

INJEÇÃO COMBINADA DE GÁS NATURAL E CARVÃO PULVERIZADO NO ALTO-FORNO 3 DA USIMINAS IPATINGA¹

Alexandre Alves Barbosa²
José de Sousa Carvalho²
Marco Aurélio Garcia Oliveira³
Beatriz Fausta Gandrá⁴
Heltom Muzzi Martins⁵

Resumo

O alto-forno vem sendo reinventado para se adequar a um cenário de escassez de matérias-primas de alta qualidade e de elevadas restrições de caráter ambiental. Aliado a isto, a siderurgia nacional a coque enfrenta barreiras associadas à sua competitividade (alto custo de matéria-prima e dependência dos carvões minerais importados) e a sua sustentabilidade. Este fato tem levado a busca por alternativas que reduzam estes impactos, e, dentre as possíveis alternativas, está a co-injeção de gás natural e carvão pulverizado em altos-fornos. Neste contexto, a Usiminas implantou o sistema de injeção de gás natural no Alto-Forno 3 de Ipatinga, aproveitando todo o potencial que a utilização deste combustível oferece aos reatores de produção de ferro primário. Dentre os benefícios obtidos, destacam-se: a estabilização de marcha; a redução do consumo específico de combustíveis; o aumento do poder calorífico do gás do alto-forno; melhoria da qualidade do gusa; e a redução da emissão de CO₂ e SO₂.

Palavras-chave: Alto-forno; Gás natural; Combustíveis.

CO-INJECTION OF NATURAL GAS AND PULVERIZED COAL IN USIMINAS' IPATINGA BLAST FURNACE 3

Abstract

The blast furnace is reinvented against a backdrop of low availability of high quality raw materials and environment control intensification. Combined to this, the domestic steel industry is facing barriers related to their competitiveness (high cost of raw materials and dependence on imported mineral coal) and sustainability. This fact has led the search for alternatives to mitigate these impacts and, among the possible alternatives, is the injection of natural gas and pulverized coal in blast furnaces. In this context, Usiminas implemented the natural gas injection system in Ipatinga's Blast Furnace 3, taking advantage the full potential of this fuel. Among the benefits, can be highlighted: stabilization; reduction of fuel rate; increasing the calorific value of blast furnace gas; hot metal quality improving; and reduction of CO₂ and SO₂ emissions.

Key words: Blast-furnace; Natural gas; Fuels.

¹ Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.

² Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, Engenharia de Processos da Redução; Usiminas Ipatinga, MG. Brasil.

³ Membro da ABM, Engenheiro de Metalurgista, Gerência Técnica de Redução; Usiminas Ipatinga, MG. Brasil.

⁴ Membro da ABM, Engenheira Metalurgista, M.Sc. Centro de Tecnologia da Usiminas; Ipatinga, MG. Brasil.

⁵ Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, Superintendência de Redução; Usiminas Ipatinga, MG. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A busca por alternativas que reduzam o custo de produção de aço é essencial para a indústria siderúrgica nacional, especialmente diante do cenário atual de acirramento competitivo entre as empresas do ramo. Pela estratificação dos custos de produção da siderurgia, fica claro que aquele relacionado à utilização de agente redutor nos altos-fornos é de grande impacto no resultado global de produção.

Para aumentar a competitividade do processo de produção de ferro primário por meio do alto-forno, as empresas são obrigadas a buscar alternativas que visem a redução dos custos de produção. Uma das formas possíveis é a redução do consumo específico de coque no reator, por meio do aumento da taxa de injeção de carvão pulverizado (PCI) ou da taxa de injeção combinada de carvão e gás natural. Conforme Lingiard, Giandoménico e Ametrano,⁽¹⁾ os benefícios obtidos com a utilização de combustíveis auxiliares via ventaneiras, tais como menor consumo de coque e aumento de produção, estão relacionados diretamente à melhoria dos indicadores da siderurgia.

Assim, a redução do consumo de combustíveis importados, ou sua substituição por fontes mais econômicas de geração de calor e gases, surge como peça fundamental no contexto de redução de custos. Nesse sentido o gás natural produzido no Brasil pode se tornar atrativo o suficiente para substituir parte significativa do carvão mineral importado consumido no processo de produção de ferro gusa em altos-fornos.

Para os altos-fornos com co-injeção de gás natural, merecem destaque as seguintes vantagens:

- aumento da produtividade;
- melhoria da qualidade do gusa;
- elevação do poder calorífico do gás de alto-forno; e
- redução da umidade de sopro. Todos esses parâmetros estão associados à redução do consumo específico de coque e/ou aumento da injeção de gás natural.

