

# **AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE OXIGÊNIO E REDUÇÃO DAS PERDAS DE OXIGÊNIO ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE MAIS ACUMULADORES <sup>(01)</sup>**

José Leal Neto <sup>(02)</sup>  
Alexandre Rosado Barbosa <sup>(03)</sup>

## **RESUMO**

O sistema de distribuição de oxigênio de uma usina siderúrgica é projetado para minimizar as perdas de oxigênio e as vaporizações de oxigênio líquido decorrentes de consumos instantâneos menores ou maiores que a produção das fábricas de oxigênio, através da utilização de reservatórios acumuladores, as esferas. Estes reservatórios operam como pulmão da produção de oxigênio, acumulando o produto na situação de oferta maior que demanda e suprindo o sistema com o produto acumulado quando a demanda for maior que a oferta.

A utilização de um número maior de acumuladores no sistema de distribuição de oxigênio possibilita a diminuição da perda de gases em situações de diminuição de ritmo de aciaria e diminuição da vaporização de oxigênio líquido em picos de demanda ou aumento de ritmo.

A CST, após estudo técnico e análise de viabilidade econômica, instalou um novo acumulador de oxigênio gasoso, a terceira esfera.

O objetivo deste trabalho é avaliar a o resultado real obtido com a entrada deste novo equipamento e confrontar este resultado com o estudo técnico que originou o projeto.

Palavras-chave: oxigênio – acumuladores / oxigênio - esferas

---

(01) Contribuição Técnica para o XXV Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades – 25 a 27 de Agosto de 2004 - Florianópolis – SC - Brasil

(02) Engenheiro Mecânico - Especialista em Energia e Utilidades da Companhia Siderúrgica de Tubarão

(03) Engenheiro Mecânico - Especialista em Energia e Utilidades da Companhia Siderúrgica de Tubarão

## OBJETIVO

Avaliar o resultado da entrada em operação de um novo acumulador no sistema de distribuição de oxigênio gasoso e comparar os resultados reais com o estudo técnico que originou o projeto.

## INTRODUÇÃO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE OXIGÊNIO

O sistema de distribuição de oxigênio é projetado para minimizar as perdas de oxigênio e as vaporizações de oxigênio líquido decorrentes de consumos instantâneos menores ou maiores que a produção das fábricas de oxigênio, através da utilização de reservatórios acumuladores, também conhecidos como esferas de oxigênio. Estes reservatórios operam como pulmão da produção, acumulando o produto na situação de oferta maior que demanda e suprindo o sistema com o produto acumulado quando a demanda é maior que a oferta.

O sistema de distribuição de oxigênio é composto por 3 Plantas de Fracionamento de Ar próprias, uma Planta de Fracionamento dedicada ao Alto Forno 2, operada e de propriedade da BOC, empresa contratada pela CST para prestar este serviço, uma rede de distribuição dos produtos para os Sopradores de Altos-Fornos 1 e 2, em baixa pressão, três compressores, dois acumuladores e uma rede de distribuição para a Aciaria em alta pressão.

