

**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE**

**FLÁVIO FANTUZZI**

**SISTEMAS DE RESFRIAMENTO E BALANÇO DE MASSA  
RELATÓRIO DE APROVEITAMENTO DE EXPERIÊNCIA  
PROFISSIONAL**

**JUIZ DE FORA  
2009**

**FLÁVIO FANTUZZI**

**SISTEMAS DE RESFRIAMENTO E BALANÇO DE MASSA  
RELATÓRIO DE APROVEITAMENTO DE EXPERIÊNCIA  
PROFISSIONAL**

Relatório de aproveitamento de experiência profissional apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Meio Ambiente da Universidade Presidente Antonio Carlos, como um dos requisitos para a obtenção do grau de Tecnólogo em Meio Ambiente.



Professor Orientador Humberto Chiaini de Oliveira Neto – M.Sc.

**JUIZ DE FORA  
2009**

**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MEIO AMBIENTE**

**FLÁVIO FANTUZZI**

**SISTEMAS DE RESFRIAMENTO E BALANÇO DE MASSA  
RELATÓRIO DE APROVEITAMENTO DE EXPERIÊNCIA  
PROFISSIONAL**

**Local de realização:** Nalco do Brasil.

**Função/ cargo:** Representante técnico de serviços

**Admissão:** 16/07/2006

## NOMENCLATURAS

A: Make-up (água de alimentação ou Reposição) –  $\text{m}^3/\text{h}$

E: Evaporação –  $\text{m}^3/\text{h}$

R: Respingo –  $\text{m}^3/\text{h}$

P: Purga –  $\text{m}^3/\text{h}$

C/C: Ciclo de Concentração

V: Volume estático do sistema –  $\text{m}^3$

Vr: Vazão de Recirculação –  $\text{m}^3/\text{h}$

Tr: Tempo de Retenção

PL: Perda Líquida –  $\text{m}^3/\text{h}$

$\Delta t$ : Variação de temperatura -  $^{\circ}\text{C}$

Dp: Dosagem de produto -  $\text{kg}/\text{h}$

## GLOSSÁRIO

**Approach:** É a diferença entre a temperatura da água fria (saída da torre de resfriamento) e a temperatura de bulbo úmido do ar na entrada da torre.

**Balanco e Massa:** É usado para fundamentar quantitativamente, eficiência, rendimentos, dimensionamento de instalações e de equipamentos e outros.

**Ciclo de Concentração:** Indica o número de vezes que uma água se concentra num sistema.

**DBO:** Demanda Bioquímica de Oxigênio.

**Descarga:** Também chamado de Purga é a etapa onde ocorre a remoção da água minimizando o acúmulo de sais.

**Enchimento:** Componentes internos de uma torre de resfriamento.

**Evaporação:** Água de evaporação, medida em  $m^3/h$ , é a principal responsável pelo abaixamento da temperatura da água.

**Fouling:** Depósitos orgânicos também conhecido como biomassa.

**Make-up:** É a água de alimentação, medida em  $m^3/h$ , utilizada para compensar água perdida nos sistemas.

**Perdas Líquidas:** É o volume total de água perdido através das purgas e dos respingos.

**Range:** É definido como a diferença entre a temperatura da água quente (alimentação da torre) e a temperatura da água fria (saída da torre). O range de uma torre varia conforme as condições climáticas e a vazão da água de resfriamento na torre.

**Respingo:** É água de respingo, medida em  $m^3/h$ , sai junto com o fluxo de vapor e ar nas torres de refrigeração.

**Temperatura de entrada:** É a temperatura a qual a água sai da torre de resfriamento e entra no trocador de calor.

**Temperatura de saída:** É a temperatura a qual a água sai do trocador de calor após realizar a troca térmica e retorna para a torre de resfriamento.

**Tempo de Retenção:** É o tempo que determinados produtos permanecem na água dos sistemas.

**Trocador de Calor:** Equipamento em que se realizam as trocas térmicas.

**Volume estático:** É o volume de água em qualquer sistema. Nos sistemas evaporativos, é a soma dos volumes das bacias das torres, das tubulações e dos trocadores de calor.

## RESUMO

Este relatório de aproveitamento de experiência profissional se refere a trabalhos desenvolvidos na Nalco do Brasil, uma empresa multinacional líder em aplicações para tratamento de águas, qualidade do ar de interiores e melhoria de processos visando qualidade e economia.

Servindo a essa empresa há quatro anos, conheci alguns processos de resfriamento e através dessa experiência profissional juntamente com conteúdo adquirido no Curso Superior em Meio Ambiente, elaborei este trabalho.

Para que um processo de resfriamento seja bem sucedido é necessário aplicar alguns cálculos entre eles o balanço de massa.

