

INJEÇÃO DE GÁS NATURAL NAS VENTANEIRAS DO ALTO-FORNO 3 DA USIMINAS USINA DE IPATINGA¹

Murilo Alves Tito de Souza²
Ericson Rimen Ribeiro Rosa²
Claudiney Freitas de Oliveira³
Helton Hostt³

Resumo

A redução nos custos de produção é um dos principais objetivos estratégicos da Usiminas e a utilização de gás natural no Alto-Forno 3 (AF 3) vêm contribuir diretamente para o alcance desta meta. A utilização de gás natural neste reator visa reduzir a utilização do coque metalúrgico (principal combustível), além de reduzir as perdas de produção nos períodos de manutenções no sistema de injeção de carvão pulverizado e melhorar o controle operacional do Alto-Forno 3. O trabalho em questão apresenta a implantação do sistema de injeção de gás natural e o desempenho obtido pelo AF 3 desde o início desta, com foco na redução do consumo de coque metalúrgico e na estabilidade operacional do alto-forno.

Palavras-chave: Gás natural; Injeção; Ventaneiras.

INJECTION OF NATURAL GAS IN THE BLAST FURNACE TUYERE 3 USIMINAS UNIT IPATINGA

Abstract

The reduction in production costs is a major strategic objectives of Usiminas and the use of natural gas in the Blast Furnace 3 (BF 3) come directly contribute to achieve this goal. The use of natural gas as fuel in the BF 3 to reduce the use of metallurgical coke (main fuel) and reduces production losses during periods of maintenance in the pulverized coal injection system and improving operational control of the Blast Furnace. The work in question presents the deployment of the natural gas injection and the performance obtained by the BF 3 from the start of injection, with a focus on reducing consumption of metallurgical coke and stable operation of blast furnace.

Key words: Natural gas injection; Tuyeres.

¹ Contribuição técnica ao 32º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 26º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 16 a 19 de agosto de 2011, Salvador, BA.

² Operador de Produção da Sala de Controle do Alto-Forno 3, Gerência Geral de Redução da Usiminas; Ipatinga, MG.

³ Assistente Técnico Industrial dos Altos-Fornos, Gerência Geral de Redução da Usiminas; Ipatinga, MG.

1 INTRODUÇÃO

Os altos-fornos são reatores utilizados para a produção de ferro gusa. As principais matérias-primas carregadas, pelo topo do alto-forno, são o sinter, minério granulado, pelota e o principal combustível utilizado é o coque metalúrgico.

Na região inferior é injetado ar quente e oxigênio que, ao reagir com o coque e com o carvão injetado pelas ventaneiras, gera o gás redutor monóxido de carbono (CO) e grande quantidade de calor. O gás de alto-forno (BFG – *Blast Furnace Gas*) flui em direção ao topo, em sentido contrário a descida da carga, proporcionando o aquecimento, a redução e a fusão da carga metálica. Como produtos desta redução, são gerados o ferro gusa e a escória.

Com o custo elevado do coque metalúrgico e considerando o impacto das reduções na produção devido às paradas nos sistema de injeção de carvão, houve a necessidade de implantar o sistema de injeção de gás natural, tendo como foco principal a redução do custo de produção do ferro gusa.

A Usina de Ipatinga possui três altos-fornos, sendo os Altos-Fornos 1 e 2 (AF1 e 2) com volume interno de 885 m³ e o Alto-Forno 3, que responde por cerca de 70% da produção de gusa, cujas principais características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características do Alto-Forno 3

Item	Unidade	Valor
Volume Interno	m ³	3.163
Diâmetro do cadinho	m	12,2
Capacidade de produção	t/dia	8.200
Número de ventaneiras	-	30
Número de furos de gusa	-	3
Sistema de granulação de escória	-	INBA
Temperatura de sopro máxima	°C	1.200
Refrigeração rampa, ventre e cuba	-	<i>stave-cooler</i>
Refrigeração do cadinho	-	<i>stave-cooler</i>
Início da campanha atual	-	29/10/1999

No presente trabalho é apresentado o sistema de injeção de gás natural e os resultados operacionais alcançados pelo AF 3.

