individual de temperatura (ex.: quartos de hotéis).

Também existem climatizadores com vazão de ar entre 1800 e 41.000 m³/h adequados para uso com dutos de distribuição de ar com perdas de pressão de até 150 mmca (ex.: bancos, escritórios e instalações em grandes áreas).

4.2.4. Termo-acumulação

A termo-acumulação é uma solução utilizada como uma forma de redução dos custos operacionais com energia elétrica para o sistema de ar condicionado. Esta economia é conseguida uma vez que a termo-acumulação proporciona uma redução da energia consumida num período do dia em que a tarifa é mais cara (horário de ponta), transferindo a produção de água gelada para um horário fora do horário de ponta e fora do horário de produção normal, o que geralmente ocorre à noite.

A carga térmica necessária na maioria das instalações de ar condicionado é variável, devido ao fato de serem também variáveis a carga de insolação e a própria ocupação dos ambientes, por isso o investimento em termo-acumulação começa a ser amortizado logo na instalação do sistema, pois a termo-acumulação permite uma redução da potência de ar condicionado instalada, uma vez que, ao contrário de uma instalação convencional, a capacidade do sistema não tem que ser baseada no horário de maior carga térmica, permitindo assim, a instalação de equipamentos de menores capacidades e mais baratos, que nos horários de ponta contam com a complementação de energia térmica acumulada em outro horário, evitando

que os mesmos fiquem ociosos na maior parte do tempo e reduzindo o tamanho e custo das instalações e da demanda contratada de energia elétrica.

4.2.4.1. Termo-acumulação com tanque de água gelada

É o meio mais simples e eficiente de armazenamento térmico. Durante o período no qual a carga térmica é reduzida ou no qual a instalação não está sendo utilizada, os *chillers* são ligados para armazenar água gelada em reservatórios isolados termicamente.

Os reservatórios podem ser construídos tanto em chapa de aço como em concreto, sendo constituídos com várias câmaras interligadas segundo a técnica denominada “labirinto” ou mesmo em tanques unicelulares do tipo estratificado que reduzem as perdas por mistura e transmissão, aumentando a eficiência dos mesmos.

O tanque de água gelada tem algumas limitações:

- O volume – é superior a solução de acumulação com gelo e em determinadas obras não há espaço disponível ou o espaço tem elevado valor comercial.
- A pressão – para pressões elevadas o tanque se torna inviável economicamente, o que limita a aplicação para prédios mais baixos.
- O peso – devido ao seu grande volume e peso pode requer estruturas caras para sua instalação.

4.2.4.2. Termo-acumulação com tanque de gelo

Os tanques de gelo, diferentemente dos tanques de água gelada, necessitam de dois ciclos distintos:

- Ciclo de carga ou produção de gelo, no qual é formado gelo no interior dos tanques.
- Ciclo de descarga ou queima, no qual é consumido o gelo previamente acumulado.

Existem diferentes tipos de tanques com diferentes concepções de acumulação de gelo de acordo com a tecnologia de cada fabricante.

Nos sistemas de termo-acumulação em gelo é necessário a introdução na água do circuito de água gelada de uma substância, geralmente etilenoglicol ou propilenoglicol, cuja função principal é abaixar o ponto de congelamento da água permitindo a formação de gelo nos tanques. Esta mistura irá circular através do *chiller* e dos *fan coils*.

No ciclo de consumo ou queima, a solução de água e etilenoglicol é resfriada ao passar pelos tanques, saindo do tanque a uma temperatura em torno de 2° C, sendo misturada com a solução proveniente do *chiller*, a uma temperatura mais elevada e enviada novamente aos climatizadores a uma temperatura em torno de 5°C a 7°C.

As limitações deste tipo de sistema também se referem ao peso e ao volume dos tanques, embora não sejam tão significativas quanto no caso dos tanques de água gelada. O preço do *chiller* também aumenta pois vai requerer controle e capacidade para operar com dois ajustes de temperatura diferentes, um para a operação normal (5°C a 7°C) e outro para fabricação de gelo, perto de -20°C.

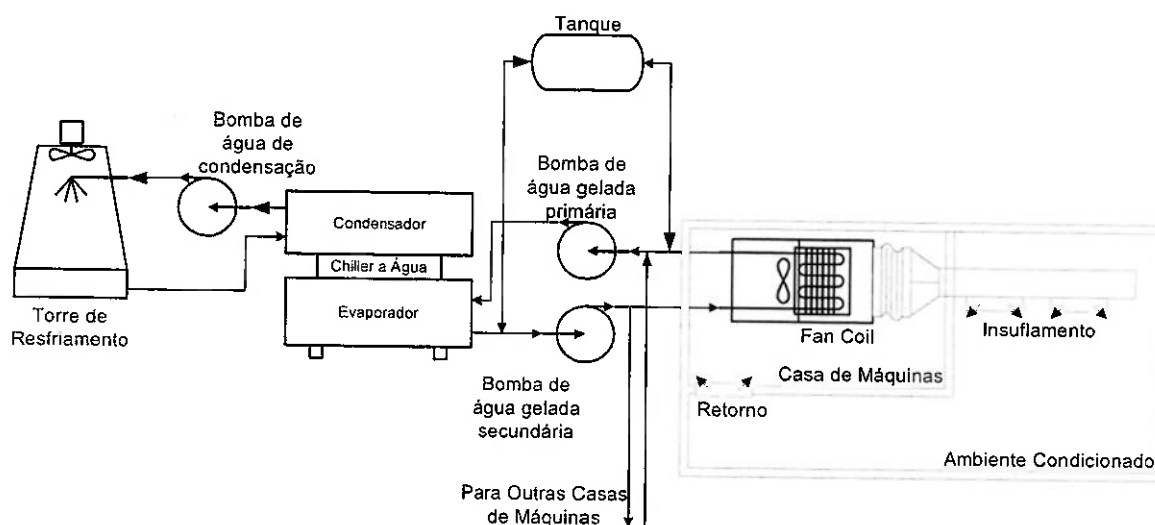


Figura 4.17 – Esquemático de sistema com tanque para termo-acumulação

4.2.5. Sistema com insuflamento pelo piso

Ainda não é muito utilizado nos nossos projetos de edifícios de escritórios para conforto dos usuários, porém tem larga aplicação em instalações que abrigam sistemas operacionais de alguma espécie, por exemplo, CPDs – Centrais de Processamento de Dados.

Geralmente utiliza condicionadores do tipo *fan coil*, instalados em uma sala contígua ao ambiente, que insuflam o ar em um espaço entre o piso do pavimento a ser condicionado e um piso falso (também chamado de piso elevado). A utilização de dutos é pouco comum e limita a flexibilidade nas alterações de layout. A distribuição do ar é feita por meio de difusores instalados diretamente no piso elevado. O retorno do ar normalmente dá-se pelo entreferro.

Esse sistema permite certa economia de energia na medida em não exige que se condicione todo o volume de ar do ambiente, e a porção superior pode ficar numa temperatura um pouco mais alta.

O projeto desse tipo de sistema exige maiores cuidados para não criar fluxos de ar que sejam desconfortáveis para as pessoas.

Também requer especial atenção no sistema de filtragem e limpeza, pois o ar circula por zonas de maior concentração de sujidades e pó, podendo comprometer a qualidade do ar.

Uma particularidade deste sistema, não menos raro de se ver, é o insuflamento individual. Pequenos dutos, que derivam de um duto principal localizado sob o piso elevado, montados na própria estação de trabalho e que terminam em pequenos difusores, permitem ao usuário o controle individual da climatização. Este sistema exige alto grau de automatização e controle, por isso também é caro.

4.2.6. Sistema de teto frio

Da mesma forma também não é comum encontrarmos o sistema de condicionamento de teto frio nos edifícios de escritórios. Este sistema utiliza em parte o princípio da convecção para condicionar o ambiente, ou seja, aproveita a característica física do ar frio que desce enquanto que o ar quente sobe para ser resfriado; e em parte o princípio da radiação para efetuar as trocas de calor.

As placas podem ser montadas por zonas e a vazão da água gelada pode ser controlada por válvulas de duas vias, possibilitando melhor controle da temperatura ambiente.

Basicamente compõem-se de um conjunto de serpentinas tubulares montadas em placas junto ao teto. Pelas serpentinas circula água gelada, sendo, portanto, um sistema de expansão indireta.

Esse sistema requer menores investimentos em equipamentos, pois não utiliza os condicionadores tradicionais, tem menor custo de manutenção, é silencioso e não provoca fluxos de ar.

O projeto deve ser cuidadoso quanto às possibilidades de condensação da umidade presente no ar, o que pode requerer alto grau de automação e elevar os custos de instalação.

5. MANUTENÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS

Desde os primórdios da civilização o homem percebeu que era preciso manter afiadas suas ferramentas de madeira e pedra lascada e em condições de uso os seus rústicos utensílios e vestimentas. Nasce a manutenção.

