

Engenharia mecânica: fundamentos dos sistemas de AVAC-R

Jean Carlos Rodrigues

Mestre em Engenharia, graduado em Engenharia Industrial Mecânica

DOI: 10.47573/aya.5379.2.57.4

INTRODUÇÃO

Neste capítulo, você aprenderá o que é um sistema AVAC, os principais conceitos, suas funcionalidades e locais de uso. Entenderá que um projeto completo e que segue as boas práticas, permitirá o controle seguro das principais variáveis de climatização, como: umidade relativa do ar, temperatura ambiente e taxa de renovação.

Verá um pouco sobre a história do aquecimento, da ventilação e da refrigeração, além da importância de se selecionar corretamente o sistema AVAC, levando em consideração não somente parâmetros técnicos, mas também o melhor custo-benefício para a edificação ou empresa. Além disso, também conhecerá sobre a morfologia dos equipamentos das instalações AVAC, as classes de sistemas das instalações, bem como as principais leis, portarias, resoluções e normas.

SISTEMA AVAC, CONCEITO E USO

AVAC é um termo ou sigla que significa “aquecimento, ventilação e ar condicionado”. Seu correspondente na língua inglesa seria, HVAC (Heat, Ventilation and Air Conditioning). No meio técnico, é comum, a refrigeração também ser incluída junto à sigla AVAC, ampliando ainda mais o repertório tecnológico para o processo de climatização, neste caso, as novas possibilidades de siglas são: AVACR, AVAC/R, AVAC-R ou suas respectivas versões em inglês, HVACR, HVAC/R, HVAC-R.

Os sistemas AVAC de climatização têm como principais objetivos:

- Controlar a umidade relativa do ar interno;
- Realizar o controle da temperatura interna do ar ambiente, fornecendo ou tirando calor;
- Promover a renovação do ar, como forma, também de reduzir os níveis de CO₂ no local;
- Reduzir ao máximo ou eliminar: odores, gases, poeira e produtos nocivos.

Uma instalação completa e bem projetada de AVAC irá proporcionar melhores condições para se manter a temperatura e umidade relativa do ar dentro da faixa desejada. Entretanto, existem instalações de climatização parcial, com o propósito de controlar somente algumas das 4 funções possíveis (aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração).

“Selecionar o sistema AVAC com o melhor custo-benefício para determinada edificação ou empresa, não é uma tarefa trivial. Requer muita atenção, até mesmo dos projetistas experientes. CLARK (1994), aponta que grande parte das escolhas se baseia somente no custo inicial menor e não nos parâmetros técnicos da boa prática de engenharia e arquitetura.”

As instalações AVAC podem contribuir na climatização de a uma enorme diversidade de ambientes como: indústrias, escritórios, teatros, hospitais, dentre outros. Geralmente, o desejável é que um ambiente permaneça com umidade relativa do ar dentro entre 40% - 60%, com temperaturas entre 19°C – 26°C. Entende-se que seguindo estes parâmetros, as pessoas se sentirão fisiologicamente melhores e mais produtivas, ou seja, com a sensação de conforto tér-

mico (PIEDADE; CUNHA *et al.*, 2000).

Tratando-se de instalações industriais, um dos objetivos primordiais é manter as condições do ambiente favoráveis ao processo produtivo, tendo em vista a matéria prima, os equipamentos e a natureza das operações existentes naquele ambiente. Um possível exemplo, é a indústria têxtil, que dependendo do material têxtil utilizado, precisará manter a umidade relativa do ar entre 70% a 80%, com o propósito de suas propriedades resistência e elasticidade. (RÉCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986).

Em alguns processos produtivos, é imprescindível que o nível de pureza do ar fique bem próximo a 100%, como é o da indústria de semicondutores e também, da indústria farmacêutica. Nos blocos cirúrgicos dos hospitais, exigem-se requisitos parecidos com os dos exemplos anteriores, referentes à purificação do ar e ao controle dos parâmetros de conforto térmico (RÉCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986).