O balanceamento de massas para torres de resfriamento, consiste na realização dos cálculos com a finalidade de obter os valores referentes às perdas de água e energia dos sistemas, bem como o consumo dos produtos químicos utilizados, com a finalidade de manter o bom condicionamento do processo e redução dos custos operacionais através do controle sistemático e monitoramento do mesmo.

**PALAVRAS – CHAVE:** Impacto Ambiental, Torre de Resfriamento.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2 A NALCO.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 NALCO DO BRASIL.....</b>	<b>8</b>
<b>3 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 TIPOS DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 TORRE DE RESFRIAMENTO.....</b>	<b>12</b>
<b>3.3 PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO.....</b>	<b>15</b>
<b>4 POTENCIAL DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>17</b>
<b>5 BALANÇO DE MASSA.....</b>	<b>18</b>
<b>5.1 FLUXOGRAMA.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2 PERDAS NO PROCESSO.....</b>	<b>20</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>24</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é fruto de minha experiência profissional na Nalco do Brasil.

Ele procura descrever as atividades que são vividas no meu dia a dia de trabalho, onde desenvolvo projetos de sistema de resfriamento assim como a manutenção no que diz respeito à parte químico-operacional envolvida no mesmo.

Inicialmente, farei um comentário sobre a empresa, sua história, sua formação, atuação e seus objetivos.

Depois explicarei sobre os sistemas de resfriamento assim como balanço de massa.

## 2 A NALCO

A Nalco é uma empresa fundada em Chicago em 1928, por Herb A. Kern e Wilson Evans, com o nome de *Nacional Aluminate Corporation*.

Comercializava aluminato de sódio para tratamento de águas de caldeiras. Em 1929, após a queda da bolsa, e por não ter sido abalada com o ocorrido, passou a ajudar os desempregados e instituições.

Na década de 1930, especializou-se em tratamento de água potável e aditivos para motores à combustão. Durante a Segunda guerra mundial, passou a ser uma empresa estratégica para o USA devido ao grande valor de seus serviços.

Hoje é a maior empresa do mundo no ramo de tratamento de águas, do ar, aditivos para papel, petróleo e cosméticos, fornecendo soluções que promovem benefícios ambientais, sociais e econômicos, colaborando na redução do consumo de água, energia e outros recursos naturais, melhorando a qualidade do ar, reduzindo a emissão de poluentes ambientais e contribuindo para a produtividade e melhoria do produto final de seus clientes. As soluções inteligentes da Nalco colaboram com o desenvolvimento sustentável das operações nos diversos segmentos industriais e institucionais.

Possui 49 fábricas e 11 mil funcionários distribuídos no mundo e atua em mais de 140 países, atendendo aproximadamente 60 mil clientes.

Seu principal centro de pesquisa fica na cidade de Naperville (Illinois), e é um dos mais completos do mundo, apoiados por uma rede de instalações industriais, escritórios de vendas e outros centros de pesquisa. Em 2008, as vendas da Nalco ultrapassaram 4,2 bilhões de dólares sendo o maior lucro no segmento.

### 2.1 NALCO DO BRASIL

Em 1972 era implantada a Nalco Brasil com a sede corporativa da América Latina em São Paulo no centro empresarial de Santo Amaro localizado na Avenida das Nações Unidas.

Com aproximadamente 1800 funcionários sendo os cargos principais os diretores, gerente de distritos, engenheiros químicos, engenheiros de aplicativos são aqueles que testam um produto, representantes técnicos, gerente de venda onde esses funcionários são distribuídos na fábrica de produtos químicos localizada em Suzano- SP, nos escritórios regionais de Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Campos, Curitiba, Maceió, Pomerode, Porto Alegre, Salvador e Sertãozinho, além dos oito depósitos distribuídos estrategicamente pelo território Brasileiro.

Cada escritório regional é supervisionado por um gerente de distrito onde cada escritório é adaptado às características industriais de seu estado, porém um escritório pode dar suporte a um outro estado, isso por que atividades como produção de cana de açúcar, hidroelétricas ou fabricas de automóveis, por exemplo, são implantadas em locais onde as características do ambiente favoreçam a produção da mesma, porém existem casos onde se encontram micro ou médias empresas com ramos diferentes das citadas acima que são implantadas em regiões distantes de sua matéria prima.

### 3 SISTEMAS DE RESFRIAMENTO

Uma aplicação largamente utilizada para a água é o resfriamento de equipamentos utilizados em processos, através da recirculação da mesma em sistemas semi-abertos e remoção final do calor em torres de resfriamento.

Observamos estes circuitos nos mais variados segmentos, entre os quais: operações de siderurgia, metalurgia e fundição, resfriamento de reatores, compressores e equipamentos de refrigeração, incluindo instalações de ar condicionado e frios alimentares, condensação de vapores e resfriamento em usinas termelétricas e nucleares, entre muitos outros.