No século XVI com a invenção e o desenvolvimento da máquina a vapor e depois, já no século XVIII, época em que aquele que projetava as máquinas, treinava as pessoas para operarem e consertarem, intervindo apenas em casos mais complexos; o operador era o mantenedor – mecânico.

Somente quando as máquinas passam a serem movidas, também, por motores elétricos, é que surge a figura do mantenedor eletricitista e então, na revolução industrial a manutenção, como atividade profissional, tornou-se amplamente reconhecida.

A manutenção é então discutida, normatizada e classificada. Novos métodos e técnicas de execução surgem a todo instante, recursos para medição de parâmetros de controle também auxiliam no seu desenvolvimento.

O crescimento e o desenvolvimento das técnicas de produção, não só em tamanho, mas também em complexidade exigiu da manutenção desenvolvimento semelhante a fim poder atender os novos requisitos.

Hoje a manutenção ganha destaque nas organizações, é considerada área chave e fator crítico de sucesso para o resultado das empresas, notadamente no setor industrial e mais recentemente no de serviços, onde a qualidade do ambiente de trabalho e o suporte às atividades representam diferencial competitivo.

Neste contexto temos a manutenção predial, compreendendo uma enorme gama de atividades a fim de fornecer as melhores condições de

habitabilidade e uso dos sistemas prediais propiciando aos usuários um ambiente adequado ao desenvolvimento das atividades produtivas.

5.1. Termos e definições na manutenção predial

A norma NBR 5462 – Confiabilidade e Manutenibilidade – define manutenção como a combinação de todas as atividades técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Para ALMEIDA (2001), manutenção é cuidar para que os sistemas apresentem disponibilidades e *performance* quando solicitados a operar e fazer com que as equipes de manutenção venham trabalhar visando transformar positivamente as situações de trabalho, num processo de melhoria contínua, quebrando paradigmas e inovando a cada projeto.

Já BRANCO FILHO (1996), manutenção é o conjunto de atividades técnicas e administrativas cuja finalidade é conservar ou restituir a um item as condições que lhe permitem realizar sua função.

No campo específico da manutenção predial temos:

- Na NBR 5674 – Manutenção de Edificações / Procedimentos – manutenção é o conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários.
- Para GOMIDE (2006), é o conjunto de atividades e recursos que garanta o melhor desempenho da edificação para atender às

necessidades dos usuários, com confiabilidade e disponibilidade, ao menor custo possível.

As definições acima têm em comum dois conceitos fundamentais: um de “manter” ou “conservar” e ou outro de “restituir” ou “recuperar”. Estes são, pois, os dois tipos de manutenção: a *manutenção preventiva* e a *manutenção corretiva*.

5.2. Tipos e conceitos de manutenção predial

Nos tópicos a seguir serão abordados os tipos e conceitos sobre a manutenção predial:

Tradicionalmente conhecida e aplicada pelos profissionais da área de manutenção temos uma clássica divisão da manutenção em dois tipos a saber: a *manutenção preventiva* e a *manutenção corretiva*.

5.2.1. Manutenção preventiva

Sob o conceito de conservação, tem por objetivo evitar a deterioração ou quebra futura. São atividades programadas, periódicas, em datas pré-estabelecidas segundo critérios técnicos e administrativos baseados em dados estatísticos, históricos, horas de funcionamento, performance ou recomendação do fabricante. Visa também aumento da vida útil e reduz a manutenção corretiva. Possui custo elevado.

5.2.1.1. Manutenção preditiva

É outra forma de manutenção preventiva e é uma atividade que visa determinar se uma intervenção é ou não necessária em um determinado ativo, por meio da monitoração de suas condições funcionais, a fim de prever e apontar eventuais anomalias, além de direcionar e implementar os procedimentos de manutenção preventiva, sendo implantada junto com esta. Previne falha iminente ou processos falhos que também possam causar outras falhas. Exige conhecimento técnico e o uso de tecnologias, tais como termografia, análise de vibrações, ultrassonografia, entre outros. Tem alta confiabilidade, aumenta a disponibilidade operacional e a vida útil dos equipamentos e sistemas, além de proporcionar menor custo operacional.

5.2.2. Manutenção corretiva

Visa a correção de falhas e defeitos imprevistos e tem interferência na execução de serviços programados. Implica, necessariamente, na paralisação de um sistema por prazo curto ou longo. Possui custos diretos e indiretos certamente mais elevados que as outras técnicas. Apresenta três tipos de ações:

- a) *ações de emergência*: quando exige ações imediatas e geralmente tem riscos para os usuários ou a propriedade;
- b) *ações de urgência*: quando exige ações rápidas que se ocorrerem podem conduzir a emergências;
- c) *ações de rotina*: que são programadas e tem maior percepção pelos usuários;

5.2.3. Políticas de manutenção

Normalmente as políticas são determinadas pela direção das organizações e definem como será o padrão de atuação dos gestores em relação às técnicas que serão aplicadas. Vários fatores influenciam essa decisão: importância das instalações para a atividade principal da organização – *core business*, disponibilidade de recursos, qualificação da equipe técnica, tempo disponível, entre outros.

De forma sucinta e para ilustrar esse conceito, extraímos das notas de aula de GRAÇA, 2007, as seguintes definições sobre algumas políticas de manutenção cujas denominações tem sido larga e tradicionalmente sido utilizada pelos profissionais da área.

5.2.3.1. Manutenção proativa (detectiva)

É atividade que visa apurar a causa de problemas e falhas para a sua análise, auxiliando-nos nos planos de manutenção. É a engenharia da manutenção. Procura saber por que o defeito ou falha aconteceu e como eliminar sua causa, podendo assim fornecer a realimentação do próprio planejamento da manutenção e mesmo novos projetos.

5.2.3.2. Manutenção com base no estado

Hoje largamente difundida entre os profissionais da área, tem como característica principal o bom senso, a disponibilidade, a melhoria contínua e a eliminação de desperdícios. Promove redução de custos e a racionalização das atividades operacionais atendendo as necessidades sob

demanda. Exige profundo conhecimento das instalações e das características dos equipamentos, assim como freqüentes vistorias e avaliação de seu estado.

5.2.3.3. Manutenção centrada na confiabilidade

Geralmente aplicada a equipamentos, instalações e sistemas que exige alto grau de *performance*, onde as falhas podem causar grandes danos e perdas materiais ou mesmo vidas. Tem por base troca de componentes com base no número de horas de funcionamento, independentemente do seu estado, segue rigoroso plano de manutenção preventiva e possui altos custos. É muito utilizada na indústria ou aos setores de serviços que exigem grande confiabilidade (por exemplo, em *Data Centers*).

5.2.3.4. Manutenção produtiva total

Trata-se de uma filosofia estratégica operacional, que envolve a todos na organização, desde o operador até a alta gerencia, na melhoria e otimização na utilização dos equipamentos. Possui foco no equipamento e não na produção, pois busca eliminar qualquer tipo de perda funcional no mesmo. Requer conhecimento e envolvimento de todos os departamentos ligados ao equipamento. Possui elevado custo e alta qualidade. Também é voltada à atividade industrial.

5.2.4. Tipos de tarefas de manutenção

A programação da manutenção deve ser feita para assegurar que as intervenções sejam realizadas no momento certo garantindo a continuidade da operação. Para tanto deve-se estabelecer prioridades para os serviços, sistemas e equipamentos segundo critérios de importância, aspectos operacionais, de produção, localização, interdependência e custos. As tarefas serão então classificadas como: críticas, urgentes, prioritárias e rotineiras.

5.2.4.1. Tarefas críticas

Incluem equipamentos e sistema que devem operar mais que 90% do tempo e são vitais para o negócio da organização.

5.2.4.2. Tarefas urgentes

São os serviços importantes para o funcionamento da facilidade.

5.2.4.3. Tarefas prioritárias

São os serviços importantes para o funcionamento da facilidade, mas que disponham de sobressalentes.

5.2.4.4. Tarefas rotineiras

Aplicam-se aos equipamentos excluídos das categorias acima e que devem trabalhar da forma mais econômica possível.

6. IMPORTÂNCIA E PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

Há uma imensa variedade de edifícios de escritório dotados de sistemas de condicionamento cujos tipos e modelos são igualmente variados; porém, todos têm em comum a necessidade de atender às finalidades para as quais foram concebidos.

As normas e a legislação estabelecem padrões construtivos e os parâmetros mínimos de funcionamento que devem ser alcançados quando o sistema está em operação, mas não ensinam “como” fazê-lo.

Por outro lado, o pessoal técnico de administração, gerenciamento, operação e manutenção desses sistemas também se apresentam com os mais variados perfis de formação e comportamento.

Diante deste quadro pretende-se estudar como o Gerente de Facilidades deve abordar o sistema de condicionamento, independentemente do tipo ou aplicação, para dele obter o melhor resultado operacional.