No que diz respeito ao conforto térmico das pessoas, a sensação individual é afetada por muitas variáveis, tais como: o metabolismo, a área superficial do corpo, o percentual de gordura corporal, volume sanguíneo, vestimenta, dentre outras. Assim, nenhuma instalação de climatização AVAC poderá ser plenamente capaz de satisfazer toda a população de um local, em relação as condições de conforto térmico Alberico (2003).

A Tabela 1 quantifica o nível de observação das pessoas com relação ao desconforto ambiental devido a diversos fatores do ambiente. Observe que interessante!

Tabela 1 - Distribuição das variáveis referentes ao desconforto ambiental

Variável	Nível de observação
Temperatura	15,8 %
Nível de iluminação	11,0%
Tabaco	9,80 %
Ruído	8,70%
Perturbações de ruído	8,50%
Refração de luz	7,90%
Odores	7,50%
Umidade	7,10%
Poeira	6,70%
Sombra	5,10%

Fonte: Alberico (2003)

É importante observar, pela Tabela 1, que para a maioria das pessoas, a temperatura inadequada do ambiente, pode causar um desconforto maior do que outros fatores como: iluminação insuficiente, odores e até mesmo ruídos. Este fato reforça ainda mais a importância do projetista entender quais são as variáveis de climatização (aquecimento, ventilação, ar condicio-

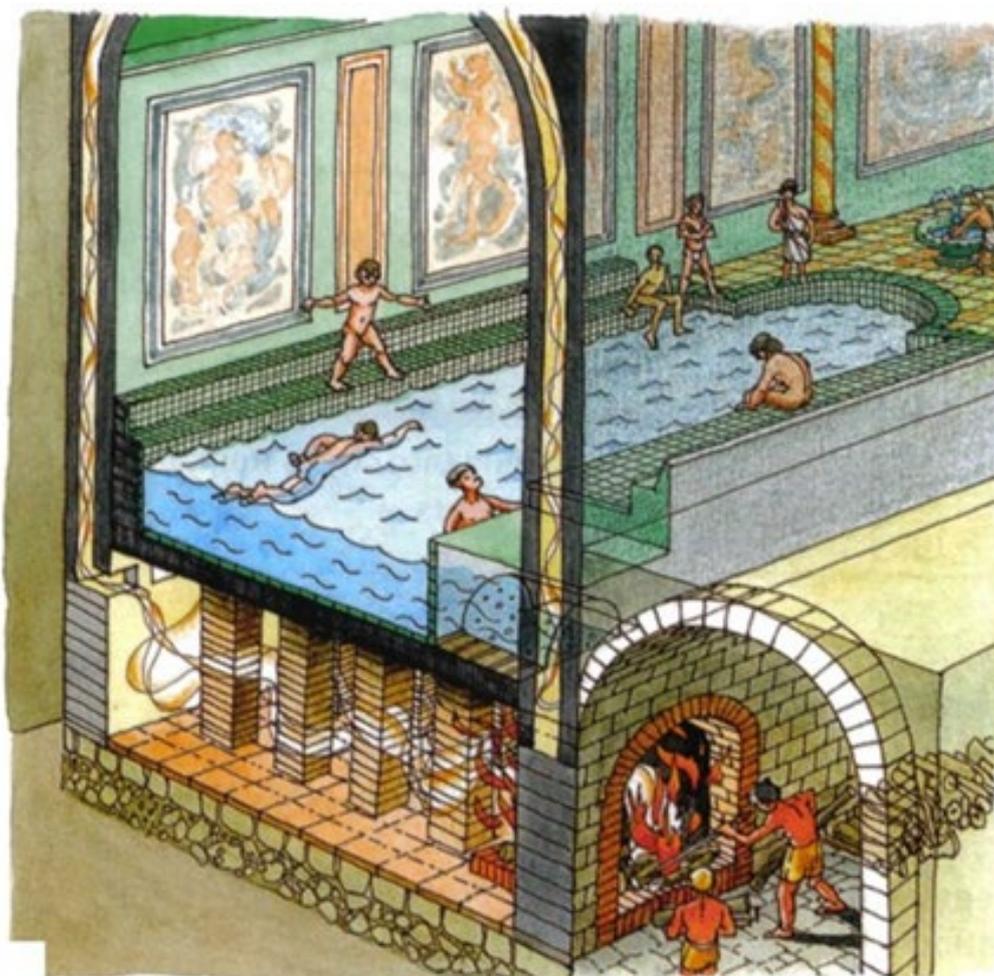
nado e refrigeração) mais importantes a serem controladas naquele local em específico.

