

# READEQUAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE ÁGUA DAS FÁBRICAS DE OXIGÊNIO - COSIPA<sup>1</sup>

Jeiffer Fonseca Cardoso<sup>2</sup>  
Marcio de Matos Santoro<sup>3</sup>  
Ricardo Guerreiro<sup>4</sup>

## RESUMO

Este trabalho visa mostrar como a Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA implantou um criativo processo de readequação do sistema de refrigeração de água das Fábricas de Oxigênio n° 3, 4 e 5, com garantia de um menor custo operacional.

O esforço das equipes técnicas da siderúrgica, viabilizou esse benefício ao longo da reforma das Fábricas de Oxigênio, em atendimento à elevação da produção da Usina José Bonifácio de Andrada e Silva para 4,5 milhões de toneladas de aço líquido ao ano.

O sistema anterior era formado por duas torres de resfriamento de água, denominadas Torres 1 e 2, fornecendo água de refrigeração para as FOXs 3, 4 e 5. As alternativas adotadas para a redução dos custos de energia elétrica e manutenção, consistiram na desativação da Torre 1, modificações na Torre 2, além da implantação de uma nova torre tipo "Alpina".

**Palavras-Chave:** readequação, torre de resfriamento, FOXs

---

<sup>1</sup> Trabalho a ser apresentado ao XIX Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais - ABM, 24 a 26 de agosto de 2004, Florianópolis SC.

<sup>2</sup> Analista de Manutenção do Sistema de Oxigênio e Distribuição de Utilidades, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

<sup>3</sup> Engenheiro de Projetos, USIMINAS, Belo Horizonte BH

<sup>4</sup> Supervisor de Produção das Fábricas de Oxigênio, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.

## 1. Introdução

Dentre vários sistemas de refrigeração de equipamentos, em especial compressores, os sistemas podem ser: abertos, semi-abertos ou fechados. A COSIPA utiliza em suas áreas produtivas, inclusive dentro das fábricas de oxigênio, Torres de Resfriamento, que são sistemas semi-abertos. Durante a evolução do parque siderúrgico e do parque criogênico, a COSIPA utilizou para o resfriamento de suas primeiras unidades de fracionamento do ar um sistema de refrigeração aberto, resfriando equipamentos das unidades 1, 2 e 3. Com a implantação da unidade 4, a Torre de Resfriamento 1 foi construída, passando a alimentar as unidades 3 e 4, e com a montagem da unidade 5, foi montado a Torre de Resfriamento 2. Atualmente as unidades 4 e 5 estão em operação, ficando a unidade 3 em stand-by.

Produção Nm <sup>3</sup> / h	FOX-3		FOX-4		FOX-5	
	projeto	real	projeto	real	projeto	real
O <sub>2</sub>	8.000	8.000	24.000	22.000	24.000	22.000
N <sub>2</sub>	1.700	2.000	8.000	16.000	15.000	15.000
Argônio	115	100	zero	zero	100	120
Purezas O <sub>2</sub>	99,6%	99,5 %	99,6%	99,5 %	=	99,5 %
N <sub>2</sub>	99,9995%	99,9995%	99,9995%	99,9995 %	=	99,9995%
Argônio	95%	95 %	-		=	99,999 ppm
consumo específico Kwh / Nm <sup>3</sup> de O <sub>2</sub>		0,850		0,670		0,640
Fabricante		Air Liquide		Américan Air Liquid		Hitachi
Start-up		1972		1976		1988

Informações das Fábricas de Oxigênio da COSIPA

## 2. Modificações no Sistema

Para as produções dos produtos das Fábricas de Oxigênio (Oxigênio, Nitrogênio, Argônio e Ar de Processo), a COSIPA dispunha de duas Torres de Resfriamento, sendo a Torre de Resfriamento 1 com “BOMBAS DE ÁGUA FRIA”, que bombeavam água até os equipamentos fazendo a refrigeração dos mesmos. Após a refrigeração a água era despejada em uma galeria, e retornava para a bacia de água quente da Torre de Resfriamento 1 por ação da diferença de cotas. No poço quente, a água era bombeada para o alto da Torre para ser resfriada pelo ar puxado pelos ventiladores, caindo assim no poço de água fria, onde as “BOMBAS DE ÁGUA FRIA” iniciavam o processo novamente. A Torre de Resfriamento 1 era responsável pelo abastecimento de água de refrigeração das Fábricas de Oxigênio 3 e 4.

