

# Refrigeração e Climatização

## **Climatização**

---

**Climatização** é a definição dada ao processo de fazer com que um meio ambiente qualquer permaneça numa faixa de temperatura simpática aos organismos biológicos que se quer preservar. A **AVAC** ou **HVAC** constitui a tecnologia destinada ao conforto ambiental interior, sobretudo em edifícios e em veículos. O conforto do aquecimento é condicionado pelo ar quente que saí do lado exterior para o interior através de ventoinhas forçadas por motores bipolares. Tanto "AVAC" como "HVAC" são siglas que significam "**aquecimento, ventilação e ar condicionado**" (em inglês "*heating, ventilating and air conditioning*"), referindo-se às três funções principais e intimamente relacionadas daquela tecnologia. Ocasionalmente, a refrigeração também é incluída no âmbito desta tecnologia, que passa então a ser referida pelas siglas **AVACR**, **AVAC/R**, **AVAC-R** ou **AVAC&R** ou as correspondentes **HVACR**, **HVAC/R**, **HVAC-R** e **HVAC&R**.

O projeto de sistemas de AVAC é um dos principais campos de atividade da engenharia mecânica, utilizando os princípios da termodinâmica, da mecânica dos fluídos e da transferência de calor. A AVAC é particularmente importante no projeto de edifícios industriais e de serviços de média ou grande dimensão, bem como no projeto de instalações com ambientes especiais, como aquários e laboratórios. Estes locais obrigam a um estrito controlo das condições ambientais, especialmente em termos de temperatura, de humidade e de renovação do ar.

O máximo é compreendido em função da quantidade relativa de água que tem no ar e a temperatura transmitida no momento.

Esse tipo de climatização que fornece ao meio ambiente humidade e oxigenação, atualmente é utilizada dentro de estufas agrícolas, granjas, e atualmente faz parte dos sistemas de resfriamentos abertos em prédios cuja arquitetura é considerada, inteligente.

Por usar o simples princípios copiados da natureza de evaporação da água, em função de seu calor latente, estes sistemas consomem pouquíssima energia, a assim são considerados sistemas que tendem a ser usados num futuro bem próximo.

O sistema de climatização de atomização e nebulização da água são de resfriamento simples que fazem cair a temperatura cerca de 4 ou 5 graus, porém outros sistemas de trocas de temperaturas como a criotecnia que tratam do meio ambiente, ou sistemas de distilação que utilizam energia eletrica ou não, também fazem uso desse recurso para o otimização de seu rendimento.

A climatização de uma casa muitas vezes é feita recorrendo a sistemas de ar condicionado, sistemas de purificação do ar, sistemas de aquecimento central ou sistemas de ventilação. Todos estes mecanismos tornam possível modificar a temperatura do ar nos interiores dos espaços, nomeadamente das habitações. Estes sistemas devem ser instalados por empresas especializadas em sistemas de climatização.

## **Origem**

---

A origem da tecnologia de AVAC baseia-se em invenções e descobertas levadas a cabo por pessoas como Nikolay Lvov, Michael Faraday, Willis Carrier, Reuben Trane, James Joule, William Rankine, Sadi Carnot e muitos outros. A invenções dos componentes do que viriam a ser os sistemas de AVAC acompanhou de perto a Revolução Industrial. Ainda hoje em dia, novos métodos de modernização, de aumento da eficiência e de controlo dos sistemas são constantemente introduzidos por empresas e inventores de todo o mundo.

As três funções centrais de aquecimento, de ventilação e de condicionamento de ar estão inter-relacionadas, proporcionando conforto térmico e qualidade do

ar interior (QAI) aceitáveis, com custos viáveis de instalação, operação e manutenção. Os sistemas de AVAC fornecem ventilação, reduzem a infiltração do ar e mantêm as relações de pressão entre espaços. Nos edifícios modernos, o projeto, instalação e controlo destas funções está integrado num ou mais sistemas de AVAC. Em edifícios de muito pequena dimensão, é normalmente o próprio empreiteiro a dimensionar e a escolher o equipamento e os sistemas de AVAC a instalar. Já em edifícios maiores, a análise, o projeto e a especificação dos sistemas de AVAC fica normalmente a cargo de engenheiros especialistas, sendo a instalação e montagem daqueles realizada por subempreiteiros especializados em instalações especiais. Hoje em dia, na maioria dos países, existe legislação a definir as condições em que os sistemas de AVAC devem ser projetados, instalados, mantidos e operados, bem como quem está habilitado para isso.

O ramo da AVAC constitui, hoje em dia, uma importante atividade económica a nível mundial, existindo empresas de produção, de venda ou de instalação daqueles sistemas em quase todas as cidades do mundo. Este ramo é também uma grande empregador, garantindo inúmeras oportunidades de carreira, em áreas que vão da operação e manutenção até ao projeto e investigação, passando pelas vendas.

## Aquecimento

---

Existem muitos tipos diferentes de sistemas de aquecimento. O aquecimento central é frequentemente usado em climas frios para aquecimento de casas e de edifícios públicos. Estes sistemas incluem caldeiras, fornalhas e bombas de calor para o aquecimento de água ou de ar, concentrados num local central, como uma casa da fornalha ou uma casa das caldeiras. O uso da água como meio de transferência de calor é conhecido como "hidrónica". Cada sistema de aquecimento também inclui tubagens em sistemas de ar forçado ou canalizações para distribuição de água aquecida e radiadores para transmissão do calor daquela para o ar ambiente. O termo "radiador" neste contexto é um pouco enganador, uma vez que a maioria da transferência de calor - a partir do permutador de calor - é feita por convecção e não por radiação. Os radiadores podem ser montados tanto nas paredes como enterrados no pavimento.

Em sistemas alimentados por caldeira e de aquecimento por radiação, todos os sistemas - excepto os muito simples - incluem uma ou mais bombas para fazerem a água circular e assegurarem uma distribuição igual de calor por todos os radiadores. A água aquecida também pode servir para alimentar outro permutador de calor (secundário) dentro de um termoacumulador para proporcionar águas quentes sanitárias.

Os sistemas de ar forçado enviam o ar através de condutas e tubagens. Durante o tempo quente, as mesmas condutas podem ser usadas para condicionamento de ar. O ar forçado também pode ser filtrado ou tratado.

O aquecimento também pode ser realizado através do uso de resistências elétricas, que consistem em filamentos que aquecem ao serem atravessados por corrente elétrica. Este tipo de aquecimento é frequentemente encontrado em aquecedores portáteis e como sistema de reserva ou suplementar do sistema de bomba de calor.

Os elementos de aquecimento (radiadores ou respiradores) deverão ser colocados na parte mais fria de um compartimento - tipicamente próxima de um janela - de modo a minimizar a condensação e o desvio da corrente de ar convectiva formada no compartimento em virtude do ar próximo à janela se tornar mais pesado devido à temperatura mais baixa. Os dispositivos que afastam os respiradores das janelas para prevenção da perda de calor são projetados com este intento. As correntes de ar frio podem contribuir significativamente para um sentimento subjetivo de frio em relação à temperatura média do compartimento. Assim, é importante controlar o vazamento de ar a partir do exterior, além de um adequado projeto do sistema de aquecimento.

A invenção do aquecimento central é frequentemente creditada aos antigos Romanos, os quais instalaram sistemas de condutas de ar - chamadas "hipocaustos" - em paredes e pavimentos dos banhos públicos e vilas privadas.

## Ventilação

---

A ventilação constitui o processo de trocar ou substituir o ar em qualquer espaço, com os objetivos de controlar a temperatura, de renovar o oxigénio e de remover humidade, odores, fumos, calor, poeiras, bactérias do ar e dióxido

de carbono. A ventilação inclui tanto a troca de ar com o exterior como a circulação de ar no interior do edifício. É um dos fatores mais importantes para manter uma aceitável qualidade do ar interior (QAI) em edifícios.

Essencialmente, a ventilação de um edifício pode ser feita de duas formas: a mecânica ou forçada e a natural.

### **Ventilação mecânica**

A ventilação mecânica ou ventilação forçada é usada para controlar a qualidade do ar interior. O excesso de humidade, os odores e os contaminantes podem normalmente ser controlados através de diluição ou de substituição pelo ar exterior. Contudo, em climas húmidos, será necessária muita energia para remover o excesso de humidade do ar de ventilação.

Tipicamente, as cozinhas e as instalações sanitárias dispõem de exaustores mecânicos para controlar os odores e, ocasionalmente, a humidade. O projeto desses sistemas deve ter em conta fatores como o caudal - que é uma função da velocidade do ventilador e do tamanho da sua secção - e o nível de ruído. Se as condutas para os ventiladores atravessarem espaços não aquecidos, as tubagens deverão ser isoladas para evitar a condensação no seu interior.

As ventoinhas de teto, de mesa ou de pavimento fazem circular o ar dentro de um compartimento com o objetivo de reduzir a temperatura perceptível, através da evaporação da transpiração da pele dos seus ocupantes. Uma vez que o ar quente sobe, as ventoinhas de teto podem ser usados para manter um compartimento mais quente no inverno através da circulação do ar quente estratificado, do teto para o pavimento. Contudo, as ventoinhas não proporcionam ventilação no sentido de "troca de ar com o exterior".

### **Ventilação natural**

A ventilação natural consiste na ventilação de um edifício com ar proveniente do exterior sem a utilização de ventiladores nem de outros sistemas mecânicos.