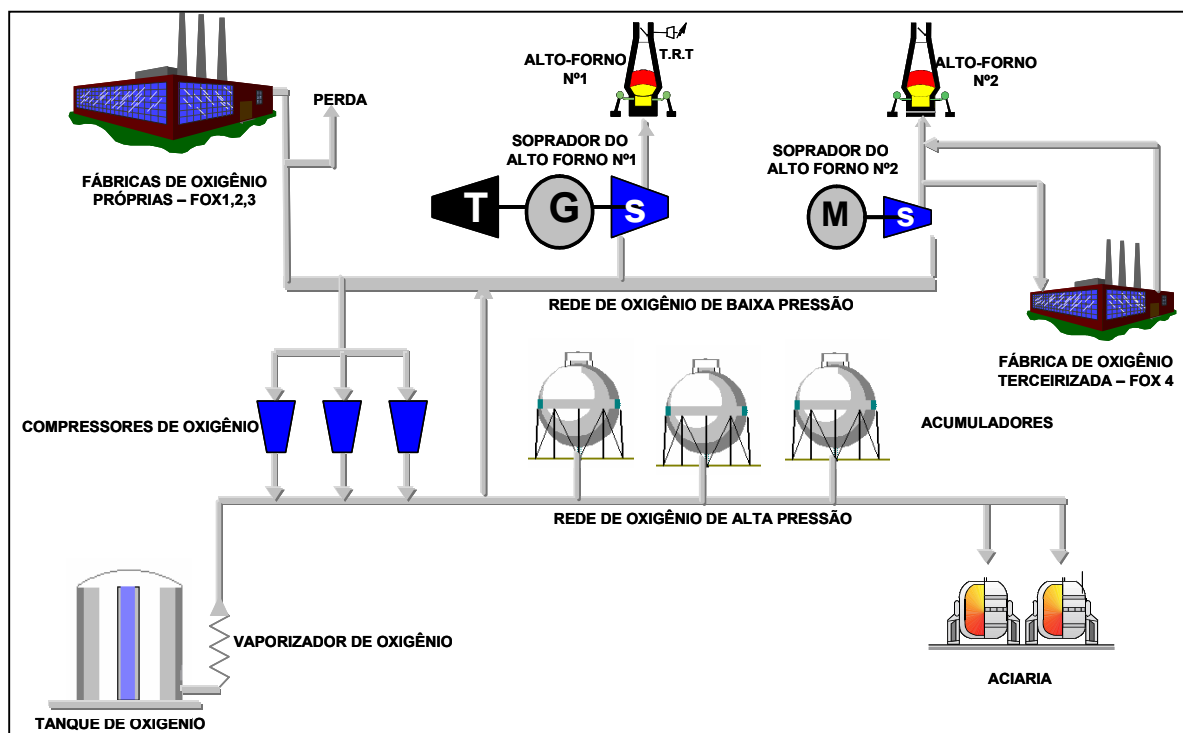


Figura 1 - Fluxo de Distribuição de Oxigênio

A capacidade total instalada é de 74.574 Nm<sup>3</sup>/h de oxigênio gás e 100 t/dia de oxigênio líquido, totalizando o equivalente a 2.650 t/dia de oxigênio. A planta terceirizada, FOX 4, supre 11.574 Nm<sup>3</sup>/h, ou o equivalente a 400 t/dia de oxigênio.

## HISTÓRICO DAS PERDAS DE OXIGÊNIO

A CST iniciou sua operação em 1983 e a perda de oxigênio naquela época era da ordem de 35%. Isto porque a capacidade de produção era muito superior a demanda da usina e a capacidade de reduzir a produção de plantas de fracionamento de ar é limitada.

Com o incremento de produção de aço e conseqüente aumento da demanda de oxigênio, a situação evoluiu até que em 1992, ano de privatização da empresa, a perda era da ordem de 7,3%. A condição de aumento de produção e redução das perdas se manteve até 1997.

A expansão do parque produtivo foi efetivada em 1998, a chamada fase 2 de expansão da CST. Este foi o ano da entrada em operação do segundo Alto Forno, do segundo Lingotamento Contínuo, da terceira Central Termelétrica e da terceira Planta de Fracionamento de Ar.

Porém, a partir daí toda a produção de aço passou a ser feita através de Máquinas de Lingotamento Contínuo e as variações de ritmo da Aciaria se tornaram mais acentuadas. A perda média do ano 2000 foi de 5,2%.

Nos anos seguintes as perdas foram reduzindo gradativamente atingindo o nível de 3,5% em 2002, voltando a se elevar em 2003 por uma redução localizada de consumo de oxigênio no Alto Forno 1.

Todavia, conclui-se que as perdas foram gradativamente sendo reduzidas devido ao natural aumento de consumo associado a elevação de produção de aço associado aos vários trabalhos de melhoria contínua e principalmente nos trabalhos de redução de variabilidade de processos na usina, notadamente na Aciaria, maior consumidor de oxigênio de alta pressão.