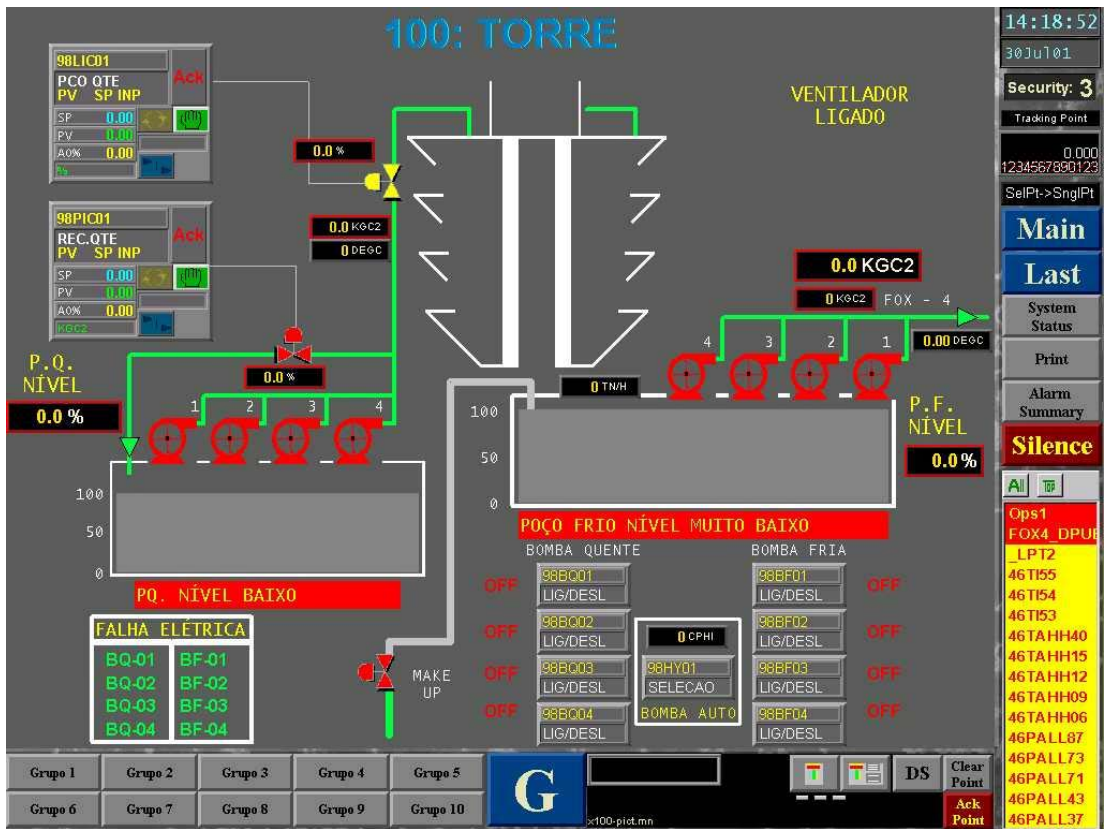
Para o abastecimento de água de refrigeração da unidade 5, é utilizado a Torre de Resfriamento 2, cujo processo não opera com o sistema de “BOMBAS QUENTES”. A água é captada na bacia onde é bombeada pelas “BOMBAS DE ÁGUA FRIA”, e levada até os equipamentos onde após a refrigeração das máquinas, a água retorna até o alto da Torre de Resfriamento 2 para ser resfriada pelos ventiladores e cai na bacia de água fria para ser bombeada para os equipamentos reiniciando o processo.

Com a oportunidade de reforma das Fábricas de Oxigênio, a COSIPA se deparou com a necessidade de utilizar apenas da Torre de Resfriamento 2, pois problemas de consumo de energia elétrica, água de reposição e atividades de manutenção na Torre de Resfriamento 1 eram maiores em comparação com a Torre de Resfriamento 2.