Nestes sistemas, grande parte do calor é removida por evaporação da água, o que também causa aumento de concentração de sais e outros materiais indesejáveis. A corrosão, como é de se esperar, também é um problema sempre presente neste processo. Por fim, devido às temperaturas relativamente amenas que encontramos na água de resfriamento, temos um terceiro inconveniente bastante indesejável: o crescimento microbiológico, sobretudo de certas classes de organismos tais como algas, bactérias e fungos.

Para minimizarmos os problemas com incrustações, além do uso de água com boa qualidade e um controle de descargas (controle esse realizado inicialmente através dos balanços de massas, visando aproximar ao máximo as aplicações práticas no controle deste parâmetro), pratica-se a dosagem de dispersante de sais e íons metálicos. A corrosão em sistemas de resfriamento é normalmente combatida através da aplicação de inibidores de corrosão. Para se controlar o desenvolvimento microbiológico, é comum o uso de agentes denominados biocidas capazes de eliminar os microorganismos presentes no circuito.

Com o objetivo de se obter máxima eficiência destes equipamentos, especificações corretas são feitas no projeto, tais como: área do trocador, velocidade e sentido dos fluxos, temperatura de água de refrigeração, metal utilizado nos tubos, disposição dos tubos e previsão de *fouling* dos fluidos utilizados.

#### 3.1 TIPOS DE SISTEMAS DE RESFRIAMENTO

Existem três tipos básicos de sistemas de resfriamento

### I. Sistema de Único Passe

A água oriunda da Torre de Resfriamento passa uma única vez no interior do equipamento, removendo seu calor.

Exemplos:

- > Água potável
- > Água de processo
- > Serviços gerais

### II. - Sistemas Fechado de Recirculação

É um sistema de resfriamento pelo qual a água recircula em equipamento fechado sem contato com ar atmosférico.

Exemplos:

- > Camisas de motor a diesel
- > Radiadores de automóveis
- > Geladeiras domésticas
- > Chillers

### III. - Sistemas Aberto de Recirculação

É um sistema onde a água circula no equipamento aberto, ou seja, exposto as intempéries.

Exemplos:

- > Lagoas de spray
- > Torres de resfriamento
- > Condensadores evaporativos

Daremos ênfase ao sistema torre de resfriamento.

## TORRE DE RESFRIAMENTO

As torres de resfriamento são equipamentos utilizados para o resfriamento de água industrial, como aquela proveniente de condensadores de usinas de geração de potência, ou de instalações de refrigeração, trocadores de calor e outros. A água aquecida é gotejada na parte superior da torre e desce lentamente através de “enchimentos” de diferentes tipos, em contracorrente com uma corrente de ar frio (normalmente à temperatura ambiente). No contato direto das correntes de água e ar ocorre a evaporação da água, principal fenômeno que produz seu resfriamento.

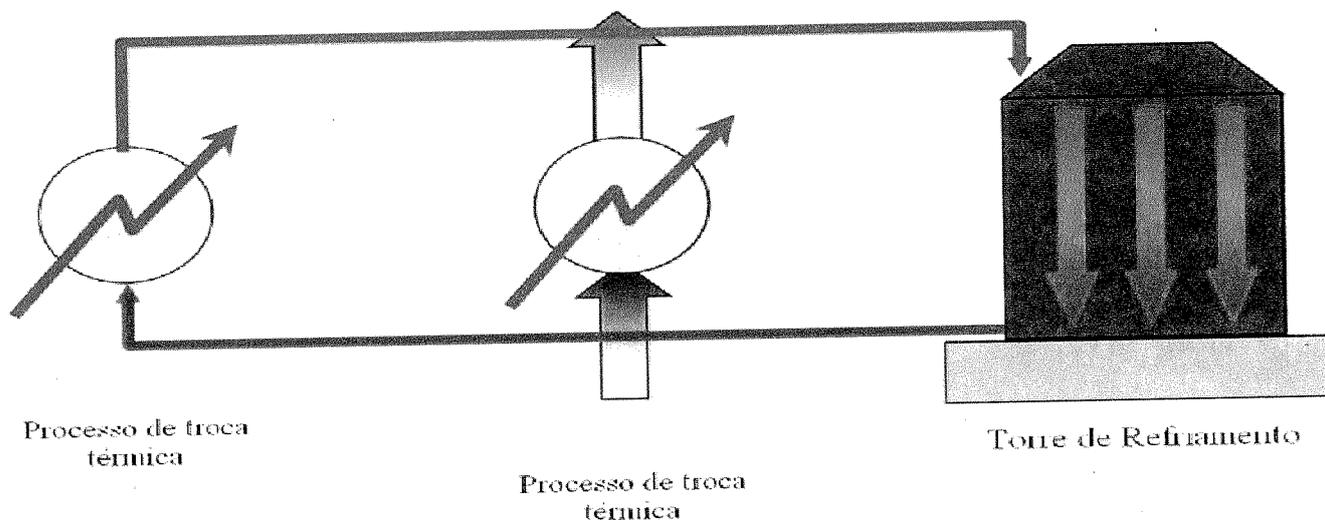


Figura 1 - Esquema de funcionamento de uma Torre de Resfriamento

Fonte – [www.meiofiltrante.com.br](http://www.meiofiltrante.com.br)

