



## AUTOMAÇÃO PARA A MELHORIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E REDUÇÃO NO CONSUMO DE ÁGUA DAS TORRES DE RESFRIAMENTO

Marcos S. Silva<sup>1</sup>

Oberdan Pinheiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIMATEC/, E-mail: [marcossans@hotmail.com](mailto:marcossans@hotmail.com)

<sup>2</sup> CIMATEC/, E-mail: [oberdan.pinheiro@fieb.org.br](mailto:oberdan.pinheiro@fieb.org.br)

## AUTOMATION FOR IMPROVEMENT IN ENERGETIC EFFICIENCY AND REDUCTION IN WATER CONSUMPTION OF COOLING TOWERS

**Resumo:** O artigo consiste na melhoria da eficiência energética e a redução do consumo de água de um conjunto de torres de resfriamento localizadas na área das utilidades do complexo industrial Ford Motor Company – Camaçari, com a implantação de um sistema de automação que modulará a velocidade da rotação dos motores das bombas de circulação e dos ventiladores, de acordo com a necessidade do sistema naquele momento. Este conjunto de torres são responsáveis pelo resfriamento do sistema de ar comprimido de tal planta (compressores e secadores de ar comprimido).

**Palavras-chave:** Sistema de resfriamento; automação; eficiência energética.

**Abstract:** *This article consists on the improvement of energy efficiency and the reduction of the water consumption of a set of cooling towers located in the area of the utilities of the Ford Motor Company - Camaçari industrial complex with the implementation of an automation system that will modulate the rotation speed of the pumps engines Circulators and fans according to the need of the system at that time. This set of towers are responsible for cooling the compressed air system of such plant (compressed air compressors and dryers).*

**Keywords:** *Cooling system; automation; Energy efficiency.*



## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as indústrias vivenciam elevados custos de energia devido à crise enfrentada pelo país, e também pela dificuldade de captação de água, rígidas leis ambientais, elevado custo por metro cúbico, escassez e políticas de redução de custos. A cada dia tem-se a necessidade de eficiência e melhoria dos equipamentos para se obter ganhos em produtividade. Neste contexto, analisando a característica de operação das Torres de Resfriamento do sistema de ar comprimido instaladas na planta da Motor Company Nordeste – Ba, foi desenvolvido o projeto em questão.

As torres de resfriamento são equipamentos que utiliza processos de evaporação e transferência de calor para resfriar a água proveniente da maioria dos processos industriais. A água aquecida é originada principalmente do maquinário industrial que geram certa quantidade de calor durante suas operações. Basicamente, o conceito de operação de uma torre funciona com a entrada de água, que se dá na parte superior da torre, através do bocal de entrada, e em sequência é distribuída ao enchimento de contato por intermédio dos bicos ou bocais de distribuição. Simultaneamente, o ventilador, instalado na parte superior ou na lateral da torre, aspira ou insufla o ar para o interior, o qual passa pelo enchimento onde há o contato com a água ocorrendo a transferência de calor. O ar quente sai na parte superior da torre e a água fria é disponibilizada pelo bocal de saída instalada na bacia de água fria. O foco deste artigo é abordar as torres de resfriamento utilizadas em um sistema de arrefecimento dos compressores e secadores de ar comprimido.

O processo de resfriamento envolve a transferência de calor latente decorrente à vaporização de uma parte da água e, também, a transferência de calor sensível devido à diferença de temperatura entre a água e o ar. Segundo Cheremisinoff (1981) aproximadamente 80% do resfriamento é consequente à transferência de calor latente e 20% refere-se ao calor sensível.



## 2. METODOLOGIA

O projeto foi desenvolvido no parque de torres de resfriamento no complexo industrial da Ford Motor Company em Camaçari – BA. Este parque de torre fica localizado na área das utilidades no complexo. Dentro desta área existem torres de resfriamento para o sistema de conforto térmico, água de processo (água utilizada para o resfriamento dos robôs e prensas da área produtiva) e de ar comprimido (compressores e secadores de ar comprimido).

Nesta estrutura foi realizada o projeto de automação das torres de resfriamento para a redução no consumo de energia e de água. Foi escolhido o sistema de ar comprimido (compressores e secadores de ar comprimido) devido a sua importância e grande consumo de energia e água para o complexo.