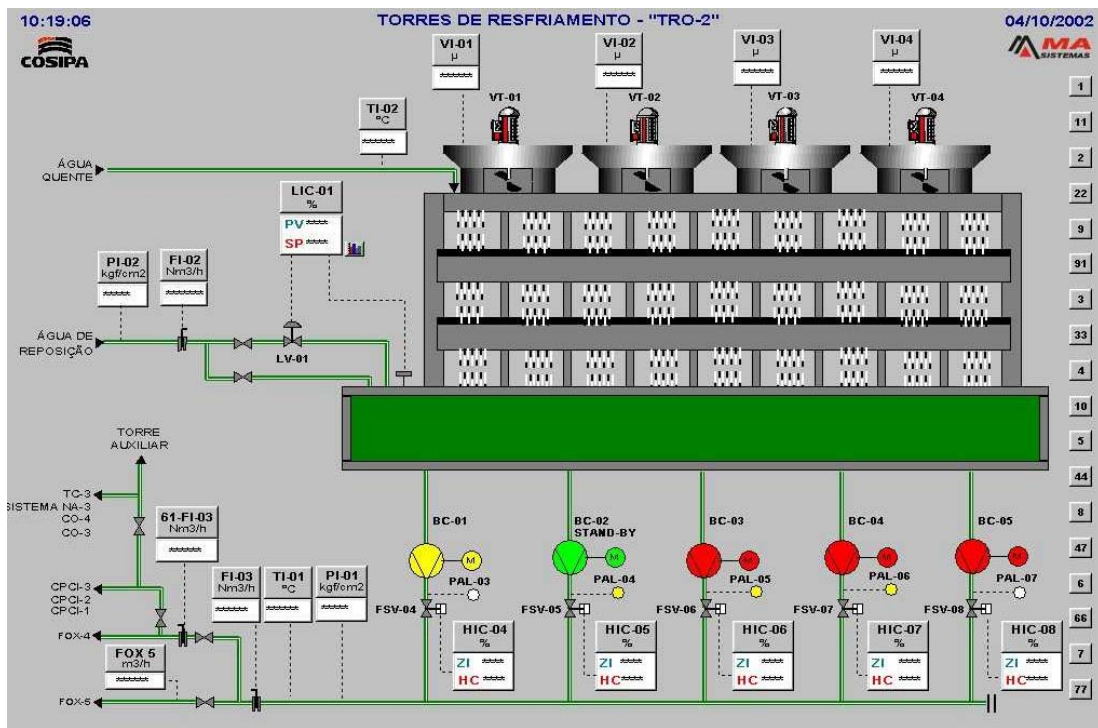
O primeiro estudo realizado foi o cálculo da quantidade de calor a ser retirado dos compressores em relação com a capacidade térmica da Torre de Resfriamento 2, constatando que ela poderia atender a necessidade de água de refrigeração das unidades 4 e 5 operando com 3 ventiladores, ficando um em stand-by. Para atender a unidade 3, foi construída uma nova Torre de Resfriamento de menor capacidade denominada “Alpina”. Vale salientar que apesar da construção de uma nova Torre de Resfriamento, o investimento foi menor do que o necessário para a reforma da Torre de Resfriamento 1.

O segundo estudo foi verificar se as bombas da Torre de Resfriamento 2 seriam capazes de bombear a água fria até a Fábrica de Oxigênio 4 e retornar ao alto da Torre de Resfriamento 2. Para isso foi calculado a nova curva da instalação que relacionadas com as curvas das bombas de água fria em paralelo, demonstrou que 2,5 bombas trabalhando atenderiam a necessidade de água de refrigeração das unidades 4 e 5. Como os estudos apontavam resultados satisfatórios, foram iniciadas as fases de detalhamento do projeto.