Uma torre de refrigeração é essencialmente uma coluna de transferência de massa e calor, projetada de forma a permitir uma grande área de contato entre as duas correntes. Isto é obtido mediante a aspersão da água líquida na parte superior e do “enchimento” da torre, isto é, bandejas perfuradas, colméias de materiais plástico ou metálico que aumentam o tempo de permanência da água no seu interior e a superfície de contato água - ar.

O projeto de uma torre de resfriamento parte dos valores da vazão e da temperatura da água a ser resfriada. Então, uma vez especificada a geometria da torre em termos de suas dimensões e tipo de enchimento, o funcionamento adequado dependerá do controle da vazão de ar. Em termos de insumo energético, a torre demandará potência para fazer escoar o ar,

sendo que o enchimento da torre é um elemento que introduz perda de carga, a água deverá ser bombeada até o ponto de aspersão.

Em muitos processos, há necessidade de remover carga térmica de um dado sistema e usa-se, na maioria dos casos, água como o fluido de resfriamento. Devido à sua crescente escassez e preocupação com o meio ambiente, além de motivos econômicos, a água "quente" que sai desses resfriadores deve ser reaproveitada.

Para tanto, ela passa por um outro equipamento que a resfria, em geral uma torre chamada torre de resfriamento evaporativo (evaporative cooling tower), e retorna ao circuito dos resfriadores de processo.

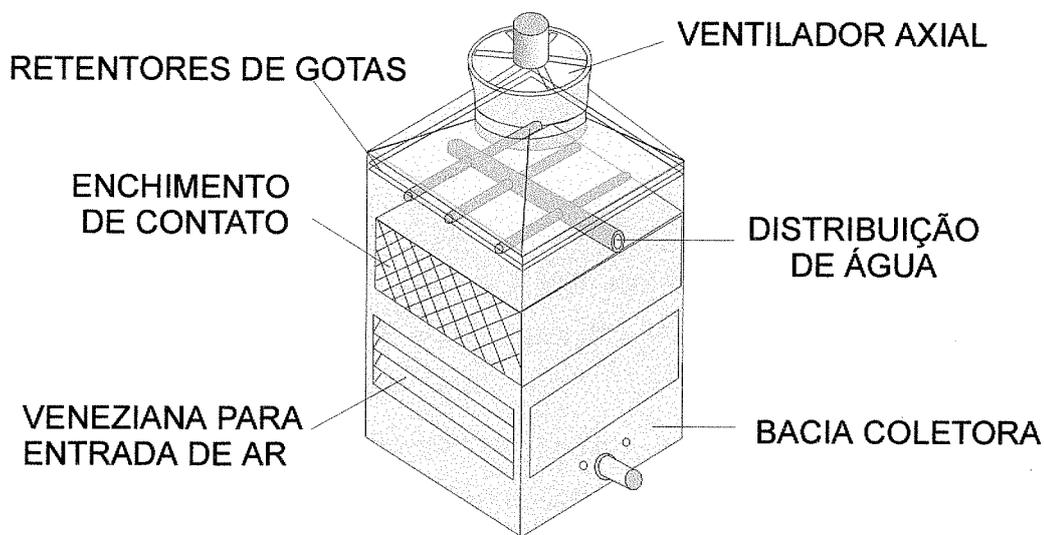


Figura 2 - Componentes de uma Torre de Resfriamento

Fonte: [www.meiofiltrante.com.br](http://www.meiofiltrante.com.br)

As torres de resfriamento são bastante usadas e podem ser vistas em instalações indústrias como em caldeiras de siderurgia, laticínios ou mesmo em equipamentos como ar condicionado.