O sistema é constituído por 5 torres de resfriamento, sendo que 3 atuam exclusivamente para o sistema de compressores de ar comprimido, 1 para o sistema de secadores de ar comprimido e 1 fica em stand by como backup, podendo ser utilizada em qualquer dos dois sistemas, basta efetuar a modulação das válvulas do sistema e posicionar para onde a água resfriada será direcionada.

São 4 torres com a seguinte especificação

- Modelo ..... **TRAF-1500**
- Quantidade ..... **04 (quatro)**
- Vazão ..... 453,6 m<sup>3</sup>/h
- Capacidade standard ..... 1.125.000 kcal/h
- TBU / capacidade no regime ..... +26°C
- Temperatura de entrada ..... 32°C
- Temperatura de retorno ..... 42°C
- Dimensões gerais ..... 2.260 x 6.520 x 2.715 mm
- Ventiladores..... 5 (cinco) com motores de 3 CV
- Bomba de Circulação..... 1 (uma) com motor de 60 CV

E uma torre com a seguinte especificação:

- Modelo ..... TRAF-1500
- Quantidade ..... 01 (um)
- Vazão ..... 150 m<sup>3</sup>/h
- Capacidade standard ..... 1.125.000 kcal/h
- TBU / capacidade no regime ..... +26°C
- Temperatura de entrada ..... 30°C
- Temperatura de retorno ..... 35,5°C
- Ventiladores..... 5 (cinco) com motores de 3 CV
- Bomba de Circulação..... 1 (uma) com motor de 60 CV

O primeiro passo deste projeto foi a realização da medição dos consumos de água e energia no sistema, para isto, foi utilizado um analisador de energia,



FLUKE 435 II (figura 01) na rede do sistema e um hidrômetro analógico Multijato 2 polegadas da marca Salfatis, na linha de alimentação de água das torres.



**Figura 01** – Analisador de energia FLUKE 435 II



**Figura 02** – Hidrômetro Multijato, duas polegadas, Salfatis

Tal medição foi executada em novembro de 2015 e teve a duração de 45 dias.

### 3. DESENVOLVIMENTO

Com base na coleta dos dados das medições da corrente e do consumo, foi alimentado um controle por meio de uma planilha, para o cálculo do consumo diário. Abaixo os gráficos:

