



Torre de Resfriamento



Site informativo sobre Torres de Resfriamento: www.torreresfriamento.com.br

Funcionamento de uma torre de resfriamento

Cortesia: [Termoparts](http://Termoparts.com.br)

Revisado em 23.03.2021

Torres de Resfriamento de Água

Noções gerais

Conteúdo

1. O que é o equipamento - sua função e finalidade
2. Tipos e concepções de Projetos
 - 2.1. Classificação
 - 2.2 Componentes principais
3. Conceitos
 - 3.1 Noções
 - 3.2 Temperatura de bulbo úmido
 - 3.3 Relação entre tamanho e potência de torres
 - 3.4 Especificações de Compra
 - 3.5 Avaliação econômica

4. Montagem

4.1 Torres com estrutura em concreto

4.2 Montagem dos equipamentos

5. Montagem das torres em PRFV

5.1 Cuidados antes do funcionamento

5.2 Colocação em funcionamento

5.3 Cuidados nos períodos fora de operação

5.4 Esquema de manutenção

1. O QUE É O EQUIPAMENTO - SUA FUNÇÃO E FINALIDADE

Na grande maioria dos processos industriais há a necessidade de resfriamento de equipamentos e maquinaria em geral que geram certa quantidade de calor durante sua operação. Até mesmo o produto final pode necessitar de resfriamento para finalizar seu processo de fabricação.

Algumas instalações de ar condicionado, entre outras, também utilizam torres de resfriamento.

O fluido geralmente utilizado para dissipar esse calor gerado é a água, devido às suas características físicas (alto calor específico, baixa viscosidade, alta condutibilidade térmica e alta densidade), além da facilidade de obtenção e a sua atoxidade.

Após sua utilização pode-se eliminar a água do sistema, ou então, resfriá-la e reaproveitá-la no sistema de resfriamento.

Tempos atrás era usual optar-se pela primeira alternativa, porém com a dificuldade crescente em se obter água a custos reduzidos, e com maiores rigores nas leis que regem a poluição de mananciais, chegou-se à conclusão de que o uso de circuitos semifechados de resfriamento seria a melhor solução.

Desta forma, dentre os vários processos de resfriamento de água existente, surgiu a TORRE DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA.

A torre de resfriamento é um equipamento que se utiliza processos de evaporação e transferência de calor para resfriar a água.

2. TIPOS E CONCEPÇÕES DE PROJETOS

Tiragem de Ar:

1. Natural

a) Efeito chaminé

b) Outros

2. Mecânica

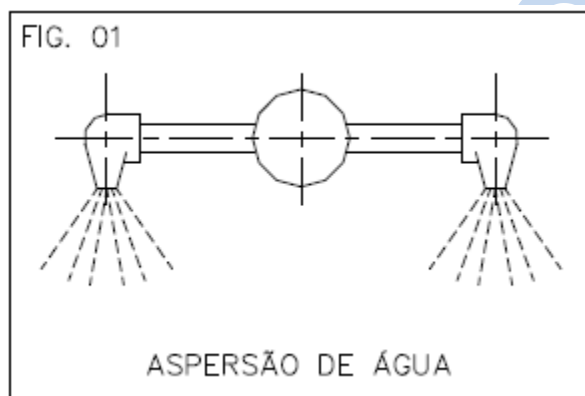
a) Contra Corrente

b) Corrente Cruzada

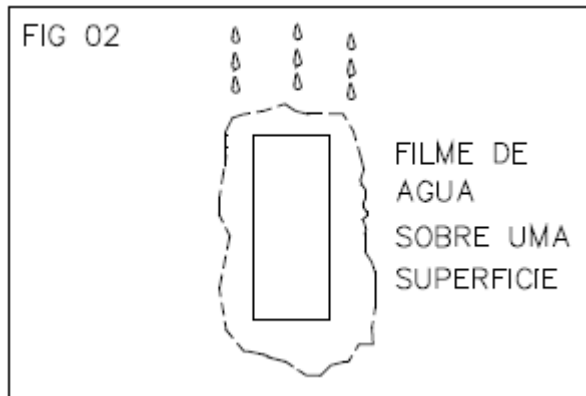
Sabemos que entre duas massas idênticas de água quente exposta ao ambiente, resfria-se em menor tempo aquela que tiver mais superfície de contato com o ar.

Por esse motivo um dos pontos mais importantes de uma Torre de Resfriamento é a subdivisão da água em gotículas, a fim de que se aumentem ao máximo as superfícies de água expostas ao ar. Isto é conseguido através de:

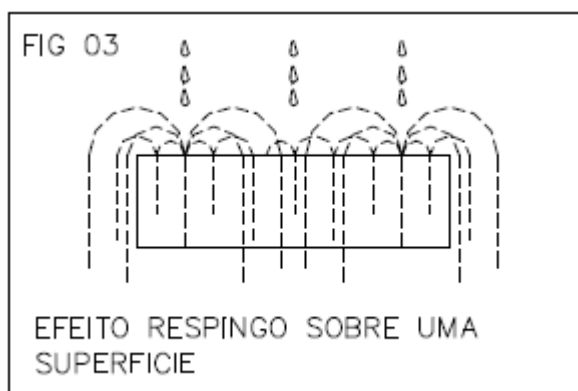
Aspersão de água: bicos especiais que promovem a aspersão da água em gotículas (fig. 01).



Filme de água sobre uma superfície: obstáculos na queda da água, criando um filme (fig. 02).

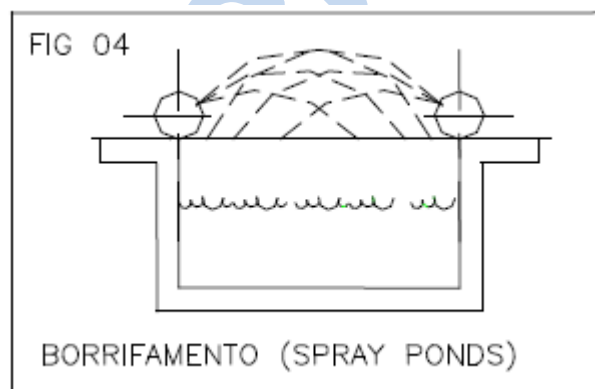


Efeito de respingo sobre uma superfície: maiores subdivisões devido ao respingo (fig. 03).



2.1. CLASSIFICAÇÃO

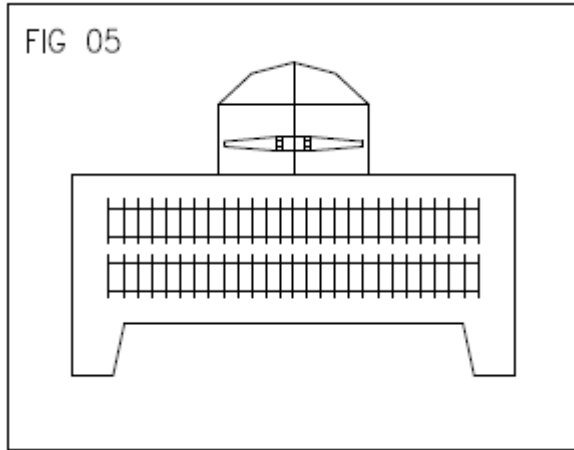
2.1.1. Tanques abertos com borrifamento (spray ponds)



2.1.2. Resfriador indireto por meio de ar (AIR BLAST WATER COOLER)

Pelo fato do limite teórico de resfriamento ser a temperatura do bulbo úmido, estes resfriadores não conseguem resfriar a água a temperaturas muito baixas.