2 SISTEMA DE INJEÇÃO DE CARVÃO PULVERIZADO

Os altos-fornos da Usiminas dispõem de sistemas de injeção de carvão pulverizado para complementar o combustível utilizado no processo. Os AF 1 e 2 possuem capacidade de injeção de 12,5 t/h cada, e o AF 3 uma capacidade de 44,2 t/h.

A preparação do carvão mineral envolve as etapas de recebimento, moagem e secagem, sendo realizadas na área do pátio de carvão. O carvão dentro das especificações exigidas é enviado para silos de estocagem e injetado na região das ventaneiras dos altos-fornos.

O sistema de injeção de finos de carvão constitui-se basicamente do silo de estocagem, vaso eclusa e vaso de injeção, utilizando-se o nitrogênio para pressurizar as linhas, transportar o carvão e inertizar o sistema. Um esquema do fluxo do sistema de injeção é apresentado na Figura 1.

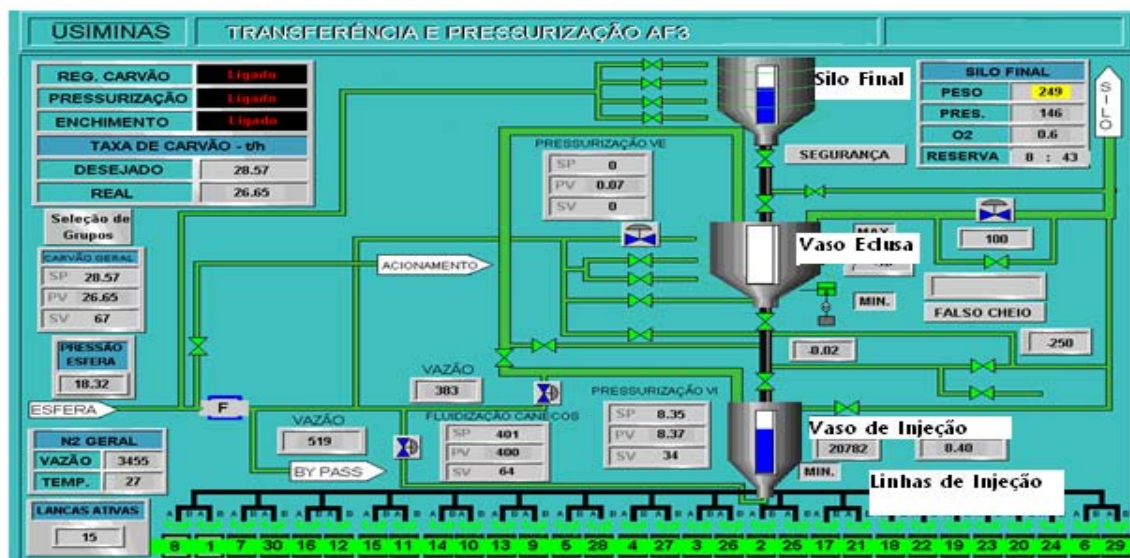


Figura 1. Fluxograma do sistema de injeção de carvão pulverizado.

2.1 Características do Gás Natural

O gás natural é um combustível fóssil formado por uma mistura de hidrocarbonetos. A seguir são apresentadas algumas características deste combustível:

- densidade relativa inferior a 1,0 sendo mais leve que o ar.
- é incolor e inodoro em seu estado natural, sendo seu cheiro característico (mistura de mercaptana) inserido para facilitar a identificação de eventuais vazamentos; e
- inflamável quando atinge temperaturas superiores a 622°C, porém não é explosivo.

A composição química típica do gás natural está relacionada na Tabela 2. Observe o alto teor de metano (CH₄) em sua composição, componente que influencia nas características positivas do gás natural, que serão relatadas ao longo do trabalho.