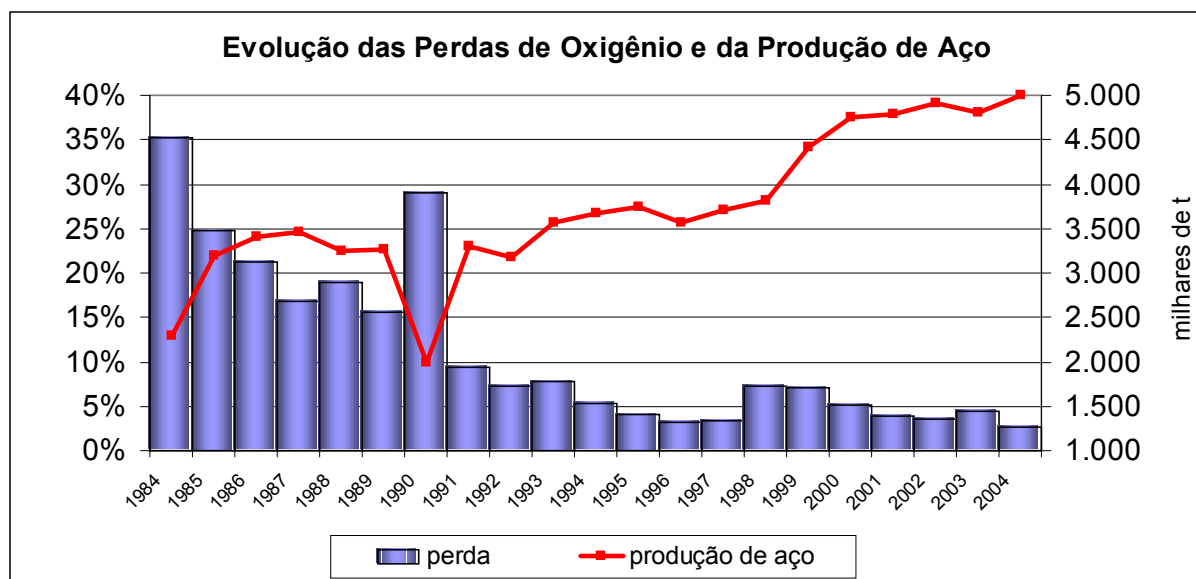


Figura 2 – gráfico de Evolução das Perdas de Oxigênio e da Produção de Aço, Obs.: Produção de Aço de 2004 projetada

## SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE OXIGÊNIO DE ALTA PRESSÃO

O sistema de distribuição de oxigênio de alta pressão da CST, que atende a Aciaria e aos Altos Fornos, opera entre 15 e 25 Kg/cm<sup>2</sup>. Quando o sistema atinge pressão máxima, inicia-se automaticamente o descarte de produção para a atmosfera e quando o sistema tende a atingir a pressão mínima, inicia-se a vaporização do oxigênio líquido estocado através de ação do operador das Plantas de Fracionamento de Ar. Desta forma, o sistema absorve os consumos instantâneos maiores ou menores que a produção dentro desta faixa de pressão através dos acumuladores. Pode-se observar, na prática, um perfil de pressão no sistema de distribuição de oxigênio como o da figura 3.