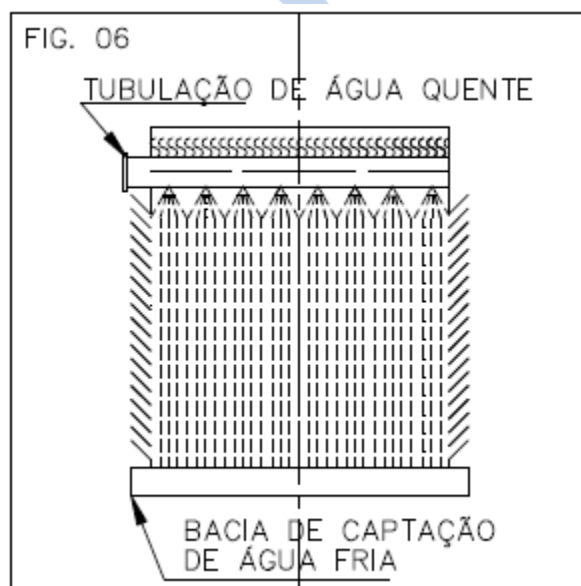
Seus custos de investimento operacional são relativamente altos. Um dos resfriadores deste tipo mais conhecidos são os radiadores dos automóveis (fig. 05).



2.1.3. TORRE DE RESFRIAMENTO

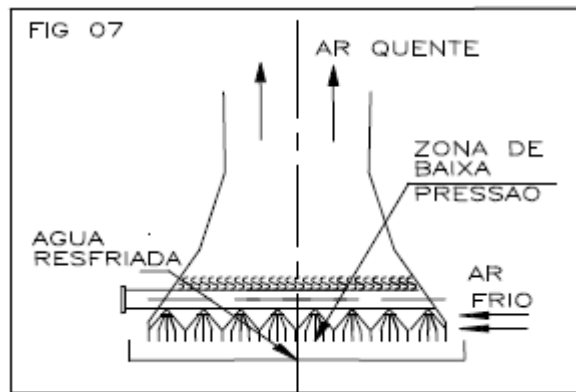
2.1.3.1. Torre de resfriamento por borrifamento com ventilação natural

Composta basicamente por uma canalização provida de bicos pulverizadores e um invólucro dotado de venezianas que orientam e auxiliam a passagem do ar. O movimento do ar depende das condições atmosféricas (vento) e do efeito de aspiração dos bicos borrifadores, também chamados de bicos aspersores (fig. 06).



2.1.3.2. Torre de resfriamento hiperbólica

Composta basicamente por um sistema de aspersão de água, associada ou não a uma superfície de troca de calor, e uma estrutura geralmente hiperbólica que facilita a saída do ar, pelo “efeito chaminé” (fig. 07).

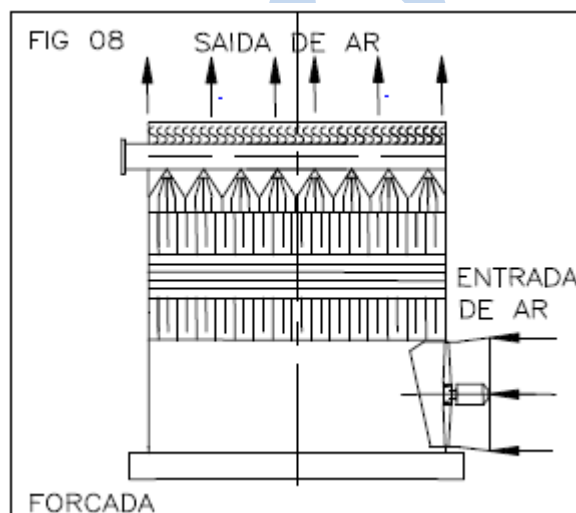


O ar quente tem sua densidade diminuída e tende a subir, criando uma zona de baixa pressão na parte inferior da Torre que induz a entrada de nova massa de ar frio.

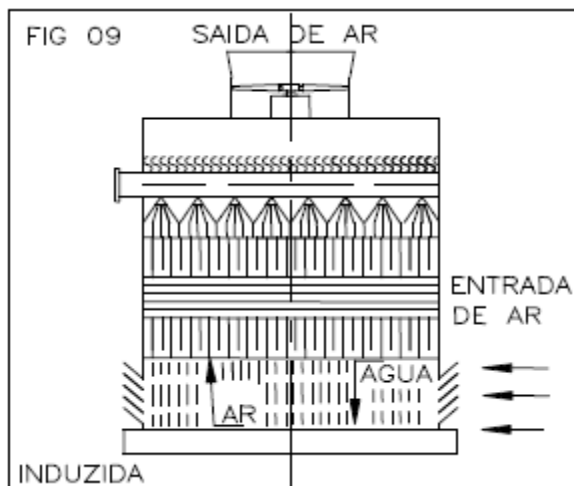
2.1.3.3. Torre de tiragem mecânica

Nestas Torres aumenta-se a vazão de ar com o auxílio de um ventilador.

Quando o ventilador está instalado na entrada de ar da Torre, esta se denomina Torre de Tiragem Forçada (fig. 08).



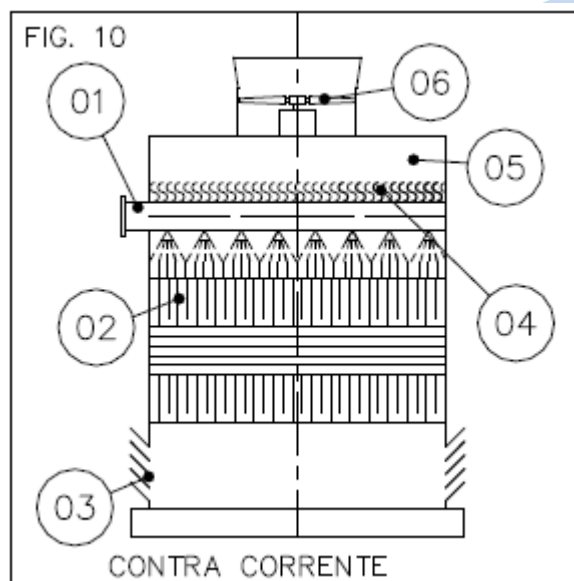
Quando o ventilador é instalado na saída do ar, a Torre é chamada de Torre de Tiragem Induzida (fig. 09).



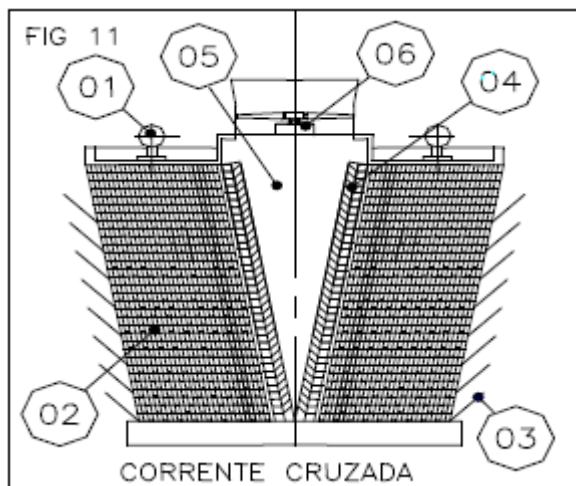
Podemos afirmar que o tipo mais utilizado nos diversos processos industriais existentes é o de Tiragem Mecânica.