Além disso, é importante registrar alguns dos benefícios intangíveis, ou de difícil mensuração, que podem ser atribuídos ao uso do gás natural, tais como:

- estabilização de marcha;
- ausência de resíduos de combustão;
- redução da emissão de CO₂ e SO₂; e
- redução do manuseio de matérias primas.

Dessa forma, a injeção combinada de gás natural e carvão pulverizado através das ventaneiras, tornar-se interessante do ponto de vista técnico-econômico, em virtude das possibilidades que esta alternativa oferece num contexto geral de redução de custos.

No presente trabalho são apresentados os resultados operacionais preliminares do Alto-Forno 3 da Usiminas, considerando a co-injeção de gás natural e carvão pulverizado.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Características do Alto-Forno 3

O Alto-Forno 3 da Usiminas, planta de Ipatinga, nesta sua quarta campanha, foi projetado para 15 anos de operação, com uma produção estimada de 41 milhões de toneladas de gusa. Ao completar 11 anos e 6 meses de operação, a produção atingiu 32 milhões de toneladas de gusa com produtividade média de 2,4 t/dia.m³. Na Tabela 1 são apresentadas suas principais características.

Tabela 1. Principais características do Alto-Forno 3

Principais Características do AF3	
Volume interno (m ³)	3163
Volume de trabalho (m ³)	2722
Número de ventaneiras	30
Pressão de topo (kgf/cm ²)	2,5
Diâmetro do cadinho (m)	12,2
Perfuradores	Hidráulicos
Granulador de escória	INBA
Revestimento do cadinho	Ultra super micro-poro
Refrigeração	Staves
Canhões	PW
Blocos do furo de gusa	Carbono
Lanças de injeção	Dupla lança
Soprador	Turbo soprador (P _{máx} = 4,2 kgf/cm ²)
Topo	Duplo cone
Geração de energia	Turbina de topo

2.2 Características do Gás Natural

Na Tabela 2 é apresentada a composição do gás natural em diversos países. Devido à predominância do metano na composição do gás natural, as análises físicas e termodinâmicas podem ser aproximadas como se este fosse o único gás presente na mistura, sem comprometimento dos resultados.⁽²⁾

Tabela 2. Composição do gás natural bruto em alguns países⁽²⁾

ORIGEM	COMPOSIÇÃO EM VOLUME (%)						Densidade (kg/m ³)	Poder Calorífico Superior (MJ/Nm ³)
	Metano	Etano	Propano	Butano	CO ₂	N ₂		
País / Campo								
USA/Panh	81,8	5,6	3,4	2,2	0,1	6,9	-	42,7
Canadá	88,5	4,3	1,8	1,8	0,6	2,6	-	43,4
Rússia	97,8	0,5	0,2	0,1	0,1	1,3	-	39,6
Austrália	76,0	4,0	1,0	1,0	16,0	2,0	-	35,0
França	69,2	3,3	1,0	1,1	9,6	0,6	-	36,8
Venezuela	78,1	9,9	5,5	4,9	0,4	1,2	0,70	47,7
Argentina	95,0	4,0	-	-	-	1,0	0,57	40,7
Bolívia	90,8	6,1	1,2	-	0,5	1,5	0,60	38,8
Chile	90,0	6,6	2,1	0,8	-	-	0,64	45,2
Brasil								
Rio de Janeiro	89,44	6,7	2,3	0,5	0,3	0,8	0,62	40,2
Bahia	88,56	9,1	0,4	-	0,6	1,2	0,61	39,2
Alagoas	76,9	10,1	5,8	1,7	1,1	2,0	-	47,7
Rio Gr. do Norte	83,48	11,0	0,4	-	1,9	3,2	0,64	38,5

Espírito Santo	84,8	8,9	3,0	0,9	0,3	1,6	0,66	45,4
Ceará	76,05	8,0	7,0	4,3	1,1	1,5	-	52,4

Vale ressaltar que, o gás natural, sob todas as formas, é uma energia segura, uma vez que os índices de acidentes com esta matéria-prima são mais baixos que qualquer outra fonte de energia. As principais características físico-químicas que conferem segurança ao gás natural são:

- densidade – o gás natural tem densidade relativa inferior a 1,0 sendo portanto mais leve que o ar. Este fato tem importância decisiva para segurança, pois garante que o gás não se concentre;
- não toxicidade – desde que em baixos teores, o gás natural não é quimicamente tóxico. Sua ingestão ou inalação acidental não provoca danos à saúde. As substâncias componentes do gás natural são inertes no corpo humano, não causando intoxicação; e
- faixa estreita entre limites de inflamabilidade superior e inferior – significa dizer que, além de ser difícil atingir o limite inferior de inflamabilidade em um escapamento de gás natural em ambiente fechado, caso isso ocorra, a condição de diluição da mistura ar-gás natural que permita a auto-sustentação da combustão após uma incitação inicial é rapidamente perdida, pois logo se atinge o limite superior de inflamabilidade, o gás natural torna-se diluente do ar e livre da condição de combustão.