6.1. A importância da manutenção

A manutenção de edificações é um tema que vem ao longo dos anos ganhando importância no setor imobiliário, superando, gradualmente, a cultura de se pensar que as edificações são bens perenes e, uma vez entregues pela construtora, não mais necessitam de atenção.

Como já visto, as edificações são o suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas, e possuem, portanto, um valor social fundamental. Entretanto, apresentam uma característica que as diferencia de outros produtos: elas são construídas para atender seus usuários

durante muitos anos, e ao longo deste tempo de serviço devem apresentar condições adequadas ao uso que se destinam, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais.

Sob o ponto de vista econômico e também pelo ambiental é inconcebível considerar as edificações como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas construções quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido pelos seus usuários. Isto exige que se tenha em conta a manutenção das edificações existentes, e mesmo as novas edificações construídas, tão logo colocadas em uso, agregam-se ao estoque de edificações a ser mantido em condições adequadas para atender as exigências dos seus usuários. A tendência normal é, portanto, uma demanda sempre crescente.

Segundo a ABNT (2008), estudos realizados em diversos países, para diferentes tipos de edificações, demonstram que os custos anuais envolvidos na operação e manutenção das edificações em uso variam entre 1% e 2% do seu custo inicial. Este valor pode parecer pequeno, porém acumulado ao longo da vida útil das edificações chega a ser equivalente ou até superior ao seu custo de construção.

Na BR Properties os custos de operação e manutenção para as áreas e instalações de uso comum chegam, em média, a 2,5% do valor de aquisição dos imóveis (edifícios de escritórios), excluídos os fundos para reformas e recuperação dos ativos.

Por outro lado, é comum constatarmos a omissão em relação à necessária atenção para a manutenção das edificações, sobretudo bens públicos, que são retiradas de serviço muito antes de cumprida a sua vida útil projetada (pontes, viadutos, escolas), causando muitos transtornos aos seus usuários e um sobrecusto em intensivos serviços de recuperação ou construção de novas edificações. Seguramente, pior é a nossa obrigatória tolerância, por falta de alternativas, ao uso de edificações cujo desempenho atingiu níveis

inferiores ao mínimo recomendável para um uso saudável, higiênico ou seguro. Tudo isto possui um custo social que não é contabilizado, mas se reflete na qualidade de vida das pessoas.

A manutenção tem, portanto, relevante participação no desempenho econômico e no custo global das edificações e não pode ser feita de modo improvisado e casual. Ela deve ser entendida como um serviço técnico, cuja responsabilidade exige capacitação. Para se atingir maior eficiência na administração de uma edificação ou de um conjunto de edificações, é necessária uma abordagem fundamentada em procedimentos organizados em um sistema de manutenção muito bem planejado. Um criterioso controle de custos e a constante investigação da satisfação dos usuários vão proporcionar o melhor desempenho técnico e econômico das edificações.

Especificamente em relação ao sistema de condicionamento, como já abordado no início deste trabalho, seu funcionamento está diretamente relacionado ao desempenho de seus usuários e pode ser considerado fator crítico de sucesso para a atividade das organizações, cabendo à operação e manutenção dos sistemas a responsabilidade pelo cumprimento destes objetivos.

6.2. A terminologia da manutenção

A manutenção de edificações e sistemas é uma atividade de natureza técnica e como tal utiliza uma terminologia bastante típica e específica. A seguir apresentamos as definições conforme a norma brasileira NBR 14037 / Manual de Operação, Uso e Manutenção das Edificações – Conteúdo e Recomendações para Elaboração e Apresentação.

- Desempenho: Capacidade de atendimento das necessidades dos usuários da edificação.

- Edificação: Produto constituído pelo conjunto de elementos definidos e integrados em conformidade com os princípios e técnicas da Engenharia e da Arquitetura para, ao integrar a urbanização, desempenhar funções ambientais em níveis adequados.
- Inspeção: Avaliação do estado da edificação e de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção.
- Manual de operação, uso e manutenção: Documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção da edificação.
- Manutenção: Conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários.
- Necessidades dos usuários: Exigências de segurança, saúde, conforto, adequação ao uso e economia cujo atendimento é condição para realização das atividades previstas no projeto.
- Planejamento (dos serviços de manutenção): Elaboração de uma previsão detalhada dos métodos de trabalho, ferramentas e equipamentos necessários, condições especiais de acesso, cronograma de realização e duração dos serviços de manutenção.
- Previsão orçamentária: Estimativa do custo para a realização de um programa de manutenção.
- Programação (dos serviços de manutenção): Elaboração de um cronograma para a realização dos serviços de manutenção.
- Projeto: Descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou de Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais.
- Proprietário: Pessoa física ou jurídica que tem o direito de dispor da edificação.
- Serviço de manutenção: Intervenção realizada sobre a edificação e suas partes constituintes, com a finalidade de conservar ou recuperar a sua capacidade funcional.

- Sistema de manutenção: Conjunto de procedimentos organizado para gerenciar os serviços de manutenção.
- Usuário: Pessoa física ou jurídica, ocupante permanente ou não permanente da edificação.
- Vida útil: Intervalo de tempo ao longo do qual a edificação e suas partes constituintes atendem aos requisitos funcionais para os quais foram projetadas, obedecidos os planos de operação, uso e manutenção previstos.

Há também dois conceitos muito importantes que merecem destaque:

- Defeito: ocorrência em um item que não impede seu funcionamento, todavia podendo, a curto ou longo prazo, acarretar sua indisponibilidade;
- Falha: ocorrência em um item que impede seu funcionamento (indisponibilidade);

6.3. Formação das equipes

O Gerente de Facilidades ao contratar os elementos de sua equipe ou terceirizar o serviço deve analisar a formação e o conhecimento das equipes sob os aspectos técnico, administrativo, econômico e legal, independentemente da forma de contratação – pessoal próprio ou terceirizado.

Todos os oficiais e suboficiais devem ter formação profissional, comprovada por certificado e testes práticos e teóricos, para as principais modalidades envolvidas: elétrica e mecânica de refrigeração e ar condicionado.

A habilitação profissional, especificamente para eletricitas, deve ser observada no que se refere à NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços

em Eletricidade – das Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego.

Treinamentos periódicos em técnicas operacionais, utilização de instrumentos e aparelhos, procedimentos, segurança e comportamento são necessários para elevar o padrão de qualidade da equipe, estimular a criatividade e o interesse.

Estabelecer políticas salariais compatíveis com o mercado e criar diferenciais por meio de benefícios são boas técnicas para incentivar a fidelização, observando que o equilíbrio financeiro do orçamento não pode ser afetado.

A minimização da rotatividade proporciona a manutenção do conhecimento dentro da equipe, aumento da produtividade pela experiência e economia das verbas rescisórias.

Periodicamente deve-se pesquisar o mercado para comparar os níveis salariais praticados.

6.4. Conhecimento das instalações

Uma das atividades mais importantes de um Gerente de Facilidades no desempenho de suas atribuições é a de estudar e conhecer profundamente as instalações do edifício em trabalho.

Deve conhecer cada sistema e subsistema, para que servem, suas interações e interdependências, sem necessariamente precisar conhecer os detalhes funcionais e construtivos de cada um.

A capacidade e as limitações do sistema de condicionamento como um todo e de suas partes é outro item importante a ser conhecido.

Avaliar frequentemente o conjunto da infra-estrutura disponível para o funcionamento do sistema de condicionamento, notadamente água e energia elétrica.

Visitas periódicas a cada local das instalações possibilitam uma visão completa dos sistemas e auxiliam nas intervenções que exigem rapidez nas ações.

6.5. Documentação técnica

A criação, conservação e atualização de uma biblioteca com a documentação técnica das instalações são fundamentais para garantir o acesso às informações detalhadas de cada sistema.

Compõem esta biblioteca, no mínimo, os desenhos *as built* (como construído), as especificações dos materiais e equipamentos, memoriais descritivos, manuais de operação e manutenção, documentos de compra, termos de garantia, ARTs (Anotação de Responsabilidade Técnica) de projeto e execução das instalações, catálogos dos equipamentos, listas de sobressalentes e relação de contatos com os fornecedores.

Além da documentação técnica deve haver um acervo sobre as normas e legislação pertinentes a cada sistema, especificamente para o sistema de condicionamento devem estar disponíveis:

- NBR 16.401-1 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários | Parte 1: Projeto das instalações
- NBR 16.401-2 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários | Parte 2: Parâmetros de conforto térmico
- NBR 16.401-3 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários | Parte 3: Qualidade do ar interior

- NBR 13971 – Sistemas de Refrigeração, Condicionamento de Ar e Ventilação – Manutenção Programada
- Portaria 3523 do Ministério da Saúde
- Resolução nº9 da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária)

A nova NBR 16401

Em setembro de 2008 entrou em vigor a nova norma da ABNT que substituiu a antiga NBR 6401.