HISTÓRIA DO AQUECIMENTO, VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO

Desde tempos antigos, os humanos buscam formas de climatizar o ambiente em que vivem. Os Romanos, projetaram um sistema em que o combustível era carvão de lenha que queimava em recipientes metálicos sem libertação de fumaça dentro do ambiente. Este foi um dos processos de aquecimento mais reconhecidos na antiguidade. O primeiro aquecimento central, foi o “hypocauste” ou hipocausto dos Romanos, nas termas de Caracalla (211-217 depois D.C.) (RĚCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986).

Desta maneira, alguns cômodos eram construídos sobre uma estrutura em alvenaria de pedra. O hipocausto era um sistema típico de calefação, em que o ar aquecido numa fornalha, onde o carvão queimava, circulava, por convecção natural, sob o pavimento da construção e dos tijolos perfurados que estavam no interior das paredes como mostra a figura 1 (RĚCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986).

Figura 1 - O hipocausto romano



Fonte: <https://br.pinterest.com/pin/374854368971114393/>

No final do século 19 foram desenvolvidas diversas teorias científicas importantes sobre umidade e pureza dos gases por Michel Lévy (1820-1910) (RĚCKNAGEL; SPRENGER;

HÖNMAN,1986).

O avanço da eletricidade e da mecânica permitiu melhorias significativas no acionamento dos ventiladores, destinados à ventilação e ao aquecimento de grandes volumes de ar. O processo de filtragem começou a ser feito por meio de filtros a base de tecido ou película de carvão. Em 1890 surgiram diversos processos de umidificação do ar, por meio do aquecimento de grandes containers de água a vapor e posteriormente por pulverização de água utilizando vários injetores (RĚCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986).

Nos Estados Unidos da América, no início do século 20, foram fabricados os primeiros equipamentos de condicionamento de ar com baterias de pré-aquecimento, reaquecimento e caixa de humidificação. W. H. Carrier (1876- 1950) é considerado como o pai do ar condicionado (RĚCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986).

Por volta do ano de 1920, já era possível notar as primeiras instalações centralizadas de ar condicionado com objetivo de proporcionar conforto térmico para pessoas em locais públicos como: cinemas e escritórios ou até mesmo, como forma de melhorar a qualidade do processo produtivo através do bom condicionamento das matérias primas como: papel e tecido) (RĚCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986).

Os equipamentos de ar condicionado de maior porte surgiram em 1930, com todos os elementos fundamentais ao tratamento integral do ar: câmaras frigoríficas, sistemas de ventilação, baterias de aquecimento, filtros com boa eficiência etc. (RĚcknagel; Sprenger; Hönman,1986).

Alguns fluidos refrigerantes novos, com menor grau de toxicidade, surgem, os fréons, bem como, as máquinas frigoríficas herméticas. Após 1945, o ar condicionado faz rápido progressos e novos sistemas se revelam (RĚCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN,1986). A Tabela 2 mostra a evolução histórica dos principais fluidos refrigerantes utilizados nos processos de climatização.