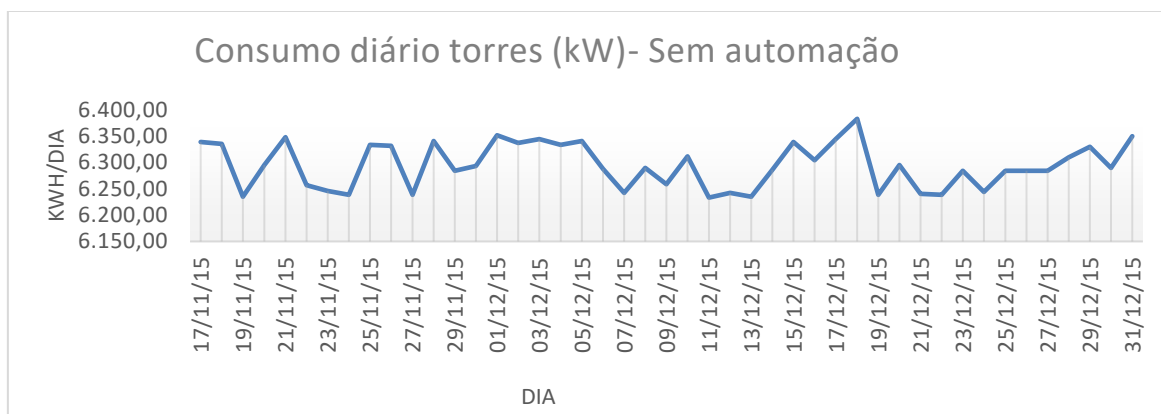


Gráfico 01 – Consumo de energia diária das torres

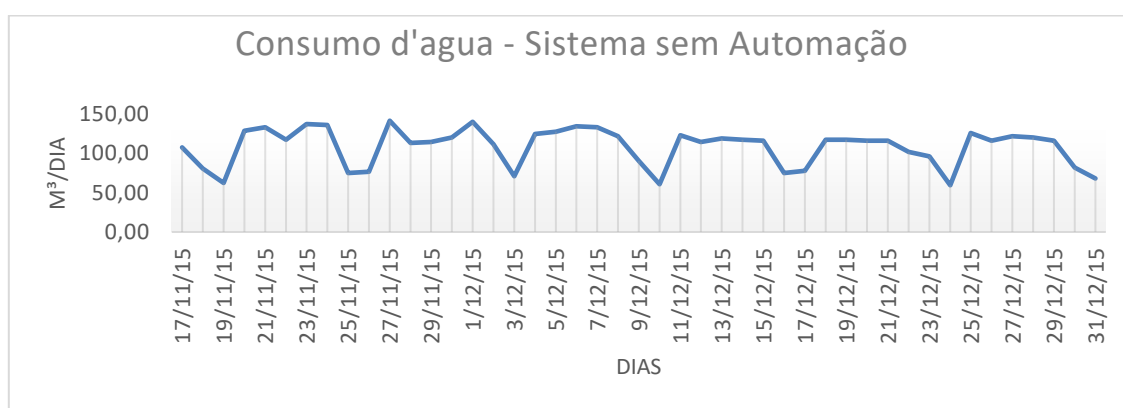


Gráfico 02 – Consumo de água diária das torres

Nesta planilha conseguimos a média de consumo de energia de 6.294,78 kWh/dia e de água de 105,68 m<sup>3</sup>.

Logo após a identificação dos consumos atuantes no sistema foi a vez de identificar qual o tipo de automação seria utilizado e quais os parâmetros que seriam considerados para tal automação. Após um período de pesquisa em algumas literaturas e nos standards globais, foi determinado que a automação da torre iria seguir com a base os parâmetros de temperatura da água de resfriamento e na vazão do sistema. Desta forma, o sistema iria modular a rotação dos ventiladores e da bomba de circulação de acordo com a necessidade atual do sistema.

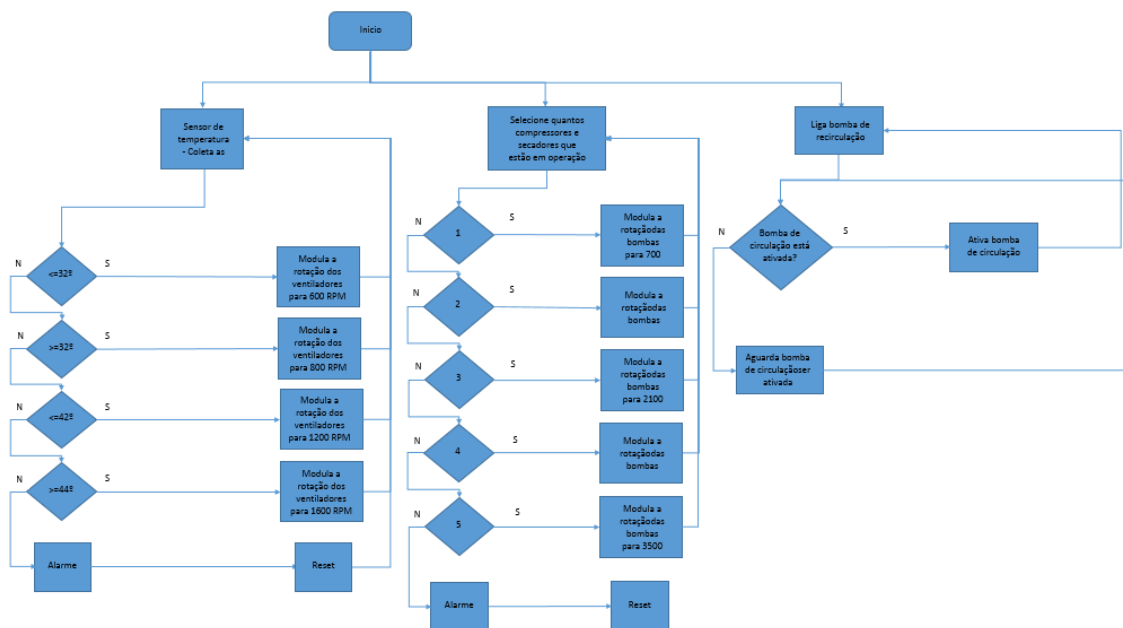
Quanto ao método de variação de velocidade de ventiladores, Wang (2010) afirma que é o mais recomendável para controle de temperatura em torre de resfriamento. A partir de um drive de variação de frequência, permite-se modular a velocidade do ventilador a partir de um valor pré-ajustado de temperatura, preservando a temperatura adequada da água ao processo.