Dentro dessa categoria há ainda duas concepções de projeto:

Torre em Contra Corrente (“counter-flow”) – a água que cai através do enchimento o faz verticalmente, enquanto o ar usado para o resfriamento caminha no sentido oposto (fig. 10).



Torre em Corrente Cruzada (“cross-flow”) – a água que cai através do enchimento o faz verticalmente, enquanto o ar usado para o resfriamento caminha na horizontal (fig. 11).



O projeto de Torre de Resfriamento de Água exige o conhecimento de vários princípios básicos de engenharia. Requer inclusive a aplicação prática destes princípios, utilizando os melhores materiais e técnicas existentes, a fim de obter os resultados desejados. Para isto, os componentes básicos consistindo de estrutura (5), enchimento (2), sistema de distribuição de água (1), venezianas (3), eliminadores de gotas (4), fechamento (5), plataformas e cilindro (ou difusor) do ventilador (6), precisam ser projetados para formarem uma unidade integral. O material estrutural, aplicado com as respectivas conexões, deve ser capaz de resistir a severas condições de operação. Na maioria dos casos, os componentes acima mencionados são pré-fabricados para simplificar os serviços de montagem.

2.2.1. ESTRUTURA

A estrutura da Torre de Resfriamento de Água deve ser capaz de suportar, não somente o peso dos componentes básicos, como equipamento mecânico, enchimento, venezianas e fechamento, como também o peso de água de circulação, cargas de vento e eventualmente cargas sísmicas. Além destas características, deverá ser projetada para longa vida útil em uma atmosfera operacional bastante severa.

A configuração da torre deverá atender as necessidades do fluxo de água e de ar. É particularmente importante restringir-se ao máximo os obstáculos à corrente de ar. O projeto também deverá ser compatível com a fabricação de peças pré-fabricadas, permitindo uma montagem simples e de baixo custo.

2.2.2. Enchimento

A função do enchimento de uma torre de resfriamento de água é acelerar a dissipação de calor na torre, aumentando o tempo de contato entre a água e o ar. Esta função se realiza devido o aumento da área molhada à exposição contínua da superfície da água ao ar e à formação de gotas e filmes na torre.

O enchimento de uma torre deve ser de baixo custo e de fácil instalação, devendo ainda promover uma quantidade adequada de transferência de calor, apresentar baixa resistência ao fluxo do ar e manter uma distribuição uniforme da água e do ar durante a sua operação.

Os enchimentos de torre são classificados em dois tipos, a saber: o tipo respingo e o tipo filme.

O enchimento do tipo respingo é usado quase que exclusivamente em torre industrial. O enchimento do tipo filme é mais indicado para unidades compactas ou pequenas torres comerciais.

a) Enchimento tipo “respingo”

O enchimento tipo respingo consiste em vários diferentes arranjos, dependendo do projeto da torre e do fabricante.

No entanto, a sua finalidade em qualquer instalação é misturar a água com ar movendo-se na direção horizontal (corrente cruzada), ou vertical (contra-corrente). A máxima exposição da superfície da água ao fluxo de ar é, portanto, obtida pela repetição da interrupção da queda da água, respingando-se sobre as superfícies de respingo individuais.

É muito importante que o enchimento do tipo respingo seja suportado adequadamente, pois as superfícies de respingo devem estar na posição horizontal, caso contrário a água e o ar serão canalizados através do enchimento da torre e sua capacidade diminuirá sensivelmente.

Isto ocorre com mais frequência em enchimento muito denso ou de pequeno espaçamento entre as superfícies de respingo. É igualmente importante que as torres estejam bem niveladas, caso contrário, a água tenderá a escorrer para o lado mais baixo das superfícies de respingo, o que também ocasionará a canalização da água e do ar, diminuindo a capacidade da torre.

Existem vários tipos de suporte para enchimento tipo respingo, desde grades de aço galvanizado, grades de poliéster reforçado com fibra de vidro, até grades executadas em aço inoxidável, existindo inclusive simples suportes fixados com grande espaçamento. Os primeiros asseguram o nivelamento do enchimento de respingos durante toda a duração da torre, enquanto que o emprego do último tipo, geralmente ocasiona a canalização, e consequentemente perda de eficiência.

O plástico é o material mais empregado hoje em enchimento do tipo respingo, pois é o mais econômico e facilmente reposto.

Outros materiais usados são: madeira, cimento, amianto, aço galvanizado, alumínio, aço inoxidável e cerâmico. No entanto, devido ao alto custo, estes materiais tem o uso limitado a aplicações especiais.

b) Enchimento tipo “filme”

Este tipo de enchimento está sendo usado à medida que novos materiais e novas configurações são desenvolvidas, permanecendo, no entanto, mais custoso que o enchimento tipo “respingo”. A eficiência deste tipo de enchimento depende de sua habilidade de espalhar a água em um fino filme com áreas grandes, ocasionando a máxima exposição da água à corrente de ar. Como ele é mais sensível à irregularidade

do fluxo de ar e da distribuição de água do que o tipo respingo, o projeto da torre deve assegurar um fluxo uniforme, tanto do ar como da água em todo o volume de enchimento, que também precisa ser adequadamente suportado e espaçado uniformemente.

2.2.3. Cilindro do ventilador - difusor

A função básica do cilindro do ventilador é formar um fechamento em volta deste, o que efetivamente melhorará a sua *performance*. O cilindro também age como proteção do ventilador, servindo inclusive para conduzir o ar de descarga para longe da torre. O cilindro deve ser construído em material apropriado para resistir à atmosfera corrosiva onde está instalado, devendo ser suficientemente robusto para resistir às vibrações induzidas pela pulsação do fluxo de ar.

A *performance* do ventilador é muito sensível às condições do fluxo de ar entrando, do espaço livre entre o diâmetro externo das pás e do diâmetro interno do cilindro. A função do cilindro é satisfazer a estas duas exigências. O quanto mais suave for à entrada do fluxo de ar no ventilador, tanto maior será a sua eficiência. Um fluxo de ar é conseguido através de uma configuração adequada do cilindro do ventilador.

Teoricamente é necessária uma configuração na entrada do cilindro, no entanto, na prática verificou-se que uma forma elíptica representa uma solução bastante satisfatória. Deverá ser evitada a localização de obstruções estruturais perto da entrada do cilindro do ventilador, o que melhorará a *performance* do mesmo. O espaço livre entre o externo das pás do ventilador e o interno do cilindro é extremamente importante, pois quanto menor este espaço, tanto maior será a eficiência, e tanto mais baixo será o nível de ruído. A maioria dos cilindros hoje está sendo construída em plástico reforçado, mas existem alternativas como madeira, concreto e aço.

2.2.4. Venezianas

As venezianas de entrada do ar são projetadas para evitar perda de água através das superfícies de entrada do ar e para uma eficiente admissão deste ar na torre. O ar deve ser uniformemente distribuído com uma perda mínima de pressão. Para prevenir perda de água, as venezianas devem ser projetadas com inclinação, largura e espaçamento apropriados. As venezianas também podem ser projetadas especialmente para eliminar os problemas de congelamento no inverno. O projeto da veneziana varia com o tipo de torre e de fabricante, mas em todos os casos deve ser suficientemente resistente à atmosfera corrosiva em que são instaladas, e em alguns casos suficientemente fortes para suportar as cargas de gelo. A distribuição da água e sua retenção são diretamente relacionadas com a inclinação, a largura e o espaçamento das venezianas.