Em espaços pequenos e simples, a ventilação natural pode ser conseguida através do uso de simples janelas abertas ou de respiradouros. Em sistemas mais complexos, pode deixar-se subir o ar quente no interior do edifício, em direção a clarabóias abertas em zonas superiores (efeito de chaminé), forçando

assim o ar frio exterior a entrar naturalmente dentro do edifício através de aberturas nas suas zonas inferiores. Estes sistemas consomem muito pouca energia, mas têm que ser projetados de um modo muito rigoroso de forma a que o conforto dos ocupantes fique assegurado. Em muitos climas, nos meses mais quentes ou mais húmidos, manter o conforto térmico utilizando apenas a ventilação natural pode não ser possível, obrigando à utilização de sistemas convencionais de ar condicionado como reserva.

Os sistemas economizadores a ar desempenham as mesmas funções da ventilação natural, mas utilizando meios mecânicos como ventiladores, tubagens e sistemas de controlo para introduzir e distribuir o ar fresco exterior quando apropriado.

### **Ar condicionado**

---

O ar condicionado e a refrigeração são obtidos através da remoção do calor. A definição de frio é a de "ausência de calor" e todos os sistemas de ar condicionado funcionam segundo este princípio básico. O calor pode ser removido, por irradiação, por convecção ou por aquecimento-arrefecimento, através de um processo conhecido por "ciclo de refrigeração". Os meios de condução - incluindo água, ar, gelo e químicos - são referidos como "refrigerantes".

Um sistema integrado de ar condicionado ou um ar condicionado autónomo, fornece arrefecimento, ventilação e controle de humidade à totalidade ou a parte de um edifício ou veículo. O ciclo de refrigeração consiste em quatro fases essenciais para a criação de um efeito de resfriamento. Um compressor comprime o refrigerante. A compressão faz com que o refrigerante vaporizado se torne mais denso, libertando calor neste processo. O vapor comprimido é então arrefecido, através da permutação de calor com o ar exterior, condensando-se na serpentina do condensador e transformando-se em líquido. O refrigerante líquido é então bombeado para o interior do edifício, onde entra num evaporador. Neste evaporador, pequenos bicos pulverizam o refrigerante líquido para uma câmara, no interior da qual a pressão baixa, permitindo que o refrigerante se evapore. Como a evaporação absorve o calor em seu redor, essa área em redor arrefece, com o evaporador a retirar,

portanto, calor ao ambiente e a colocá-lo no sistema. O refrigerante em vapor volta então a ser enviado para o compressor, repetindo-se o ciclo. Um sistema de contagem (referido como "orifício") age como restrição ao sistema no evaporador, de modo a assegurar que o refrigerante flui para aquele com o caudal apropriado, o que evita que o refrigerante volte ao compressor em estado líquido e permite o controlo da taxa de permutação de calor no evaporador.

Os sistemas de ar condicionado central, totalmente a ar, são frequentemente instalados em residências e edifícios de serviços modernos, mas são dificilmente adaptáveis a edifícios que não foram originalmente projetados para os receber. Isso deve-se sobretudo ao elevado volume de espaço que tem de existir disponível para ser ocupado pelas grandes condutas de ar utilizadas pelo sistema. Um sistema de condutas tem que ter uma manutenção muito cuidada de modo a prevenir o crescimento de bactérias patogénicas no seu interior.

Uma alternativa às grandes condutas de ar consiste no uso de ventiloconectores ou de unidades *split* (compressor e evaporador instalados em locais separados). Estes sistemas são frequentes em residências e em pequenos edifícios comerciais. Nestes sistemas, a serpentina do evaporador - situada no local a climatizar - é ligada a um condensador remoto através de canalizações de pequeno diâmetro em vez de condutas grandes.

Num sistema de ar condicionado, a desumidificação é realizada pelo evaporador. Uma vez que o evaporador opera a uma temperatura inferior à do ponto de orvalho, a humidade do ar condensa-se nos tubos da serpentina do evaporador. Esta humidade é recolhida no fundo do evaporador por um tabuleiro e removida através de um cano de esgoto de condensados para um dreno central ou mesmo para o chão no exterior. Um desumidificador consiste num aparelho do tipo de um ar condicionado, que controla a humidade de um compartimento ou de um edifício completo. Normalmente, é usado em caves que dispõem de uma mais elevada humidade relativamente à sua temperatura mais baixa e à propensão para maior acumulação de humidade nas suas paredes e pavimentos. Em estabelecimentos de venda de alimentos,

as grandes câmaras frigoríficas são altamente eficientes na desumidificação do ar interior. Em contrapartida, existem também humidificadores, que consistem em aparelhos para aumento da humidade.

Os edifícios com ar condicionado têm frequentemente as janelas seladas, uma vez que a abertura destas iria prejudicar o esforço do sistema de AVAC em manter constantes as condições do ar interior.

Todos os sistemas de ar condicionado modernos estão equipados com filtros de ar. Estes são normalmente feitos de um material leve do tipo gaze e devem ser substituídos assim que as suas condições o obriguem, excepto alguns modelos que são laváveis. Como exemplos, tanto num edifício com um ambiente empoeirado como numa casa com animais de pelo irá ser necessário uma maior número de substituições de filtros do que num edifício onde não existam tantas sujidades. A não substituição dos filtros conforme o necessário irá contribuir para uma taxa de permutação de calor inferior, resultando no desperdício de energia, no encurtamento da vida do equipamento e, consequentemente, no aumento dos custos. Além disso, a não substituição provocará uma diminuição do fluxo de ar, resultando no congelamento das serpentinas do evaporador, o que poderá provocar o impedimento da passagem de qualquer ar. Adicionalmente, filtros muito sujos ou colmatados podem provocar sobreaquecimento durante a fase de aquecimento do ciclo de refrigeração, resultando em danos possíveis nos componentes eletromecânicos ou mesmo num incêndio.

É importante ter em mente que, uma vez que o ar condicionado, move o calor da serpentina interior (evaporador) para a serpentina exterior (condensador), esta última deve manter-se tão limpa como a anterior. Isto significa que, além da substituição do filtro de ar junto à serpentina do evaporador, também é necessário limpar regularmente a serpentina do condensador. A falha em manter o condensador limpo irá resultar eventualmente em danos no compressor, uma vez que a serpentina do condensador é responsável por descarregar tanto o calor interior (captado pelo evaporador) como aquele gerado pelo motor elétrico que aciona o compressor.

O ar novo exterior é normalmente captado para dentro do sistema através de um ventilador na secção do evaporador. O ajustamento da percentagem do ar

de retorno composto por ar novo pode ser normalmente ajustada através da manipulação da abertura do ventilador.

## **Refrigeração**

---

A refrigeração consiste no processo de remoção de calor de um espaço fechado ou de uma substância, movendo-o para um local onde o mesmo não seja problemático. Para além de ser uma das funções do ar condicionado e mesmo da ventilação, existe também uma tecnologia específica de refrigeração, vocacionada sobretudo para a conservação de alimentos e de outros produtos, que frequentemente é agrupada com a AVAC, formando a AVAC & R. Os principais fins desta tecnologia são o de baixar a temperatura do espaço ou substância a refrigerar e o de manter essa baixa temperatura.

Qualquer processo natural ou artificial pelo qual o calor seja dissipado está incluído na refrigeração. O processo de produzir artificialmente temperaturas extremamente baixas é conhecido como "criogenia".

O frio consiste na ausência de calor. Assim, para se reduzir a temperatura tem que se "retirar calor" e não "adicionar frio". De modo a satisfazer a Segunda Lei da Termodinâmica, para se obter aquilo, tem que ser realizada alguma forma de trabalho. Este trabalho é tradicionalmente realizado de forma mecânica, mas pode também ser realizado através de magnetismo, de laser e de outras formas.

## **Poupança Energética e Sustentabilidade Ambiental**

---

Desde a década de 1970, tem havido um esforço crescente, por parte de fabricantes e projetistas de sistemas de AVAC, no sentido de os tornar energeticamente mais eficientes. Inicialmente, este esforço teve como força motriz o crescimento dos custos da energia. Posteriormente, também contribuiu fortemente para esse esforço a consciência ambiental e a consequente necessidade da redução da poluição e do aquecimento global.

Para além da eficiência energética, têm sido tomadas outras medidas no sentido de tornar os sistemas de AVAC ambientalmente mais sustentáveis, como a eliminação dos fluídos refrigerantes prejudiciais à camada de ozônio.

## **Refrigeração**

---

**Refrigeração** é a ação de resfriar determinado ambiente de forma controlada, tanto para viabilizar processos, processar e conservar produtos (refrigeração comercial e industrial) ou efetuar climatização para conforto térmico.

### **Ciclos de refrigeração**

---

Para diminuir a temperatura é necessário retirar energia térmica de determinado corpo ou meio. Através de um ciclo termodinâmico, calor é extraído do ambiente a ser refrigerado e é enviado para o ambiente externo. A refrigeração não destrói o calor, que é uma forma de energia. Ela apenas o move de um lugar não desejado para outro que não faz diferença.

Entre os ciclos de refrigeração, os principais são o ciclo de refrigeração padrão por compressão, o ciclo de refrigeração por absorção e o ciclo de refrigeração por magnetismo.

### **Ciclo de refrigeração por compressão de Vapor**

---

#### **Princípios**

Num ciclo de refrigeração, por compressão de vapor (refrigerador, ar-condicionado), existem basicamente cinco componentes:

Compressor, condensador, dispositivo de expansão, evaporador e fluido refrigerante.