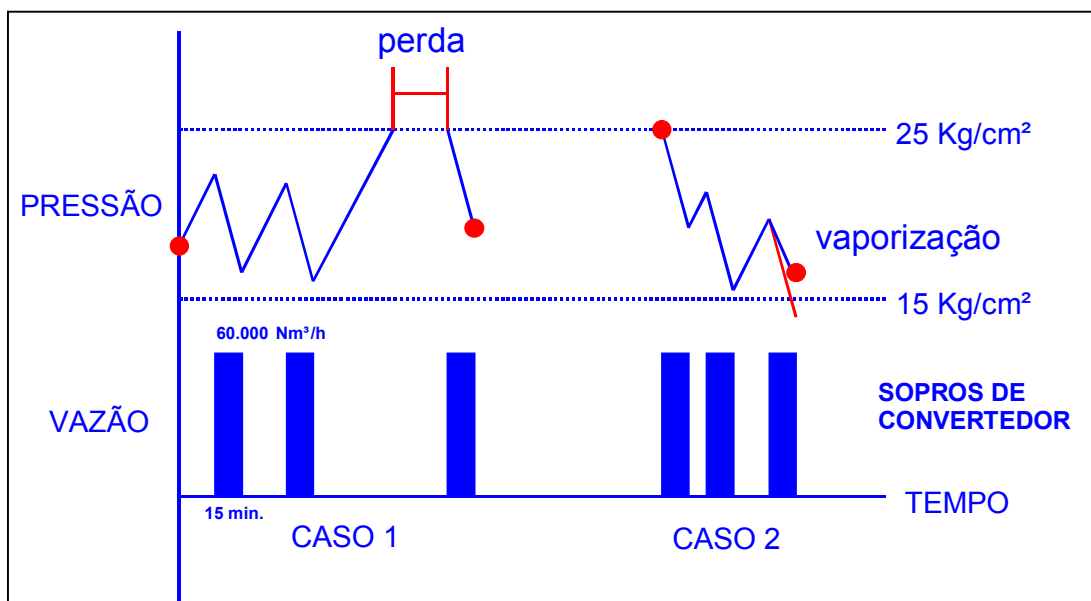


Figura 3 – Gráfico Pressão de Oxigênio x Tempo

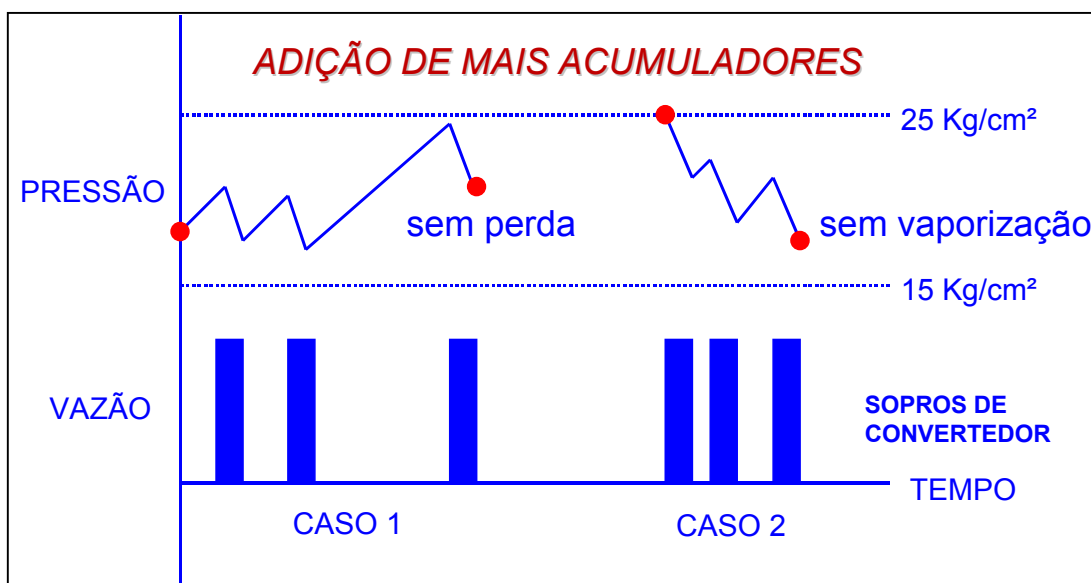


Figura 4 – Gráfico Pressão de Oxigênio x Tempo utilizando mais acumuladores

Com a utilização de mais acumuladores, as taxas de variação de pressão na rede de alta pressão diminuem, as curvas se suavizam, permitindo que o sistema absorva variações maiores de ritmo, como pode ser visto na figura 4.

A Aciaria é o consumidor variável de oxigênio, uma vez que os intervalos entre sopros de convertedor variam, levando a vaporizações de oxigênio líquido e perdas de oxigênio gás, conforme ilustrado na figura 3.

## ADIÇÃO DE ACUMULADORES E GANHOS MENSURÁVEIS

A utilização de mais acumuladores no sistema de distribuição de oxigênio possibilita a diminuição da perda de oxigênio em situações de diminuição de ritmo de Aciaria e diminuição da vaporização de oxigênio líquido em picos de demanda ou aumento de ritmo da Aciaria.

Porém, questões importantes devem ser respondidas, tais como: quantos acumuladores adicionar, como mensurar o ganho por entrada de novo acumulador e principalmente se esta decisão é viável economicamente.

Os ganhos mensuráveis com a utilização de mais acumuladores são:

- redução das perdas de oxigênio gás
  - menor consumo de energia elétrica para produção
  - possibilidade de aumento de produção de aço através do aumento da disponibilidade de oxigênio para Altos-Fornos
- redução das vaporizações de oxigênio líquido
  - maior disponibilidade para venda de produto, maior receita
  - maior disponibilidade interna para aumento de produção
- possibilidade de realização de ritmos mais acentuados da Aciaria ou até mesmo sopros simultâneos com menor impacto na rede de distribuição
- possibilidade de sopro de oxigênio na Aciaria com vazões maiores
- possibilidade de manutenção nos acumuladores existentes, as duas esferas, com menor impacto na produção da usina

## MODELO DE AVALIAÇÃO DOS GANHOS DE NOVOS ACUMULADORES

Utilizar dados reais de vazão de sopro de convertedor, hora de início de sopro, tempo de sopro, consumo da usina, produção das plantas de fracionamento de ar e volume dos acumuladores, objetivando simular o comportamento da curva de pressão da rede de oxigênio em função do tempo e estimar as perdas de oxigênio e vaporizações num período determinado de análise.

A determinação estatística de ritmo típico de operação de Aciaria foi feita para escolha da amostra significativa a ser considerada no modelo para ser simulado.

A simulação do comportamento da rede de distribuição de oxigênio foi feita considerando um, dois, três e quatro acumuladores de 1000m<sup>3</sup> de capacidade, fornecendo resultados de vaporização e perda de oxigênio para estas quatro situações. Estes resultados foram tabulados para posteriormente aferir o ganho médio com a inclusão do terceiro e quarto acumulador.