A nova norma foi dividida em três partes acima nominadas:

NBR 16401-1: Estabelece parâmetros básicos e requisitos mínimos de *projeto* para sistemas de condicionamento de ar centrais e unitários. Utilizado também para instalações especiais como salas limpas, centros cirúrgicos, laboratórios, etc.

NBR 16401-2: Especifica os parâmetros do *ambiente interno*. Trata da satisfação térmica média de 80% das pessoas em relação ao conforto térmico em áreas providas de sistema de condicionamento de ar.

NBR 16401-3: Especifica os parâmetros básicos e os requisitos mínimos para sistemas de condicionamento de ar, como vazões mínimas, níveis mínimos de filtragem de ar, requisitos técnicos e componentes relativos à *qualidade do ar*.

Essa nova norma veio num momento propício, onde o mercado necessita de profissionais mais bem qualificados, onde empresas procuram se firmar diante do crescimento da demanda de serviços, onde se fala muito sobre *edifícios verdes* e o conceito de sustentabilidade, qualidade de vida, do ar, etc. e etc.

Alguns diferenciais que podem ser destacados na nova norma são:

- Estabelece a classe de estanqueidade e vazamento nos dutos;
- Adota condições de conforto térmico mais atualizadas;
- Apresenta condições climáticas mais confiáveis com um método para gerar um perfil teórico das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido no dia;
- Estabelece a necessidade de TAB (Teste, Ajuste e Balanceamento) de sistemas de ar condicionado;
- Melhora o padrão de filtragem de ar em condicionadores;
- Cria a obrigatoriedade da renovação do ar em todos os sistemas;
- Apresenta recomendações para avaliações da qualidade do ar para atender os requisitos mais rigorosos das resoluções dos órgãos de saúde;
- Estabelece condições mais favoráveis para a manutenção dos sistemas.

6.6. Conhecimento dos requisitos dos usuários

O Gerente de Facilidades deve conhecer as condições de utilização e a necessidade de cada usuário do sistema de condicionamento, quer sejam pessoas ou equipamentos.

Para isso, deve organizar um sistema de coleta e registro de informações:

- Conhecer cada área condicionada e a finalidade a que se destina
- Condições de uso e funcionamento:
 - Horários
 - Temperaturas
 - Ocupação
 - Particularidades operacionais dos usuários
- Reunir-se periodicamente com os responsáveis usuários para coletar suas impressões sobre o sistema

- Estar atento a possíveis sinais de mudança: ocupação, leiaute, vacância, etc.

6.7. Conhecimento das restrições

Existem várias restrições que precisam ser conhecidas da Gerência de Facilidades e seu pleno conhecimento vai lhe permitir aperfeiçoar sua atuação:

- Restrições de ordem econômica, normalmente definidas pelo proprietário da edificação
- Restrições de ordem financeira impostas pelo orçamento operacional
- Restrições de ordem legal e normativa que geralmente impõem obrigações que impactam em aumento de custos ou investimentos
- Restrições de ordem física e construtiva que podem exigir esforços adicionais para certas atividades de operação e manutenção, tais como dificuldade de acesso
- Restrições de ordem tecnológica pela própria concepção do sistema
- Restrições relativas ao limite da capacidade de mão de obra operacional, quer pela quantidade, quer pela formação

6.8. Planejamento, execução e controle da operação e manutenção de sistemas de condicionamento para edifícios de escritórios

É o item mais importante para o melhor desempenho do sistema de condicionamento e onde os itens já abordados neste capítulo vão de fato ser utilizados na prática.

6.8.1. Planejamento dos serviços de manutenção

O planejamento consta de uma série de atividades técnicas, financeiras e administrativas que reúne e organiza, de forma sistêmica, todas as atividades operacionais que permitem a execução e o controle da manutenção de curto, médio e longo prazo, tendo em conta as características físicas da edificação, sua vida útil e as necessidades dos usuários.

a) Levantamento de dados

É o conjunto de informações que irá compor a base de dados de todo o sistema de manutenção. Deverá ser criteriosa, abrangente e precisa. Os equipamentos e instalações deverão estar agrupados em sistemas e subsistemas. Este levantamento deverá abranger:

- Sistemas construtivos empregado;
- Sistema de utilidades e subsistemas;
- Documentação da obra (projetos, memoriais, manuais e etc.);
- Requisitos de desempenho / vida útil;
- Identificação dos custos de implantação / componentes principais;
- Identificação do estado (condição) de cada componente;
- Identificação dos objetivos estratégicos da organização / proprietários;
- Conhecimento do ambiente (vizinhança);
- Conhecimento dos requisitos (exigências) governamentais e concessionárias;
- Levantamento das normas pertinentes;
- Conhecer as necessidades dos usuários;
- Levantamento do histórico de custos de operação e manutenção / orçamento previsto e realizado (aplicável a edifícios em operação).

b) Cadastramento de dados / CMMS

Com a evolução da complexidade das edificações e seus sistemas torna-se cada vez mais necessária a utilização de software para gerenciamento e controle das atividades relativas a operação e manutenção (O&M). Para essa finalidade existem no mercado muitas opções de programas que variam de preço e abrangência, conhecidos por CMMS (*Computerized Maintenance Manegement System* – Sistema de Gerenciamento da Manutenção Computadorizado).

Para facilitar e agilizar o cadastramento das informações é importante que se crie um sistema padronizado de formatação. O sistema adotado deve permitir identificar de forma clara, rápida e inequívoca a localização, tipo, função, centro de custo e outras informações de cada componente.

As principais funções que um sistema computadorizado para o gerenciamento da manutenção deverá ter são:

- Cadastro dos Equipamentos;
- Planejamento, programação, controle e acompanhamento da manutenção preventiva, preditiva e corretiva;
- Histórico de falhas e tempos de reparo dos equipamentos;
- Emissão e controle de ordens de serviço;
- Apropriação da mão de obra e do consumo de peças sobressalentes;
- Alocação de despesas por centro de custo;
- Apropriação do custo de manutenção (mão de obra e materiais);
- Indicadores de desempenho (pessoal e equipamentos);
- Relatórios técnicos e gerenciais;
- Controle de peças sobressalentes e ferramental;
- Documentação do sistema.

O emprego de um CMMS pode permitir as seguintes vantagens:

- Melhorar a eficiência da manutenção predial;
- Reduzir os custos de manutenção;
- Reduzir o tempo de paralisação dos equipamentos;
- Aumentar a vida dos equipamentos;
- Fornecer registros históricos para auxiliar no planejamento e orçamento da manutenção;
- Fornecer relatórios de manutenção em formato ajustável.

c) Padrões e procedimentos de manutenção

Com base no conhecimento dos objetivos dos proprietários, nas necessidades dos usuários e condições do edifício e suas instalações deve-se definir qual a melhor e mais adequada técnica de manutenção. Na prática adota-se uma delas como principal linha de conduta, o que não exclui a aplicação das demais, conforme a necessidades:

- Preventiva
- Preditiva
- Corretiva

Também deve-se definir qual será a Política da Manutenção:

- Proativa (detectiva)
- Com base no estado
- Centrada na confiabilidade
- Produtiva total

d) Programação das tarefas de manutenção

A programação da manutenção deve ser feita para assegurar que as intervenções sejam realizadas no momento certo garantindo a continuidade da operação. Para tanto deve-se estabelecer prioridades para os serviços (conforme a sua importância e aspectos operacionais, de

produção, localização, interdependência, custos) para os sistemas e equipamentos:

- Críticos: Incluem equipamentos e sistema que devem operar mais que 90% do tempo e são vitais para o negócio da organização;
- Urgentes: São os serviços importantes para o funcionamento da facilidade;
- Prioritários: São os serviços importantes para o funcionamento da facilidade, mas que disponham de sobressalentes;
- Rotineiros: Equipamentos excluídos das categorias acima e que devem trabalhar da forma mais econômica possível.

Tão mais eficiente será a programação, quanto mais informatizado for o sistema. Um CMMS trará esse benefício e maiores economias, pois além de conter as informações cadastrais possui ainda mecanismos de priorização, descrição de tarefas, quantificação de recursos, periodicidade, tempo de execução e outras informações que, uma vez cadastradas, não necessitam reprocessamento.

As tarefas da manutenção preventiva e sua periodicidade devem ser descritas com base nas recomendações dos fabricantes, das normas pertinentes, da legislação específica, da experiência dos planejadores e de acordo com as necessidades apontadas nas inspeções.

Faz parte do planejamento interativo a execução das programações dos serviços que deverão estar baseadas nas premissas estabelecidas pela técnica adotada e nas recomendações dos fabricantes e instaladores. Algumas etapas importantes fazem parte deste planejamento devendo-se providenciar/considerar:

- Especificação detalhada de materiais e procedimentos de execução;
- Desenhos, plantas e detalhes;
- Programação de atividades;
- Dispositivos de sinalização e proteção de usuários;

- Instruções e procedimentos de execução;
- Planos de contingência;
- Estudos das interferências em relação a utilização normal do bem;
- Estudo de durabilidade dos componentes e materiais;
- Relatório de inspeção;
- Solicitações e reclamações existentes sobre a área ou equipamento onde ocorrerá a intervenção;
- Utilização de dados e registros disponíveis;
- Avaliação das condições climáticas e ambientais;
- Avaliação das disponibilidades financeiras;
- Avaliação das necessidades de insumos / recursos externos.