O fluido refrigerante na forma de líquido saturado passa pelo dispositivo de expansão (restrição), onde é submetido a uma queda de pressão brusca, onde passa a ter dois estados: predominantemente líquido e, em menor quantidade, gasoso. O fluido refrigerante, nesse ponto, é denominado de flash gás. Logo, o fluido é conduzido para o evaporador, onde absorverá calor do ar do ambiente a ser climatizado, vaporizando-se.

Na saída do evaporador, na forma de gás, é succionado pelo compressor, que eleva sua pressão (e temperatura) para que possa ser conduzido através do condensador, onde cederá calor ao ambiente externo, condensando o fluido e completando o ciclo. O ventilador força a circulação de ar, fazendo com que o

ar a ser resfriado atravesse, de forma perpendicular, os tubos aletados da serpentina do evaporador.

### **Etapas de um Ciclo Ideal de Refrigeração**

#### **Evaporação**

A evaporação é a etapa onde o fluido refrigerante entra na serpentina como uma mistura predominantemente líquida, e absorverá calor do ar forçado pelo ventilador que passa entre os tubos aletados. Ao receber calor, o fluido refrigerante saturado vaporiza-se, absorvendo calor latente e calor sensível.

A capacidade de refrigeração, em W, pode ser expressada através da equação:

$$\dot{Q}_l = \dot{m} * (h_1 - h_4)$$

#### **Compressão**

A função do compressor é comprimir o fluido refrigerante, sempre no estado físico de vapor, elevando a pressão do fluido. Em um ciclo ideal, a compressão é considerada adiabática reversível (isoentrópica), ou seja, desprezam-se as perdas. Na prática perde-se calor ao ambiente nessa etapa, porém não é significativo em relação à potência de compressão necessária.

A potência de compressão, em W, pode ser expressada pela seguinte equação:

$$\dot{W}_c = \dot{m} * (h_2 - h_1)$$

#### **Condensação**

A condensação é a etapa onde ocorre a rejeição de calor do ciclo. No condensador, o fluido na forma de gás saturado é condensado ao longo do trocador de calor, que em contato com o ar cede calor ao meio ambiente.

O calor rejeitado pelo condensador, em W, pode ser expresso pela equação:

$$\dot{Q}_h = \dot{m} * (h_2 - h_3)$$

## **Expansão**

A expansão é a etapa onde ocorre uma perda de pressão brusca, porém controlada que vai reduzir a pressão do fluido, da pressão de condensação para a pressão de evaporação. Em um ciclo ideal ela é considerada isoentálpica, despreza-se as variações de energia cinética e potencial.

$$h_3 = h_4$$

## **Coeficiente de performance**

O coeficiente de performance, COP, é um parâmetro fundamental na análise de sistemas de refrigeração. Mesmo sendo de um ciclo teórico, pode-se verificar os parâmetros que influenciam o desempenho do sistema. A capacidade de retirar calor sobre a potência consumida pelo compressor deve ser a maior possível.

Define-se COP com a seguinte relação:

$$COP = \dot{Q}_l / \dot{W}_C$$

## **Variáveis**

$\dot{m}$  - [Vazão](#) mássica de refrigerante em kg/s

$\dot{Q}_l$  - Calor retirado pelo evaporador em W.

$\dot{Q}_h$  - Calor cedido pelo condensador em W.

$\dot{W}$  - [Trabalho](#) realizado pelo compressor em W.

$h_1, h_2, h_3$  e  $h_4$  - [Entalpia](#) de estado J/kg.

COP - Coeficiente de performance.

## **Refrigeração e Climatização**

### **Como funciona o fluxo do ar?**

O sistema de ar condicionado das máquinas agrícolas, como tratores, colheitadeiras, entre outros, segue o mesmo princípio de funcionamento do ar condicionado de carros de passeio, porém com um regime de trabalho muito mais intenso e “pesado”.

O ar é coletado na parte externa do veículo e passa por filtros de partículas (filtros anti-pólen ou filtros de cabine), logo após vai para a caixa evaporadora que pode ficar no interior da cabine, geralmente sob o banco ou no teto da máquina. Este ar filtrado passa pelo evaporador e depois segue para uma ventoinha que dá pressão a esta massa de ar. O ar então vai para os difusores que liberam o ar climatizado.

Alguns sistemas de ar condicionado só possuem recirculação de ar, o que deixa a cabine muito seca, após algumas horas de utilização do sistema.

Quanto aos compressores, eles costumam ser de pistões axiais de cilindrada fixa (de 150 a 170 cm<sup>3</sup>) e cárter aberto, onde o óleo se mistura ao fluido refrigerante, por isso se utiliza o óleo PAG (polialquileno-glicol).

Gás utilizado no sistema de ar condicionado:

Nos últimos anos os fabricantes estão desenvolvendo novos tipos de gases que reúnem o máximo possível de eficiência e que não denigram o meio ambiente. É o caso do fluido refrigerante R134A, que é utilizado em tratores e que não prejudica a cama de ozônio. Ele é recomendado como substituto do R12, que é nocivo ao planeta. Dependendo do modelo do equipamento a carga de fluido refrigerante pode variar de cerca de 900g até cerca de 3700g.

### **Limpando o sistema:**

Por acumular muita sujeira, o evaporador pode apresentar vazamentos por corrosão. O condensador é alvo de grande acúmulo de sujeira e se não for limpo regularmente, ocasiona pressão elevada no compressor, afetando sua durabilidade.

Quando é realizada a troca do compressor danificado, deve ser feito uma limpeza interna do sistema com R141b (tipo de solvente), para retirar todo o óleo contaminado com limalhas. Obrigatoriamente, é necessário trocar o filtro secador e se aproveita para trocar também a válvula de expansão de forma preventiva.

O R141b é volátil, similar a gasolina pura, porém não é tão inflamável. O líquido é de cheiro forte e transparente. Por conta disso, o procedimento deve ser feito em ambiente ventilado, evitando-se a inalação.

Ao menos uma vez por semana deve ser realizada a limpeza do filtro do ar condicionado ou pelo menos a cada 100 horas de operação. Se houver muita poeira no local de trabalho, a limpeza pode ser diária.

## **Manutenção**

A manutenção nesses sistemas é bem frequente, devido ao trabalho pesado, mas na maioria das vezes é corretiva. “Os proprietários de máquinas estão mais conscientes e durante as entre safras, sempre que possível, chegam a programar as manutenções preventivas no ar condicionado dos tratores”, diz Mario Ishiguro, responsável pela Ishi Ar Condicionado Automotivo. O maior cuidado é manter o condensador livre de acúmulo de sujeira e com ar fresco para a troca de calor. Se a dissipação de calor não ocorrer com eficiência no condensador, a pressão sobe em demasia e a durabilidade do compressor fica afetada.

De acordo com Ishiguro, as concessionárias nem sempre possuem pessoal especializado nesta área. “Faltam profissionais de manutenção nesta área, bem como peças de reposição de boa qualidade”.

## **Investimento no ar condicionado**

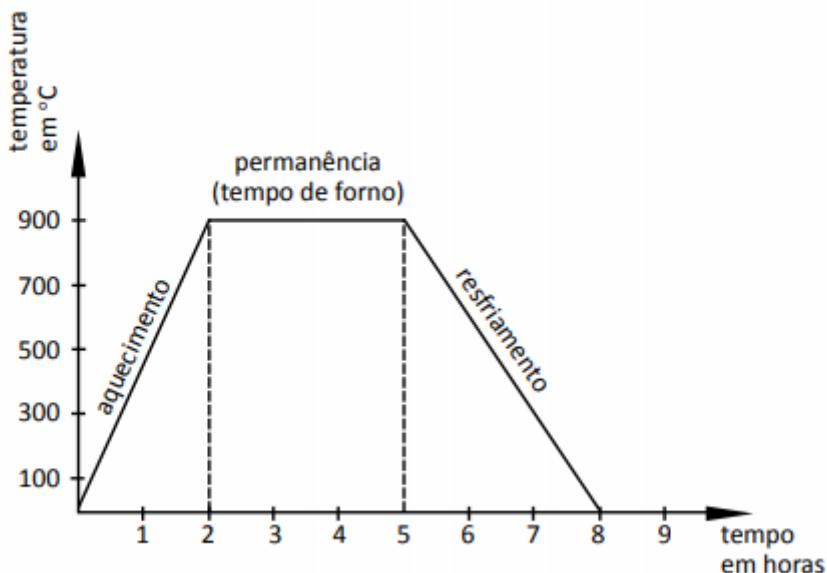
É possível instalar o ar-condicionado em máquinas agrícolas que não vem com o sistema de fábrica. “Existem empresas especializadas que já fazem e instalam a cabine com o ar condicionado. Os preços podem variar muito, mas só o ar condicionado adaptado, sem contar a cabine (feita de aço carbono), está por volta de 3.500 reais a 5 mil reais. Isso pode variar, dependendo do equipamento e da qualidade da instalação”, explica o proprietário da Ishi.

Atualmente, o valor de uma máquina equipada com ar condicionado de fábrica pode elevar seu valor em mais de 5 mil reais, podendo chegar a cerca de 10 mil reais. Mas, mesmo assim, comprar uma máquina com o ar-condicionado de

fábrica geralmente acaba saindo mais barato que instalar posteriormente uma cabine fechada com o sistema de climatização.

### Tratamento térmico

Tratamento térmico pode ser definido como o aquecimento ou resfriamento controlado dos metais feito com a finalidade de alterar suas propriedades físicas e mecânicas, sem alterar a forma do produto final.