## RESULTADOS DO MODELO

Baseado nas simulações realizadas, utilizando como base os dados reais de operação (do ano 2000), foram encontrados os seguintes resultados:

Ganhos médios com a entrada do Terceiro Acumulador:

- 1 - redução das vaporizações em 22 t/dia
- 2 - redução das perdas em 0,8 ponto percentual

Isto somado equivale a uma economia anual de 14.290 ton de oxigênio equivalente, sendo 82% em oxigênio gás e 18% de oxigênio líquido.

## RESULTADOS REAIS

No ano de 2000 foi feito o estudo teórico da influência de novos acumuladores no sistema de distribuição de oxigênio da CST. A análise de custo benefício foi apresentada e o projeto da “Terceira Esfera” foi aprovado, passando a integrar um Pacote de Investimentos chamado de Plano de 5,0 Mt/ano da CST.

A nova esfera foi adquirida em processo de concorrência e foi construída entre abril de 2003 e janeiro de 2004, quando foi iniciada a sua operação.



Figura 5 - Foto das Esferas da CST

Ao longo dos últimos quatro anos a perda de oxigênio foi reduzida, conforme pode ser visto na figura 6. Pode-se notar que, para um mesmo nível de produção das Plantas de Fracionamento de Ar em 2002 e 2004, as perdas foram significativamente reduzidas neste último ano. Em 2003 a produção e as perdas de oxigênio foram ligeiramente influenciadas por redução localizada na demanda.

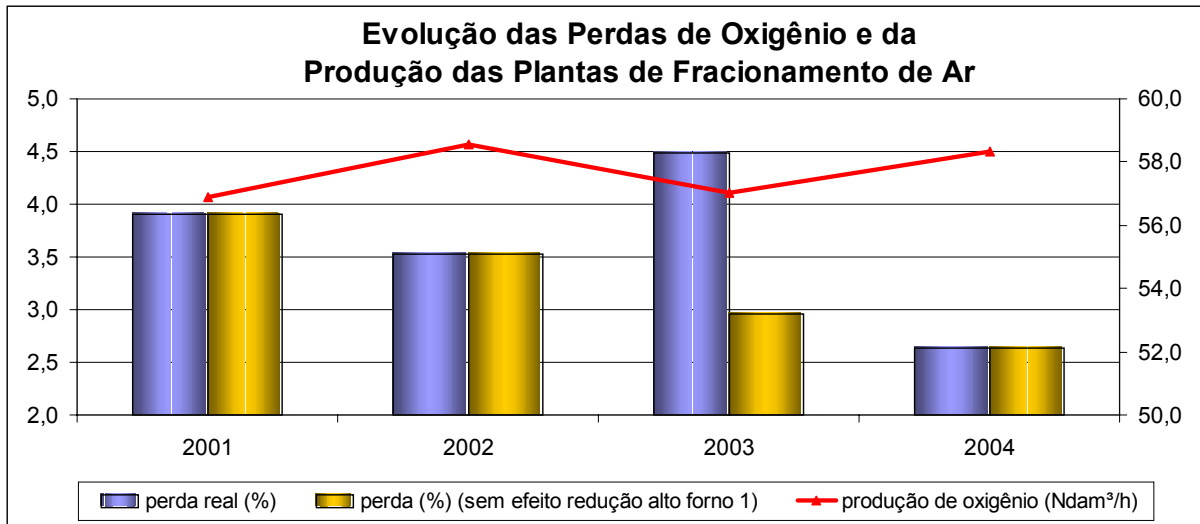


Figura 6 – Gráfico de Evolução das Perdas de Oxigênio e da Produção das Plantas de Fracionamento de Ar  
Obs.: dados de 2004 até abril

Entretanto é possível identificar uma redução de 1,8 pontos percentuais na redução da perda entre 2003 e 2004, ou de 0,3 pontos percentuais se descontados os dias com efeito da redução de consumo do alto forno 1.

Para uma análise mais acurada do efeito da entrada da terceira esfera foi realizada a comparação de perdas e vaporizações entre dias de mesmo ritmo de produção na usina, antes e após a entrada em operação da terceira esfera. Para tanto foram selecionados dias em 2003 e 2004 nos quais as Plantas de Fracionamento de Ar, Altos Fornos e Aciaria não sofreram restrição significativa à produção plena. Estes dados foram selecionados por retratarem a usina com sua capacidade dentro da faixa típica de operação. Foram selecionados 192 dias, sendo 122 em 2003 e 70 em 2004, cujos resultados são comparadas nos gráficos abaixo. A base de dados menor em 2004 é explicada pelo próprio tempo ainda reduzido de operação com 3 esferas e portanto pelo maior desvio padrão na sua amostra.