Stanford (2003), complementa informando que este método está sendo aplicado com sucesso em torres de resfriamento. Para um correto funcionamento, é recomendável que o drive de variação de frequência possa realizar ação de controle proporcional integral (PI). O controle proporcional (P) irá permitir uma variação de velocidade do ventilador proporcional ao setpoint de



temperatura da água. Assim, um incremento de 10% sobre o setpoint de temperatura da água irá resultar em 10% de incremento na velocidade do ventilador. Já a ação de controle integral (I) irá corrigir o erro residual (offset) que é o desvio do setpoint comum deixado pelo controle proporcional.

Para isto, foi desenvolvido o seguinte fluxograma:

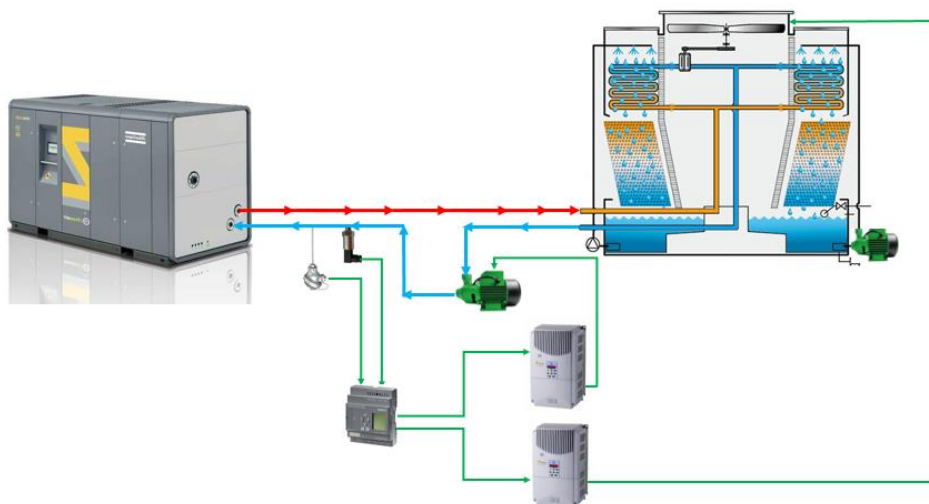


**Fluxograma 01:** Funcionamento da automação

Com base no fluxograma de automação criado, foi determinado que cada torre de resfriamento deveria possuir um inversor para a bomba de circulação (Schneider Electric - ATV630D45N4), e um inversor para os ventiladores da torre (Schneider Electric - ATV312HD11N4). Ambos controlados por um computador logico programável (CLP – Allen Bradley CompactLogix 1769). Tal CLP processará as informações colhidas pelos sensores instalados no sistema, transdutor de pressão e medidor de temperatura. Desta forma a bomba de circulação dos sistemas será modulada de acordo com a quantidade de equipamentos que estejam realmente em funcionamento no momento, ou seja, se apenas um compressor estiver ligado no sistema, o operador informa ao sistema através do painel IHM (Interface Homem Máquina – Allen Bradley Panel View Plus 2711-P-RP8D) e o mesmo envia o sinal para o CLP, que por sua vez compara a informação de quantitativo de máquinas em operação com o dado de pressão colhido através do transdutor de pressão, efetuando o processamento e envio do sinal para o Inversor de frequência, o qual efetua a modulação da velocidade da bomba que fornece apenas a vazão exigida pelo sistema naquele momento. No momento em que mais compressores entrarem em operação, o sistema irá aumentar a rotação dos motores das bombas de circulação, para que estas possam enviar uma vazão maior. Da mesma forma funcionará os ventiladores, quando o sistema identificar que o sistema está necessitando de resfriamento rápido, o CLP envia um sinal para o inversor de frequência dos



ventiladores e este por sua vez, aumenta a rotação do mesmo viabilizando assim a troca térmica, e quando o sistema identificar que o sistema não necessita de um grande resfriamento da água, o CLP envia um sinal para o inversor de frequência dos ventiladores e este por sua vez reduz a rotação dos ventilares.