Uma mola espiral, por exemplo, necessita ser tratada termicamente para ser utilizada no sistema de suspensão de um veículo automotor. Ao ser comprimida, na passagem do veículo por uma lombada, a mola acumula energia amortecendo o movimento da roda. Após a passagem pela lombada a mola se estende devolvendo a energia acumulada e fazendo a roda do veículo retornar à sua posição inicial. O tratamento térmico permite que a mola sofra deformação elástica sem perder sua forma e a geometria original. Para resistir a esses esforços é preciso que a mola tenha dureza elevada, elasticidade e resistência mecânica para não sofrer deformação plástica permanente.

Nem sempre os tratamentos térmicos são intencionais. Algumas vezes, peças metálicas sofrem tratamentos térmicos, durante o processo de fabricação, passando por ciclos de aquecimento ou resfriamento, que podem alterar suas propriedades de forma prejudicial. Como exemplo podemos citar a operação de soldagem de estruturas de aço, que ao serem aquecidas até temperaturas

elevadas podem sofrer têmpera e fragilização, na zona termicamente afetada (ZTA), comprometendo a tenacidade da estrutura como um todo.

Da mesma maneira, operações de conformação plástica a frio podem introduzir tensões indesejadas, no interior do material e esgotar sua capacidade de sofrer deformação plástica adicional, tornando-os frágeis. Os tratamentos térmicos são frequentemente associados com o aumento da resistência do material. Entretanto, podem ser utilizados para alterar características de fabricabilidade, como usinabilidade, estampabilidade ou restauração de dutilidade, após intenso processo de conformação a frio.

Pode-se dizer, então, que os tratamentos térmicos são processos de fabricação que são utilizados tanto para facilitar outros processos de fabricação como para aumentar o desempenho dos produtos através do aumento da resistência mecânica ou de outras propriedades.

O benefício trazido pelos tratamentos térmicos aos aços é muito grande, pois esses materiais respondem muito bem aos diferentes ciclos de tratamento utilizados. Num mesmo aço, dependendo do tratamento térmico, podem-se obter níveis de resistência mecânica, dureza, dutilidade e tenacidade muito variados, permitindo, por exemplo, amolecer o material para usinagem e posteriormente endurecê-lo para obter alta resistência. Essa é uma das razões pelas quais a utilização comercial do aço é muito maior que a de outros materiais.

Uma grande variedade de tratamentos térmicos e termoquímicos pode ser utilizada em aços, podendo-se, grosso modo dividi-los em dois grupos:

1. Tratamentos de amolecimento
2. Tratamentos de endurecimento

### **Amolecimento**

O amolecimento é feito para reduzir a dureza, remover tensões residuais, melhorar a tenacidade ou quando se deseja refinar o grão do material.

Em decorrência dos processos de fabricação, por laminação a frio ou trefilação os aços endurecem (encruamento) e é necessário restaurar sua dutilidade ou remover as tensões residuais existentes. Em estruturas soldadas,

frequêntemente é necessário fazer-se um tratamento térmico de amolecimento pós-soldagem visando diminuir a dureza de uma zona endurecida e fragilizada (denominada zona termicamente afetada) para restaurar a tenacidade do material.

### **Corrosão Metálica**

A corrosão metálica pode ser definida como um processo espontâneo que ocorre frequentemente na natureza por ação de muitos fatores. O termo corrosão tem origem no latim “corrodere” que significa destruir gradativamente. O fenômeno da corrosão pode ser entendido como uma deterioração do material, devido às reações químicas e/ou eletroquímicas com o meio em que interage. A corrosão está relacionada com a oxidação de um metal para a formação de um composto mais estável termodinamicamente nas condições a que está submetido. De modo mais específico, o fenômeno corrosivo representa uma situação em que duas ou mais reações eletroquímicas diferentes ocorrem simultaneamente e de forma espontânea, sendo pelo menos uma de natureza anódica e outra catódica. A reação anódica de dissolução do metal fornece elétrons à reação catódica de redução. Para que a reação de dissolução do metal tenha prosseguimento é necessário que os elétrons produzidos sejam removidos, caso contrário ocorre equilíbrio eletroquímico.

Vale destacar os processos de desgaste por atrito, por erosão ou por outros fatores mecânicos.

Um sistema de análise do processo corrosivo é composto de quatro elementos básicos:

- Anodo: eletrodo no qual ocorre a oxidação (corrosão) e de onde a corrente (na forma de íons metálicos positivos) entra no eletrólito.
- Eletrólito: meio condutor (geralmente líquido) que contém os íons que transportam a corrente até o catodo.

- Catodo: eletrodo onde ocorre a redução e o local onde a corrente sai do eletrólito.
- Circuito metálico: elo de ligação entre anodo e catodo e por onde migram os elétrons (no sentido anodo-catodo).

Uma característica importante dos processos de corrosão é que os eventos acontecem espontaneamente, ou seja, a reação eletroquímica global que descreve o processo é espontânea. Portanto, se considerados os aspectos termodinâmicos observa-se que a variação da energia livre ( $\Delta G$ ) é menor que zero<sup>1</sup>. Para se quantificar a velocidade do processo mencionado considera-se os aspectos cinéticos:

Se a concentração do agente corrosivo for pequena, é possível que o processo seja controlado por transporte de massa, ou seja, pela velocidade com que a espécie agressiva chega aos sítios de ataque.

Se o ambiente ao qual o metal está exposto é um condutor pobre, o transporte de íons para compensar as cargas geradas no processo corrosivo pode ser lento e constituir um fator determinante no processo corrosivo.

Se o meio contém elevadas concentrações do agente agressivo e de íons, a velocidade pode ser controlada pela cinética de uma ou outra reação de transferência de carga.

Exemplificando o caso no qual a velocidade do processo é controlada pela cinética da reação, pode-se empregar a equação de Tafel para estabelecer a correlação corrente-potencial para cada um dos eletrodos.

#### Parâmetros que afetam a velocidade de corrosão

A velocidade do processo corrosivo pode ser expressa em termos da corrente de corrosão. É possível identificar e analisar os efeitos dos parâmetros que afetam analogamente ao procedimento para eletrocatalise e utilização de diagramas de Evans. Vale ressaltar : quanto menor for a corrente de intercâmbio, menor será a magnitude da corrente de corrosão. Quanto menor a

corrente de intercâmbio da reação catódica, menor será também a magnitude da corrente de corrosão. Valores elevados do coeficiente de Tafel para a reação catódica levam a uma menor corrente de corrosão.

Outros fatores importantes que têm influência sobre a velocidade de corrosão são a concentração do agente corrosivo e a condutividade do meio ao qual o metal está exposto. Quando a concentração do agente corrosivo é pequena, a curva catódica atinge o limite difusional e a velocidade de corrosão passa a ser controlada pelo transporte do reagente ao centro de ataque no metal, sendo a corrente de corrosão tanto menor quanto menor for a concentração. Um exemplo bem conhecido onde este efeito acelera os processos de corrosão é observado em ambientes localizados perto do litoral pois, devido à alta umidade e à alta concentração iônica da atmosfera marítima, há uma maior corrosão dos metais.

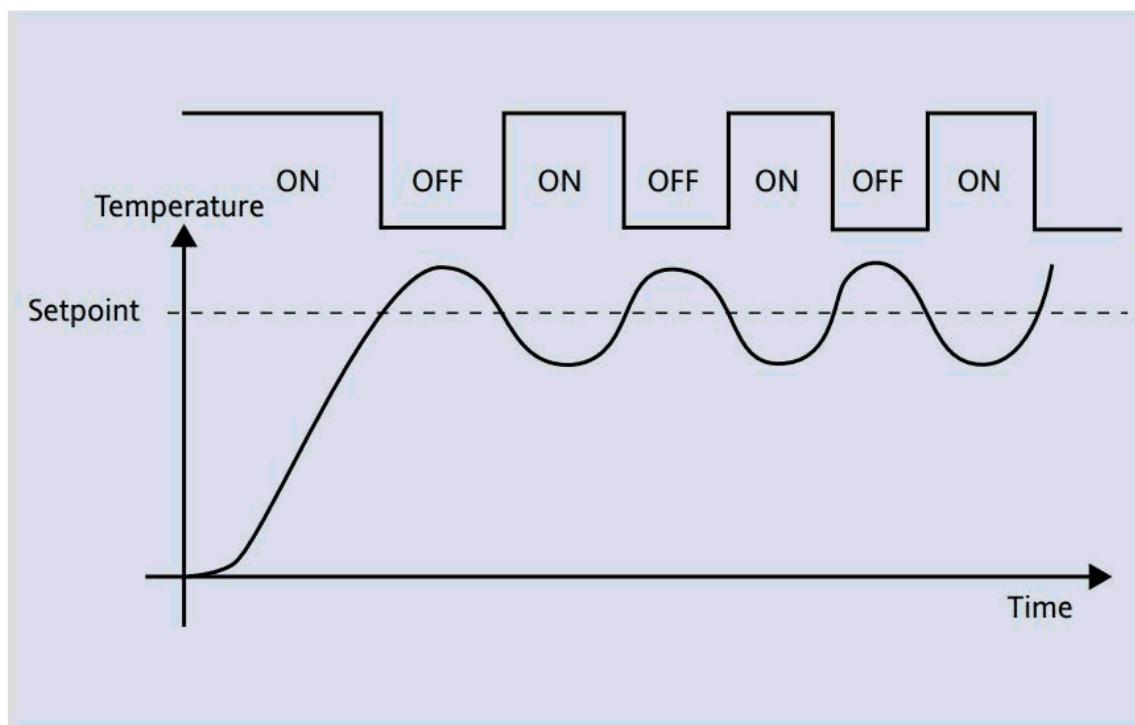
### **Como Funciona o Controle de Temperatura?**

O **controle de temperatura** aplicado na indústria é uma das tecnologias essenciais na fabricação adequada de produtos pois em um processo de fabricação, se a temperatura variar muito tanto acima ou abaixo da faixa ideal necessária para uma determinada fase de um processo de fabricação, os resultados podem ser; revestimentos danificados, adesão inadequada, material enfraquecido ou um componente comprometido. Por este motivo, torna-se cada vez mais importante que o fabricante não apenas determine a temperatura adequada para cada etapa de produção, mas também monitore a temperatura dentro deste processo.