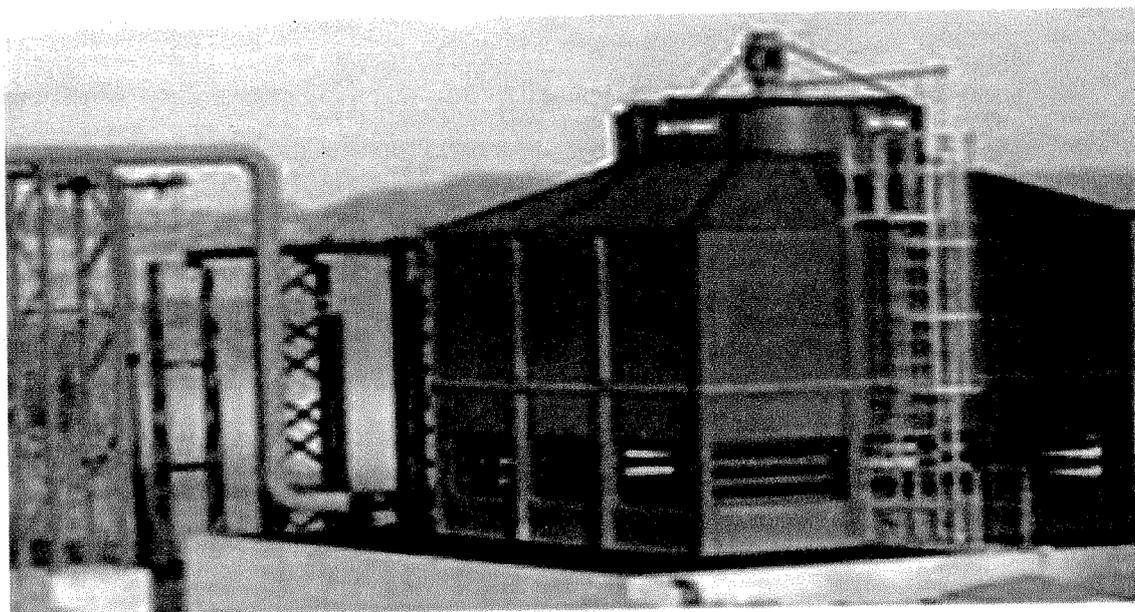


Figura 3 - Torre de Resfriamento

Fonte: Siderúrgica em Campinas-SP

Em muitos casos, formam uma espécie de central de resfriamento, isto é, os fluidos de vários equipamentos são resfriados por água que passa por trocadores tubulares e a água aquecida é resfriada por uma ou várias torres de resfriamento de acordo com a necessidade do processo.

Em uma planta química ou petroquímica, a pressão de operação nos condensadores das colunas de destilação ou nos evaporadores de sistemas de concentração é estabelecida a partir da temperatura da água de resfriamento. Para que os condensadores de produtos voláteis possam operar com água de resfriamento, são necessárias pressões de operação suficientemente elevadas.

Variações na temperatura da água de resfriamento influenciam diretamente na operação dos condensadores de topo de uma coluna de destilação e conseqüentemente a operação da própria coluna.

Este é um exemplo interessante de como a temperatura da água de resfriamento é uma informação decisiva não só na operação de uma planta, mas também na fase de projeto de um equipamento (trocador de calor, colunas, reatores).

Na prática, há outros sistemas de resfriamento de água. Por exemplo: lagoa de resfriamento

(água quente entra num lado da lagoa e após atravessar a sua extensão, sai resfriada no outro lado), torres de resfriamento não evaporativo (usadas em usinas nucleares) e outros. Mas, o

sistema mais comum é a torre de resfriamento, que é usada não só em processos industriais, mas também em prédios com sistema central de ar condicionado, como "shopping centers".

Os sais, sólidos e matéria orgânica em suspensão dissolvidos na água de resfriamento são fatores que contribuem para a formação de um meio favorável à proliferação de algas, bactérias e fungos, que por sua vez, prejudicam não só a operação da torre de resfriamento, mas também o desempenho térmico da rede de trocadores de calor.

A formação de algas e fungos pode provocar a queda de eficiência, deformação e desprendimento do recheio da torre de resfriamento. O tratamento químico da água de resfriamento para o controle de dureza, pH, condutividade e DBO é importante não só para o desempenho da torre de resfriamento, mas também da rede de trocadores de calor.

A direção dos ventos deve ser considerada durante o projeto e instalação de uma torre de resfriamento. Fontes de calor próximas às torres de resfriamento podem influenciar sua operação. Problemas de recirculação e interferência são os mais comuns nesse sistema.

A recirculação ocorre quando o ar quente e úmido que deixa a torre contamina o ar que está entrando na torre. Esta situação pode ocorrer devido à direção dos ventos, dificuldades de dispersão do ar de saída e formação de neblina. A interferência ocorre quando o ar que sai de uma torre contamina o ar de entrada de outra torre próxima sendo que a direção dos ventos causa problemas de interferência.

A formação de neblina ocorre quando parte do vapor de água que sai da torre condensa em pequenas gotas, devido ao contato com o ar ambiente mais frio, tornando o ar supersaturado. A formação de neblina ocorre com mais frequência no inverno, dificultando a dispersão do ar quente que sai da torre.

## **PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO**

Quando falamos em torre de resfriamento é fundamental entender sobre o conceito das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido do ar. A temperatura de bulbo úmido é medida com o bulbo do termômetro envolto com uma gaze umidificada com água, com outros cuidados específicos. Por definição, é a temperatura atingida, em regime permanente (não de equilíbrio termodinâmico), por uma pequena porção de água, em contato com uma corrente

contínua de ar, em condições adiabáticas (só há troca térmica entre o ar e essa massa de água), desprezando-se os efeitos de radiação térmica nessa troca.