Tabela 2. Tabela com as análises químicas do gás natural⁽¹⁾

Composição Química (%)						
CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	CO ₂	N ₂	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂
94,22	3,19	0,76	0,84	0,73	0,17	0,09

Fator relevante, que deve ser considerado quanto à injeção do gás natural nas ventaneiras do alto-forno, é a redução do custo final do ferro gusa. Considerando a estrutura de manutenção e montagem necessárias para a planta de carvão, é válido ressaltar as necessidades para implantação deste sistema, tendo como exemplos:

- local adequado (pátio) para estocar o material;
- necessidade da implantação de sistemas para moagem e secagem;
- área para instalação do prédio de injeção.

2.2 Sistema de Injeção de Gás Natural

O sistema de injeção é composto basicamente por uma estação redutora de pressão e controladora de vazão do gás natural. Na figura 2 pode ser visto um quadro esquemático da tela do supervisor mostrando o fluxo do sistema de injeção desse. O gás natural é injetado no interior do alto-forno através das lanças de injeção.

Nesta primeira etapa da utilização de gás natural, o AF 3 está limitado em uma injeção de 11.500 Nm³/h, isto em função do diâmetro interno da lança de injeção que é de 10,5 mm. Nesta primeira etapa estão sendo utilizadas provisoriamente lanças de injeção de carvão pulverizado. Entretanto tem-se uma lança para injeção de carvão e outra para gás natural em cada ventaneira.

Visando elevar a vazão do gás natural, está em fase de aquisição, lanças próprias para injeção de gás com diâmetro interno de 13 mm, buscando atingir uma vazão aproximada de 21.000 Nm³/h.

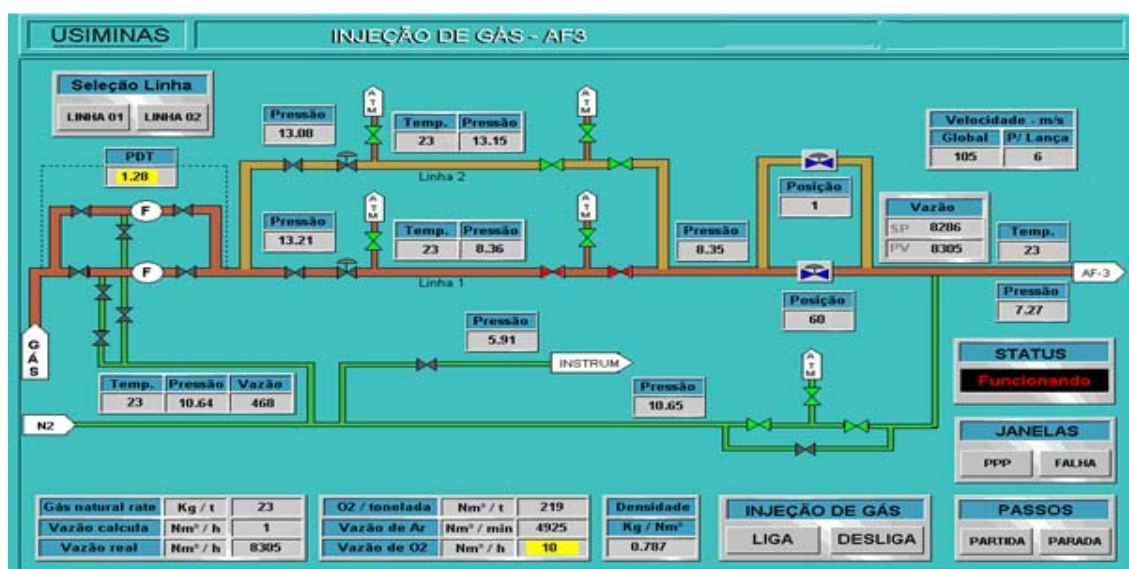


Figura 2. Fluxograma do sistema de injeção de gás natural.