Os controladores de temperatura nas operações de fabricação cumprem a seguinte função: São responsáveis por garantir que a etapa do processo opere dentro dos padrões, medindo a temperatura constantemente e comparando e corrigindo com a temperatura especificada (programadas internamente) no controlador. Como resultado, os fabricantes podem descobrir problemas relacionados com a temperatura mais rapidamente e tratá-los quando necessário. Existem três tipos gerais de controles de temperatura que são aplicados durante os processos de fabricação: controle de temperatura ON-OFF, Proporcional e PID.

## 1 – Controle de Temperatura ON/OFF

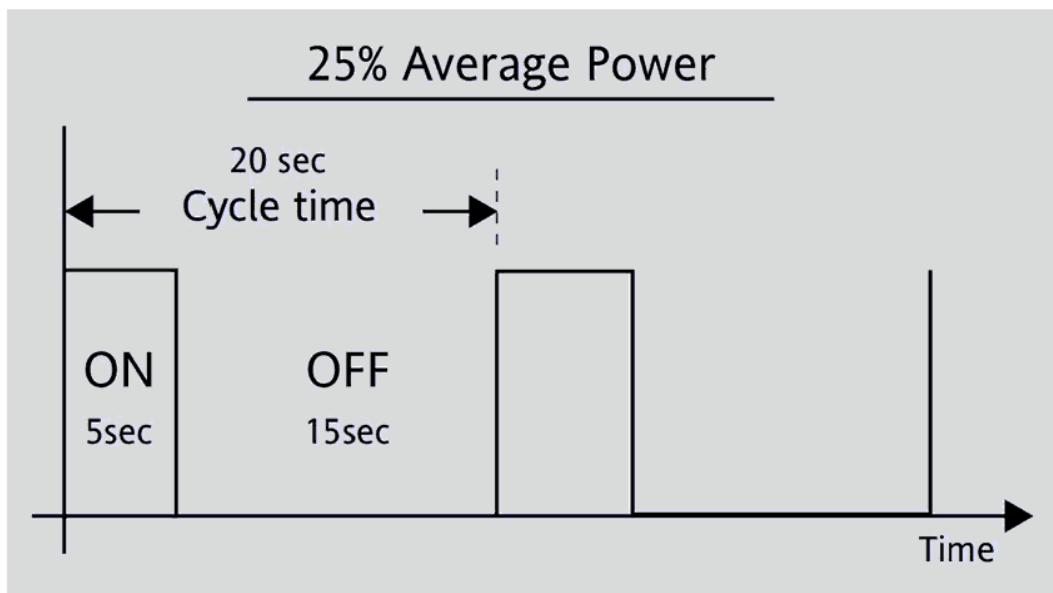
O **controle de temperatura ON/OFF** é o mais barato de todos os tipos de controle e também o mais simples em termos de funcionamento pois o seu controle é apenas ligar ou desligar. Por exemplo, no caso de uma temperatura medida ficar abaixo de um certo ponto, os sinais de controle são enviados para a máquina ligar um resistência de forma com que a temperatura se eleve. Da mesma forma, se a temperatura ultrapassar um determinado ponto, o controle de temperatura é acionado para desligar a resistência ou ligar um sistema de resfriamento a fim de baixar esta temperatura.



Um outro exemplo comum de controle ON/OFF é um termostato doméstico de uma geladeira por exemplo. Quando a temperatura aumenta até um certo ponto, o controlador aciona o motor da geladeira para diminuir a temperatura e fazer com que ela volte ao valor programado. Com o ar condicionado funciona da mesma maneira: se a temperatura sobe passando um certo ponto, o controlador aciona o ar-condicionado, fazendo com que a temperatura volte ao estado que foi programada. Controles ON/OFF são freqüentemente usados em processos onde a mudança de temperatura é muito lenta e o controle de temperatura não é necessário.

## 2 – Controle de Temperatura Proporcional

Ao contrário do controle de temperatura ON/OFF, que só atua quando um limite ajustado é atingido, os controles proporcionais são projetados para responder à mudança de temperatura antes que ela saia da faixa desejada. Essencialmente, os controles proporcionais aumentam ou diminuem a fonte de energia à medida que a temperatura atinge seu limite superior, inferior ou Setpoint, o que retarda ou acelera o aquecimento e ajuda a estabilizar a temperatura.



Pela Figura 2, podemos ver que uma variação no tempo de disparo de um rele ou um Triac pode resultar em uma porcentagem da carga em relação a original na saída. Veja que ligando a saída por 5 segundos e deixando ela desligada por mais 15 segundos até ligar ela novamente, fazemos com que o sistema dose a energia de forma com que a carga na saída se mantenha a 25% da energia que poderia vir da carga e existir ali. Veja abaixo outro exemplo em que aumentamos o tempo ligado para 12 segundos e o tempo desligado para 8 segundos. Agora temos uma carga na saída 60% da carga nominal.

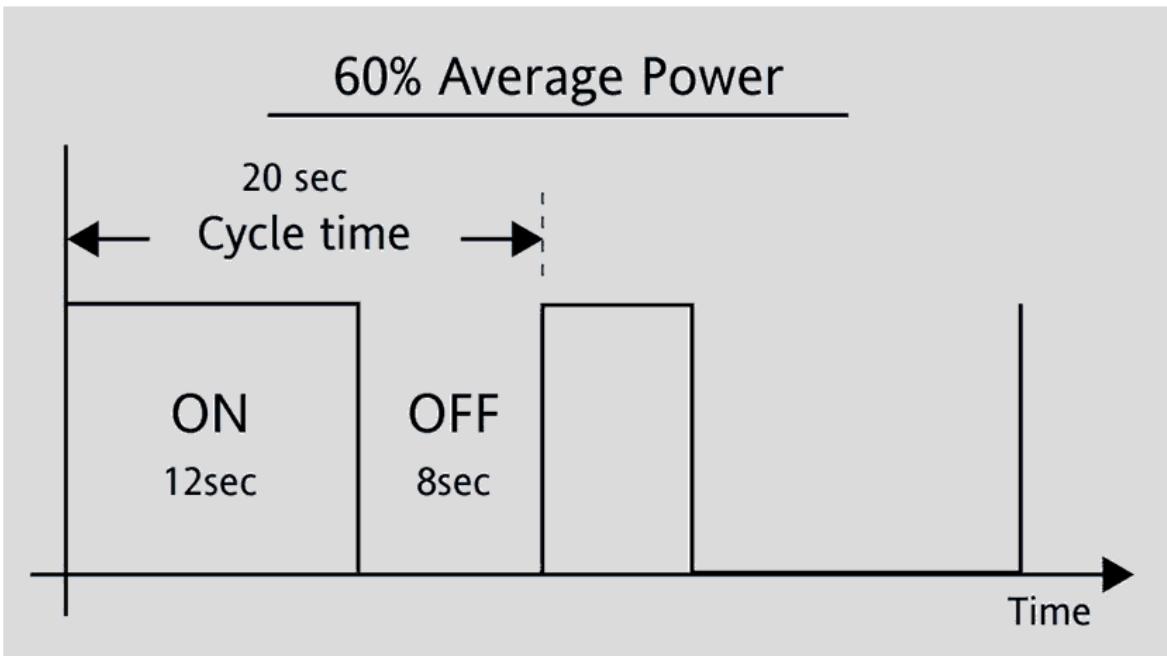
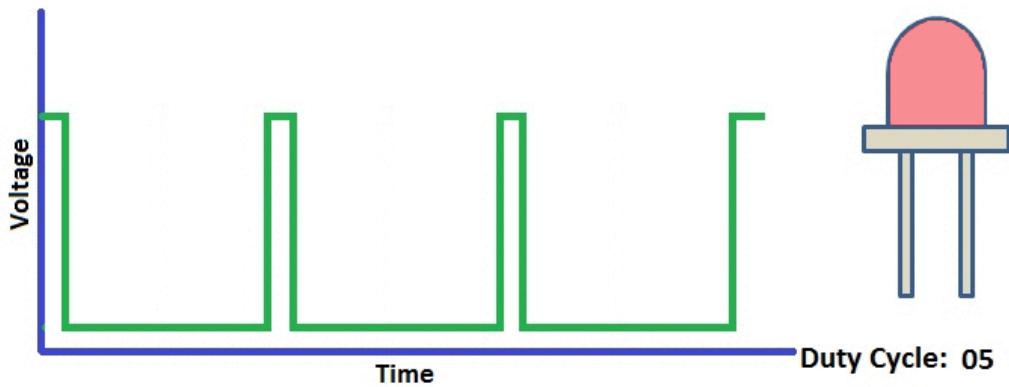


Figura 3 – Controle de Temperatura Proporcional a 60%

O tempo de ciclo deve ser curto o suficiente para permitir que a massa térmica da carga suavize os pulsos de comutação e neste exemplo utilizamos um ciclo de 20 segundos. Deve-se atentar que alguns sistemas podem necessitar de tempos de ciclo mais curtos do que os que suportados por um relé por exemplo. Nesses casos, um relé de estado sólido é tipicamente usado com tempos de ciclo de até 0,2 segundos.