A temperatura de bulbo úmido é menor ou no máximo igual em relação à temperatura de bulbo seco. Isso ocorre porque, exposta a uma corrente de ar não saturado (umidade relativa menor do que 100 %), parte da água presente na gaze evapora e com isso, a temperatura abaixa.

Para entender esse fenômeno de resfriamento devido à evaporação, podem-se mencionar dois exemplos simples:

I. Quando saímos de uma piscina, temos uma sensação repentina de frio, pois vaporizamos parte da água impregnada na nossa pele.

II. Quando tomamos água guardada numa moringa de barro, ela é mais fresca, pois como o barro é poroso, parte da água armazenada exsuda pelas paredes, evapora no ar e com isso, resfria a água da moringa.

Frisaremos aqui que os exemplos citados são para efeito de entendimento do fenômeno.

A vazão de água de resfriamento que recircula na torre, juntamente com o range e approach, são as variáveis de processo necessárias para o dimensionamento de uma torre de resfriamento. Outro dado necessário ao dimensionamento da torre é o parâmetro de desempenho da torre, definido como o produto entre o coeficiente global de transferência de massa e a área específica do recheio da torre. O parâmetro de desempenho da torre depende do tipo de recheio e das vazões de água e ar empregadas. Nos catálogos dos fabricantes de torres de resfriamento o parâmetro de desempenho para o dimensionamento não é mostrado de forma explícita, sendo substituído por gráficos e ábacos que relacionam as demais variáveis necessárias (range, approach e vazão).

Para torres de resfriamento industriais, o approach gira em torno de 5 °C, sendo também um critério do projeto. Fazendo-se uma analogia com trocadores de calor, da mesma forma que seria necessária uma área infinita de troca térmica para que a temperatura do fluido quente seja a mesma do fluido frio na saída do trocador, seria necessária uma torre de resfriamento de altura infinita para que a água atinja a temperatura de bulbo úmido do ar.

## 4 POTENCIAL DE IMPACTO AMBIENTAL

Os efeitos atmosféricos mais comuns são Fumaças que reduz a visibilidade, podendo ocasionar precipitação e aumento de nuvens em locais propensos onde possíveis tempestades e perturbações próximas às comunidades e estradas.

Um outro fator que deve ser levado em consideração é o potencial dano a biota como corrosão e contaminação de solos e água próximos ao local.

Efeitos Hidrológicos também podem ocorrer quando falamos de consumo e descarga de água, potencialmente podemos citar o esgotamento de fontes superficiais, subterrâneas e degradação da qualidade da água como o aumento da salinidade do solo e o aumento da temperatura próximo ao ponto de descarga, e possíveis infiltrações o que gera danos para as comunidades aquáticas devido às turbulências e forças.

Os efeitos locais também podem ocorrer como impacto visual, níveis de ruídos.

Antes de implantar uma Torre de Resfriamento devemos considerar alguns fatores relacionados ao local, como por exemplo, a regiões onde se instalará a Torre seja ela industrial, residencial, florestal, assim como as características do terreno como a permeabilidade do solo, relevo e outros.

## 5 BALANÇO DE MASSA

Um dos princípios fundamentais em qualquer ramo da engenharia é o balanço de massas ou balanço material;

O balanço de massa ou balanço material baseia-se no princípio de conservação de massa.

Realizam-se os balanços de massa em qualquer sistema que será quimicamente condicionado. Aplicam-se estes cálculos, buscando iniciar um condicionamento com as dosagens de produtos, aplicações de purgas ou reposições de água, em uma condição o mais próxima possível da realidade do sistema.

Considerando-se que para um sistema em operação, haverá pequenas diferenças para os valores calculados, em razão das variações as quais o sistema estará exposto, variações estas que se podem citar como: sol, chuva, umidade, poeira, e até mesmo contaminações oriundas do processo ao qual o equipamento é aplicado.

### 5.1 FLUXOGRAMA

Para compreender melhor os balanços de massas, apresentamos como base para exemplo, o fluxograma anexo de um suposto sistema de resfriamento.