2.3 Start-up do Gás Natural

Após o término da montagem do sistema de injeção, e da realização dos testes, foi iniciado a injeção do gás natural no AF 3 (novembro/2010).

Após a estabilização da vazão desse, o AF 3 passou a ter condições para o início da substituição parcial do coque por gás natural, considerando uma taxa de substituição conservadora de 1,3 kg/t gusa.

É válido ressaltar que a substituição é determinada pela quantidade de coque que deixa de ser carregado no topo do alto-forno, em função da quantidade de gás injetado pelas ventaneiras.

Em função dos variados combustíveis que podem ser injetados na parte inferior do alto-forno, são calculadas taxas de substituições diferentes (Figura 3).⁽²⁾

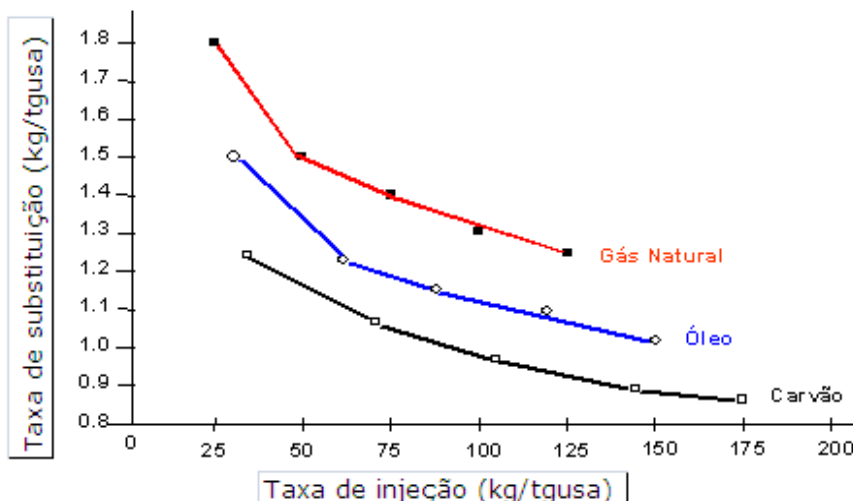


Figura 3. Relação entre taxa de substituição e taxa de injeção para combustíveis variados.⁽²⁾

2.4 Temperatura de Chama

A temperatura de chama é uma variável relevante no processo de redução da carga metálica em um alto-forno, pois exerce influência no perfil térmico e escoamento gasoso no interior do reator. Tal temperatura é diretamente influenciada pelas alterações na vazão de gás natural ou na taxa de injeção de carvão. Um exemplo é, para uma taxa injeção de carvão pulverizado de 100 kg/t, nota-se que a temperatura de chama diminui cerca de 150°C e, para a mesma taxa de injeção para o gás natural, tem-se uma redução de aproximadamente 350°C em relação a taxa nula de injeção.⁽³⁾

Na Figura 4 é apresentado um gráfico para estimar a temperatura de chama em função da alteração na vazão de gás e na taxa de injeção de carvão.