Na prática, o tempo de ciclo pode não ser uma constante, podendo variar com a demanda da potência. A seguir você pode ver uma animação e entender como variando a largura dos pulsos, podemos dosar a energia e qual o resultado produzido em um diodo (mais ou menos energia para produzir luz):



### 3 – Controle de Temperatura PID

O controle de temperatura PID combina os chamados controle proporcional com o controle integral e derivativo (PID). Assim, ele permite que o sistema opere dentro de uma banda proporcional da mesma forma que um controle proporcional faz mas com duas características adicionadas que melhoram a regulação global da temperatura. O recurso proporcional permite que o controle reaja às circunstâncias atuais e ajuste adequadamente. Já valor integral leva em consideração a soma de eventos recentes (ou seja, ritmos de controle proporcional passados) e o valor derivado por sua vez determina a reação apropriada com base na taxa com a qual os ritmos passados estão mudando. Combinados, os três usam dados atuais, dados passados e a taxa na qual os dados estão mudando para definir um algoritmo específico de controle de temperatura compensando assim, o erro de temperatura entre a variável de processo e o ponto de ajuste, mantendo uma temperatura constante.

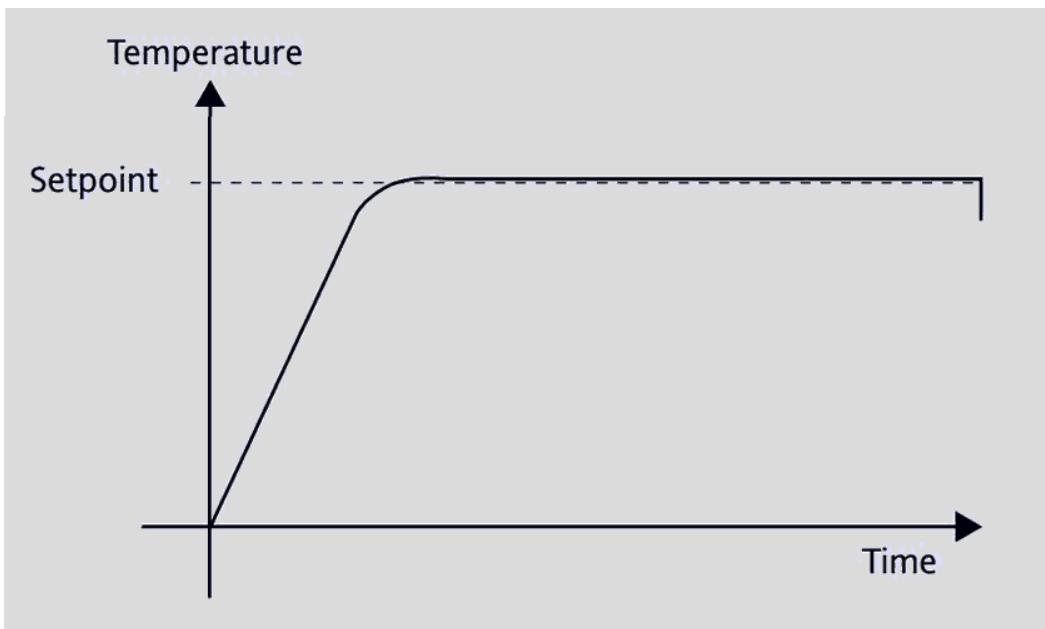


Figura 4 – Controle de temperatura PID  
Em termos simples, PID significa:

**P – para Proporcional**  
**I – para Integral**  
**D – para Derivativo**

Para entender melhor como funciona o controle PID, você pode ler este artigo:

#### 4 – Considerações

Ao decidir qual o tipo de controle é melhor para um processo específico, há várias coisas que devemos ter em mente. Em primeiro lugar, considere o tipo de sensor de entrada (termopar ou RTD) e o intervalo de temperatura que o seu processo exige. Em segundo lugar, considere a forma que a saída deve ser associada: relé eletromecânico, SSR ou saída analógica. Em terceiro lugar, decida que tipo de algoritmo de controle é necessário (on/off, proporcional ou PID). Por fim, considere o número e o tipo de saídas necessárias para a aplicação, como calor, resfriamento, alarme e limite. Uma vez que estes fatores foram determinados, será muito mais fácil determinar que tipo de controlador de temperatura é adequado para uma aplicação específica.

#### Climatização

Os aparelhos de climatização servem para tornar o seu ambiente mais agradável. Há diversas categorias de climatização e ventilação, mas todas possuem o mesmo objetivo: purificar ou refrescar o ar do seu ambiente, te oferecendo um maior conforto. Seja para seu quarto, sala, escritório ou cozinha, confira os diferentes modelos e características dos climatizadores para sua casa.

## Ventilador

Para seu quarto ou sala o **ventilador de teto** é o ideal. Fixo, ele agrupa duas funções em uma só: ilumina e ventila, oferecendo ótimo desempenho. Já para quem prefere um modelo portátil, o ventilador de mesa é prático, funcional e pode ser transportado para qualquer lugar. Porém, tem menor potência, sendo indicado para escritórios ou ambientes onde necessitam de pouca ventilação. O ventilador de coluna, por outro lado, pode ser colocado no chão em diversos ambientes da casa, fazendo o ar circular direcionado por região. Os ventiladores de parede são um modelo mais discreto, poupam espaço e não atrapalham a passagem de pessoas pelo cômodo, porém, só é realmente eficaz se estiver estrategicamente posicionado para a corrente de ar atingir diretamente onde as pessoas estarão sentadas.

## Ar condicionado

O modelo de **ar condicionado split** é mais econômico - já que consome menos energia - é mais silencioso e bem mais discreto, compondo melhor os ambientes onde são instalados. Por consumir menos energia, são indicados para casas com muitos cômodos e que precisam de refrigeração por mais tempo, já que contam com recursos extras como climatização inteligente e, dependendo do modelo, funções de resfriamento rápido, mantendo o lugar agradável e com temperatura controlada. Já o ar condicionado de janela é mais comum. Simples e compacto, seu rendimento não se compara ao do split. Contudo, se você souber escolher bem e analisar as condições de metragem do ambiente em relação a potência do aparelho, consegue suprir bem suas necessidades. Com o desenvolvimento da tecnologia, os modelos mais recentes podem também ser econômicos e oferecer recursos semelhantes ao do split, como ciclos rápidos de resfriamento e tipos de filtragem diferenciada.

Outro modelo também de destaque é o **ar condicionado portátil**. Ele leva grande vantagem na mobilidade, sendo super prático, já que podem ser utilizados em vários ambientes da casa e tem custo zero de instalação, porém, tem menor potência quando comparado aos outros modelos.

### **Coifas e exaustores**

As **coifas** são ótima opção para quem gosta de cozinhar, mas se incomoda com o ar de gordura que se espalha pela sua casa. A principal função do aparelho é sugar o ar, filtrá-lo e expeli-lo para fora da cozinha através de tubos de saída - que podem ser instalados em paredes, no teto ou em forros. Assim, ela elimina a gordura e os demais odores do ambiente, renovando o ar da sua cozinha. Enquanto isso, o **exaustor** não faz nenhum tipo de filtragem ou purificação do ar como a coifa, ele apenas realiza a troca do ar quente do ambiente por um outro mais frio, através de um motor com hélices que mandam o ar quente concentrado no alto para fora.

### **Implantação de sistemas de HVAC: etapas, problemas comuns e soluções para eficiência energética**

As rígidas exigências quanto aos níveis de temperatura, umidade relativa, partículas em suspensão, diferencial de pressão e renovação de ar, dentre outros parâmetros, fazem da implantação de sistemas de HVAC um dos principais desafios dos projetos das indústrias farmacêuticas.

Os tipos de sistemas normalmente projetados para as farmacêuticas e correlatas variam de acordo com o tamanho da instalação e com os requisitos que a mesma deve atender. Segundo o engenheiro Alexandre L. Zanardo, diretor técnico da Anthares Soluções em HVAC, podem ser utilizados sistemas de expansão direta para pequenas instalações e sistemas de expansão indireta (água gelada) para as maiores. “Não existe uma regra, pois tudo depende das condições exigidas para os ambientes, como classe de limpeza do ar, filtragem, pressurização, temperatura e umidade relativa, número de renovações do ar no sistema, número de movimentações do ar na sala, etc”, afirma.

Silvio Costa, gerente de operações da Neu Luft, engenheiro com 18 anos de experiência na área de HVAC para área de saúde e salas limpas, ressalta que,

devido à legislações vigentes, principalmente a RDC 17/2010 e o novo Guia da Qualidade para Sistemas de Tratamento de Ar e Monitoramento Ambiental na Indústria Farmacêutica lançado esse ano, há alguns parâmetros pré-definidos para condições ambientais. “Sistemas com 100% de renovação de ar, sistemas com classificações de ar mais apuradas, sistemas com exaustões de ar localizadas, necessidades de estágios de filtragem na exaustão, áreas com níveis de biossegurança, sistemas com controles rígidos de umidade relativa ( $\geq 35\%$ ) são alguns exemplos utilizados”, diz.