É fundamental que as atividades sejam controladas por meio da emissão de Ordens de Serviços (OS), sendo que em instalações de grande porte é muito comum utilizar-se sistemas informatizados como os CMMS's, que automaticamente fornecem grande número de informações estatísticas sobre materiais, finalidades, usuários, centro de custo, etc. O perfeito funcionamento do sistema depende do correto registro de todas as informações que envolvem uma OS desde o momento de sua abertura até o seu fechamento.

6.8.2. Controle dos serviços de manutenção

Uma vez planejada, a operação e a manutenção das instalações deve ser executada sob fiscalização e controlada.

a) Avaliação de desempenho e melhoria (equipamentos)

A intenção desta avaliação é verificar o estado de cada equipamento ou sistema predial com relação à finalidade para a qual foi concebido.

A avaliação de desempenho dos equipamentos é feita por meio de índices pré-estabelecidos e servem para prever tendências e determinar o momento das intervenções.

Com base nestes resultados poderão ser criados históricos, gráficos e planilhas que servirão como ferramentas para o planejamento estratégico, tomada de decisão, processos de melhoria, previsões orçamentárias, etc. As informações também poderão ser organizadas de forma a atender os interesses dos diversos níveis da organização.

b) Envolvimento e treinamento

Para que haja eficiência do sistema de manutenção deverá haver envolvimento de toda a equipe, incluindo a alta gerencia/diretoria e conhecimento de todo o processo. É importante que se conheçam todos os hábitos ou como as facilidades são utilizadas pelos usuários.

Como a manutenção de facilidades envolve o conhecimento de diversas áreas como engenharia e administração é importante que as pessoas trabalhem em equipe ou grupo. O treinamento constante manterá a equipe atualizada sobre novas tecnologias, procedimentos e comportamento.

c) Organização e estrutura

Conhecendo as instalações e as necessidades, pode-se então dimensionar a organização e a estrutura do sistema de manutenção. Deverão ser abordados os seguintes tópicos:

- Definição do organograma capaz de atender com alguma folga os requisitos de carga horária mínima necessária para cumprimento das atividades de rotina considerando algumas intervenções em

caráter corretivo. Tal estrutura deverá ter níveis de chefia, elementos operacionais e elementos administrativos.

- Uma estrutura física capaz de suportar o desenvolvimento das atividades técnicas e administrativas, tais como: escritório, almoxarifado, oficina, vestiário, refeitório, sanitários, ferramentas, equipamentos técnicos e de informática, mobiliário, software, etc.
- Recursos financeiros baseados em planejamento orçamentário, com reservas para contingências:
 - Orçamento anual;
 - Compras / tomada de preço;
 - Estoques (políticas e administração);
 - Contratos;
 - Contas a pagar.
- Recursos materiais, tais como: peças e equipamentos de reposição, consumíveis, materiais de escritório, etc.
- Biblioteca técnica.
- Definição dos recursos humanos a serem utilizados: próprio, terceirizado, temporário ou especializados.
- Elaboração de um manual de operação e manutenção, a fim de que todas as equipes procedam de forma padronizada.
- Elaboração de um manual do usuário, para que da mesma forma possa se relacionar com a administração dentro de padrões pré-estabelecidos.

d) Gerenciamento e controle de desempenho (sistema de manutenção).

Uma das principais formas de controle de desempenho da manutenção é a utilização de indicadores, os quais mostram os caminhos para o melhoramento global da manutenção. Os indicadores auxiliam na solução de problemas e na tomada de decisão dos gerentes de manutenção que passam a compreender como essa atividade se comporta, ajudando na eficiência e aumentando a competitividade. Pode medir desvios de planejamento e programação, valores, tempos, quantidades, etc., sempre

em relação a padrões esperados. É uma importante ferramenta para avaliação e comparação.

Um dos maiores desafios para quem trabalha na área de manutenção é definição e procedimentos para obtenção e escolha dos indicadores que melhor reflitam e traduzam o desempenho de seus equipamentos e de suas equipes de manutenção.

Faz parte das atividades do gerenciamento o contato com os usuários, oportunidade em que se pode descobrir suas necessidades, expectativas e disponibilidades. O bom relacionamento entre ambos pode garantir que as dificuldades naturais que surgem, principalmente quando da negociação de prazos de execução de paradas e de valores, possam ser superadas mais facilmente.

Tão importante quanto conhecer o usuário é conhecer a própria instalação e uma maneira de fazê-lo de forma eficaz é criar o hábito de “andar” pela edificação, observando tudo com olhar técnico, identificando necessidades. Essa atividade permite detectar e sanar pequenos problemas que poderiam ter maiores proporções no futuro. É bastante produtivo adotar-se também listas de verificações.

Todas as atividades técnicas e administrativas, eventos, reuniões, solicitações, informações e de toda ordem que sejam do interesse sistema devem ser registradas, formando assim um histórico, a fim de permitir consultas, projeções, estratégias, conferências e *benchmarking*.

e) PMOC – Plano de Manutenção, Operação e Controle

Em 28 de agosto de 1.998 foi publicada no Diário Oficial da União a Portaria nº 3.523 do Ministério da Saúde que trata das questões ligadas qualidade do ar interior em ambientes climatizados com capacidade igual ou superior a 5 TR. Em vigor desde 28 de fevereiro de 1.999 e depois

regulamentada pela Resolução RE nº 9, de 16 de janeiro de 2.003, da ANVISA e permite às autoridades exigir que nesses ambientes se comprove que um PMOC — Plano de Manutenção, Operação e Controle está sendo aplicado.

A Portaria e a RE dizem respeito à saúde e ao bem estar dos usuários desses ambientes os aspectos e recomendações mais importantes que delas constam e que devem ser observadas pelos gestores de edifícios comerciais que se enquadram nessas características são:

- Manter limpos e higienizados todos os *fan coils* e salas de condicionadores que atendam áreas condicionadas;
- Instalar nas entradas das tomadas de ar exterior filtros classe G1;
- Instalar nos condicionadores filtros classe G3;
- Reunir e ter à mão todos os documentos e projetos do sistema de condicionamento aprovados na Prefeitura local e, se for o caso, aprovados nos órgãos competentes relativos às instalações mecânicas;
- Elaborar o ter à mão o PMOC, nos termos da Portaria, devidamente assinado por responsável técnico e complementado por uma ART relativa aos serviços de manutenção do sistema de condicionamento;
- Providenciar, nos termos da RE nº 9, testes de qualidade do ar interior, observando-se os parâmetros de natureza física, química e biológica, realizados por laboratório capacitado para tal e mantendo o laudo sempre à mão para apresentação quando de uma eventual fiscalização do Ministério da Saúde.

7. MATRIZ DE PRIORIDADES PARA SISTEMAS CENTRAIS DE CONDICIONAMENTO PARA EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Um dos objetivos deste trabalho é o estudo de uma matriz que possa apresentar de forma clara e simples para os gestores quais itens do sistema de condicionamento devem ser cuidados segundo uma classificação por prioridades.

Conhecidas essas prioridades pode-se elaborar a programação das intervenções necessárias para repor as melhores condições de operação e funcionamento de cada item, melhorando o funcionamento e o desempenho do sistema de condicionamento como um todo.

Da mesma forma ela vai fornecer subsídios para a elaboração do planejamento econômico e financeiro dos encargos operacionais e da manutenção do sistema de condicionamento.

Depois de criada a Matriz de Prioridades caberá aos gestores atualizá-la periodicamente. Este procedimento permitirá a criação um banco de dados e um histórico que poderá, mais facilmente por meio de gráficos, mostrar a evolução da pontuação de cada item individualmente, dos subsistemas e do sistema como um todo.

Com esses dados também poderão ser criadas estatísticas e índices de desempenho, diferentes dos tradicionalmente utilizados pelas empresas de manutenção, contabilizando-se os pontos periodicamente.

Cada edifício onde o método for aplicado terá, de acordo com suas características, a sua própria Matriz de Prioridades. Porém, outra facilidade que o método propicia é a possibilidade de comparação de desempenho entre

itens semelhantes, mesmo entre sistemas com tipologias diferentes, por meio da padronização das bases dos índices.

7.1. Montagem da Matriz de Prioridades e Metodologia

Cabe ao gestor do empreendimento “dividir” o sistema de condicionamento abrangendo áreas ou setores do edifício, subsistemas ou conjuntos de instalações, conjuntos de informações técnicas (por exemplo, projetos), da forma mais simples possível e possa permitir aplicação em edifícios semelhantes.

Cada parte do sistema terá uma tabela própria. O conjunto destas tabelas é a Matriz de Prioridades.