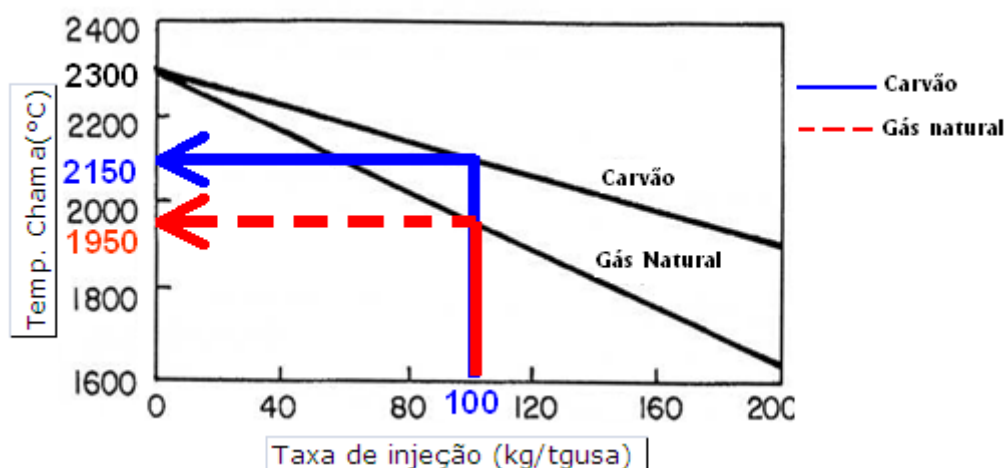


Figura 4. Relação da temperatura de chama com a injeção de carvão e gás natural em alto-forno.⁽³⁾

É importante manter a taxa de injeção de carvão e gás natural em cada ventaneira do alto-forno o mais constante possível, para que se tenha uma temperatura de chama uniforme em todo o alto-forno. A variação na temperatura de chama das ventaneiras pode acarretar instabilidade operacional no alto-forno, ocasionando redução de produção e/ou consumo elevado de combustível.

3 RESULTADOS

3.1 Permeabilidade

Com a utilização do gás natural, observa-se uma melhora na operação do AF 3, confirmada pela queda do índice de permeabilidade (K – numero empírico), conforme pode ser visto no gráfico da Figura 5.

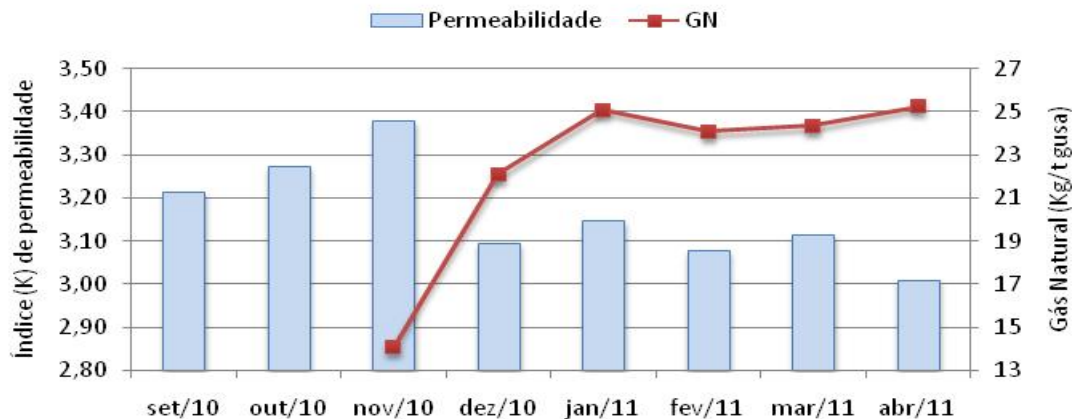


Figura 5. Redução na permeabilidade no Alto-Forno 3.

3.2 Consumo de coque e *Coke Rate*

A redução do consumo de coque, *coke rate* (kg/t de gusa) e elevação da taxa de injeção de gás natural, ainda estão em fase de estabilização.

A utilização do gás como fonte térmica e redutora pode contribuir de forma efetiva, tanto na redução do consumo de coque quanto na redução do *coke rate*, em função de algumas características inerentes ao gás natural.

Teores mais elevados de hidrogênio na mistura gasosa presentes dentro do reator podem promover taxas elevadas de redução do óxido de ferro, particularmente na região de alta temperatura. Nesta região, as reações químicas são limitadas pela capacidade dos reagentes gasosos (CO e H₂) difundirem-se para as camadas mais interiores do material metálico,⁽⁴⁾ sendo assim necessário um menor aporte térmico gerado pelo coque.

O *coke rate*, no período anterior ao *start-up* da injeção do gás natural, chegou a valores semelhantes ao pós injeção deste. Este resultado deve-se ao coque com melhor qualidade física e química, proveniente da nova Coqueria 3.

