

# GARANTIA DE FORNECIMENTO DURANTE PARADAS DE EQUIPAMENTOS <sup>(1)</sup>

*Emerson Napoleão Ribeiro* <sup>(2)</sup>

*Jose Leal Neto* <sup>(3)</sup>

*Rafael Wayand Christ* <sup>(4)</sup>

*Wander Pacheco Vieira* <sup>(5)</sup>

## RESUMO

Devido a atual dificuldade de garantir o fornecimento de argônio, oxigênio e nitrogênio para todos os consumidores durante paradas para a manutenção de grandes equipamentos como compressores, plantas de fracionamento ou as redes de distribuição, identificou-se a necessidade de desenvolver um sistema que pudesse suprir a necessidade de fornecimento e assim viabilizar as paradas de manutenção com mínimo impacto aos consumidores e a produção da usina.

Para a realização desta tarefa convidamos a White Martins que nos ofereceu um sistema móvel de vaporização que teria a capacidade de assumir o fornecimento em diferentes faixas de vazão e atendendo assim a nossa necessidade de consumo e permitindo a parada para manutenção das redes.

**Palavras-chave:** Parada de equipamentos e Garantia de fornecimento

**(1) XIX Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais  
25 a 27 de Agosto – Florianópolis – SC**

(2) Especialista de Manutenção dos Altos Fornos – CST

(3) Especialista de Energia e Utilidades – CST

(4) Especialista de Energia e Utilidades – CST

(5) Especialista de Manutenção da Utilidades – CST

## INTRODUÇÃO

Em toda Usina Siderúrgica existe uma grande questão que geralmente é polêmica, a parada para manutenção de equipamento que tem impacto direto na produção da Usina, mesmo que seja programada causa um grande transtorno nos sistemas que tem a sua interdependência. Sendo assim, imagine as complicações que uma parada de argônio, oxigênio e nitrogênio causam. Por exemplo o nitrogênio, este gás é o responsável pela operação segura dos Altos Fornos, Coqueria, Aciaria, Sinterização, Calcinação, entre outros. A redução de sua disponibilidade causa grandes problemas, então, se pararmos uma Planta de Fracionamento de Ar seremos obrigados a reduzir e / ou cortar consumidores.

A nossa tarefa foi desenvolver uma solução que garantisse o fornecimento dos gases mesmo em paradas para manutenção dos equipamentos. Este trabalho teve seu início no planejamento da parada das redes de distribuição de oxigênio de alta pressão e de serviço e foi novamente realizado na parada da rede de vapor o que impossibilitava a vaporização do argônio e do nitrogênio.

## PLANEJAMENTO DA PARADA

Para análise dos fatos, apresentamos abaixo (**figura 01**) um desenho esquemático da rede de oxigênio de serviço. No planejamento da parada ficou acertado que toda esta rede seria despressurizada e purgada para que fossem realizadas todas as atividades programadas.