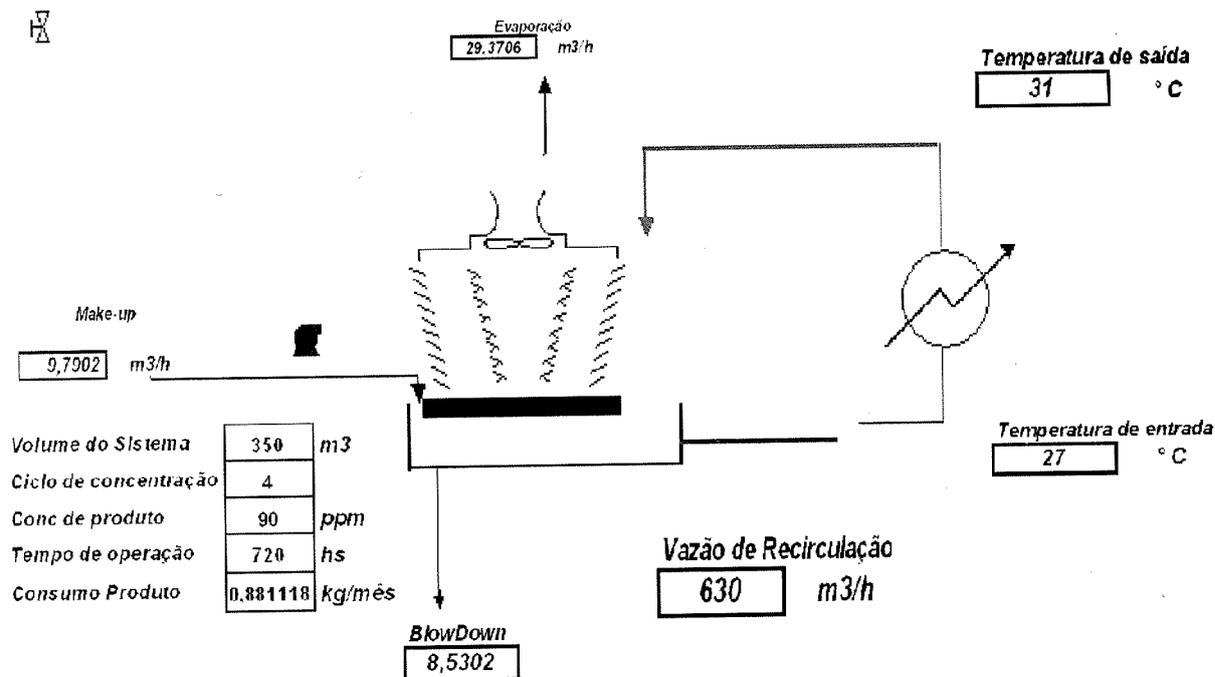


Figura 4 – Fluxograma

Fonte – Nalco do Brasil

O processo de resfriamento de água para um sistema de ar condicionado neste exemplo, possui um volume estático total de 350m<sup>3</sup>, que trabalhará com um ciclo de concentração de 4 ciclos, possui uma temperatura de entrada de 27 °C e temperatura de saída de 31 °C e operará por 24 horas num período de 30 dias, em um total de 720 h/mês. Através dos balanços de massas é possível calcular o volume de água do make-up, a evaporação deste sistema, o volume de água a ser descartado através do blowdown para manter-se a concentração do sistema, será possível calcular também o quanto se perde de água através dos respingos, ainda falando de perdas de água, podemos calcular também as perdas líquidas.

Mudando o foco dos cálculos, temos a possibilidade de calcular ainda o quanto de produtos deverão ser aplicados para manter-se uma determinada concentração do mesmo e também o tempo de retenção deste produto.

## 5.2 PERDAS NO PROCESSO

### Perdas Líquidas (PL):

Uma parte da água é evaporada e outra pequena parte é arrastada pelo vapor e pelo fluxo de ar (respingo). Para compensar esta água perdida, há uma contínua reposição de água de alimentação.

As perdas líquidas são calculadas através da equação abaixo:

$$PL = R + P$$

As perdas por respingo são da ordem de 0,2 a 0,3% sobre a vazão de recirculação. Por regra geral, atribui-se o valor de 0,2% como padrão.

### Perdas por respingo (R):

$$R = 0,2\% (V_r)$$

$$630 \text{ ---- } 100\%$$

$$X \text{ ----- } 0,2\%$$

$$X = 1,26 \text{ m}^3/\text{h}$$

Conforme observado, no cálculo acima, para o sistema suposto que possui uma  $V_r$  de  $630 \text{ m}^3/\text{h}$ , estima-se uma perda de água através do respingo de  $1,26 \text{ m}^3/\text{h}$ .

### Perdas por Evaporação (E):

As perdas por evaporação são calculadas da seguinte forma:

Inicialmente estima-se a porcentagem de água evaporada através da fórmula abaixo:

Haja vista que  $0,185 = \text{constante}$

Porcentagem de evaporação

$$\%E = \frac{0,185 \times \Delta t \times V_r}{100}$$

$$100$$

$$= \frac{0,185 \times 4 \times 630}{100} = 4,662\%$$

Após estimar tal parâmetro, o próximo passo é calcular o valor da evaporação propriamente dita em m<sup>3</sup>/h.

Evaporação com correção:

$$E = \frac{\%E \times V_r}{100}$$

$$= \frac{4,662 \times 630}{100} = 29,3706 \text{ m}^3/\text{h}$$

#### **Blow Down (Purgas) (P):**

Há um contínuo aumento das concentrações de sais dissolvidos da água de alimentação, limitado pelas perdas de água por respingos.