**Figura 03** - Esquema de funcionamento do sistema com automação

Segundo a fabricante dos motores WEG, pela característica de carga de um motor elétrico, mesmo que ocorram reduções pequenas na rotação dos motores, a economia obtida é muito grande. De acordo com as chamadas “Leis de Afinidade” uma redução de 10% na rotação do motor já irá produzir uma economia de 27% na potência consumida. Associado a esse ganho, a economia obtida com o uso de motores com rendimento elevado, os valores de economia verificados em campo são muito maiores. Tipicamente para esse tipo de equipamento as economias médias são superiores a 50%

A Weg, ainda cita que essa característica dos ventiladores: de possibilitar uma economia proporcional ao cubo da rotação, torna essa solução muito mais eficiente que o sistema liga/desliga, além de garantir uma uniformidade da temperatura.

Outro ponto interessante é que a WEG informa é que como o sistema possui 5 torres com 5 ventiladores cada uma, a modulação da velocidade de todos os ventiladores ao mesmo tempo também é mais eficiente do que o controle em apenas um ou dois ventiladores.

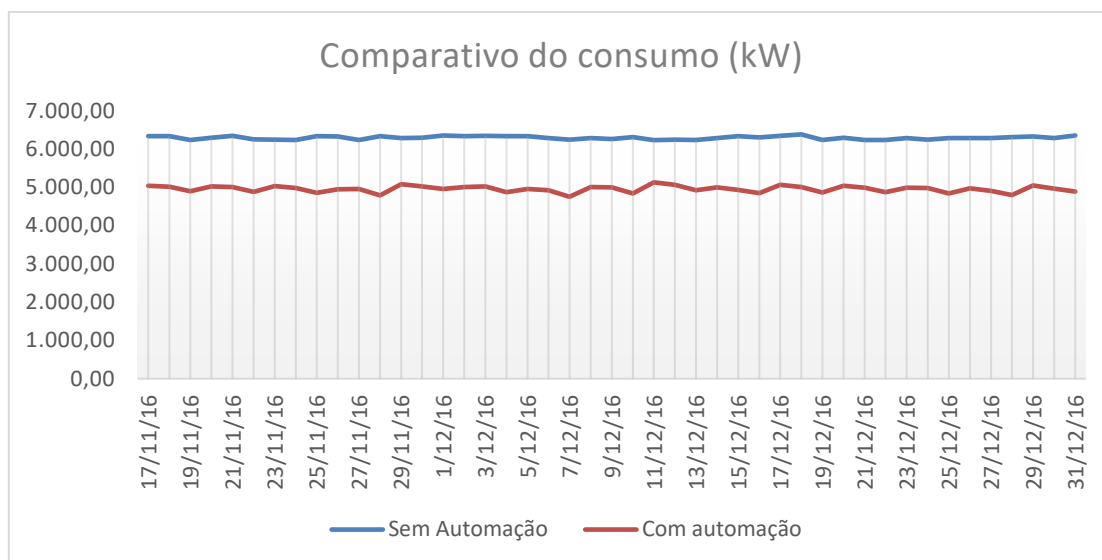
#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização da instalação da automação no sistema de torres de resfriamento do compressores e secadores de ar comprimido, foi efetuado os testes, onde contamos com os dados colhidos pelo analisador de energia e o hidrômetro.