Cada tabela, portanto, permitirá avaliar cada parte ou subsistema do sistema de condicionamento de ar por meio de uma pontuação, que irá variar entre os inteiros de 0 (zero) à 3 (três), a ser atribuída pelo gestor, que observará cada item do sistema sob o ponto de vista de uma série de dez parâmetros. São exemplos de tabelas:

- Documentação técnica
- PMOC
- CAG
- Sala de Fan Coil do conjunto 12
- ...

Nas colunas vão figurar os parâmetros a avaliar. São os aspectos técnicos e subjetivos que o gestor deve observar em cada item do sistema sob análise:

- Importância relativa
- Condição geral

- Estado funcional
- Importância do item para a qualidade do ar interior
- Resultado de teste ou ensaio
- Valor econômico do item
- Conseqüência da falha
- Reclamações sobre o item
- Tempo de reposição do item
- Estado do item

Nas linhas vão figurar os itens que devem ser avaliados; por exemplo:

- Temperatura de saída da água gelada
- Bomba de água de condensação
- Torre de resfriamento
- ...

Por meio de inspeções periódicas mensais o gestor analisará cada item e atribuindo-lhes, nas tabelas, os pontos conforme sua percepção, entendimento ou verificação.

Assim, cada item terá uma pontuação para cada parâmetro avaliado e a soma desta pontuação determinará a o número total de pontos do item.

Quanto maior o numero de pontos de um item, maior será sua prioridade para execução na sequencia das ações preventivas e/ou corretivas da programação da manutenção.

7.2. Tipificação do edifício de escritórios para aplicação da matriz

A aplicação dessa matriz é dirigida, neste estudo, para um edifício de escritórios localizado na cidade de São Paulo, ocupado por múltiplos

usuários, com as características abaixo, que servirão de base para a listagem de itens da matriz de prioridades:

- Estrutura de concreto armado e fechamento vertical em alvenaria e vidros, com cerca de 15 anos de vida;
- 4 pavimentos tipo com 2 conjuntos comerciais por pavimento;
- Pavimento térreo com recepção, áreas administrativas, áreas técnicas e estacionamento;
- 1 subsolo com garagens;
- Cobertura;
- 987 m² de área locável por conjunto / 7.896 m² de área locável total;
- 2.053 m² de área construída por pavimento tipo;
- 12.539 m² de área construída;
- Sistema de condicionamento central, de expansão indireta, com condensação a água, sem termo-acumulação;
- 2 *Chillers* do tipo parafuso de 200 TR cada, controlados por meio das temperaturas de entrada e saída da água gelada no sistema;
- 8 condicionadores do tipo *fan coil*, de 50 TR cada, sendo um para cada conjunto;
- 1 condicionador de 20 TR para áreas administrativas e recepção;
- Condicionadores controlados por meio de válvulas de duas vias localizadas nos *fan coils* (controle de vazão de água independente por conjunto e por meio de sensor de temperatura no retorno de ar do pavimento);
- 2 torres de resfriamento;
- 3 Bombas de água gelada (BAG) e 3 bombas de água de condensação (BAC), sendo uma reserva para cada subsistema;

- Conjunto de válvulas, sensores e instrumentos;
- Subsistema de distribuição do ar por meio de dutos metálicos, difusores no insuflamento e grelhas no retorno dos ambientes;
- Casa de máquinas (para o *fan coil*) funcionando como caixa de mistura com o ar exterior;
- Captação natural do ar exterior através de abertura com grelha, filtro e registro para regulação da vazão de ar;
- Registros de acionamento manual para o controle de vazão de ar no insuflamento, no retorno e na tomada de ar exterior;

O edifício está aberto para os usuários e o sistema de condicionamento funciona de 2^a-feira à 6^a-feira, das 7h00 às 19h00.

Para operar e manter o sistema, além do Supervisor Predial e seu Auxiliar Administrativo há uma equipe residente composta por um oficial mecânico de refrigeração, um suboficial mecânico de refrigeração e um auxiliar de serviços gerais; há também uma equipe volante para realizar intervenções específicas, de grande volume ou de alta prioridade não suportada pela equipe residente.

A política a ser adotada nesse edifício será a da manutenção preventiva com base no estado. Assim, é de fundamental importância a realização das inspeções e vistorias técnicas periódicas e freqüentes em todo o sistema.

Esse tipo de manutenção, com base no estado, foi escolhido por ser o mais adequado para a grande maioria dos edifícios de escritórios, já que nem sempre os gestores têm a formação técnica necessária para planejar e executar tarefas mais complexas, além de permitir maior agilidade nas ações e decisões.

A Matriz de Prioridades tem por objetivo orientar o gestor do sistema na elaboração das programações da manutenção preventiva.

Todo item identificado como em estado de falha deve entrar imediatamente para a programação das manutenções corretivas.

7.3. Parâmetros da matriz de prioridades

Estas prioridades serão estabelecidas por meio de um somatório de pontos que serão atribuídos a cada item da tabela (matriz) em função da análise de alguns parâmetros que vão representar sua condição ou estado; são eles:

- Importância relativa do item para o funcionamento do conjunto da instalação:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = pequena
 - 2 = média
 - 3 = grande
- Condição geral do item:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = boa (não requer nenhuma intervenção)
 - 2 = média (requer alguma intervenção)
 - 3 = ruim (requer várias intervenções)
- Estado funcional do item antes do estado de falha:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = em operação normal
 - 2 = suspeito de ter defeito
 - 3 = defeito constatado

- Importância do item para a qualidade do ar interior:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = nenhuma
 - 2 = média
 - 3 = grande

- Resultado de teste ou ensaio:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = conforme
 - 2 = no limite (conforme / não conforme)
 - 3 = não conforme

- Valor econômico do item:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = pequeno
 - 2 = médio
 - 3 = alto

- Conseqüência da falha:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = nenhum dano / incômodo
 - 2 = algum dano / incômodo
 - 3 = grande dano / incômodo

- Reclamações sobre o item:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = nunca
 - 2 = raramente
 - 3 = freqüentes

- Tempo de reposição do item:
 - 0 = NA (não aplicável)
 - 1 = imediata

- 2 = até um dia
- 3 = mais de um dia

- Estado do item:

- Marcada com “X”
- Não marcada

Observação: esta caixa deve ser marcada quando o item for identificado em falha e vai para a programação de manutenções corretivas conforme a prioridade relativa entre os demais itens.

7.4. Itens da matriz de prioridades

A lista a avaliar foi organizada de forma sistêmica e os itens agrupados por sistema e subsistema:

- Documentação técnica da instalação
 - Atualização da biblioteca (normas e legislação)
 - Revisão atualizada dos desenhos e memoriais
 - Manuais de operação e manutenção
 - Catálogos dos equipamentos
 - ARTs atualizadas (Anotação de Responsabilidade Técnica)
- Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC
 - Atualização do Prontuário da Instalação
 - Execução das atividades programadas nos equipamentos
 - Condicionadores
 - Bombas
 - Torres de resfriamento
 - Salas de *fan coils*
 - Registros de ar
 - Dutos e caixas *plenum*

- Ambientes climatizados
- Análises Laboratoriais
 - Norma 001: Bioaerosol
 - Norma 002: Concentração de Dióxido de Carbono (CO₂)
 - Norma 003: Temperatura, Umidade e Velocidade do ar
 - Norma 004: Concentração de aerodispersóides
- Central de Água Gelada – CAG
 - *Chiller*
 - Temperatura de saída da água gelada (SAG)
 - Temperatura de retorno da água gelada (RAG)
 - Temperatura saída da água de condensação (SAC)
 - Temperatura retorno da água de condensação (RAC)
 - Bomba de água gelada (BAG)
 - Bomba de água gelada reserva (BAGR)
 - Bomba de água de condensação (BAC)
 - Bomba de água de condensação reserva (BACR)
 - Torre de resfriamento
 - Tubulações
 - Válvulas
 - Sensores e instrumentos
 - Sistema eletro-eletrônico de comando
 - Sistema elétrico de força
- Sala de *fan coil*
 - Aspecto da sala
 - *Fan coil*
 - Gabinete
 - Serpentina
 - Moto-ventilador
 - Válvula de água gelada
 - Painel elétrico de força e comando
 - Filtros de ar

Sistema Multi Split / VRV – Volume de Refrigerante Variável

É um sistema de expansão direta que pode trabalhar com fluxo de refrigerante variável devido às características de funcionamento do compressor e do sistema de controle. A designação *multi* decorre da capacidade que o sistema possui de permitir a instalação de várias unidades evaporadoras para cada unidade condensadora. Desenvolvido especialmente para residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte este sistema vem ganhando destaque e tem sido aplicado muitos projetos novos.

É um sistema de expansão direta que utiliza o conceito de variação do volume de refrigerante comprimido que circula no sistema. Esta variação é provocada pela alteração frequência de rotação do compressor de refrigeração. Isto se traduz em controle de capacidade e consumo de energia compatíveis com a carga requisitada pelo sistema. Este sistema requer alta tecnologia de automação.