Em decorrência da presença de sais dissolvidos, corrosivos e incrustantes na água do sistema, há um valor limite preestabelecido para estes sais por intermédio de purgas programado, que poderão ser contínuas ou intermitentes.

Quando o sistema entra em equilíbrio nas concentrações salinas desejadas, utilizando-se purgas e respingos, as quantidades de sólidos dissolvidos que entram pela água de alimentação são iguais às removidas pelos respingos e purgas, onde podem ser calculadas pela seguinte equação:

$$P = \frac{E}{C/C - 1} - R$$

$$P = \frac{29,3706}{4 - 1} - 1,26 = 8,5302 \text{ m}^3/\text{h}$$

### Ciclo de Concentração (C/C):

É a relação entre a concentração dos sólidos dissolvidos da reposição e a concentração de sólidos da água recirculante do sistema, ou seja, é a quantidade de vezes que a água de alimentação se concentrou no sistema. Quando necessitamos limitar o ciclo de concentração, fazemos isso através das purgas contínuas ou alternadas.

### Make-up (Reposição ou Alimentação) (A):

Buscando manter o volume de água no sistema, considerando todas as perdas mencionadas anteriormente, há uma necessidade de repor um determinado volume de água. Este volume a ser repostado por hora pode ser obtido quando se conhece o volume da Perda Líquida.

Considerando que a perda líquida é a quantidade de água perdida no sistema por hora, logo se conclui que o volume de água há ser repostado é igual ao volume de perda líquida do sistema.

$$\text{Make-up} = \text{Perda Líquida}$$

### Dosagem de Produto (Dp):

Uma das partes principais em um condicionamento químico é a dosagem de produtos que serão aplicadas, estas dosagens podem ser calculadas em valores teóricos através da equação:

$$D_p \text{ (kg/h)} = \frac{\text{ppm de produto} \times PL}{1000}$$

$$D_p = \frac{90 \times 9,7902}{1000} = 0,881118 \text{ kg/h}$$

### Tempo de Retenção (Tr):

Tempo de retenção de um sistema de refrigeração, exprime o tempo que determinados produtos permanecem na água deste sistema, muitas vezes provocando sua degradação, ou aumento das concentrações salinas, ou sólidos suspensos que interferem no tratamento.

Este tempo é calculado através da fórmula:

$$\text{Tr} = \frac{V}{\text{PL}}$$

$$\text{Tr} = \frac{350}{9,7002} = 35,750035$$

## 6 CONCLUSÃO

A preocupação com a escassez e com a descarga de água a altas temperaturas, fez com que fossem desenvolvidos equipamentos, as chamadas torres de resfriamento, para economizar e reutilizar águas, em centrais termelétricas e processos industriais em geral.

Nas torres de resfriamento acontece a troca térmica entre a água e o ar, sendo o calor dissipado para o ar ambiente. O ar flui diretamente através da água, por evaporação e convecção, ocorrendo assim, o resfriamento da água que sai dos condensadores nas centrais térmicas e outros processos industriais. O propósito do sistema de resfriamento é diminuir a temperatura da água antes da mesma retornar ao circuito original. A eficiência do processo depende da redução da temperatura da água de circulação. A regulação das plumas (produzido pelo ar saturado) e as condições e temperatura de descarga da água em reservas originais como lagos, rios, e outros, atualmente estão regulamentadas de acordo com leis ambientais.

Em casos de sérias limitações com a disponibilidade de água, previne-se o uso da mesma, e são utilizados condensadores resfriados a ar.

Uma das vantagens na instalação de um sistema de resfriamento é o aumento da vida útil do equipamento, o que aumenta a produção e diminui a manutenção do mesmo.

O outro fator positivo quando falamos de Meio Ambiente é a diminuição do consumo elétrico, onde essa água que passou pelo processo de resfriamento aumentou sua temperatura e pode ser aproveitada em outros processos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBIENTEBRASIL. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

DANTAS, Evandro. **Geração de vapor e água de resfriamento.**

DANTAS, Evandro. **Tratamento de água de refrigeração e caldeiras.** 2.ed. Rio de Janeiro:1988.

ECODEBATE. Disponível em: <<http://ecodebate.com.br>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

MACINTYRE , Archibald Joseph . **Instalações hidráulicas e industriais.** 3. ed. São Paulo: LTC, 2002.

MEIOFILTRANTE. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br>>. Acesso em: 22 mar.2010

NALCO. Disponível em: <<http://www.nalco.com>>. Acesso em: 19 mar. 2010

USP. Disponível em: <<http://www.usp.com.br>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

WWFBRASIL. Disponível em: <http://wwfbrasil.com.br>>. Acesso em: 25 mar. 2010