Tabela 2 - Histórico dos primeiros refrigerantes

Ano	Refrigerante (Absorvente)	Fórmula química
1830s	Caoutchoucine	Destilado de borracha da Índia
	Sulfúrico (etil) éter	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
1840s	Éter Metil (R-E170)	$\text{CH}_3 - \text{O} - \text{CH}_3$
1850	Água/ácido sulfúrico	$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$
1856	Álcool etil	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
1859	Amônia/água	$\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$
1866	Chymogene	Éter e nafta (hidrocarbonetos)
	Dióxido de carbono	CO_2
1860s	Amônia (R-717)	NH_3
	Metil amina (R-630)	$\text{CH}_3(\text{NH}_2)$
	Etil amina (R-631)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2(\text{NH}_2)$
1870	Formiato de metil (R-611)	HCOOCH_3
1875	Dióxido de enxofre (R-764)	SO_2
1878	Cloreto de metil (R-40)	CH_3Cl
1870s	Cloreto etílico (R-160)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Cl}$
1891	Misturas de ácido sulfúrico com hidrocarbonetos	$\text{H}_2\text{SO}_4, \text{C}_4\text{H}_{10}, \text{C}_5\text{H}_{12}$ $(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CH}_3$
1900s	Brometo de etilo (R-160B1)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2\text{Br}$
1912	Tetracloro de carbono	CCl_4
	Vapor de água (R-718)	H_2O
1920s	Isobutano (R-600a)	$(\text{CH}_3)_2\text{CH} - \text{CH}_3$
	Propano (R-290)	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
1922	Diéleno (R-1130) ^a	$\text{CHCl} = \text{CHCl}$
1923	Gasolina	Hidrocarbonetos
1925	Triéleno (R-1120)	$\text{CHCl} = \text{CCl}_2$
1926	Cloreto de metileno (R-30)	CH_2Cl_2

^a Mistura de *cis*- e *trans*-1,2 dicloroeteno isômero.

Fonte: Adaptado de (Calm e Didion, 1998)

Em julho de 1976, nos EUA, em um hotel na Filadélfia, a imprensa divulga a descoberta da “legionelose”, muito conhecida até hoje como doença do Legionário, com origem nos sistemas de ar condicionado. A grande repercussão se deu pelo fato de que os principais afetados foram os participantes da convenção anual da divisão de Pennsylvania da Legião Americana (TAVARES, 2002). No ano de 1978, ocorreu em Copenhague, a primeira conferência internacional sobre o ar interior e em 1985 o primeiro congresso mundial do Ar Condicionado Fanger, Ole. (2002).

"Legionelose é o nome que indica a infecção devido a bactérias no gênero Legionella, das quais existem duas manifestações principais, que são a pneumonia (doença dos legionários) e a febre do Pontiac. Após a 58ª convenção anual da Legião Americana, dos 182 delegados que ficaram doentes, 146 foram hospitalizados. A maioria apresentou evidência de pneumonia no exame de imagem e 29 (16%) vieram a óbito (Edelstein PH and Roy CR. 2015)."

Em 1978 é realizada a primeira conferência internacional sobre o ar interior e em 1985 o primeiro congresso mundial do ar condicionado em Copenhague. (FANGER, OLE. 2002). A tabela 3, mostra a evolução histórica do desenvolvimento dos equipamentos de condicionamento de ar.

Tabela 3 - Evolução histórica do desenvolvimento dos equipamentos de refrigeração

Ano	Acontecimento
1920	General Electric – O primeiro refrigerador doméstico fabricado com sucesso. Usava como refrigerante o dióxido de enxofre.
1922	Willis Carrier – desenvolve o refrigerador de água com compressor centrífugo
1926	Sistema de aquecimento por circulação natural da água
1927	Sistema de aquecimento por circulação forçada da água
1929	A Frigidaire desenvolveu o primeiro equipamento de ar condicionado compacto
1930	Thomas Midgley – desenvolvimento das unidades de absorção com brometo de lítio
1931	Servel – Desenvolvimento das unidades de absorção com brometo de lítio
1931	Willis Carrier – Desenvolveu o sistema de ar condicionado para vagões ferroviários por ejetor de vapor
1935	Walter Jones – Introduziu os tubos aletados em trocadores casco e tubos