Desvantagens: em sistemas de grande porte e alta capacidade a sua aplicação é questionada em virtude da quantidade de equipamentos utilizados, quantidade de refrigerante circulante pelo edifício, grau de filtragem disponível e manutenção requerida.

Vantagens: economia de energia; baixo custo de manutenção; pouco espaço requerido para instalação; maior conforto ao usuário em função de nível de ruído mais baixo; variação de temperatura máxima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; operação em ciclo reverso no inverno. controles remotos sem fio; autoreligamento em caso de falta de energia; maior segurança de operação, pois uma eventual falha de compressor afeta no máximo cinco evaporadoras; auto-diagnóstico de falha para todos os componentes dos sistemas, o que reduz a chance de falha grave; maior segurança ao usuário, pois a manutenção se restringe à limpeza dos filtros e lavagem das serpentinas, efetuada com reduzido número de operadores e com grande espaçamento no tempo; menor custo de implantação; melhores condições de saúde ao usuário, pois grande parte dos

Sistema Multi Split / VRV – Volume de Refrigerante Variável

É um sistema de expansão direta que pode trabalhar com fluxo de refrigerante variável devido às características de funcionamento do compressor e do sistema de controle. A designação *multi* decorre da capacidade que o sistema possui de permitir a instalação de várias unidades evaporadoras para cada unidade condensadora. Desenvolvido especialmente para residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte este sistema vem ganhando destaque e tem sido aplicado muitos projetos novos.

É um sistema de expansão direta que utiliza o conceito de variação do volume de refrigerante comprimido que circula no sistema. Esta variação é provocada pela alteração frequência de rotação do compressor de refrigeração. Isto se traduz em controle de capacidade e consumo de energia compatíveis com a carga requisitada pelo sistema. Este sistema requer alta tecnologia de automação.

Desvantagens: em sistemas de grande porte e alta capacidade a sua aplicação é questionada em virtude da quantidade de equipamentos utilizados, quantidade de refrigerante circulante pelo edifício, grau de filtragem disponível e manutenção requerida.

Vantagens: economia de energia; baixo custo de manutenção; pouco espaço requerido para instalação; maior conforto ao usuário em função de nível de ruído mais baixo; variação de temperatura máxima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; operação em ciclo reverso no inverno. controles remotos sem fio; autoreligamento em caso de falta de energia; maior segurança de operação, pois uma eventual falha de compressor afeta no máximo cinco evaporadoras; auto-diagnóstico de falha para todos os componentes dos sistemas, o que reduz a chance de falha grave; maior segurança ao usuário, pois a manutenção se restringe à limpeza dos filtros e lavagem das serpentinas, efetuada com reduzido número de operadores e com grande espaçamento no tempo; menor custo de implantação; melhores condições de saúde ao usuário, pois grande parte dos

Sistema Multi Split / VRV – Volume de Refrigerante Variável

É um sistema de expansão direta que pode trabalhar com fluxo de refrigerante variável devido às características de funcionamento do compressor e do sistema de controle. A designação *multi* decorre da capacidade que o sistema possui de permitir a instalação de várias unidades evaporadoras para cada unidade condensadora. Desenvolvido especialmente para residências amplas e edifícios comerciais de médio e grande porte este sistema vem ganhando destaque e tem sido aplicado muitos projetos novos.

É um sistema de expansão direta que utiliza o conceito de variação do volume de refrigerante comprimido que circula no sistema. Esta variação é provocada pela alteração freqüência de rotação do compressor de refrigeração. Isto se traduz em controle de capacidade e consumo de energia compatíveis com a carga requisitada pelo sistema. Este sistema requer alta tecnologia de automação.

Desvantagens: em sistemas de grande porte e alta capacidade a sua aplicação é questionada em virtude da quantidade de equipamentos utilizados, quantidade de refrigerante circulante pelo edifício, grau de filtragem disponível e manutenção requerida.

Vantagens: economia de energia; baixo custo de manutenção; pouco espaço requerido para instalação; maior conforto ao usuário em função de nível de ruído mais baixo; variação de temperatura máxima de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; operação em ciclo reverso no inverno. controles remotos sem fio; autoreligamento em caso de falta de energia; maior segurança de operação, pois uma eventual falha de compressor afeta no máximo cinco evaporadoras; auto-diagnóstico de falha para todos os componentes dos sistemas, o que reduz a chance de falha grave; maior segurança ao usuário, pois a manutenção se restringe à limpeza dos filtros e lavagem das serpentinas, efetuada com reduzido número de operadores e com grande espaçamento no tempo; menor custo de implantação; melhores condições de saúde ao usuário, pois grande parte dos

4.1.3. Sistema *self-contained* com condensação a água

Apresentam as mesmas características dos condicionadores compactos com condensação a ar, com a diferença de que o condensador é resfriado a água. Devido a este fato, os mesmos podem ser instalados em casas de máquinas centrais, sem paredes externas.

A água para o condensador circula normalmente por meio de bombas e é resfriada em uma torre de resfriamento. A torre também possui uma entrada de água para compensar as perdas por evaporação da água de condensação.

Os condicionadores *self-contained* com condensação a água são fabricados nas capacidades nominais de 3 TR, 5 TR, 7,5 TR, 10 TR, 12,5 TR, 15 TR, 20 TR, 25 TR, 30 TR, 35 TR e 40 TR.

O condensador pode ser do tipo *tube and tube* composto basicamente de um tubo de cobre por onde circula o refrigerante, montado internamente a outro onde circula água para resfriamento. Para reduzir espaço, os tubos são montados em espiral.

A outra opção de condensador é do tipo *shell and tube*, composto por feixe de tubos de cobre colocado no interior de uma carcaça de aço, sendo que a água passa no interior dos tubos.

O condensador tipo *shell and tube* apresenta a vantagem de ser mais facilmente limpo de incrustações retirando-se as tampas e limpando-se internamente os tubos utilizando-se varetas providas de escovas nas extremidades, enquanto que o *tube and tube* somente admite limpeza química.

Este tipo de instalação admite que uma única torre de resfriamento possa ser utilizada para atender a vários condicionadores.

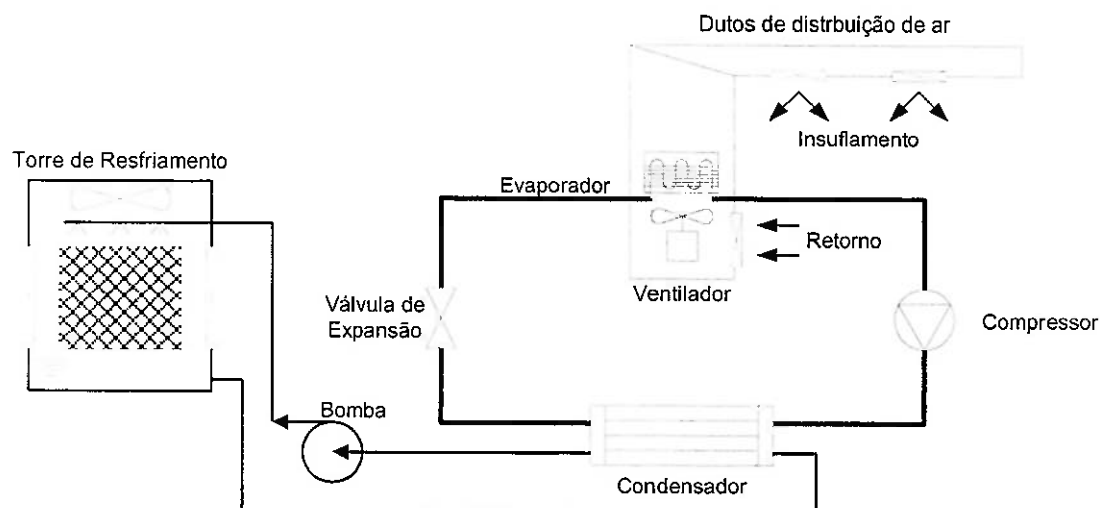


Figura 4.4 – Esquemático de sistema *self-contained* com condensação a água

4.1.4. Sistemas divididos

Os condicionadores de ar com condensação a ar podem ser fabricados com dois gabinetes separados interligados por tubos de cobre. Dependendo da localização do compressor, eles podem ser denominados de condensador remoto, caso o compressor fique instalado no mesmo gabinete da unidade evaporadora ou então *split system* se o compressor for instalado na unidade condensadora.

A unidade evaporadora dos aparelhos de menor capacidade pode ser instalada diretamente no ambiente condicionado, sendo o ar insuflado por meio de grelhas colocadas no próprio gabinete ou em caixa *plenum*.

Uma vez que o condensador fica em um gabinete separado, o aparelho apresenta a vantagem de poder ser instalado em ambientes ou casas de máquinas internas sem parede externa.