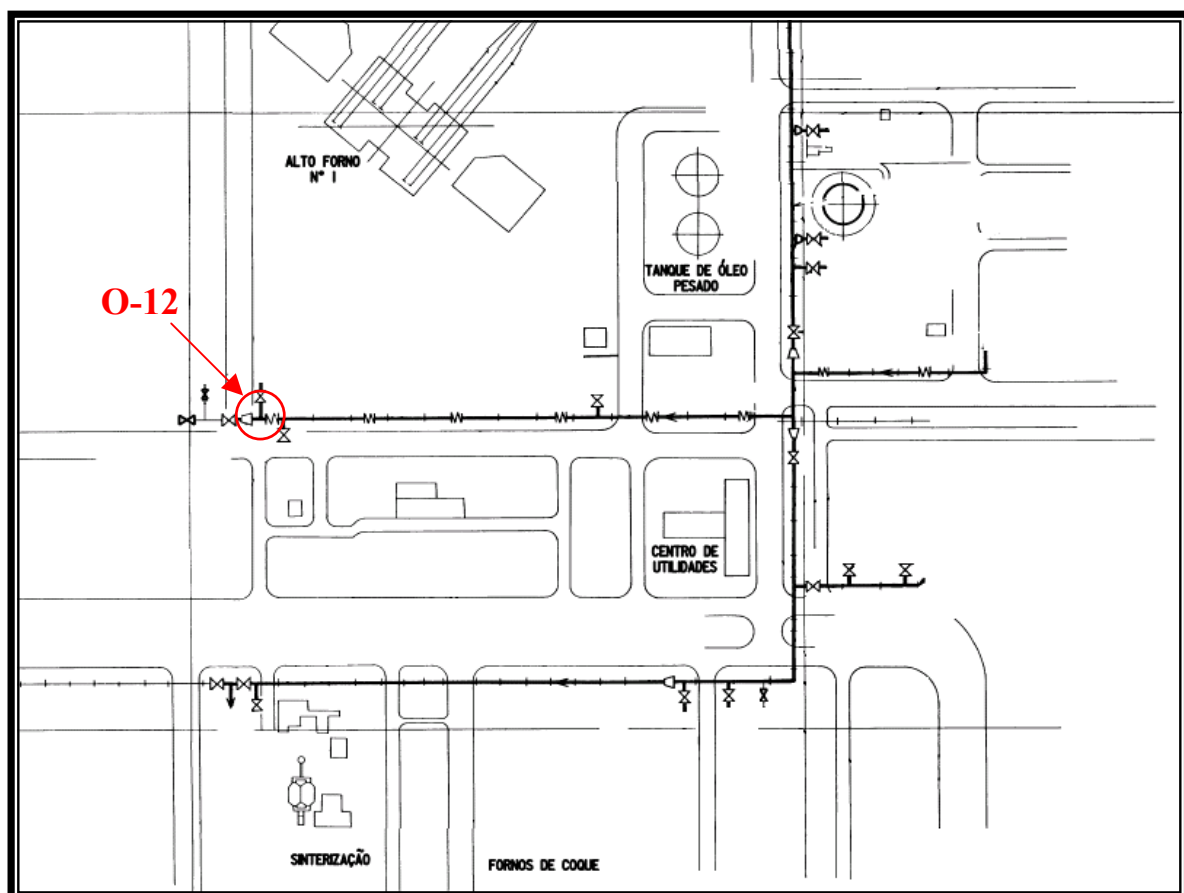


Figura 01: Desenho esquemático da rede de oxigênio de serviço;

Durante esta parada das redes de oxigênio de alta pressão e de serviço para a interligação da terceira esfera e do “tié in” para a redutora de pressão, ficou acertado que toda a Usina sofreria a mesma parada (algumas áreas aproveitariam a mesma para realizar suas manutenções internas) com exceção do Alto Forno 2.

A solução para suprir o Alto Forno 2 com oxigênio seria a utilização de cilindros com oxigênio conforme experiência em parada anterior. Este oxigênio seria o fornecimento de cestas com 12 cilindros cada interligadas e com um controlador de vazão e teria a finalidade de abrir furos de gusa em eventuais causalidades.

## NOVAS VARIÁVEIS

Durante o período em que divisão de Utilidades acertava os últimos detalhes do fornecimento das cestas com o Alto Forno 2 e a manutenção que forneceria as cestas, o Alto Forno 1 solicitou o fornecimento de oxigênio para realização de manutenção nas ventaneiras. Para a realização do serviço o grupo técnico do alto forno e a manutenção do Alto Forno solicitou o fornecimento de oxigênio durante 10 horas a uma pressão de 8 kgf/cm<sup>2</sup> e o diâmetro do tubo onde passaria o oxigênio para fazer o corte seria de ½ polegada.