### **Etapas de instalação**

A primeira etapa de instalação de sistemas de ar condicionado tipicamente usados em indústrias farmacêuticas e correlatas é a elaboração, pelo cliente, dos requisitos do usuário (RU). Esta é a etapa mais importante, pois dará todas as direções para o projeto do sistema. “É neste documento que são definidas todas as condições dos ambientes que o sistema de climatização deverá atender e se o mesmo não for bem claro, não será possível obter-se um resultado satisfatório quando a instalação estiver concluída”, diz Zanardo.

Após essa etapa, é elaborado um projeto conceitual, onde são definidos no layout do prédio quais salas podem ser atendidas por um mesmo sistema. “Neste ponto já existe uma preocupação com a contaminação cruzada através do sistema de distribuição de ar. Dentro do projeto conceitual, é elaborado o cálculo de carga térmica dos sistemas, o desenho com os sentidos de fluxo de ar entre salas (pressurização) e os fluxogramas de ar, água gelada e de controle”, afirma o diretor da Anthares.

O engenheiro da Anthares – especialista em gerenciamento de equipe de comissionamento de sistemas de ar condicionado, gerenciamento do processo e execução do comissionamento de sistemas de climatização e refrigeração, incluindo análise de desempenho de equipamentos, e gerenciamento do processo de qualificação de áreas limpas, incluindo a elaboração e execução de protocolos de qualificação – conta que também são dimensionados os equipamentos, em função das vazões, eficiência de filtragem e cargas

térmicas. “Nesta etapa devem ser definidas também as lógicas de automação e controle, com um descritivo claro e detalhado de como o sistema deve operar, o que deve controlar e quais alarmes e falhas devem ser relatados”, explica.

A terceira etapa é um projeto executivo detalhado, que deve conter os desenhos executivos e dados de seleção dos equipamentos, desenhos de caminhamento das redes de dutos de ar, desenhos da rede hidráulica e de automação e controle. Deve conter também os projetos dos painéis elétricos e de automação dos sistemas.

Uma vez concluída a etapa do projeto, normalmente inicia-se a instalação das redes de dutos e difusores, que é a mais longa do projeto pois envolve a fabricação dos dutos, verificação de interferências e os devidos ajustes. “Durante a instalação dos dutos, são recebidos os equipamentos e quadros elétricos e de automação, que serão instalados na sequência”, conclui Zanardo.

### **Requisitos de Projeto e os Cuidados no Decorrer da Instalação**

Segundo Zanardo, os principais requisitos de projeto são: classe de limpeza dos ambientes, pressurização, filtragem do ar, número de movimentações de ar por hora das salas, número de renovações de ar (ar externo), temperatura e umidade relativa dos ambientes e filtragem do ar de exaustão.

O engenheiro Marcos Antonio Vargas Pereira acrescenta: “Quanto à instalação, para que corra normalmente é desejável um processo de comissionamento e fiscalização das instalações”.

O diretor técnico da Anthares ressalta que a execução de uma instalação é sempre muito dinâmica, com diversas disciplinas trabalhando ao mesmo tempo. “Além disso devemos lembrar que existe geração de muita poeira durante a obra. Por isso deve-se dar atenção especial à proteção, contra contaminação que ocorre na obra, dos dutos, equipamentos e filtros”, explica.

Zanardo destaca ainda que os dutos de ar devem ser testados quanto a vazamentos, pois estes deverão garantir que toda a vazão de ar gerada nas unidades de tratamento de ar cheguem às salas, garantindo a pressurização dos ambientes e a manutenção das condições exigidas nas salas. “O armazenamento dos filtros deve receber cuidado especial, pois se armazenados de forma inadequada os mesmos podem sofrer contaminação e/ou dano físico, provocando inutilização e perda de todo o lote comprado para a instalação”, acrescenta.

Silvio Costa, gerente de operações da Neu Luft, também ressalta que uma boa instalação inicia-se nas definições fornecidas pelo usuário. Segundo ele, com a definição do conceito, inicia-se em parceria com o cliente final a elaboração de todo o projeto, podendo ser dividido em conceitual, básico e executivo.” Para esse projeto, as BPE (boas práticas de engenharia) recomendam que haja uma qualificação desta documentação gerada”, afirma.

Costa afirma que, basicamente, um projeto é composto pelos seguintes documentos: RU, cálculos de carga térmica, desenhos conceituais de pressão dos ambientes e classes de limpeza, fluxogramas de ar, folhas de dados dos equipamentos, memorial descritivo do sistema, plantas que contenham o encaminhamento dos dutos de ar, hidráulica, elétrica, cortes e elevações, planta detalhada da sala de máquinas, desenhos típicos por disciplina, etc.

“Atualmente, uma empresa projetista ou instaladora não pode mais se preocupar somente com seu sistema ou somente em sua disciplina. É necessário procurar falar a língua do cliente final, participando e procurando o entendimento do seu processo”, alerta.

Com relação aos requisitos de projeto, o mais importante, na visão de José Antônio Correa Scandiuzzi Ferreira, da Fluxo Engenharia, é ter conhecimento das necessidades do produto que será produzido com relação ao sistema de ar condicionado e as legislações que envolvem o processo. “Com relação à instalação, o instalador deverá observar bem as solicitações do projeto principalmente as contidas em seu memorial descritivo. Os mais relevantes são

os cuidados com a assepsia e estanqueidade de dutos, instalação de elementos de balanceamento de boa qualidade, testes exigidos, etc”, diz.

## **Problemas comuns**

Um dos principais problemas (recorrentes) no decorrer do processo de instalação é o vazamento da rede de dutos de ar. Zanardo explica que o processo ideal de fabricação da rede de dutos deveria contemplar inicialmente a montagem e teste de um protótipo em bancada, na obra. Essa ação indicaria a eventual existência de falhas no processo de montagem do duto, (uma região onde faltou a aplicação de selante, um ponto onde deve-se dar maior aperto no flange, etc.).

Uma vez validado o processo de montagem do protótipo, pode-se autorizar a montagem de toda a rede utilizando os mesmos procedimentos e, durante a montagem, devem ser executados os ensaios de vazamento nos dutos. “Infelizmente não é isso o que acontece normalmente nas instalações. A prática mais comum é a execução do ensaio de vazamento de dutos somente após toda a rede estar instalada. Os eventuais vazamentos encontrados durante o ensaio costumam ser corrigidos por meio da aplicação de um selante (silicone, normalmente)”, afirma.

Outro ponto que merece bastante atenção é à conexão entre o sistema de distribuição de ar e a sala limpa. “Evidentemente não é admissível a existência que qualquer abertura que accidentalmente comunique a sala limpa e o entreforro. Já nos deparamos com instalações em que a maior parte o ar que deveria ser insuflado para dentro da sala limpa acabava indo para o entreforro, devido à falta de cuidado na execução dessa conexão. Como consequência direta, tornou-se impossível a manutenção das condições dos ambientes, principalmente a pressurização dos mesmos”, diz Zanardo.

O armazenamento dos filtros absolutos é outro ponto crítico citado pelo diretor da Anthares, pois se não houver um cuidado em mantê-los em condições adequadas, pode ocorrer a sua contaminação por fungos o que provocará a perda desse componente e necessidade da aquisição de novo filtro. “A sua instalação também exige cuidados especiais, e deve ser executada apenas por profissional habilitado. Qualquer torção acidental aplicada à estrutura dos mesmos ou manuseio incorreto pode causar vazamento. Não é aceitável que na partida de uma instalação nova existam filtros reparados”, explica.

“Problemas também são encontrados durante o balanceamento da rede de distribuição de ar, pois podem faltar dampers de regulagem em pontos estratégicos da instalação, o que dificulta muito o balanceamento e o ajuste da pressurização dos ambientes. Diferentemente do que se pensa, os registros que vem instalados nos difusores e grelhas possuem um vazamento intrínseco significativo e às vezes, mesmo com esses registros fechados totalmente, não é possível ajustar a vazão de ar de projeto”, conclui Zanardo.

Silvio Costa destaca erros cometidos já na fase de projeto, que em muitos casos não forneciam parâmetros adequados aos montadores/installadores. Costa afirma que atualmente muitas obras são executadas sem projetos detalhados, causando impactos negativos e desvios significativos em cronogramas e custos. “Muitas empresas acreditam que estão economizando em não contratar um projeto adequado, mas são surpreendidos por problemas no decorrer da instalação”, diz.

Outro ponto importante e que abrange todas as áreas no país, prossegue o gerente da Neu Luft, é a falta de mão de obra qualificada e/ou sem formação adequada. “Vemos de gerenciadores a auxiliares de montagem que, devido a fatores diversos, não conseguem desenvolver adequadamente suas atribuições, diz”. “Infelizmente, o mercado como um todo, de certa forma, canibalizou suas áreas de engenharia. Outro ponto importante são as políticas de preço praticadas, que são determinadas pelos contratantes. Como citado, se temos departamentos de engenharia sem condições técnicas e experiência, os departamentos de compras são os que definem o vencedor, lembrando que

na maioria das vezes o que define é o preço final, mesmo que a médio prazo esse menor custo aparente possa custar muito caro”, conclui.

Marcos Antonio Vargas Pereira destaca que os problemas mais comuns são devidos a não compatibilização das especialidades dos projetos, causando inúmeros problemas de espaço físico. “Também são comuns problemas causados por mudanças na utilização ou requerimentos de salas”, afirma.