2.3 Aspectos Técnicos do Processo

2.3.1 Injeção combinada de gás natural e carvão pulverizado

Dentre as funções desempenhas pelo coque na operação do alto-forno, o papel de sustentação física e permeabilizador da carga são considerados da maior importância por determinar a produção e a eficiência do combustível no forno.⁽³⁾

Este papel não pode ser assumido por nenhum outro combustível. O coque é o único material carregado no alto-forno capaz de manter a permeabilidade do gás ascendente bem como da escória líquida e metal quente descendentes. Isto porque permanece sólido nas condições de altas temperaturas reinantes no forno e mantém níveis de resistência às diferentes solicitações que sofre no interior do reator. Entretanto, os papéis térmicos e químicos, podem ser exercidos em parte, por outros combustíveis líquidos (óleo combustível de petróleo e alcatrão de carvão mineral), gasosos de alto poder calorífico (gás natural e gás de coqueria) ou sólido (carvão mineral) todos injetados pelas ventaneiras do forno. Assim, esses combustíveis auxiliares também participam como fontes de gás redutor e calor para o processo de produção.

A determinação do tipo de material a ser injetado leva em consideração o custo, além de outros fatores que afetam direta ou indiretamente a economicidade da substituição de coque. São indicados na Tabela 3 alguns desses fatores para carvão, óleo e gás natural.

O gás natural, pelo seu próprio estado físico, praticamente não necessita de preparação para ser injetado no alto-forno. Esta característica é uma vantagem perante o carvão de injeção, que necessita de toda uma estrutura, navios, portos, pátios para desembarque, transporte ferroviário, armazenamento nos pátios da usina, sistema de moagem, silos para transporte com nitrogênio para, finalmente,

poder ser injetado através das ventaneiras do alto-forno, desde que os critérios de qualidade tenham sido atendidos.

Tabela 3. Comparação entre diferentes fatores para espécies de combustíveis⁽³⁾

Injetante	Carvão	Óleo	Gás Natural
Quantidade de Preparação Necessária	Maior → Menor		
Taxa de injeção com mudanças mínimas no nível das ventaneiras	Maior → Menor		
Combustão no <i>raceway</i>	Mais lenta → Mais rápida		
Natureza do carbono não queimado	<i>Char</i>	Fuligem	Nenhum
Efeito sobre o gusa	Cinza, enxofre	Baixo enxofre	Sem cinza e enxofre

Nesse contexto, analisando apenas a parte de preparação do combustível, pode-se dizer que o gás natural potencialmente favorece uma redução bastante significativa do custo final do gusa. Além disso, sem considerar a estrutura de manutenção necessária para a planta de moagem, correias, máquinas, entre outros, o custo de uma planta com gás natural não ultrapassa 10% do investimento gasto com sistema de preparação de carvão.

Como pontos operacionais favoráveis à utilização do gás natural co-injetado no alto-forno, ainda pode ser destacado:

- aumento de produtividade;
- elevada taxa de substituição de coque;
- maior estabilidade operacional;
- utilização de carga metálica menos preparada;
- ausência de resíduo de combustão;
- redução da carga térmica nas paredes devido estabilização de marcha;
- redução do carregamento de álcalis, enxofre, fósforo e cinzas no alto-forno;
- minimização de custo com manutenção, transporte e manuseio;
- eliminação de estoque;
- aumento do poder calorífico do gás de alto-forno; e
- redução da emissão de CO₂ e SO₂.

2.3.2 Taxa de substituição

O que se busca na prática é o equilíbrio na injeção do carvão pulverizado e do gás natural no alto-forno. Uma alternativa é o uso simultâneo deles, ou seja, a chamada co-injeção, cujo objetivo é aproveitar o melhor de cada combustível como, por exemplo, utilizar as vantagens do gás natural para otimizar a taxa de injeção de carvão, por meio de melhoria na eficiência de queima e assim, permitir uma maior taxa de substituição com redução do *coke rate*.