Geralmente quanto mais livre a água, tanto maior será a eficiência da entrada do ar. A capacidade de retenção de água é maior quando a inclinação e o espaçamento das venezianas são mínimos. Como as características das venezianas afetam a distribuição da água, e sua retenção, de maneira oposta, faz-se em geral, um compromisso no projeto, para se conseguir uma eficiência total máxima.

Um projeto de veneziana, especialmente eficiente para operações no inverno e particularmente adaptável às torres tipo corrente cruzada, prevê um suporte para as venezianas inclinadas como parte integral do projeto da torre. Como parte das venezianas ficaria localizada embaixo do enchimento, com os ventiladores em operação, a água em queda produziria um efeito de lavagem nas venezianas e a aliviaria do gelo formado. Com os ventiladores fora de operação, as venezianas são lavadas com água quente, a qual evita a formação e o acúmulo de gelo, na maioria dos casos. Torres do tipo contra corrente não se prestam para este tipo particular de controle de formação de gelo por intermédio das venezianas.

Os materiais mais usados para construção de venezianas são: madeira, cimento amianto e, atualmente, o plástico reforçado com fibra de vidro.

Telas de proteção para as venezianas são raramente fornecidas como acessórios padronizados, mas devem ser previstas em torres localizadas em ambientes muito sujos, onde grandes pedaços de papel e materiais similares podem ser aspirados para o interior da torre.

2.2.5. Fechamento

A principal função do fechamento é manter a água dentro dos limites da unidade e evitar que o ar passe por outros caminhos que os previstos. O fechamento contribui, inclusive, enormemente para a aparência da torre. Em geral, o fechamento não é considerado no projeto com função estrutural em grandes torres industriais. Ao contrário, em torres compactas, geralmente o fechamento faz parte do projeto estrutural. Como material de fechamento usam-se chapas de fibra cimento, plástico reforçado com fibra de vidro, chapas de aço galvanizado, concreto e outros.

2.2.6. Eliminador de gotas

A função do eliminador de gotas é reter a água carregada pelo ar aspirado pelo ventilador. O funcionamento do eliminador baseia-se em uma mudança da direção do fluxo de ar. A força centrífuga resultante separa as gotículas de água do ar, depositando-as na superfície do eliminador. Esta água acumulada escorre de volta ao interior da torre. Uma função secundária do eliminador é a uniformização do fluxo de ar através do enchimento da torre. A resistência que o eliminador produz à passagem do ar ocasiona uma pressão uniforme no espaço entre o eliminador e o ventilador.

Esta uniformização da pressão produz um fluxo de ar igualmente uniforme através do enchimento da torre.

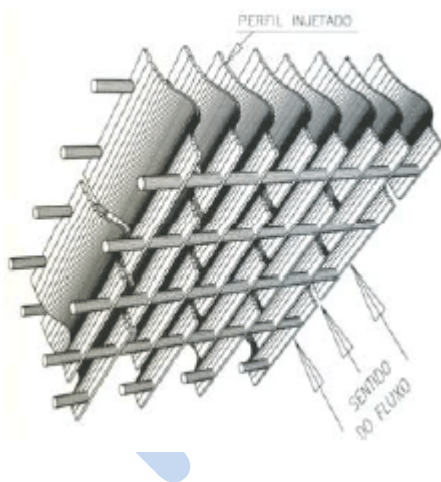
Usualmente, perdas por arraste é mais um incômodo do que um sério problema operacional. Esta perda na realidade diminui a sangria necessária pela mesma quantidade, que raramente excede a 0,2% da totalidade da água em circulação em torres de resfriamento de água de tiragem induzida. Gotículas de água arrastadas, em raras condições, causaram sérios problemas em sistema de distribuição de eletricidade, tendo sido inclusive responsáveis por falhas de equipamentos. Deve ser evitada, na medida do possível, a localização de torres adjacentes e, particularmente, na direção do vento à linha de força e subestações.

Os eliminadores são normalmente classificados como de passo simples, de dois ou três passos, dependendo do número de mudanças de direção do fluxo de ar que eles ocasionam. Geralmente, quanto maior o número de passos, tanto maior será a perda de pressão e maior a sua eficiência. Antigamente a maioria dos eliminadores consistia de tábuas colocadas em quadros com a configuração desejada, mas atualmente usa-se eliminador fabricado com material plástico com diversas configurações, para produzir o efeito desejado. A configuração aerodinâmica das passagens na colmeia, combinado com a grande área de superfície, resulta em um eliminador com a mínima perda de pressão e com alta eficiência.

O projeto de eliminadores varia com os requisitos da instalação e de acordo com os diferentes fabricantes. No entanto, independente do projeto e dos requisitos da aplicação, um eliminador bem projetado deve diminuir a perda por arraste a um nível aceitável, sem aumentar a perda de pressão significativamente, o que se refletiria em um aumento do consumo dos ventiladores. Inclusive, deve ter a habilidade de reter a água e retorná-la ao interior da torre sem reintroduzi-la no ar de descarga.

Em torres maiores, a direção de descarga dos eliminadores pode afetar o consumo do ventilador.

Consideráveis estudos e testes são necessários para se conseguir uma unidade eficiente, sem criar efeitos secundários nocivos. Os eliminadores são instalados em atmosferas corrosivas e erosivas, e devem resistir a estas condições. Os materiais usados para esta aplicação incluem madeira, aço galvanizado, alumínio, plásticos, cimento amianto etc.



2.2.7. Ventiladores

Os ventiladores das torres de resfriamento necessitam movimentar grandes volumes de ar, de modo econômico, e seu funcionamento deve ser isento de vibrações e pulsações que podem danificar os demais componentes mecânicos e toda a estrutura da torre.

Em torres usam-se dois tipos de ventiladores: o **axial** e o **centrífugo**. Sendo o axial o tipo de ventilador que se usa na grande maioria das torres, abaixo continuaremos a descrever somente este tipo.

Os axiais possuem a propriedade de movimentar grandes volumes de ar com baixas pressões estáticas (20 mmCA). Os axiais são de custo relativamente baixo, podendo ser usados em torres de qualquer tamanho, bem como em torres onde deve ser assegurada uma baixa perda de água por arraste. Normalmente, os ventiladores axiais operam com eficiência de 80 %.

Como condições de projeto, temos que para um mesmo fluxo de ar e mesma velocidade periférica, um ventilador com poucas pás requer pás mais largas do que um ventilador com maior número de pás, resultando maior peso da pá, o que produzirá uma maior pulsação com proporcional aumento de vibrações no cilindro e na torre. Isso, sem dúvida, reduz o tempo de vida útil da torre.

Seis pás são normalmente consideradas, o mínimo necessário para ventiladores de tamanho médio, sendo oito pás o mínimo para os de grande diâmetro, Doze pás são praticamente o máximo. Os diâmetros dos ventiladores são determinados pela vazão de ar. A velocidade do ar passando pelo ventilador varia entre 7 a 15 m/s, considerando-se como normal 10 m/s.