Na Figura 6 são apresentados os resultados de redução do *coke rate* e da taxa de injeção de carvão pulverizado no alto-forno, obtidos após o início da injeção de gás natural.

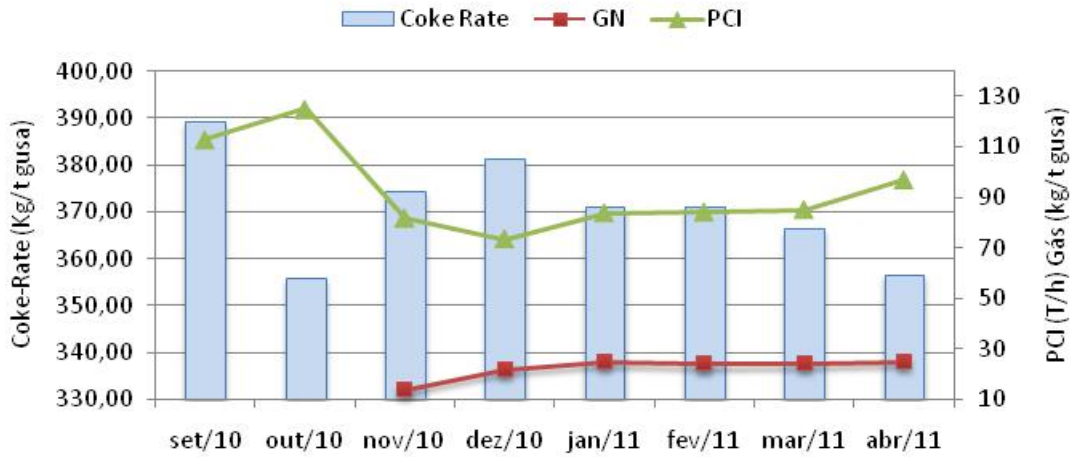


Figura 6. Consumo de *Coke Rate*, gás natural e carvão no Alto-Forno 3.

3.3 Operação do Alto-Forno 3

Com o início da injeção do gás natural observou-se uma pequena redução do volume de ar soprado e a elevação significativa do volume de oxigênio soprado, como pode ser observado na Figura 7. Este fato se deve à necessidade de controlar a temperatura de chama, já que o gás natural proporciona uma redução da mesma e o oxigênio uma elevação. Este controle está relacionado diretamente à estabilidade operacional do alto-forno, cuja temperatura de chama deve ser em torno 1.950°C, com utilização de gás natural.