A taxa de substituição é determinada pela quantidade de coque que deixa de ser carregado no topo do alto-forno, em função da quantidade de combustível injetado pelas ventaneiras. Esta economia não é determinada pela simples substituição de um combustível pelo outro, uma vez que a injeção de combustíveis auxiliares pelas ventaneiras acarreta uma série de alterações no alto-forno, que levam a uma redução adicional no consumo global de energia nesse reator.

Estas alterações estão associadas a níveis térmicos dentro do alto-forno, tempo de residência da carga metálica e a proporção de hidrogênio no gás redutor. Este último é afetado diretamente quando se opera com injeção auxiliar devido à presença de

voláteis no carvão mineral pulverizado ou, no caso do gás natural a presença de hidrocarbonetos em sua composição.

Este fato indica que, a taxas moderadas de injeção, o carvão pulverizado induz a uma taxa de substituição próxima de 1, enquanto a injeção de gás natural deverá implicar em uma taxa de substituição de até 1,8 kg de coque por quilograma de gás injetado.⁽⁴⁾

Observa-se na Figura 1 que o aumento da taxa de injeção de qualquer combustível auxiliar promove uma redução da taxa de substituição, sendo mais acentuada para a injeção de carvão pulverizado.

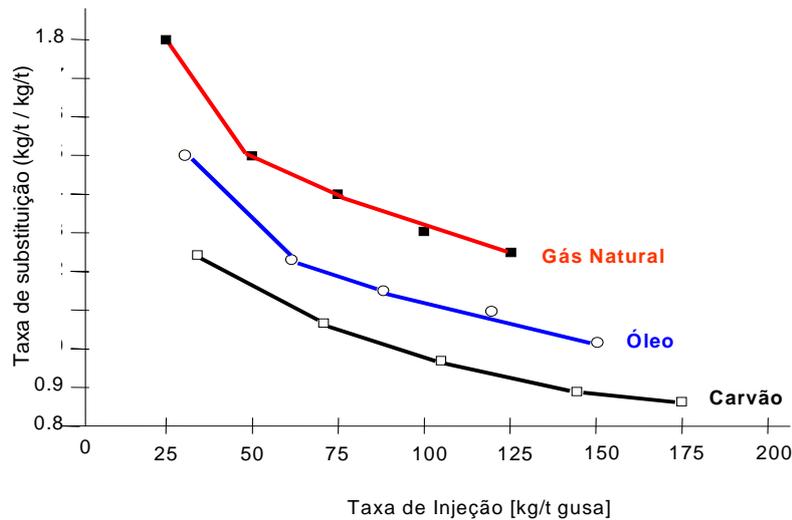


Figura 1. Relação entre a taxa de substituição e a taxa de injeção para diferentes combustíveis.⁽⁴⁾

2.3.3 Temperatura de chama

Observa-se (Figura 2) que, com a injeção de carvão pulverizado, o efeito de redução na temperatura de chama chega a ser até duas vezes menor do que a obtida com a injeção do gás natural. Por exemplo, para uma taxa injeção de carvão pulverizado (PC) 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.⁽⁵⁾

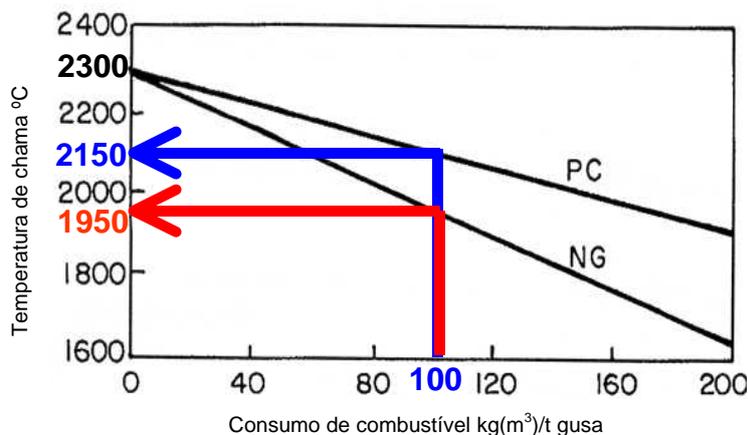


Figura 2. Redução da temperatura de chama com a injeção de carvão e de gás natural no alto-forno.⁽⁵⁾

A injeção de gás natural provoca uma queda nítida na temperatura de chama. Contudo, pode ser feita correção por meio de aumento na temperatura do ar soprado ou no enriquecimento de oxigênio do ar ou ainda pela redução da umidade de sopro.