Para uso em indústria, onde normalmente o ruído não é fator tão importante, as velocidades periféricas podem ir até 75 m/s. Em ventiladores com diâmetro acima de 3 metros, podem raramente ultrapassar os 60 m/s.

Para grandes diâmetros, um projeto apropriado deve proporcionar uma distribuição de velocidade uniforme do ar, desde o cubo até a ponta da pá. Ligas fundidas de alumínio dão excelentes materiais para produção deste tipo de pá. Pás de alumínio fundidas são relativamente de baixo custo e possuem alta resistência à corrosão.

Pás fundidas podem ser também fabricadas em latão, aço inox e aço galvanizado. Entretanto, seu uso é limitado por causa do seu alto custo.

Hoje as maiorias destas pás são confeccionadas em PRFV, por se tratar de um material com boa resistência mecânica, baixo peso e facilidade de fabricação.

2.2.8. REDUTORES DE VELOCIDADE

O principal requisito para os redutores de velocidade das torres de resfriamento de água é a sua longa duração, bem como sua mínima manutenção. Para atender a estas exigências, o redutor deverá ser solidamente construído para resistir ao serviço contínuo e ao severo ambiente em que deverá trabalhar. Alguns fabricantes de torres de resfriamento ou especializados em redutores projetam e constroem redutores especificamente para tal serviço.

As engrenagens podem ser de vários tipos: coroa de dentes retos, helicoidais, rosca sem fim ou coaxiais.

Dependendo do tamanho e da redução requerida, um redutor pode ser do tipo simples ou de dupla redução.

Geralmente as unidades de dupla redução são aconselhadas para ventiladores com mais de 6 metros de diâmetro. Como os ventiladores trabalham em ambiente quente e úmido, devem possuir um bom sistema de vedação impedindo a entrada de água, e embaixo devem possuir bolsas de condensado a fim de evitar emulsão do óleo dentro do redutor.

A vida útil de um redutor está diretamente ligada à durabilidade da superfície dos dentes de uma engrenagem.

A AGMA (American Gear Manufacturers Association), através de uma divisão relativa a fabricantes de redutores de velocidade para torres de resfriamento, tem estabelecido fatores de serviço para esta aplicação.

Este fator é a razão entre o HP calculado e HP aplicado.

Isto varia com o tipo de acionamento e o serviço - intermitente ou contínuo.

O fator de serviço de 2.0 para redutores com coroa de dentes retos para serviço contínuo são bastante usados.

A vida de um redutor depende também da vida útil do mancal usado.

Os mancais são geralmente selecionados para uma vida compatível com o tipo de serviço. Mancais para redutores, considerando como serviço contínuo, são selecionados pela qualidade, tendo como base 100.000 horas B-10. B-10 é definida como vida operacional em horas durante a qual 90% ou mais de um grupo de mancais atuam sob condições específicas.

Outro aspecto importante é a lubrificação do redutor para se conseguir longa vida útil. Os sistemas de lubrificação mais usados são: por meio de respingos e meio de anéis rotativos (slinger).

2.2.9. EIXO DE TRANSMISSÃO

A função do eixo de transmissão é transmitir o movimento do motor para o redutor. O eixo suporta severas condições de vapor de água, portanto, ele deverá ser apropriadamente construído. É uma peça de velocidade, portanto no seu projeto deve ser previsto um balanceamento fácil. Como a torre é estruturalmente rígida, o eixo deve ter a possibilidade de operar com certo limite de desalinhamento.

O eixo de transmissão pode ser descrito como eixo oscilante equipado com luvas flexíveis em ambas às extremidades.

Os eixos devem ser construídos com material resistente à corrosão por causa do ambiente em que devem operar.

Usualmente, o eixo é fabricado de aço carbono com galvanização a fogo, podendo ser fabricados de aço inoxidável - mais duráveis, porém bem mais caros, e hoje já existem eixos confeccionados com fibra de carbono.

É muito importante que o eixo seja adequadamente alinhado. O desalinhamento não somente causa vibração na Torre como também provoca aumento de carga e desgaste excessivo no equipamento acoplado no eixo (motor + redutor).

A maioria dos eixos de torres de resfriamento opera com velocidades por volta de 1800 rpm, e nesta velocidade é necessário que o eixo seja dinamicamente balanceado para reduzir ao mínimo as vibrações.

2.2.10. MOTORES ELÉTRICOS

Motores elétricos são usados para movimentar a hélice do ventilador na torre de resfriamento.

Eles devem operar sob condições adversas. A alta umidade produzida dentro da torre, bem como chuva, poeiras e fumaças geralmente presentes nestas áreas se combinam para produzir um ambiente rigoroso de operação.

Existem dois tipos básicos de fechamento de motor: Abertos e Totalmente Fechados.

Os motores abertos são classificados ainda em:

- A prova de respingos
- A prova de gotas
- Encapsulados e protegidos

Esta distribuição se faz em função de proteção à entrada de água.

Os motores totalmente fechados são classificados como:

- Sem ventilação
- Com ventilação
- Air over
- A prova de explosão

Os motores podem ser para serviços contínuos ou para ficarem inativos por longos períodos.

2.2.11. DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Na torre de resfriamento em contra corrente podemos ter dois tipos de distribuição de água

- Por pressão

-Por gravidade

Nas torres em corrente cruzada a distribuição é sempre por gravidade

2.2.11.1. POR PRESSÃO

O sistema de distribuição por pressão é formada por um tubo principal e ramais fabricados em PVC, aço carbono revestido ou polipropileno, e as conexões utilizam roscas padrão BSP. A conexão com a rede hidráulica pode ser por flange ou mangote de borracha.

Os bicos espessores de água podem ser de polipropileno, PVC, nylon ou outro material.

A função dos aspersores é proporcionar uma perfeita distribuição da água sobre toda a superfície do enchimento, com uma pressão que pode variar de 1.5 a 7 mCA, dependendo do tipo e vazão de água.

2.2.11.2. POR GRAVIDADE

Este sistema é composto por uma canal principal e canais secundários, e no interior destes são fixados os bicos aspersores, que tem a mesma função da anterior, e neste caso a pressão deve ficar por volta de 0.5 m CA.

Este sistema é comumente utilizado quando na água existem partículas em suspensão.

Nas torres de corrente cruzada, existem tanques na parte superior, providos de bicos aspersores, por onde a água é conduzida ao interior da torre.

2.2.12. DETETOR DE VIBRAÇÃO

Os detectores de vibração são dispositivos eletromecânicos ou eletrônicos sensíveis à vibração, que protegem o equipamento contra danos extensivos resultantes de falhas mecânicas.

Quando o nível de vibração do equipamento excede ao normal, o sensor capta esta vibração e envia um sinal para um módulo de comando que pode disparar um alarme e/ou desativar todo o equipamento mecânico, antes que ocorra um dano irreparável ou um acidente de grandes proporções.

O detector de vibração é normalmente instalado no ventilador por ser o local que pode gerar a vibração.

Os níveis de vibração para este tipo de equipamento podem estar dentro do seguinte limite.