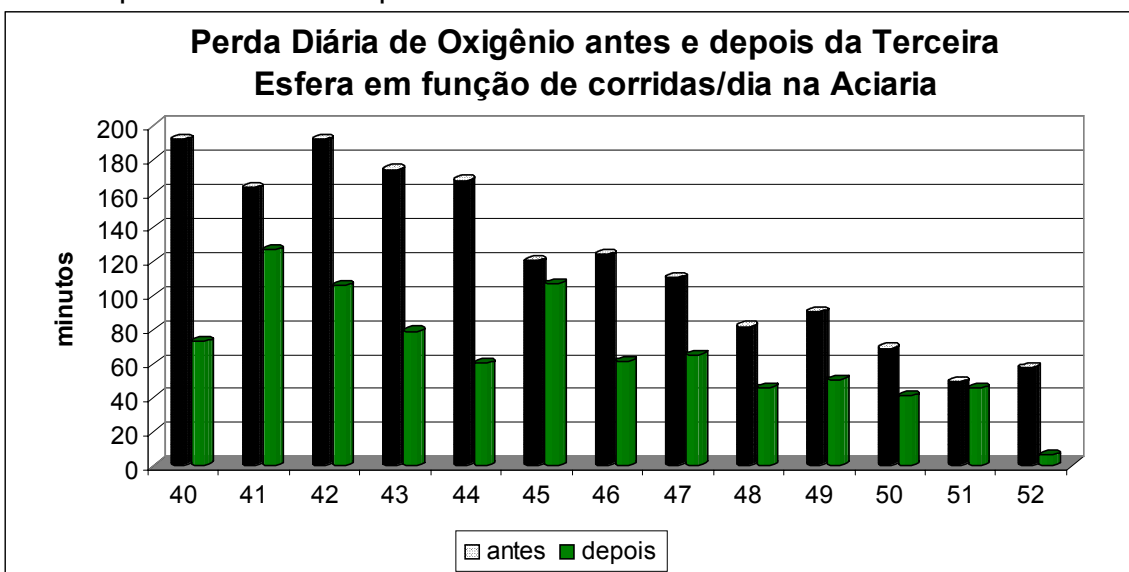


Figura 7 – Gráfico Perda Diária de Oxigênio (minutos) antes e depois da Terceira Esfera em função de corridas/dia na Aciaria (dados de 2004 até abril)

Nota-se que em todos os ritmos de aciaria o tempo de perda foi reduzido, em média ponderada pela amostragem a redução foi de 38 minutos, ou o equivalente a 1,5% da produção, considerando para cálculos de perda a produção média de 2004. Este valor é influenciado pelo nível de produção das plantas durante os momentos de alta pressão na rede, entretanto.