Fonte: Adaptado de (Calm e Didion, 1998)

ELEMENTOS QUE CONSTITUEM UM SISTEMA DE AVAC

É comum, na literatura técnica internacional, o uso da sigla HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning), que foi traduzida para o português como: AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado). Estas três funções termodinâmicas, fazem parte de um sistema que garante o conforto térmico ambiental e a alta qualidade do ar. A adição do “R”, quarta letra da sigla, HVAC-R ou AVAC-R, refere-se à função de Refrigeração. Assim, o sistema de condicionamento de ar será mais completo, possibilitando uma maior gama de aplicabilidade. A figura 1, mostra a imagem superficial de um dos arranjos possíveis para uma instalação de condicionamento AVAC.

Figura 2. Exemplo de uma instalação AVAC



Fonte: <https://linterfiltros.com.br/wp-content/uploads/2018/12/HVAC2-nhy5o534prsglbi44jpuhu>

É de fundamental importância compreender as funções termodinâmicas que são representadas em cada uma das siglas HVAC-R ou AVAC-R (FANGER, OLE. 2002).

- A ou H – Representa a função de aquecimento que permite controlar a temperatura do ar em dias frios, ou seja, direcionar o fluxo de calor para dentro do ambiente. Esta função também contribui para a manutenção da umidade relativa máxima do ar.
- V – A ventilação melhora a circulação do ar, aumenta a oxigenação do ambiente e reduz significativamente os odores e impurezas, ou seja, contribui de maneira direta para a no controle dos níveis de CO₂ no ambiente.
- A C – O sistema de ar condicionado, além de contribuir com o controle da temperatura e ventilação, também possui filtros de ar para reter poeira e diversas outras substâncias transportadas por ele.
- R – O sistema de refrigeração é responsável pela retirada de calor do ambiente interno de forma artificial ou forçada. Esta função é de extrema importância em diversas aplicações, como: na indústria alimentícia ou em qualquer local que possui câmaras frigoríficas, por exemplo. Neste momento, vale ressaltar que o sistema de refrigeração é parte de uma das funções do Ar Condicionado.

"O sistema de ventilação das edificações e indústrias, pode ser natural ou mecânico. No sistema natural, a ventilação ocorre por meio das correntes de convecção que surgem devido a diferença de pressão e de temperatura entre as massas de ar que estão nos ambientes interno e externo. No sistema mecânico, a ventilação ocorre de maneira forçada e devido ao poder de aspiração de um ventilador (MARQUES, J.M.F, 2005)."

A união de todas estas funções no AVAC, permite controlar rigorosamente a estabilidade do ar em ambientes críticos quanto ao valor temperatura, da umidade relativa e até mesmo, contagem de partículas em suspensão nesses ambientes). De maneira geral, o sistema AVAC proporciona (FANGER, OLE. 2002):

- Conforto térmico
- Filtragem do ar
- Renovação do ar ambiente e redução de CO₂
- Redução de fungos e bactérias no ambiente

Os filtros de ar possuem o propósito de reter as impurezas sólidas, líquidas ou gasosas contidas no ar. De maneira geral, as impurezas dispersas no ar, são constituídas por partículas das mais variadas origens e formas. Em média, seu diâmetro fica compreendido entre 0,001 e 500 micros. A retenção das partículas sólidas ou líquidas, pode ocorrer por meio de diversos métodos físicos, entretanto, as partículas gasosas são captadas via absorção química (MARQUES, J.M.F, 2005).