- Ótimo de 0.11 mm/s a 2.7 mm/s

- Admissível de 2.8 mm/s a 6.8 mm/s

- Ainda admissível de 7 mm/s a 17,8 mm/s
- Inadmissível acima de 18 mm/s

3. CONCEITOS

3.1. Noções

É essencial termos em mente as limitações de uma torre. A mínima temperatura de água resfriada que podemos conseguir com o equipamento é função direta das condições climáticas ambientes. A mais importante variável é a temperatura do bulbo úmido, pois esta influi diretamente no tamanho da torre a ser selecionada.

A temperatura do bulbo úmido nos dá uma ideia de quanto calor o ar pode retirar de certa massa de água a ele exposta.

Imaginemos um termômetro convencional de mercúrio com seu bulbo envolto por algodão embebido em água.

Se fizermos o ar passar através desse bulbo, notaremos um abaixamento da temperatura marcada, pois há uma perda de energia no bulbo, equivalente ao calor latente de evaporação de uma parcela da água que envolve o bulbo do termômetro.

Se a umidade relativa ambiente é de 100%, a temperatura do bulbo úmido é igual à temperatura do bulbo seco (ambiente), pois neste caso não há evaporação de água.

Para umidades relativas mais baixas temos, conseqüentemente, bulbos úmidos mais frios. Por esse motivo é que conseguimos águas resfriadas abaixo das temperaturas ambientes.

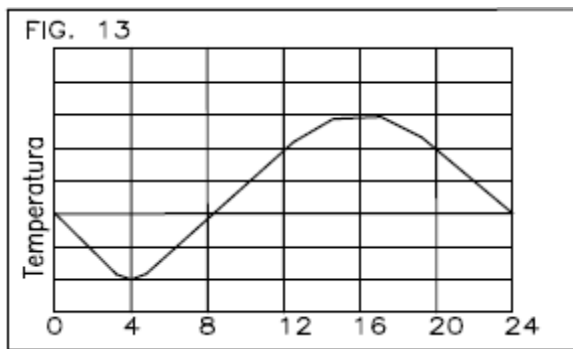
O limite teórico de temperatura de água fria é a temperatura do bulbo úmido, porém, na prática, recomenda-se uma folga de 3°C, ou seja, se numa determinada região a temperatura de bulbo úmido é de 23°C, a mínima temperatura de água fria deverá situar-se em torno de 26°C.

3.2. Temperatura de bulbo úmido

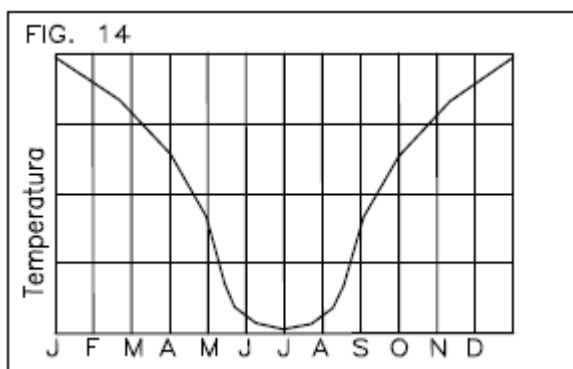
A temperatura de bulbo úmido afeta diretamente o tamanho da torre a ser selecionada. Esta deve ser escolhida de acordo com sua incidência na localidade da instalação durante os meses de verão. Observações de inúmeras torres em funcionamento tem revelado satisfatório o desempenho, nas maiorias das aplicações, em torres selecionadas com temperaturas de projeto de bulbo úmido, tais que somente são ultrapassadas durante 5% das horas dos quatro meses mais quentes do ano.

Estas horas em que o bulbo úmido é ultrapassado não necessariamente são consecutivas, e poderão ocorrer em vários períodos de curta duração. O efeito prejudicial dos picos de altas temperaturas de bulbo úmido pode ser amortecido por um maior volume de água no sistema.

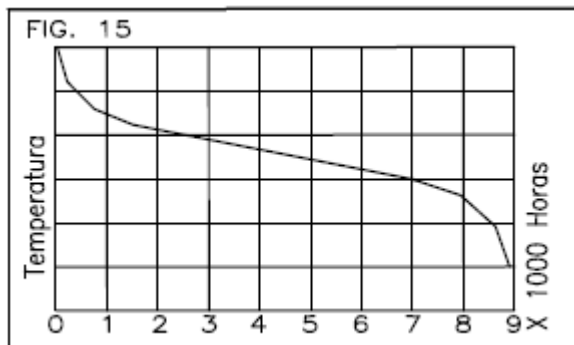
Na figura 13 vê-se uma curva típica de variação de temperatura de bulbo úmido.



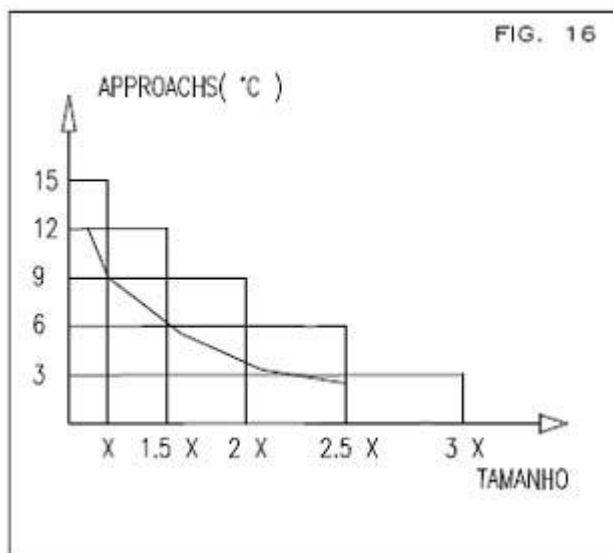
Na figura 14 vê-se uma curva típica de variação anual de temperatura de bulbo úmido.



Na figura 15 vê-se uma curva típica de duração em horas, na qual a temperatura de bulbo úmido (TBU) ambiente é menor que determinada TBU durante o decorrer do ano.



Para fixar bem a relação entre o tamanho da torre e sua temperatura de bulbo úmido, devemos definir o conceito de “approach”, ou seja, a aproximação da temperatura de água fria até a temperatura de bulbo úmido (fig. 16).



3.3. Relação entre tamanho e potência de torres

As torres selecionadas para efetuar um determinado serviço térmico dentro de especificações idênticas poderão ser de vários tamanhos e apresentarem consumos diferentes, dependendo de um grande número de variáveis, por exemplo:

- 1- Aumentando-se o volume de resfriamento e mantendo-se o mesmo tipo de enchimento, aumenta-se a dimensão externa da torre. Com isto, necessita-se uma menor vazão de ar, resultando, portanto, em menor consumo do ventilador;
- 2- Mantendo-se a mesma área molhada do enchimento e alterando-se o tipo de enchimento, as dimensões de torre podem diminuir ou aumentar. Caso as dimensões aumentem, isto significa que o enchimento é mais aberto à passagem do ar, resistência à passagem do ar menor diminui o consumo do ventilador.
- 3- Aumentando-se a vazão de ar, pode-se diminuir o volume de resfriamento da torre. Neste caso, normalmente, o consumo do ventilador aumentará.

3.4. Especificação de compra

Quando da solicitação de cotação de uma torre, deve o comprador especificar claramente inúmeros itens a fim de poder efetuar uma avaliação em termos “nivelados”.

Quanto maior a torre, normalmente mais detalhes são indicados nas especificações. Nestas, além dos dados de projeto e *performance*, são indicados materiais, detalhes estruturais, “lay-out”, considerações sobre a área de instalação, garantias requeridas, bem como o método de avaliação que será empregado, indicando custos unitários, custos de energia e período de amortização.