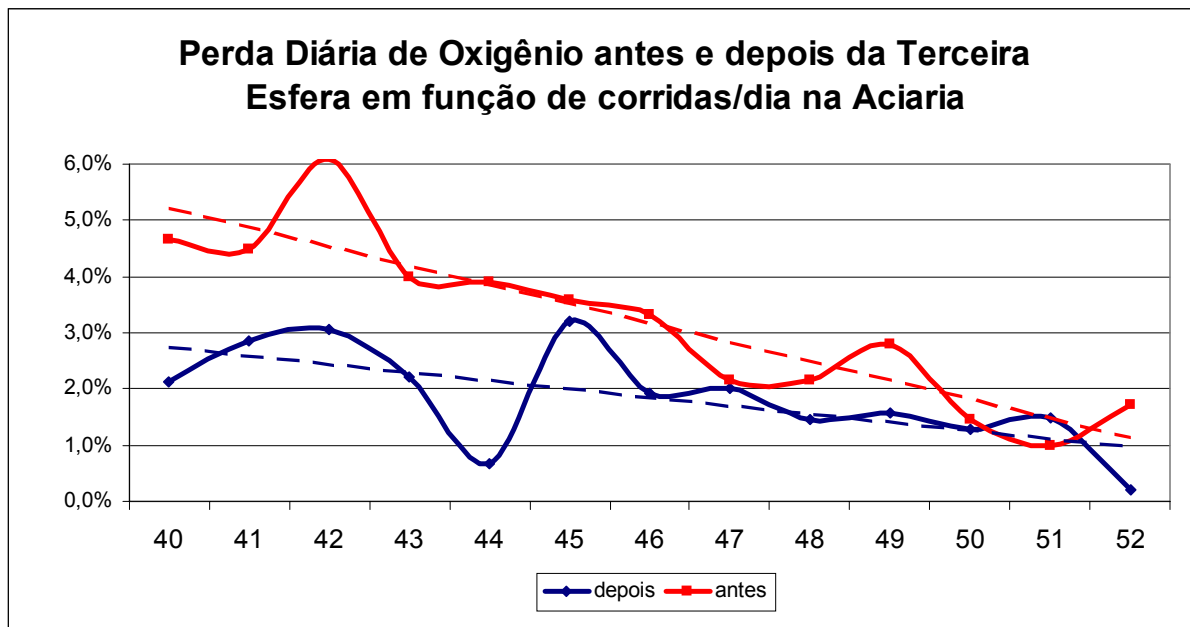


Figura 8 – Gráfico Perda Diária de Oxigênio (%) antes e depois da Terceira Esfera em função de corridas/dia na Aciaria

A perda percentual conforme figura 8 teve tendência clara de queda após entrada a terceira esfera. Entretanto, para um dia típico de 48 corridas na Aciaria a redução da perda é de 0,8 pontos percentuais considerando os dados reais históricos.