MORFOLOGIA DOS EQUIPAMENTOS DAS INSTALAÇÕES DE AVAC

Para realizar um bom projeto do sistema de climatização AVAC, é fundamental estabelecer quais serão os locais de instalação dos diversos equipamentos componentes, bem como suas classificações (FANGER, OLE. 2002). Sendo assim:

Equipamentos de Regulação: este módulo possui função primordial na segurança de um sistema AVAC, os principais componentes de medição e controle, como: sondas, termóstatos e reguladores, estão presentes neles.

Equipamentos Intermédios e Acessórios: são elementos a serem instalados entre os equipamentos centralizados e os equipamentos terminais nos ambientes onde se deseja promover a climatizar. Através destes, os fluidos primários são distribuídos, alguns dos seus componentes são: filtros, registros e válvulas.

Equipamentos Centralizados: tem como função principal, preparar os fluidos primários a serem distribuídos entre os equipamentos terminais da instalação. Estes podem se situar:

- No local em que se deseja climatizar;
- Próximos aos locais em que se deseja climatizar;
- Em uma sala apropriada, com nome de central técnica.

Os fluidos primários preparados nestes equipamentos centralizados podem ser:

- Ar quente ou refrigerado;
- Água quente ou refrigerada;
- O ar e a água simultaneamente;
- O fluido refrigerante.

Equipamentos Terminais: situam-se tanto no local como próximos ao local em que se deseja climatizar. Estes equipamentos, recebem os fluidos primários e os utiliza para tratar o ar que será insuflado diretamente no ambiente.

CLASSES DE SISTEMAS DAS INSTALAÇÕES DE AVAC

Os diversos sistemas de climatização classificam-se através de processos diferentes. É comum classificar as instalações de um sistema de climatização, quanto à natureza do fluido primário que é tratado e distribuído aos aparelhos terminais. Os fluidos primários mais comumente utilizados são o Ar, a Água e um Refrigerante. Sendo assim, as classes de sistemas de climatização mais comuns são (FANGER, OLE. 2002):

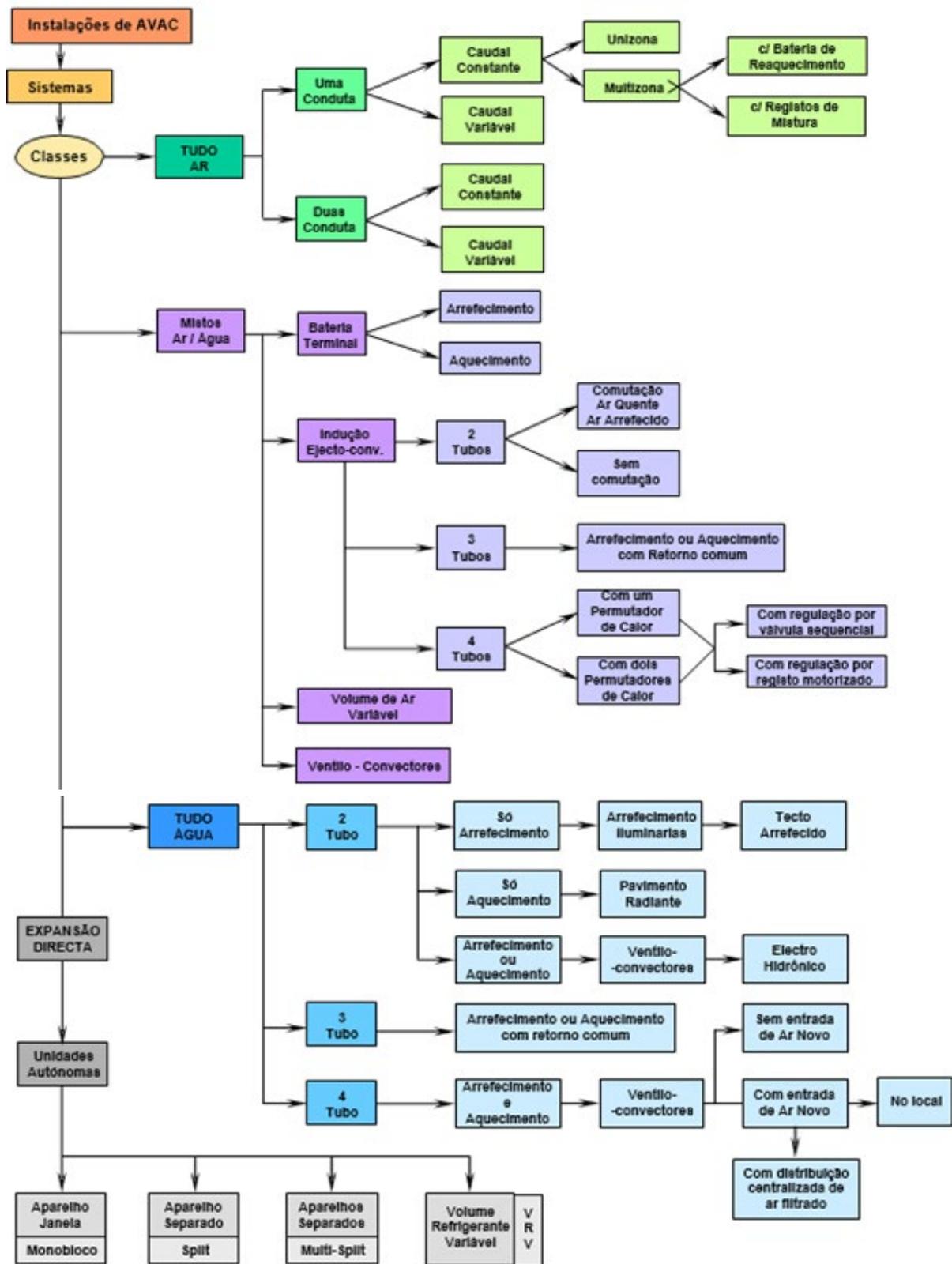
- Tudo ar, quando o fluido é unicamente ar;
- Mistos, quando os fluidos são ar e água;
- Tudo água, quando o fluido é somente água;
- Expansão direta, quando o fluido se trata de um gás refrigerante.