Abaixo damos uma lista de especificações:

- 1- Descrição do serviço
- 2- Carga térmica total
- 3- Vazão de água a ser resfriada
- 4- Temperatura de água fria
- 5- Temperatura de água quente
- 6- Temperatura de bulbo úmido
- 7- Altura manométrica permitida
- 8- Análise da água
- 9- Velocidade média e direção dos ventos
- 10- Velocidade dos ventos para efeito de resistência de torre
- 11- Tremor de terra (não necessário no Brasil)
- 12- Intensidade do som (nível de ruído)
- 13- Tipo de torre
- 14- Materiais básicos de estrutura, enchimento e fechamento.
- 15- Tipo de ferragem
- 16- Tratamento da madeira (se aplicável)
- 17- Tipo de bacia de coleta de água fria e profundidade
- 18- Material do ventilador e número mínimo de pás
- 19- Altura do cilindro do ventilador
- 20- Descrição do motor (especificar se de uma ou duas velocidades)
- 21- Sistema de proteção contra vibração
- 22- Outros sistemas de proteção
- 23- Dispositivos para movimentação do equipamento mecânico
- 24- Custos unitários para avaliação econômica
- 25- Teste de *performance*

- 26- Planta do local de instalação
- 27- Área de estocagem
- 28- Sistema de transporte e acesso
- 29- Facilidades colocadas à disposição pelo comprador
- 30- Trabalho a ser executado pelo comprador
- 31- Prazo
- 32- Termos e condições de venda.

3.5. Avaliação econômica

Numa análise de cotações de vários concorrentes, além do valor do investimento inicial, deve-se levar em conta outros fatores, os quais poderão substancialmente alterar o custo depois de determinado tempo de operação da torre.

Estes custos são:

a) Custos de investimento

- 1- Custo total da torre montada, incluindo motores.
- 2- Custo da bacia de coleta de água fria instalada, incluindo caixa de coleta e peneira.
- 3- Custo das bombas instaladas
- 4- Custo da fiação elétrica instalada, painel de comando, chaves de partida e controles.
- 5- Custo da tubulação instalada, de entrada e retorno, linha de alimentação, ladrão, dreno, incluindo válvulas, tanto de fechamento como as de controle de vazão.

b) Custos operacionais

- 1- Custo da energia elétrica para ventiladores e bombas
- 2- Tarifa de demanda
- 3- Custo de amortização de investimento
- 4- Custo de manutenção

Dado então um determinado período de amortização, a torre mais econômica é aquela cuja soma dos custos de investimento e operacionais se situam em menor nível.

4. MONTAGEM DE TORRES DE RESFRIAMENTO

Em torres de porte, no passado, era comum utilizar a madeira, mas hoje se utiliza o concreto ou torres com estrutura metálicas com fechamento em PRFV.

Vamos abordar as torres em concreto e as com estrutura em aço carbono com fechamento em PRFV.

4.1. Torres com Estrutura em Concreto

Analisando as condições de uso de uma torre de resfriamento, notamos que a mesma está sujeita a vários agentes agressores, tais como:

- diferentes temperaturas
- ação mecânica da queda da água
- águas agressivas

Face às características acima expostas, o equipamento da torre de resfriamento deve ser considerado como obra hidráulica, diferindo das estruturas comuns.

Deverá, portanto, a estrutura, além das qualidades comuns às boas obras em concreto armado, apresentar boas condições de proteção da armadura, resistência e as características de impermeabilidade, a fim de se atingir a solidez e a durabilidade compatíveis com uma estrutura de concreto armado.

Como normalmente o projeto civil da torre de concreto é responsabilidade do fabricante da torre de resfriamento, o mesmo deverá fornecer todas as informações para o bom andamento da obra. Deverá fornecer o projeto completo, contendo desenhos das formas e armações, fornecer o memorial de cálculo e uma especificação contendo os pontos importantes, a fim de alertar o construtor e proprietário da importância de uma boa execução.

Vamos descrever alguns pontos:

- Bacia de água fria: deverá ser tomado todo o cuidado nesta fase, uma vez que é aqui que irá ser iniciada a obra, caso ocorra algum problema, como dimensional, todo o resto estará comprometido. Outro grande cuidado é com a impermeabilização para que no futuro haja infiltrações.
- Estrutura: aqui os cuidados deverão ser com o dimensional e com nivelamento, pois é onde irá ser montado o enchimento.
- Tanques coletores de água quente: o maior cuidado deverá ser com o nivelamento para que haja uma boa distribuição de água para o interior da torre.

- Suportes do equipamento mecânico: cuidados quanto ao nivelamento e posicionamento dos chumbadores.
- Cilindro do difusor: neste caso todo o cuidado deverá ser tomado, uma vez que aqui irá trabalhar o ventilador. Deverá ser o mais cilíndrico possível.

4.2. MONTAGEM DOS EQUIPAMENTOS

4.2.1. Montagem do Enchimento

O enchimento tipo respingo

Este é constituído por telas de sustentação e das ripas que podem ser de madeira ou perfis plásticos.

A montagem deve seguir os seguintes passos:

- colocação das telas, que serão fixadas na estrutura.
- colocar as ripas espaçadas conforme informado pelo fabricante.
- fixar as ripas nas telas conforme informado pelo fabricante.

4.2.2. Montagem do eliminador de gotas

O mesmo deverá ser montado conforme indicado pelo fabricante da torre uma vez que cada fabricante tem o seu próprio modelo.

4.2.3. Montagem do equipamento mecânico

Posicionar o redutor de velocidade, fixá-lo ao concreto, colocar o motor e entre eles o eixo de acionamento, após isto o eixo deverá ser alinhado seguindo as orientações do fabricante.

Em seguida colocar o ventilador, montá-lo, verificar o ângulo das pás, e colocá-lo em funcionamento por algum tempo a fim de verificar se o mesmo está com um nível de vibração aceitável.

5. MONTAGEM DE TORRES COM ESTRUTURA EM PRFV

Demonstraremos a seguir aos tópicos a serem considerados para uma perfeita montagem.

As torres, quando fornecidas com bacia de água fria, deverão estar sobre uma base perfeitamente nivelada.

Quando a bacia for bipartida deverá ser parafusada entre si por intermédio de parafusos bi-cromatizados ou de inox. Depois de parafusada, laminar com PRFV.

Fixar os painéis na bacia de água fria entre si, utilizando parafusos bi-cromatizados ou de inox.

Montar os suportes do enchimento em cima das entradas de ar, tomando o cuidado no espaçamento entre eles, pois o enchimento será apoiado neste suporte.

Montagem dos blocos do enchimento tomando-se o cuidado de que cada camada seja posicionada a 90° em relação a anterior.

Colocar o tubo principal da distribuição de água nos apoios existentes nos painéis.

Rosquear os ramais no tubo principal e fixá-lo na outra extremidade pelas abraçadeiras de PRFV existente.

Rosquear os bicos pulverizadores nos ramais, tomando o cuidado para que todos estejam na mesma posição e altura.

Fixar os perfis e o suporte do eliminador de gotas na parte inferior dos ramais.

Montar os blocos do eliminador sobre os perfis.