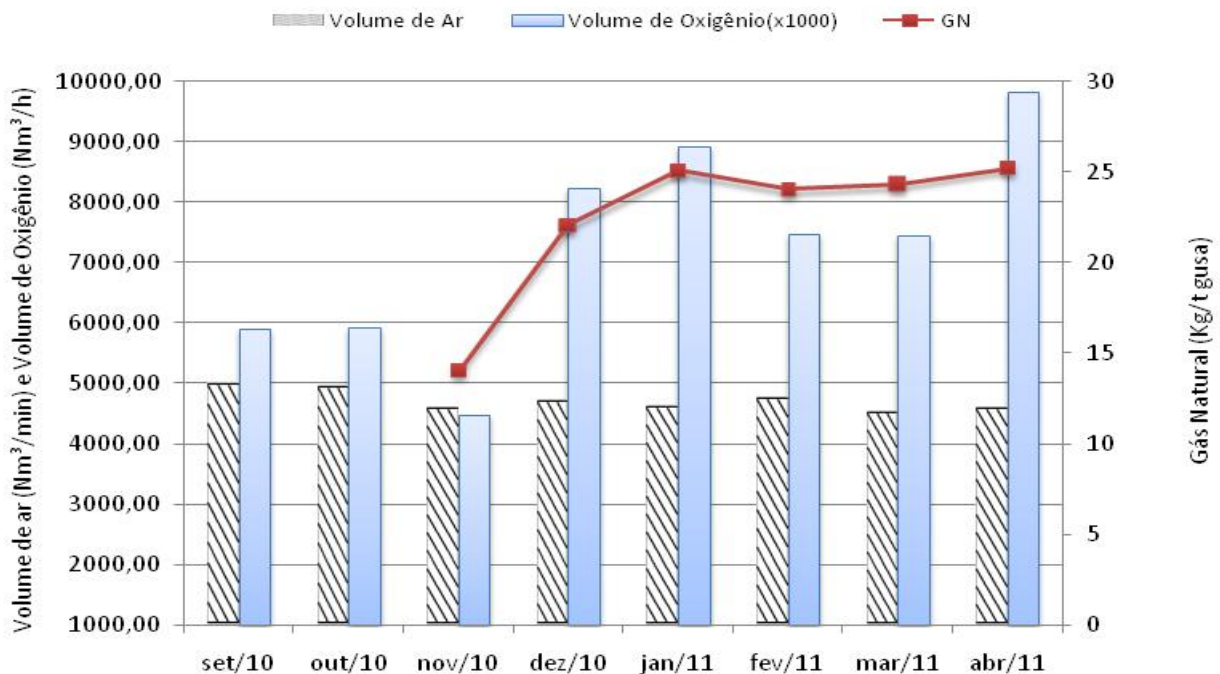


Figura 7. Volume de ar, volume de oxigênio e consumo de gás natural no Alto-Forno 3.

3.4 Poder Calorífico do Gás do Alto-Forno 3

Com o início da injeção de gás natural no AF 3, houve um aumento do poder calorífico do gás gerado (BFG), mostrado na figura 8.

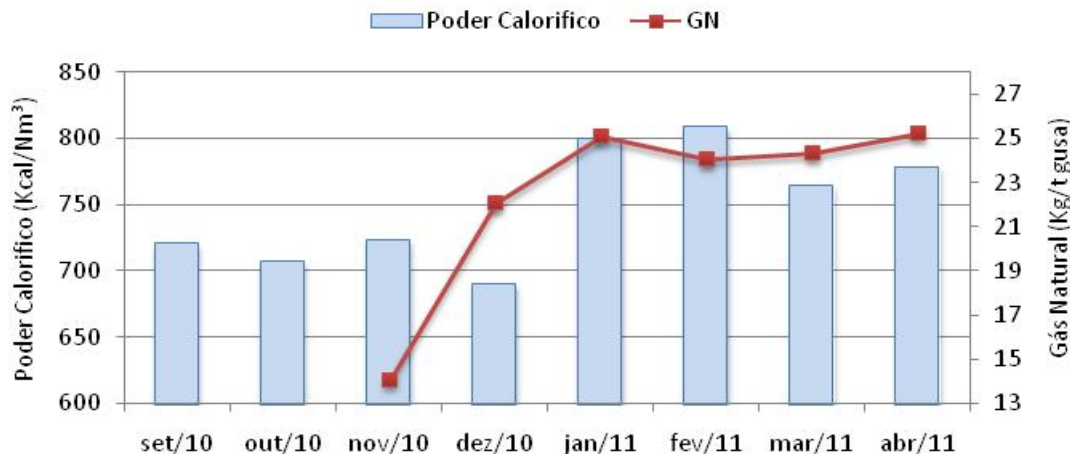


Figura 8. Poder calorífico do BFG Alto-Forno 3.

Para aquecer os regeneradores do AF 3, é usado uma mistura de BFG e gás de coqueria (COG – *Coke Oven Gas*). Com a elevação do poder calorífico do BFG foi possível otimizar o consumo de COG nos regeneradores (Figura 9), disponibilizando assim, mais COG para outros processos da usina. Este aumento está relacionado com a elevação do hidrogênio e redução da concentração de nitrogênio no BFG. O ganho com a disponibilidade a mais deste combustível para as outras áreas é significativo, pois este substitui o óleo combustível em algumas linhas de produção.