Tendo visto a importância da classificação dos sistemas, também é fundamental que o projetista de uma instalação de climatização AVAC, tenha conhecimento sobre os principais requisitos que constituem as instalações de AVAC mais comuns, como forma de selecionar a melhor opção, levando em consideração a necessidade do cliente, o custo-benefício e a viabilidade técnica. Segue o mapa de possibilidades dos requisitos (MARQUES, 2005):

- a) Sistemas somente a ar com uma zona
- b) Sistemas somente a ar com mais de uma zona
 - Com Bateria de Reaquecimento Central
 - Com Registos de Mistura
- c) Sistemas com uma Conduto e Volume de Ar Variável - VAV
 - Regulação do Ventilador dos Sistemas a VAV
 - Aquecimento dos Locais com Sistemas a VAV
 - Reguladores de Caudal e Difusores dos Sistemas a VAV
- d) Outros Sistemas Monoconduta a VAV
 - Sistemas Combinados
 - Aquecimento Central do Ar
- e) Sistemas com Duas Conduitas a Caudal de Ar Variável
- f) Sistemas de Climatização a Ar e Água (Sistemas Mistos)
 - Sistemas com Bateria de Aquecimento Terminal
 - Sistemas com Unidades Individuais a Indução
- g) Sistemas a Dois Tubos (Sistemas a Água)
 - Sistema a Dois Tubos com Inversão
 - Sistemas a Dois Tubos sem Inversão
- h) Sistemas a Três Tubos
- i) Sistema a Quatro Tubo
 - Sistemas a Quatro Tubos com Regulação por Válvulas
 - Sistemas a Quatro Tubos com Regulação por Registo
- j) Sistemas com Unidades Terminais a Indução e Volumes de Ar Variável
- l) Sistemas com ventiloconvectores.