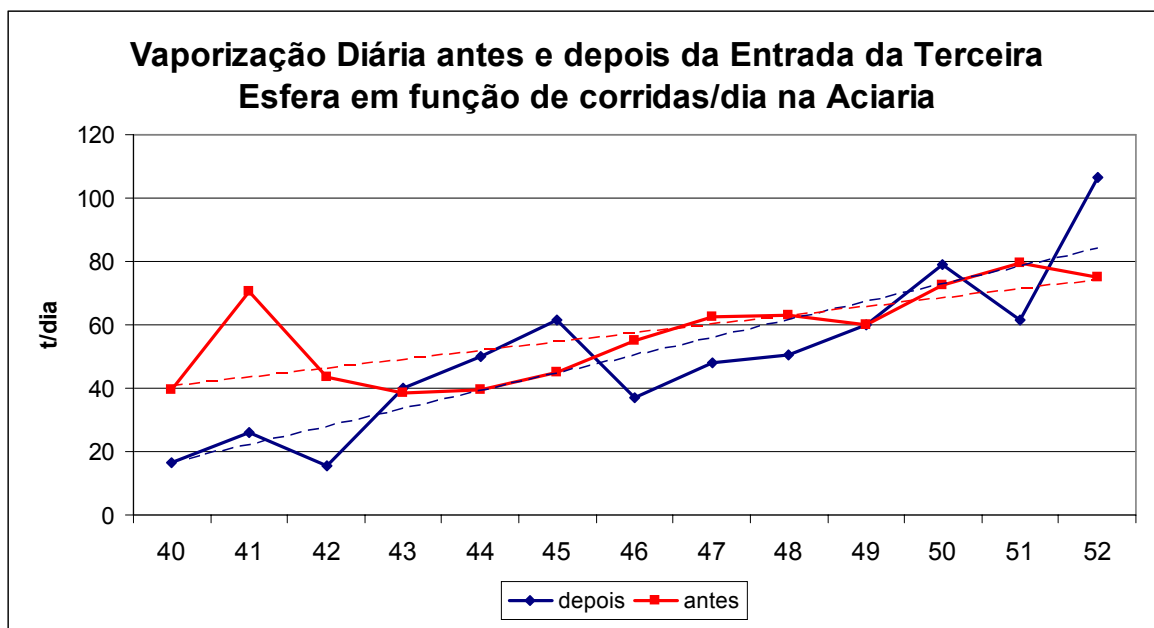


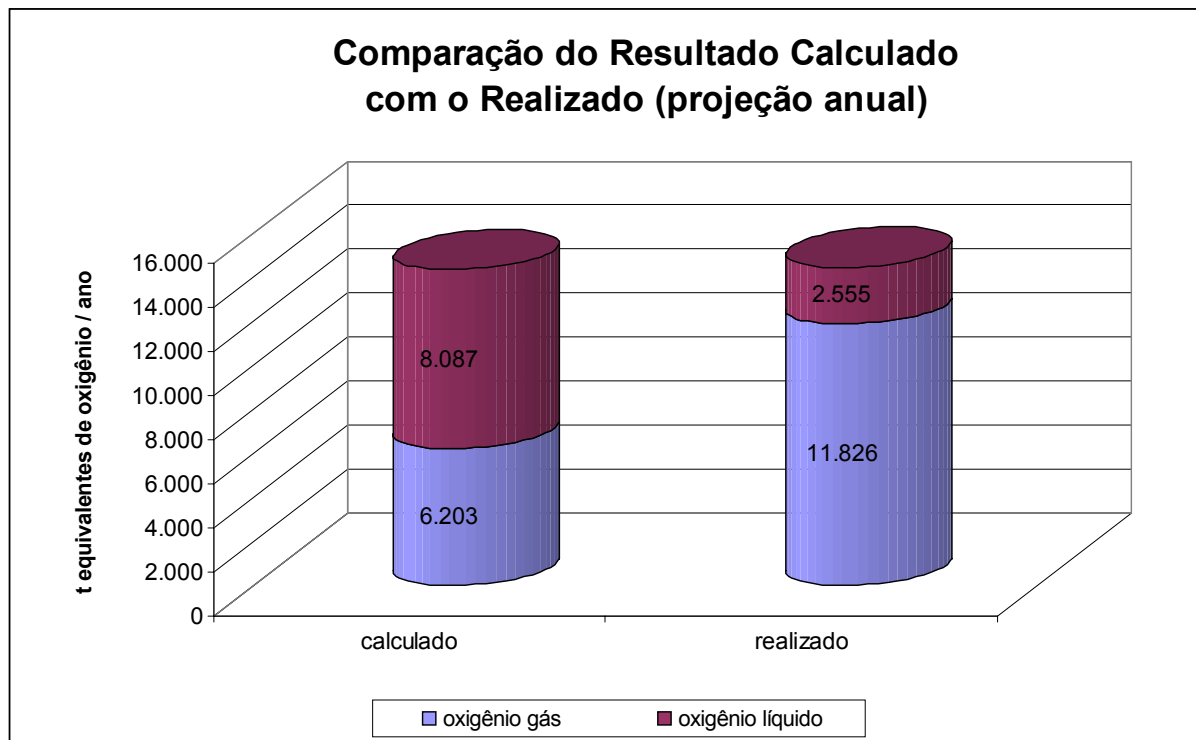
Figura 9 – Gráfico Vaporização Diária de Oxigênio (t/dia) antes e depois da Terceira Esfera em função de corridas/dia na Aciaria



A vaporização média foi reduzida em 7 t/dia após a entrada da terceira esfera, apesar das curvas do gráfico da figura 9 não apresentarem uma tendência tão definida quanto nas anteriores. Por outro lado, com o aumento das amostras após a entrada da terceira esfera há uma tendência d

## CONCLUSÃO

A redução nas perdas e vaporizações de oxigênio somadas trazem um benefício real de aproximadamente 14.381 t de oxigênio por ano, portanto conforme calculado, todavia com parcelas de oxigênio gás e líquido diferentes das previstas, conforme pode ser observado na figura 10.



Importante registrar que as mudanças pelas quais a CST passou nos seus diversos processos e as premissas adotadas na ocasião da análise técnica e de custo benefício se alteraram pela própria evolução do cenário econômico e de mercado, mas ainda assim o resultado prático do projeto foi atingido, beneficiando o sistema de distribuição de oxigênio da CST.

## BIBLIOGRAFIA

- Fundamentos da Termodinâmica Clássica – Van Wylen e Sontag
- Manuais de Operação das Plantas de Fracionamento de Ar da Companhia Siderúrgica de Tubarão – Kawasaki Steel Corporation

# **CST OXYGEN DISTRIBUTION SYSTEM EVALUATION <sup>(01)</sup> OXYGEN LOSSES REDUCTION THROUGH BUFFER INTRODUCTION**

**José Leal Neto <sup>(02)</sup>  
Alexandre Rosado Barbosa <sup>(03)</sup>**

## **ABSTRACT**

**A Siderurgical Industry Oxygen Distribution System is designed to minimize the oxygen losses and oxygen liquid vaporizer needs, due to instantaneous consumption higher or lower than the air separation plant production, using buffers. These buffers work accumulating the oxygen product when the industry need is lower than the air separation plants production and supplying oxygen when the industry need is higher than the air separation plant production.**

**The solution of adding more buffers reduces the oxygen loss in low demand and the oxygen liquid vaporized needs in peak of demand.**

**This work objective is evaluating the third buffers insert influence and gains, in the oxygen distribution system through real data base in comparision with the dynamic evaluation made in the past.**

**Key Words: oxygen – buffers**

---

**(01) Paper presented in the XXV Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades – August 25<sup>th</sup> to 27<sup>th</sup> - Florianópolis – SC - Brasil**

**(02) Mechanical Engineer – Energy and Utilities Specialist - Companhia Siderúrgica de Tubarão**

**(03) Mechanical Engineer – Energy and Utilities Specialist - Companhia Siderúrgica de Tubarão**