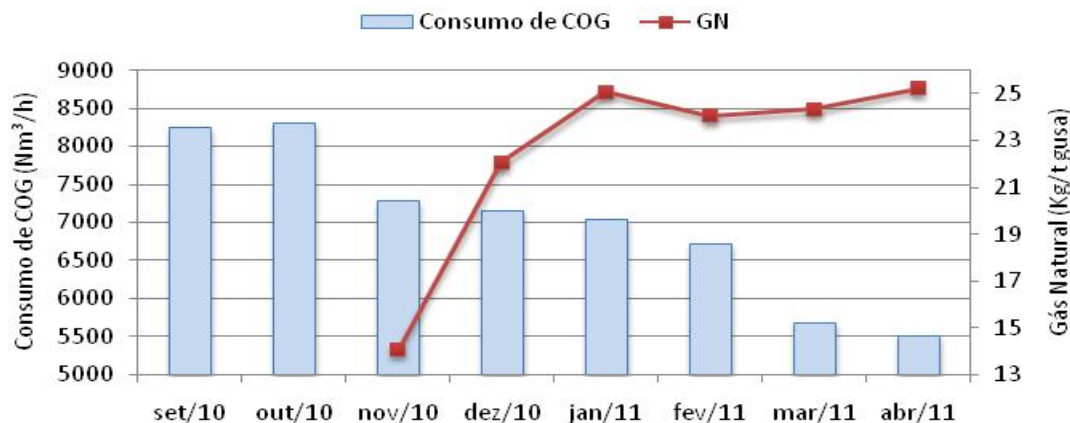


Figura 9. Tendência do consumo de COG nos regeneradores do Alto-Forno 3.

3.5 Qualidade

Grande parte do enxofre carregado no alto-forno é proveniente do coque metalúrgico. Assim, com a redução do consumo deste combustível após o início da injeção de gás natural, reduziu-se consideravelmente o enxofre carregado. Nos primeiros meses de 2011, a redução do teor de enxofre do gusa foi em torno de 17% em relação a média anual de 2010 e, de 25% em relação a média de 2009.

A redução do enxofre no gusa contribui também para a redução do uso da liga de magnésio (MgO), usada nas Aciarias durante o processo de dessulfuração do gusa.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o início da injeção do gás natural no AF 3, ficou evidente os ganhos obtidos no que diz respeito à redução do consumo de coque metalúrgico, pois este combustível possui um alto valor monetário.

Outro fator importante foi o menor consumo de COG nos regeneradores, disponibilizando este para outros processos da usina, reduzindo os custos com óleo combustível.

Além dos benefícios econômicos, foi observada uma maior estabilidade operacional do alto-forno.

A operação do AF 3 com a utilização de gás natural, ainda está em processo de aprendizado e domínio. Acredita-se que, após este período inicial e com a elevação da taxa de injeção com as lanças específicas para gás natural, os ganhos em redução de custo e operação do alto-forno devem ser ainda melhores.

Agradecimentos

Aos colaboradores da Gerência Geral de Redução da Usiminas, Usina de Ipatinga, e a todos que de alguma forma dedicaram e contribuíram para o sucesso desse trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 GASMIG. Gás natural. Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/Gas/Composicao>. Acesso em: 3 maio 2011.
- 2 WAGNER, O. L. M.; ASSIS, P. S. "Análise Técnica e Econômica da Injeção de Combustíveis Auxiliares no Alto-Forno". 25º Seminário de Redução e Matérias-Primas Siderúrgicas, ABM. Volta Redonda, RJ. p. 71-81, nov. 1994.
- 3 BABICH, A. S.; et alii. – Co-injection of Noncoking Coal and Natural Gas in Blast Furnace. ISIJ International, Vol. 39, nº 3, p. 229-238, 1999.
- 4 HYLE, F. W. Fuel injection in the Blast Furnace. USS Corporation Gary, In 4602, 1998. V&M do Brasil; p. 355-471, set. 2002.