Para entender melhor como todos estes componentes e elementos se relacionam em múltiplos sistemas existentes das instalações de AVAC, a figura 3, apresenta-se uma delineação, dos mais correntes.

Figura 3 - Múltiplas possibilidades de sistemas AVAC



Fonte: (MARQUES, 2005)

LEIS, PORTARIAS, RESOLUÇÕES E NORMAS

Neste tópico, são listadas as normas, portarias e resoluções mais usuais sobre os sistemas de climatização AVAC. A portaria nº 3523: de 28/08/1998 do Ministério da Saúde, complementada pela Resolução nº 9 de 16/01/2003 da ANVISA, que regulamenta os padrões a serem obedecidos para garantia da qualidade do ar interno em ambientes climatizados. Normas são recomendações técnicas que auxiliam nas boas práticas para projeto, implantação e manutenção dos sistemas de climatização, entre outras aplicações.

As normas e resoluções mais utilizadas estão:

- ASHRAE Standard 62.1:2016 – Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
- ASHRAE Standard 55.1:2013 – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- ABNT NBR-14880 – Saída de Emergência em Edifícios – Escada de Segurança – Controle de Fumaça por Pressurização;
- ABNT NBR-16401-1:2008 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 1: Projetos e Instalações;
- ABNT NBR-16401-2:2008 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico;
- ABNT NBR-16401-3:2008 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 3: Qualidade do Ar Interior;
- ABNT NBR 16101:2012- Filtros para Partículas em Suspensão no Ar;
- ABNT NBR 15220:2003 - Desempenho Térmico de Edificações;
- ABNT NBR-7256:2005 – Estabelecimentos de Assistência à Saúde;
- NR 15 MT – Atividades e operações insalubres.
- ABNT NBR 15575:2013-Edificações Habitacionais — Desempenho;
- ASHRAE Standard 90.1:2016 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.
- ASHRAE Standard 189.1-2009 – Standard for Design of High-Performance Green Buildings.
- SMACNA – HVAC Duct Construction Standards – Metal and Flexible;
- Resolução nº9: 2003 ANVISA – Orientação técnica sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público ou coletivo.

REFERÊNCIAS

PIEADADE, A. Cunha da; Rodrigues, A. Moret; Roriz, Luís F. Climatização em Edifícios, Envolvente e Comprimento Térmico. Edições Orion. 2000.

ALBERICO, A. Visão geral do condicionamento de ar. Apostila Ansett Tecnologia e Engenharia. São Paulo, 2003.

FANGER, OLE. Conforto e Qualidade do Ar Interior. Revista, Climatização, nº 7. 2002

TAVARES, RITA, S. Contaminação a Quanto Obrigas. Revista, Climatização, nº 23. 2002

CLARK, J. Selecting the optimum HVAC system, Proc. Strategic planning for energy and the environment, Association of Energy Engineers, 1994.

RËCKNAGEL; SPRENGER; HÖNMAN. Le Recknagel, Manuel pratique du genie climatique. 2^a Edition, PTC Edition. (L'edition originale a été publiée sous le titre: "Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, einsch. Brauchwasserbereitung und KältetechniKe". 63e édition 1985, par Verlag R.Oldenbourg München Wien. 1986

EDELSTEIN PH and ROY CR. Legionnaires' Disease and Pontiac Fever. In: Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases, 8, Bennet JE, Dolin R and Blaser MJ (Eds), Elsevier, Pennsylvania 2015.

CALM, James M; DIDION, David, A. Trade-offs in refrigerante selections: past, presente, and future. Grã-Bretanha. International Journal of Refrigeration. v. 21, n. 4, p 308-321. Elsevier Science Ltd and IIR. 1998.

MARQUES, J. M.F, 2005. Manutenção de uma instalação de AVAC das áreas limpas de uma indústria farmacêutica. Dissertação de mestrado. Porto, julho 2005.

Leituras recomendadas

Guia de climatização de ambientes não residenciais – ASBRAV – 2014/1