## CALCULO DE VAZÃO PARA O ALTO FORNO 1

A partir das informações recebidas fizemos os cálculos de vazão para atendê-los (conforme tabelas 01 e 02 abaixo) e no mesmo dia consultamos a White Martins para apoiar os cálculos realizados.

$$q'm = (0,3217 * Y * d^2) * \left( \sqrt{\frac{\Delta p * p'1}{k * T1 * Sg}} \right)$$

$$k = f * \frac{L}{D}$$

$$D = \frac{d}{1000}$$

$$\Delta p = p'1 - 1,013$$

Tabela 01 – Formulas utilizadas;

|         |          |        |
|---------|----------|--------|
| q'm=    | 3,416391 | m³/min |
| K=      | 34,17722 |        |
| f=      | 0,027    |        |
| L=      | 20       |        |
| D=      | 0,0158   | m      |
| p'1=    | 6,865    | bar    |
| Δp=     | 5,852    | bar    |
| d=      | 15,8     | mm     |
| T1=     | 303      | °K     |
| t1=     | 30       | °C     |
| Y=      | 0,718    |        |
| Sg=     | 1,105    |        |
| Vazão = | 204,98   | m³/h   |

Tabela 02 – Cálculos e Dados;

Segundo nossos cálculos a vazão a ser fornecida para o Alto Forno 1 seria de aproximadamente 205 m³/h o que daria um total de 2050 m³ para atender as 10 horas de trabalho. Considerando que cada cilindro tem aproximadamente 10 m³ (em condições normais de temperatura e pressão), seriam necessários 205 cilindros para atender a demanda e isto sem considerar uma folga de segurança, e ainda, a própria preparação das cestas e a interligação entre elas seriam completamente inviáveis.

Os cálculos enviados pela White Martins chegaram a 600 m³/h, o que seria três vezes maior ao nosso, ou seja, a solução não era o fornecimento de oxigênio por cilindros.

## BUSCA DE NOVAS SOLUÇÕES – PARCERIA COM A WHITE MARTINS

Visando desenvolver uma solução para atender a necessidade do Alto Forno 1 solicitamos a White Martins apresentasse uma proposta de um sistema que fosse capaz de suprir a vazão calculada.

A proposta apresentada foi de utilizar um sistema móvel de vaporização **SMV-1200** (carreta com vaporizador), este equipamento possui a capacidade de vazão de até 1200 m<sup>3</sup>/h e pressões de até 40 kgf/cm<sup>2</sup>.

Como o ponto de uso seria no piso das ventaneiras seria necessário criar uma tubulação que chegasse até o local. Devido a dificuldade encontrada para em pouco tempo construir uma linha até o piso das ventaneiras (15 m do nível do solo).

Como solução ficou definido utilizar a própria linha do Alto Forno de oxigênio de serviço e o melhor ponto para fazer a interligação foi identificado próximo ao limite de bateria entre Alto Forno e a Utilidades. A manutenção do Alto forno ficou responsável pela construção da linha e a montagem. O especialista da White Martins foi consultado sobre a especificação do material e a limpeza.

(ver figuras 01 e 02)



Figura 02 – Interligação na rede de

### PARADA DA REDE

Para a realização da troca de fornecimento do oxigênio via rede de oxigênio de serviço pelo sistema móvel de vaporização foi feito um planejamento onde levaríamos duas horas para seguir a seqüência abaixo:

- Contato com o Alto Forno 1 para liberar o serviço;
- Fechar a válvula de oxigênio de serviço para o Alto Forno 1 (**O-12**), ver figura 02;
- Drenar a rede e abrir o flange após a válvula, ver figura 02;
- Instalar um flange cego após a válvula, ver figura 02;
- Interligar a tubulação na rede de oxigênio do Alto Forno 1, ver figura 02;
- Interligar a válvula da carreta a válvula de espera da CST, ver figuras 03 e 04.



Figura 03 – Limite CST e White



Figura 04 – Interligação rede e carreta;

O tempo realização da seqüência planejado foi de duas horas e o real foi de duas horas e meia.

Durante o tempo de interligação o Alto Forno 1 foi atendido com cilindros de oxigênio para o caso de ter de abrir algum furo de gusa, o que ocorreu consumindo o equivalente a seis cilindros para abrir um furo.

## **OPERAÇÃO VIA SISTEMA DE VAPORIZAÇÃO MÓVEL**

Após a regularização do envio de oxigênio para o Alto Forno via carreta foi deslocado um operador da seção de produção de utilidades para realizar a interface entre White Martins e Alto Forno 1. Abaixo temos a carreta fornecendo oxigênio para o Alto Forno (ver figura 05).