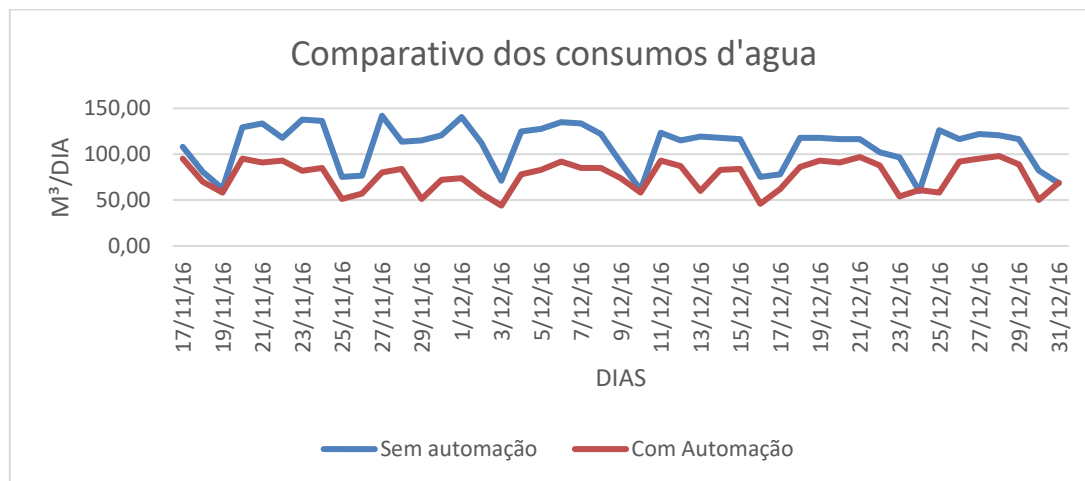




Para a execução da comparação dos dados, foram necessários colher os dados de 45 dias. Com os dados foram considerados apenas dias que apresentaram condições climáticas similares aos dias da primeira medição. Devido a isto a segunda medição foi efetuada no mesmo período da primeira. Após as análises dos dados chegamos ao seguinte resultado:



**Gráfico 03** – Comparativo do consumo de energia nos dois sistemas (sem e com automação)



**Gráfico 04** – Comparativo do consumo de água nos dois sistemas (sem e com automação)

Estes dados demonstram uma redução no consumo de energia de 21% e no de água de 29,9%.





#### 4. CONCLUSÃO

O projeto deste artigo demonstrou que após a implementação da automação no sistema das torres de resfriamento, resultou na melhoria da eficiência energética do sistema em 21% e melhoria no consumo d'água de 29,9%.

Após verificação, foi encontrada uma possibilidade de melhorar mais ainda a eficiência do sistema, para isto será necessário interligar a automação das torres no sistema de controle de acionamento dos compressores e secadores, ES 360 da Atlas Copco. Este sistema é o responsável pelo acionamento automático dos compressores e secadores. Logo, ao interligar a automação das torres de resfriamento neste sistema, o número de torres operantes irá variar de acordo com a necessidade e quantitativo de equipamentos que estejam em operação naquele momento.

#### 5. REFERÊNCIAS

CHEREMISINOFF, N. P., CHEREMISINOFF, P. N. **Cooling Towers: Selection, design and practice**. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI, 1981.

COFFIN, Michael J., **Direct Digital Control for Building HVAC Systems**. Second edition, Kluwer Academic Publishers ,1998.

CORTINOVIS, G.F.; SONG, T.W. Funcionamento de uma torre de resfriamento de água. **Revista de graduação da engenharia química**, São Paulo, ano VI, n.14, jul-dez.2005. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq14/giorgia.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2011.

FRANCHI, Claiton M.; **Acionamentos elétricos**. Ed. Érica, 4ª edição, São Paulo, 2008.

WEG – Eletromotores Ltda. – Eficiência Energetica. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.weg.net/eficienciaenergetica/sistemas-industriais/torres-de-resfriamento/>>. Acesso em 10 nov. 2016.

STANFORD III, Herbert W., **HVAC water chiller and cooling Towers – Fundamentals, Application and Operation**. Marcel Dekker, New York , 2003.

RAMOS, Denis F.; SANTOS, Paulo A.; GRANDINETTI, Francisco J.; MARCELINO, Marcio A. **Modulação PWM nos Inversores de Freqüência**. Revista Mecatrônica Atual. Ano 9. Nº 50, 2011.

WANG, Shengwei, **Intelligent buildings and building automation**. Spon Press, New York , 2010.



Para esclarecimentos adicionais, contatar:

Marcos Santos da Silva

Ford Motor Company

Salvador - BA - 42810-900

*Tel.:* (71) 99284-5656