### **Estratégias para Eficiência Energética**

Devido ao controle da umidade relativa dos ambientes, as instalações de climatização para indústrias farmacêuticas consomem uma grande quantidade de energia, primeiro para desumidificar o ar e depois para reaquecê-lo nas condições da sala. As principais soluções utilizadas para a eficiência energética, de acordo com o engenheiro Alexandre L. Zanardo, são:

- a) sistema de face-pass / by-pass na serpentina de resfriamento, com o objetivo de diminuir a carga de reaquecimento do ar;
- b) sistemas com unidades de tratamento de ar externo independentes (make-up unit), trabalhando com temperatura de água gelada mais baixa do que o restante dos sistemas. São utilizados quando a carga de umidade é composta principalmente pelo ar externo utilizado na pressurização dos ambientes;
- c) unidades de recuperação de calor do tipo roda entálpica, aplicáveis a sistemas que trabalham com cem por cento de ar externo na vazão de ar insuflada.

Para Silvio Costa, hoje é inconcebível instalações sem a utilização de variadores de frequência, principalmente em sistemas com várias baterias de filtragem. Segundo ele, válvulas balanceadoras de água, dutos e filtros bem dimensionados também são fatores que contribuem para uma “inteligência energética”. “Entretanto, o principal sempre é a execução de todo o processo de comissionamento por empresa de engenharia especializada, que executará

todos os testes, ajustes e balanceamento da instalação, assim como uma correta e eficaz manutenção após a entrega da obra”, diz.

## Fundamentos da Eletricidade

**Carga elétrica** ou **carga eléctrica** é uma propriedade física fundamental e é esta propriedade que determina algumas das interações eletromagnéticas.

Esta carga está armazenada em grande quantidade nos corpos ao nosso redor, mas a percepção dela não ocorre facilmente. Acredita-se na existência de dois tipos de carga, **positiva** e **negativa**, que em equilíbrio não são perceptíveis. Quando há tal igualdade ou equilíbrio de cargas em um corpo, diz-se que está eletricamente neutro, ou seja, está sem nenhuma carga líquida para interagir com outros corpos. Um corpo está carregado quando possui uma pequena quantidade de carga desequilibrada ou carga líquida. Objetos carregados interagem exercendo forças uns sobre os outros.

Entre partículas elétricas existem forças gravitacionais de atração devido às suas massas e forças elétricas de atração ou repulsão devido às suas cargas elétricas. Aqui, as forças gravitacionais podem ser desprezadas, pois a massa de uma carga elétrica é ínfima. A força gravitacional só é perceptível quando há a interação entre corpo de massas de grandes proporções, como por exemplo os astros.

Todas as partículas elementares eletrizadas possuem diferentes cargas elétricas em valor absoluto. As partículas elementares são o próton, o elétron, onêutron e o fóton.

## Corrente Elétrica

**Corrente elétrica** ou **corrente eléctrica** é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica. Sabe-se que, microscopicamente, as cargas livres estão em movimento aleatório devido à agitação térmica. Apesar desse movimento desordenado, ao estabelecermos um campo elétrico na região das cargas, verifica-se um movimento ordenado que se apresenta superposto ao primeiro. Esse movimento recebe o nome de movimento de deriva das cargas livres.

Raios são exemplos de corrente elétrica, bem como o vento solar, porém a mais conhecida, provavelmente, é a do fluxo de **elétrons** ou **electrões** através de um condutor elétrico, geralmente metálico.

A intensidade  $I$  da corrente elétrica é definida como a razão entre o módulo da quantidade de carga  $\Delta Q$  que atravessa certa secção transversal (corte feito ao longo da menor dimensão de um corpo) do condutor em um intervalo de tempo  $\Delta t$ .

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{|\Delta Q|}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt}$$

A unidade padrão no SI para medida de intensidade de corrente é o ampère (A). A corrente elétrica é também chamada informalmente de *amperagem*. Embora seja um termo válido na linguagem coloquial, a maioria dos engenheiros eletricistas repudiam o seu uso por confundir a grandeza física (corrente eléctrica) com a unidade que a medirá (ampère).

Denominamos corrente elétrica a todo movimento ordenado de partículas eletrizadas. Para que esses movimentos ocorram é necessário haver tais partículas – íons ou elétrons – livres no interior dos corpos.

Corpos que possuem partículas eletrizadas livres em quantidades razoáveis são denominados **condutores**, pois essa característica permite estabelecer corrente elétrica em seu interior.

Nos metais existe grande quantidade de elétrons livres, em movimento desordenado. Quando se cria, de alguma maneira, um campo elétrico  $(\vec{E})$ , no interior de um corpo metálico, esses movimentos passam a ser ordenados no sentido oposto ao do vetor campo elétrico  $(\vec{E})$ , constituindo a **corrente elétrica**.

Nas soluções eletrolíticas existe grande quantidade de cátions e ânions livres, em movimento desordenado. Quando se cria, de alguma maneira, um campo elétrico  $(\vec{E})$  no interior de uma solução eletrolítica, esses movimentos passam a ser ordenados: o movimento dos cátions, no sentido do vetor campo

elétrico  $(\vec{E})$ , e o dos ânions, no sentido oposto. Essa ordenação constitui a corrente elétrica.

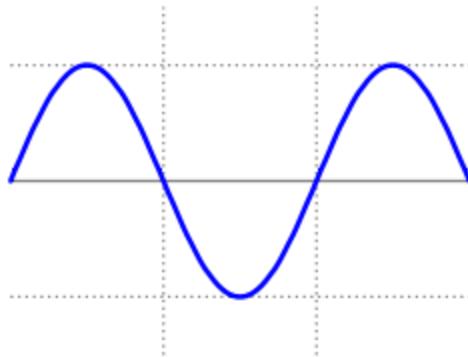
Nos gases ionizados existe grande quantidade de cátions e elétrons livres, em movimento desordenado. Quando se cria, de alguma maneira, um campo elétrico  $(\vec{E})$  no interior de um gás ionizado, esses movimentos passam a ser ordenados: o movimento dos cátions, no sentido do vetor campo elétrico  $(\vec{E})$ , e o dos elétrons, no sentido oposto. Essa ordenação constitui a corrente elétrica.

Com a finalidade de facilitar o estudo das leis que regem os fenômenos ligados às correntes elétricas, costumamos adotar um sentido convencional para a corrente elétrica, coincidente com o sentido do vetor campo elétrico  $(\vec{E})$ , que a produziu.

Consequentemente, esse sentido será o mesmo do movimento das partículas eletrizadas positivamente e oposto ao das partículas eletrizadas negativamente.

### Corrente Alternada

**Corrente alterna** ou **corrente alternada**, ou **CA** (em inglês **AC** - alternating current), é uma corrente elétrica cujo sentido varia no tempo, ao contrário da corrente contínua cujo sentido permanece constante ao longo do tempo. A forma de onda usual em um circuito de potência CA é senoidal por ser a forma de transmissão de energia mais eficiente. Entretanto, em certas aplicações, diferentes formas de ondas são utilizadas, tais como triangular ou ondas quadradas. Enquanto a fonte de corrente contínua é constituída pelos pólos positivo e negativo, a de corrente alternada é composta por fases (e, muitas vezes, pelo fio neutro).



## Tensão Elétrica

**Tensão elétrica** é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos. Sua unidade de medida é o Volt, em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta. Por outras palavras, a tensão elétrica é a "força" responsável pela movimentação de elétrons. O potencial elétrico mede a força que uma carga elétrica experimenta no seio de um campo elétrico, expressa pela lei de Coulomb, portanto a tensão é a tendência que uma carga tem de ir de um

A tensão elétrica entre dois pontos, ou seja  $[(+)\text{ e }(-)]$  é definida matematicamente como a integral de linha do campo elétrico:

$$V_a - V_b = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \int_a^b E \cos \phi dl.$$

Para facilitar o entendimento da tensão elétrica pode-se fazer um paralelo desta com a pressão hidráulica. Quanto maior a diferença de pressão hidráulica entre dois pontos, maior será o fluxo, caso haja comunicação entre estes dois pontos. O fluxo (que em eletrodinâmica seria a corrente elétrica) será assim uma função da pressão hidráulica (tensão elétrica) e da oposição à passagem do fluido (resistência elétrica). Este é o fundamento da lei de Ohm, para a corrente contínua:

$$U = R \cdot I$$

onde:

- $R$  = Resistência (Ohms)
- $I$  = Intensidade da corrente (Ampères)

- $U$  = Diferença de potencial ou tensão (Volts)

Em corrente alternada, substitui-se a resistência pela impedância:

$$U = Z \cdot I$$

onde:

- $Z$  = Impedância (Ohms)

Pelo método fasorial, em corrente alternada, todas as variáveis da equação são complexas. A impedância representa, além da resistência a passagem de corrente elétrica, também o deslocamento angular na forma de onda produzido pelo equipamento (capacitores e bobinas ou indutores).

Resumindo: "tensão é a diferença de potencial elétrico, entre dois pontos, que gera uma força capaz de movimentar os elétrons entre esses pontos, e o seu valor em Volts, é o resultado da multiplicação entre o valor da resistência em Ohms e o valor da corrente em Ampéres".

### **Tensão ou Voltagem?**

Assim como falar bitagem, amperagem, metragem ou kilogramagem, voltagem está tecnicamente incorrecto, embora tanto no Brasil quanto em Portugal tais palavras de uso coloquial estejam incorporadas aos Dicionários. A maioria dos engenheiros eletricistas repudiam o uso do termo *voltagem* por confundir a grandeza física (diferença de potencial eléctrico) com a unidade que a medirá (volt).