**Figura 05 – Alimentação via carreta;**



**Figura 06 – Recarga da carreta;**

O modelo SMV-1200 tem capacidade de 5000 m<sup>3</sup> de volume e de até 1200 m<sup>3</sup>/h de vaporização, após 19 horas de operação realizamos uma recarga no tanque da carreta (ver figura 06) equivalente a 4100 m<sup>3</sup> utilizando uma outra carreta de transporte da White Martins. Estes valores reforçaram os cálculos realizados pela CST dando uma média horária de 215 m<sup>3</sup>/h.

Após confirmação do Alto Forno (25 horas de operação até o momento) de que não haveria mais demanda de oxigênio de serviço para a parada, fechamos a válvula no limite de bateria. A partir deste momento a carreta ficou a disposição para o caso de haver alguma necessidade, sendo liberada após 9 horas em aguardo.

Neste momento revertemos a interligação após a válvula O-12 da rede de oxigênio de serviço, devolvendo assim para a FOX a responsabilidade do fornecimento para o Alto Forno 1.

## **RESULTADOS ALCANÇADOS**

Toda esta operação transcorreu tranqüila conforme planejada, não causando impacto ao cliente garantindo a realização de sua manutenção dentro do prazo estipulado em harmonia com a parada de quase toda Usina.

Este resultado também proporcionou o desenvolvimento de uma nova ferramenta em parceria com a White Martins para ser utilizada em futuras paradas como mostraremos abaixo.

## UTILIZAÇÃO DA PARCERIA DESENVOLVIDA

A partir do excelente resultado alcançado na parada da rede de oxigênio utilizando o Sistema Móvel de Vaporização da White Martins para atender o fornecimento de oxigênio para o Alto Forno 1, com o desenvolvimento desta nova parceria um novo recurso foi criado tornando possível o planejamento de manutenções de alguns grandes equipamentos da Fabrica de Oxigênio. A seguir mostraremos outro uso dessa parceria com excelentes resultados.

## PLANEJAMENTO DA PARADA DA REDE DE VAPOR

Um dos grandes impactos da falta de vapor processo seria na operação da FOX 3 e de todo o sistema de vaporização da FOX de argônio, oxigênio e nitrogênio que ficariam interrompidos durante toda a parada. A rede de vapor apresentava uma grande quantidade de válvulas e trecho de tubos que deveriam ser mantidos e devido a ser um produto indispensável para a operação regular da usina necessitaria de um grande planejamento para viabilizar a intervenção na rede (a última parada da rede de vapor foi em 1998 com a entrada da FOX 3 e do Alto Forno 2) e esta por ser crítica para a usina não poderia ficar sem ser mantida.

Os dois principais consumidores que não podem operar sem vapor são o Alto Forno 2 e a FOX 3, para viabilizar esta parada rede de vapor ela deveria casar com a parada de ambos. Em paradas normais das Fabricas de Oxigênio o sistema de vaporização entra suprindo uma parte do fornecimento para usina no balanço global de argônio, oxigênio e nitrogênio, porem como todos os vaporizadores funcionam com vapor este também seria um recurso que não poderíamos usar.

## BALANÇO DA USINA

Abaixo temos uma tabela que mostra o planejamento do balanço da Usina quanto a argônio, nitrogênio e oxigênio para a parada da rede de vapor citada acima, relacionando os clientes e suas necessidades. Como veremos abaixo o caminho crítico se tornou o fornecimento de argônio e de nitrogênio.