É importante que não haja frestas em toda a sua área, para que o eliminador ofereça toda a sua eficiência.

5.1. Cuidados antes da colocação da torre em funcionamento

Limpeza geral: Proceda a uma limpeza na torre, especialmente no sistema de distribuição de água, na bacia de água fria e nos filtros de sucção das bombas.

Circulação de água na torre: Antes de colocar todo o sistema em operação, faça circular água apenas através da torre. Isto permitirá a limpeza do enchimento e remoção dos detritos. Em seguida, drene o sistema e limpe a bacia de água fria.

Proceder a uma inspeção:

Verifique o aperto dos parafusos do equipamento mecânico.

Verifique o aperto dos parafusos da estrutura com Especial atenção:

- parafusos do motor, redutor, mancal e polias.
- os que fixam as pás do ventilador
- tensão das correias
- lubrificação

5.2. Colocação da torre em funcionamento

Encha o tanque e todo o sistema de distribuição de água, e abra completamente todas as válvulas de controle de entrada de água. Coloque as bombas em operação e em seguida ajuste as válvulas de controle para equalizar a distribuição de água.

Esta operação deve ser executada com o maior rigor, uma vez que a uniformidade na distribuição é de suma importância para a eficiência do sistema. Após isso, marque a posição das válvulas para referências futuras.

Coloque o ventilador em operação e confira a amperagem do motor.

Todas as torres possuem um plug diâmetro de 1/2 polegada, colocado no sistema de distribuição de água na face oposta à conexão de entrada da água. Para perfeita regulação da vazão, deve ser instalado neste ponto o manômetro.

A pressão requerida na entrada da água e, conseqüentemente, no citado manômetro está indicada na plaqueta da torre. Através da válvula de controle, equalizar a vazão em função da pressão.

Nas torres com acionamento por polias e correias, reajustar a tensão das correias após 4 horas de funcionamento e a cada mês.

Nas torres com acionamento por redutor, substituir o lubrificante após as primeiras duas semanas de uso. A periodicidade das outras trocas deverá ser realizada conforme a recomendação do fabricante.

5.3. Cuidados a serem tomados durante os períodos em que a torre permanece fora de operação

Sempre que a torre deva permanecer fora de operação por mais de uma semana, tome a precaução de colocar o ventilador em movimento uma vez por semana pelo período necessário para que o motor alcance a temperatura de operação.

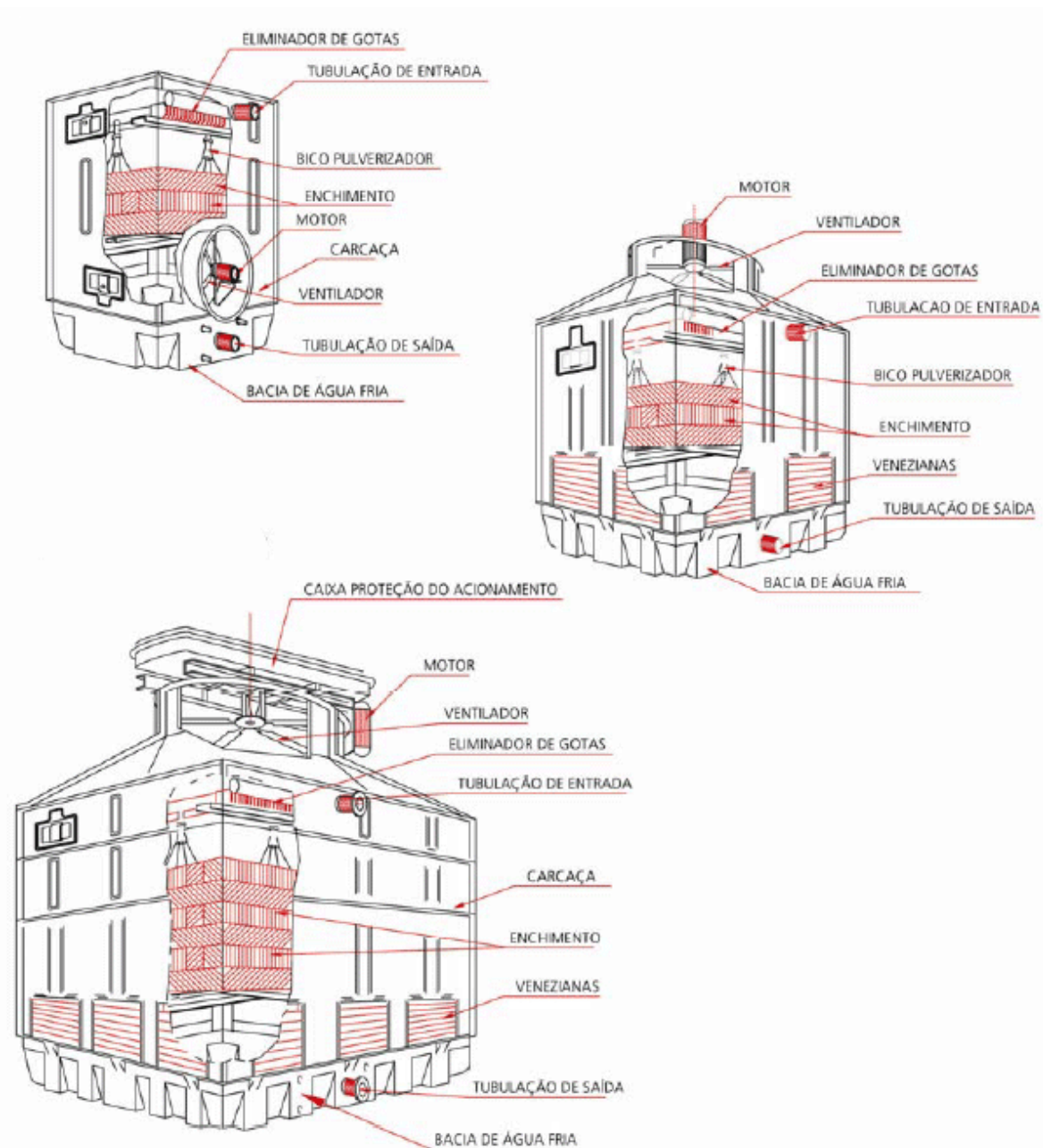
5.4. Esquema de manutenção

Um esquema de manutenção planejado racionalmente e executado rigorosamente é sem dúvida responsável, não só pela durabilidade e eficiente operação do equipamento, como também pela redução dos custos de manutenção.

O planejamento racional e prático de um esquema de manutenção, entretanto, depende das peculiaridades operacionais de cada caso e deve, portanto, receber o estudo do técnico responsável pela operação do equipamento.

A utilização da torre com águas contaminadas com óleos e graxas provoca no enchimento a formação de películas oleosas, prejudiciais ao desempenho da torre, podendo ocorrer até o entupimento do mesmo. Para estes casos, recomendamos que periodicamente se faça circular a água quente através da torre, desligando-se o ventilador e fechando-se a saída de ar do topo da torre com uma placa.

O aumento da temperatura no seu interior provocará a dissolução da película oleosa na água, eliminando-se grande parte deste tipo de incrustação do enchimento. A água utilizada nesta operação deve ser substituída para eliminar a sua alta concentração de contaminante.



Especializada em Torres de Resfriamento

Visite: www.termoparts.com.br

Material cedido em cortesia pela Termoparts.

Termoparts