Tabela com valores nominais	Sistema Anterior		Sistema Atual	
	Torre 1	Torre 2	Torre 1	Torre 2
<b>Bombas em Operação</b>	2 Bombas Quentes 2 Bombas Frias	1 Bomba Fria	-	2 Bombas Frias
<b>Potência por Bomba</b>	184 KW	250 KW	-	250 KW
<b>Potência Total</b>	736 KW	250 KW	-	500 KW
<b>Vazão de Água Recirc.</b>	2 Dam <sup>3</sup> /hora	1,5 Dam <sup>3</sup> /hora	-	3,5 Dam <sup>3</sup> /hora



Fluxo do Processo da Torre de Resfriamento 1



Fluxo do Processo da Torre de Resfriamento 2

### 3. Instrumentação e Automação

Com o processo de reforma das Fábricas de Oxigênio em andamento, foi incluída a instrumentação necessária para o controle e análise do sistema de refrigeração, como medidores de vazão de água tanto recirculada como água de reposição. Para o controle do processo, a Torre de Resfriamento 2 foi projetada para operar pela sala de controle da unidade 5, assim como também o ligamento das bombas e abertura e fechamento das válvulas.

### 4. Evolução do Processo

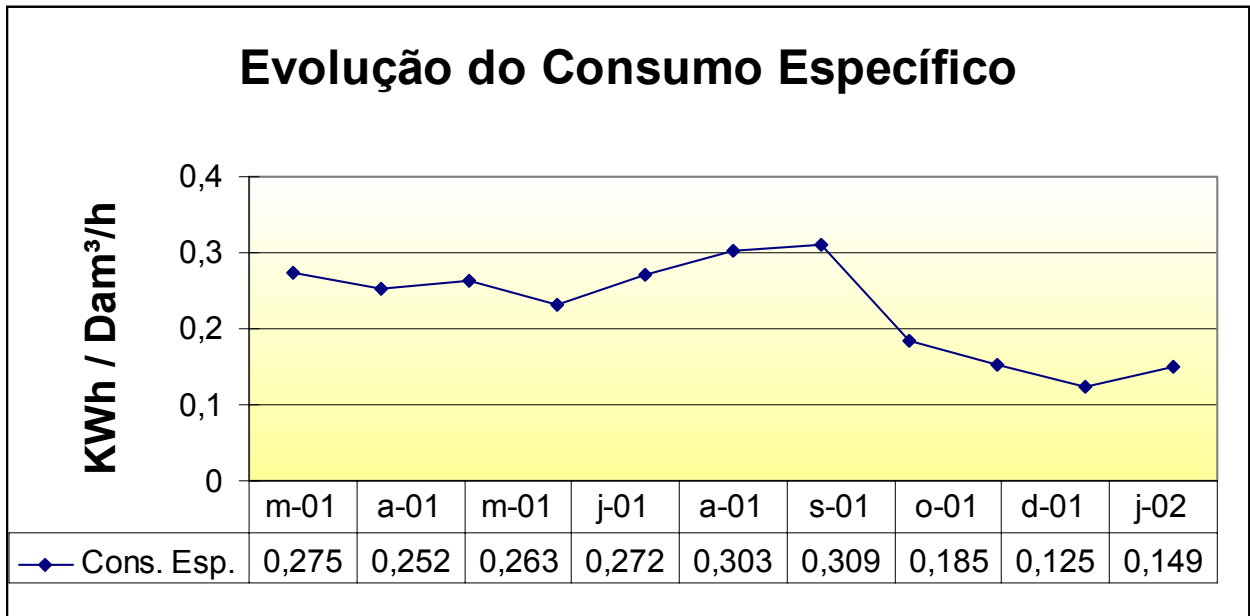
Em Fábricas de Oxigênio o sistema de refrigeração tem papel fundamental, pois tem a função de refrigerar todos os equipamentos como por exemplo grandes compressores de ar (os dois motores de maior potência da COSIPA) e compressores de oxigênio. Para uma compressão econômica, é necessário compressores resfriados entre os estágios objetivando uma compressão isotérmica. Além da compressão econômica se faz necessário a alta qualidade no tratamento químico da água de refrigeração, visando o bom funcionamento dos trocadores de calor dos compressores.

### 5. Balanço Energético

Para o balanço energético, foi considerado a potência das bombas de água e a vazão da água de refrigeração necessária para o resfriamento dos equipamentos das unidades 4 e 5. O sistema de refrigeração anterior a reforma da Fábrica de Oxigênio operava com 2 bombas de água quente e 2 bombas de água fria na Torre de Resfriamento 1 juntamente com uma bomba de água fria na Torre de Resfriamento 2. Com a readequação do sistema de refrigeração o sistema passou a operar apenas com 2 bombas de água fria na Torre de Resfriamento 2.