| Balanço de Gases Fracionados do Ar |                  |                             |            |            |         |          |         |               |         |         |         |
|------------------------------------|------------------|-----------------------------|------------|------------|---------|----------|---------|---------------|---------|---------|---------|
| Produto                            | Produção<br>m³/h | Consumo dos Clientes - m³/h |            |            |         |          |         |               |         |         |         |
|                                    |                  | Coqueria                    | A. Forno 1 | A. Forno 2 | PCI     | Aciaria  | SLAG    | Dessulfuração | FOX     | Outros  | Perdas  |
| Argonio Normal                     | 1060,73          | XXX                         | XXX        | XXX        | XXX     | 670,60   | XXX     | XXX           | XXX     | XXX     | XXX     |
| Argonio Parada                     | 0,00             | XXX                         | XXX        | XXX        | XXX     | XXX      | XXX     | XXX           | XXX     | XXX     | XXX     |
| Oxigênio Normal                    | 62970,38         | XXX                         | 20470,00   | 7334,00    | XXX     | 33861,38 | XXX     | XXX           | XXX     | 1255,00 | 50,00   |
| Oxigênio Parada                    | 42000,00         | XXX                         | 19658,00   | 0,00       | XXX     | 18144,00 | XXX     | XXX           | XXX     | 1500,00 | 2698,00 |
| Nitrogênio Normal                  | 52626,00         | 5340,00                     | 6204,00    | 1789,00    | 5982,00 | 17266,00 | 4641,00 | 2391,00       | 2207,00 | 3806,00 | 3000,00 |
| Nitrogênio Parada                  | 38000,00         | 5263,00                     | 4550,00    | 0,00       | 7380,00 | 7560,00  | 0,00    | 1868,00       | 1500,00 | 9000,00 | 879,00  |

Tabela 03 – Balanço da Usina em operação normal (valores médios) e para a parada (planejado);

Para a execução da tarefa com o mínimo impacto na produção da usina o planejamento para execução da manutenção da rede teve como aliada a parceria desenvolvida com a White Martins que dispunha de Sistemas Móveis de Vaporização com até 15000 Nm³/h de vazão.

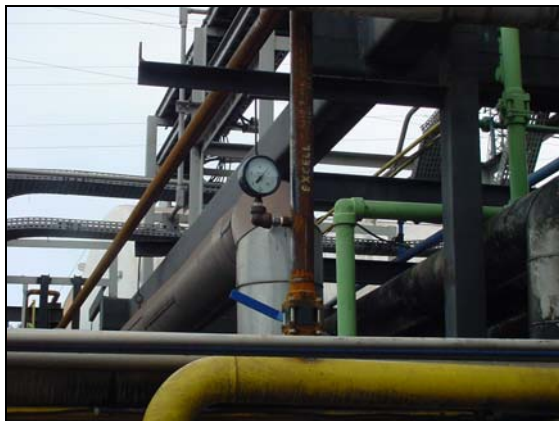


Como podemos observar na Tabela 03 para atendermos as necessidades de consumo de nossos clientes seria necessário a contratação de duas unidades móveis de vaporização para atender o argônio (vazão de aproximadamente 800 Nm<sup>3</sup>/h de média com até 1800 Nm<sup>3</sup>/h de pico) e o nitrogênio (vazão de aproximadamente 7000 Nm<sup>3</sup>/h de média com até 15000 Nm<sup>3</sup>/h de pico). Devido ao ritmo reduzido da Usina durante a intervenção na rede de vapor o oxigênio produzido pelas FOX 1 e 2 foi suficiente para atender o plano.

## PARADA DA REDE DE VAPOR

A parada da rede de vapor estava planejada começar as 13 horas (após o horário de almoço na CST devido as cozinhas utilizarem vapor para manter as refeições aquecidas) e a duração seria de 10 horas de intervenção na rede.

Para podermos realizar a operação utilizando o Sistema Móvel Vaporização foi necessário identificar quais seriam os melhores pontos de interligação com a rede de argônio e de nitrogênio. Esta tarefa ficou por conta da operação (seção de produção de utilidades) que identificou como melhores pontos para a interligar as carretas os ramais logo após aos vaporizadores e a manutenção da utilidades ficou responsável pela confecção da tubulação, interligação com a rede de distribuição e a colocação de uma válvula de espera. Ver figuras 07 e 08.