- Filtro de água
 - Registro de controle de vazão da tomada de ar exterior
 - Filtro de ar da tomada de ar exterior
 - Registro de controle de vazão do ar de insuflamento
 - Registro de controle de vazão do ar de retorno do ambiente
 - Termostato
 - Temperatura do ar no insuflamento
 - Temperatura do ar no retorno
- Ambiente condicionado
 - Dutos
 - Difusores
 - Registros de controle de vazão do ar de insuflamento
 - Grelhas
 - Temperatura do ar

7.5. A Matriz de Prioridades para o edifício

A seguir, a Tabela 7.1 – Matriz de Prioridades para o edifício descrito

1 Documentação técnica da instalação												
Nº	Item	Importância do item	Condição geral	Estado funcional	Qualidade do ar	Teste e ensaio	Valor económico	Consequencia da falha	Reclamações	Tempo de reposição	Estado	Total
1.1	Atualização da biblioteca (normas e legislação)											
1.2	Revisão atualizada dos desenhos e memoriais											
1.3	Manuais de operação e manutenção											
1.4	Catálogos dos equipamentos											
1.5	ARTs atualizadas (Anotação de Responsabilidade Técnica)											
		Total										

2 Plano de Manutenção, Operação e Controle - PMOC

[illegible]

3 Central de Água Gelada - CAG

[illegible]

4 Sala de *Fan Coil* Conjunto 11

[illegible]

5 Sala de Fan Coil Conjunto 12

[illegible]

6 Sala de *Fan Coil* Conjunto 21[illegible]

7 Sala de Fan Coil Conjunto 22

[illegible]

8 Sala de Fan Coil Conjunto 31

[illegible]

9 Sala de Fan Coil Conjunto 32

[illegible]

8. COMENTÁRIOS FINAIS

O correto funcionamento do sistema de condicionamento de um edifício de escritórios é fator crítico de sucesso para o desenvolvimento de atividades produtivas que nele ocorrem e tão maior será sua eficácia, quanto maior for o tempo em serviço, sem falhas; e o seu melhor desempenho vai ainda propiciar o melhor aproveitamento dos recursos empregados em sua operação e manutenção, objetivando sua maior eficiência.

Para conseguir isso é preciso que o gestor da edificação tenha domínio e conheça os principais aspectos deste contexto: a capacidade e as limitações de sua equipe, bem como das disponibilidades e restrições de ordem econômica e financeira; as principais características das instalações, necessariamente aquelas que podem influenciar de forma decisiva o funcionamento e o desempenho do sistema de condicionamento; e as necessidades e peculiaridades do comportamento dos usuários.

Compete então ao gestor, embasado nesse conhecimento, o planejamento da operação e da manutenção das instalações, que são diretamente responsáveis pela vida útil de qualquer empreendimento, por sua funcionalidade e disponibilidade. Contribui também para o uso racional e econômico dos insumos e recursos, bem como permite a maximização do retorno dos investimentos sobre as facilidades. O planejamento assume assim função estratégica para as organizações e as funções operacionais, tanto quanto as diretrizes estratégicas, devem sempre ser revistas para atualização dos procedimentos e seu realinhamento com os objetivos da organização.

É uma atividade que requer pessoas motivadas, que buscam inovação tecnológica, maximização de desempenho de equipamentos e de suas equipes. Que sejam preocupados com o desenvolvimento técnico de suas

equipes, que valorizem e incentivem a criatividade e o envolvimento dos mesmos.

O planejamento operacional é responsável por garantir funcionalidade e a continuidade dos serviços e das instalações; e ambos são diretamente responsáveis pelo nível de confiabilidade das instalações.

Se a esses aspectos acrescentarmos uma competente administração econômica e financeira, certamente teremos uma edificação valorizada pelos usuários e, conseqüentemente pelo mercado, possibilitando maiores lucros para os proprietários o que, certamente, é um dos objetivos das organizações

Diante desse quadro e devido o sistema de condicionamento ser o maior centro de custo de um edifício de escritórios é que este trabalho propõe a Matriz de Prioridades que tem como função primeira oferecer aos gestores prediais uma ferramenta prática e objetiva para identificar o foco das principais ações que devem ser executadas para buscar a maior eficiência operacional e desempenho eficaz.

Mais uma vez cabe ressaltar que a formação técnica ou superior em engenharia para o gestor de um edifício de escritórios é uma qualidade apreciada, mas nem sempre possível de ser aplicada; sendo esta uma situação muito comum entre as administradoras. Portanto, pretende-se que a Matriz de Prioridades seja uma ferramenta de fácil utilização e que permita escalonar as tarefas para aproveitar ao máximo os recursos disponíveis e a capacidade dos sistemas qualquer que seja a formação do gestor.

Neste trabalho apontamos nossas lentes para um estudo básico, inicial, com o objetivo de auxiliar a operação e a manutenção de sistemas de condicionamento para edifícios de escritórios, voltado a gestores e administradores de perfis variados e nem tão técnicos. Assim, na elaboração da Matriz de Prioridades não nos aprofundamos nas análises matemáticas como, por exemplo, “dominância”, “ponderações” ou “estatísticas”, deixando

para futuros pesquisadores um ponto de partida para o desenvolvimento desta técnica simples que pode ser aplicada não somente aos sistemas de condicionamento como também a outros sistemas prediais.

9. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, C. S. e VIDAL, M. C. R. – Gestão da Manutenção Predial – Gestalent, Rio de Janeiro, 2001

Biblioteca técnica da DAIKIN – disponível em

<http://www.daikin.pt/faq/items/sensible-latent-heat.jsp>

Biblioteca técnica da TUMA – disponível em

http://www.empresastuma.com.br/internas/utilidades/utilidades_03.asp#topo

BRAIN, M. - Como funciona o ar condicionado – disponível em www.howstuffworks.com

BRENDA, C.C. L. – Sistema de Ar Condicionado com Insuflamento pelo Piso em Ambientes de Escritórios: avaliação do conforto térmico e condições de operação - Tese apresentada à Escola Politécnica da USP para obtenção do Título de Doutor em Engenharia, São Paulo, 2003

CREDER, H. - Instalações de Ar Condicionado. 6ª edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2004

FONTES, A. e REIS, D. – Notas de Palestra – Refrigeração e Ar Condicionado; São Paulo, 2008

FRANÇA, F. - Controle Térmico de Ambientes – disponível em http://www.fem.unicamp.br/~em672/Ciclo_Refrigeracao_Refrigerantes.doc

FÚLVIO, V. – Apresentação: Sistemas de Ar Condicionado – disponível em www.ipt.br

GRAÇA, M. E. A. da – Notas de aula do módulo GF-112 – Gerenciamento da

Manutenção e Modernização; São Paulo, 2007.

HowStuffWorks – How air conditioners work – Atlanta, GA, USA – Sem data.
Disponível em: <http://home.howstuffworks.com/ac.htm>

HSIEH, C. - Programas para análise energética permitem eficiência operacional de edifícios – Eficiência – disponível em <http://www.nteditorial.com.br/revista/Materias/?RevistaID1=7&Edicao=54&id=419>

LG – Catálogos de ar condicionado – São Paulo – Sem data. Disponível em: <http://br.lge.com>

Manual de Arquitetura e Ar Condicionado da TRANE – disponível em <http://www.trane.com.br/2006/index.asp>

MARAN, M. – Modernização de Sistema de Ar Condicionado - Monografia apresentada à Escola Politécnica da USP para obtenção do título de MBA em Gerenciamento de Facilidades; São Paulo; 2005

MB 3.422 – Agentes Químicos no ar – Coleta de aerodispersóides por filtração

NBR 5.462 – Confiabilidade e Manutenibilidade

NBR 5.674 – Manutenção de edificações – procedimento

NBR 13.971 – Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação – Manutenção programada

NBR 14.037 – Manual de operação, uso e manutenção das edificações – Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação

NBR 16.401-1 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e

unitários | Parte 1: Projeto das instalações

NBR 16.401-2 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários | Parte 2: Parâmetros de conforto térmico

NBR 16.401-3 – Instalações de ar condicionado – Sistemas centrais e unitários | Parte 3: Qualidade do ar interior

PENA, S. M. – Sistemas de ar condicionado e refrigeração – Apresentação do PROCEL (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA); Brasília; 2002

PITANGA, F. J. T., et al – Termodinâmica – Comunicação, Universidade e Cultura, São Bernardo do Campo, sem data

Portaria 3.523 da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

PRADO, R.T.A. - Conforto térmico. Universidade de São Paulo, MBA Gerenciamento de Facilidades, 2007

RE nº 9 da ANVISA (resolução)

SILVA, J.C. – Refrigeração comercial e climatização industrial. 1ª edição. São Paulo, Editora Hemus, 2004

SILVA, R. B. et al – Manual de Termodinâmica e Transmissão de Calor – EPUSP – 1.974

YORK – Catálogos de chiller, self contaneid e split – São Paulo – Sem data.
Disponível em: <http://www.yorkbrasil.com.br>