Esse projeto propiciou o aproveitamento de energia residual. Na Torre de Resfriamento 1 toda a água de refrigeração era despejada em galerias e retornava para o poço quente, enquanto na Torre de resfriamento2 a energia na forma de pressão da água que sai dos trocadores de calor é totalmente aproveitada, reduzindo a necessidade de energia elétrica para a elevação da água quente até o alto da Torre de Resfriamento 2.

Com a readequação do sistema de refrigeração, ocorreu uma redução de 49% no consumo da energia elétrica necessária para o bombeamento de água de refrigeração para as unidades 4 e 5. Vale ressaltar que essa redução no consumo de energia foi obtida sem alteração do volume de água necessário aos compressores e sem redução de calor gerado pelos mesmos.



Evolução do Consumo Específico para o Sistema de Refrigeração de Água

A reforma das unidades 4 e 5 ocorreu de setembro a novembro de 2001 sendo primeiramente reformada a unidade 5.

#### 6. Ganhos Operacionais

Os ganhos operacionais com a redução dos custos de manutenção foram significativos, pois a Torre de Resfriamento 2 utiliza bombas horizontais, enquanto a Torre de Resfriamento 1, utilizava bombas de água verticais quentes e frias tendo maior necessidade de revisões das bombas e de equipamentos auxiliares, como válvulas de retenção, contadores, redutores e etc. Outra vantagem foi a redução de tarefas dos operadores disponibilizando mão de obra operacional para atividades afins.

#### 7. Melhorias no Ambiente de Trabalho

No processo anterior nas manobras operacionais eram necessários quatro operadores ficando um na sala de controle e três na abertura de válvulas de grande porte, atividade essa que durava até duas horas. Atualmente o mesmo processo é realizado por apenas um operador, disponibilizando assim a mão de obra já citada.

Outro benefício, foi a redução das atividades de manutenção diminuindo o risco a exposição dos mantenedores, o que vai de encontro a filosofia da COSIPA que tem preocupação constante que todos os processos reformados ou instalados proporcionem melhorias no ambiente de trabalho.

## 8. Conclusão

Após a readequação do sistema de refrigeração, com a Torre de Resfriamento 2 abastecendo as unidade 4 e 5, os custos operacionais foram reduzidos em 49%, diminuindo os custos do produto consumido internamente, reduzindo as atividades dos operadores com a automação dos equipamentos e proporcionando relevante segurança na utilização de bombas horizontais, que tem ciclo operacional maior e menor taxa de quebra em relação as bombas verticais.

# ADJUSTMENT OF THE SYSTEM OF COOLING OF WATER OF THE FACTORIES OF OXYGEN - COSIPA

Jeiffer Fonseca Cardoso<sup>2</sup>  
Márcio of Matos Santoro<sup>3</sup>  
Ricardo Guerreiro<sup>4</sup>

## ABASTRAC

This paper seeks to show how Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA implanted a creative process of adjustment water cooling system of the Oxygen plant n° 3, 4 and 5, with warranty of a smaller operational cost.

The technical effort teams of the steel industry, made it possible the benefit along the reform of the Oxygen plant, in attempt to the elevation of the production of Usina José Bonifácio de Andrada and Silva for 4,5 million tons of steel a year.

The previous system was formed by two water cooling towers, denominated Towers 1 and 2, supplying water of cooling for FOXs 3, 4 and 5. The alternative adopted for the reduction of the electric power costs and maintenance, resulted in the deactivation of the Tower 1, modifications in the Tower 2, besides the implantation of a new tower "Alpina" type.

**Word-key:** adjustment, cool tower, FOXs

<sup>1</sup> Trabalho a ser apresentado ao XIX Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais - ABM, 24 a 26 de agosto de 2004, Florianópolis SC.

<sup>2</sup> Analista de Manutenção do Sistema de Oxigênio e Distribuição de Utilidades, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

<sup>3</sup> Engenheiro de Projetos, USIMINAS, Belo Horizonte BH

<sup>4</sup> Supervisor de Produção das Fábricas de Oxigênio, Companhia Siderúrgica Paulista – COSIPA, Cubatão SP.