**Figura 07 – Ponto de interligação na rede de distribuição de argônio;**



**Figura 08 – Ponto de interligação na rede de distribuição de nitrogênio;**

## ACOMPANHAMENTO FOTOGRÁFICO DA OPERAÇÃO VIA CARRETA

### Fornecimento de Argônio



**Figura 09 – Válvula limite CST e WM;**



**Figura 10 – Carreta SMV 1200;**



**Figura 11 – Vaporizando Argônio;**



**Figura 12 – Recarregando a Carreta;**

Características da operação de fornecimento de argônio:

- O controle de fornecimento era a pressão da linha que deveria ficar entre 25 e 35 kgf/cm<sup>2</sup>;
- Foram planejados dois reabastecimentos de argônio na carreta, porem o realizado foi de apenas um reabastecimento;
- O tipo de vaporização era por feixes de trocadores de calor atmosféricos;
- Toda a operação foi realizada com um operador da CST e um operador da White Martins.

### Fornecimento de Nitrogênio



**Figura 13 –Alimentação das carretas de recarga (linha congelada) e Limite de bateria CST e WM (válvula esfera);**



**Figura 14 – Linha de nitrogênio gás;**



**Figura 15 – Carreta SMB 15000;**



**Figura 16 – Detalhe da Carreta;**





**Figura 17 – Vaporizando Nitrogênio;**



**Figura 18 – Recarregando da Carreta;**

Características da operação de fornecimento de nitrogênio:

- O controle de fornecimento era a medição da vazão na carreta que era atendida conforme a solicitação da operação;
- Os reabastecimentos de nitrogênio na carreta eram realizados utilizando carretas que faziam rodízio, enquanto uma enchia com nitrogênio do tanque a outra reabastecia a unidade de vaporização;
- O tipo de vaporização era por aquecimento em trocador de calor com chama direta à diesel;
- Toda a operação foi realizada com um operador da CST e dois operadores da White Martins.

As duas atividades foram acompanhadas por um especialista de Utilidades e um engenheiro da White Martins bem como pelo Supervisor da seção de produção e distribuição de Utilidades.

## **CONCLUSÃO**

Assim como na parada da rede de oxigênio citada no início deste trabalho a para da rede de vapor transcorreu tranqüila conforme planejada, não causando impacto negativo aos clientes garantindo a realização da manutenção da rede de vapor dentro do prazo estipulado.

## **AGRADECIMENTOS**

A White Martins que além de nos atender com grande eficiência nas paradas acima mencionadas, também nos permitiu divulgar este trabalho neste encontro de produtores de gases industriais.

Ao apoio dos operadores da Seção de Produção de Utilidades e dos colaboradores das manutenções do Alto Forno e de Utilidades.

E por fim as gerências da Divisão de Utilidades e a Seção de Produção de Utilidades pelo apoio em apresentar este trabalho.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Catálogos das carretas SMV-1200 e SMB-15000.

# GUARANTEE OF SUPPLY DURING EQUIPMENT MAINTENANCE <sup>(1)</sup>

*Emerson Napoleão Ribeiro <sup>(2)</sup>*  
*Jose Leal Neto <sup>(3)</sup>*  
*Rafael Wayand Christ <sup>(4)</sup>*  
*Wander Pacheco Vieira <sup>(5)</sup>*

## ABSTRACT

Due the current difficulty to guarantee the supply of argon, oxygen and nitrogen for all the consumers during stops for the equipment maintenance of great machines like compressors, oxygen plants or the distribution pipelines, we identified the necessity to develop a system that could supply your consumption needs and make possible the maintenance with minimum impact to the consumers and the production of the site.

For the accomplishment of this task we invite the White Martins company that offered a mobile system of vaporization that have the capacity to assume the supply in different bands of outflow and take care of our consumption needs and permitting the stop for maintenance of the pipeline.

**Key-words:** Equipment maintenance and Supply guarantee

**(1) XIX Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais  
25 a 27 de Agosto – Florianópolis – SC**

(2) Blast Furnace Maintenance Specialist – CST

(3) Energy and Utilities Specialist – CST

(4) Energy and Utilities Specialist – CST

(5) Utilities Maintenance Specialist – CST