Como na prática operacional da Usiminas a temperatura do ar soprado já trabalha no limite superior da capacidade de sopro dos regeneradores, restam apenas as ações voltadas para aumento do enriquecimento de oxigênio e redução da umidade de sopro. Desta forma, a definição da taxa de injeção a ser empregada para cada combustível depende principalmente da quantidade do enriquecimento de oxigênio disponível para os altos-fornos.

É válido ressaltar que novas tecnologias associadas à elevação da temperatura de chama estão em desenvolvimento no sentido de maximizar a capacidade de injeção de gás natural, como por exemplo, a utilização de aquecimento por plasma ou a desumidificação do ar soprado.

2.4 Instalações da Planta de Gás Natural na Usiminas

O sistema atual da estação de injeção de gás natural na Usiminas é composto principalmente por válvulas redutoras de pressão e controladora de vazão do gás natural, que alimenta 30 lanças (diâmetro de 10,5 mm) para injeção no Alto-Forno 3. A capacidade de injeção máxima, nestas condições, é de 11.500 Nm³/h (Figura 3). Dispostos a aumentar a vazão do gás natural será alterado o diâmetro das lanças de injeção de gás natural para 13 mm, dessa forma, espera-se atingir a vazão máxima de 18.000 Nm³/h e, assim, aumentar a relação de consumo específico de gás natural.

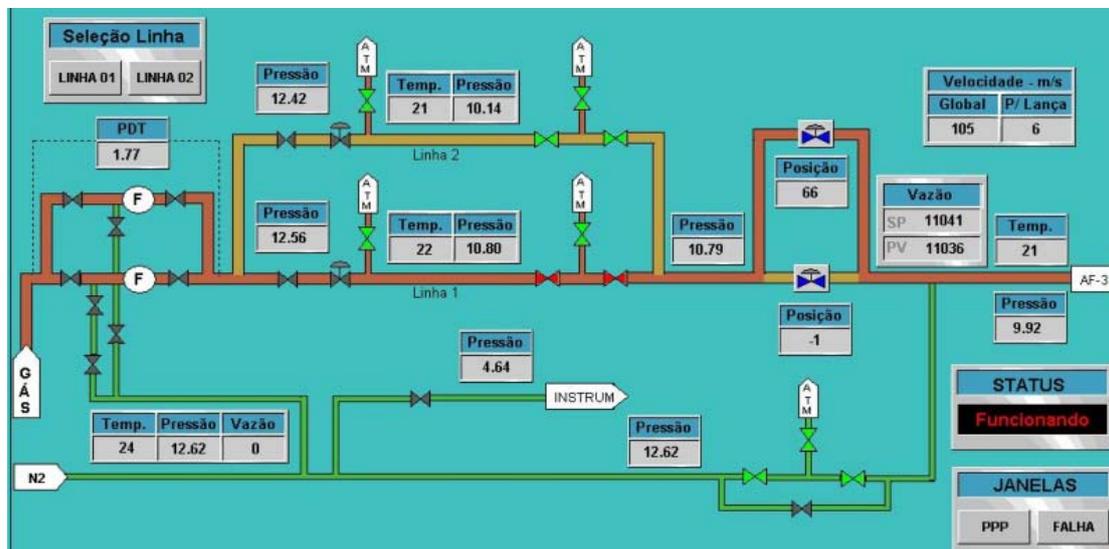


Figura 3. Fluxograma do processo de injeção de gás natural na Usiminas.

3 RESULTADOS

O início da operação do sistema de injeção de gás natural no Alto-Forno 3 da Usiminas foi em novembro de 2010, alcançando taxas médias específicas da ordem de 25 kg/t por tonelada de gusa, ou volume médio diário de injeção de aproximadamente 10.500 Nm³/h, com taxas médias de injeção de carvão pulverizado da ordem de 100 kg/t.

Os principais resultados operacionais obtidos no Alto-Forno 3 envolvem a estabilização de marcha, redução do consumo de combustíveis, aumento do poder calorífico do gás e a melhoria da qualidade do gusa, conforme é detalhado a seguir.

3.1 Estabilização de Marcha

Para representar a maior estabilização de marcha com o gás natural foram levantados dados médios de pressão de base e pressão de topo a cada hora em dois períodos, antes do início da injeção (antes GN) de 01/01/2010 a 27/11/2010 e após a introdução do gás natural (após GN) de 28/11/2010 a 31/04/2011, um total de 11.200 leituras.

Os dados gerados foram estabelecidos dentro do intervalo de controle superior e inferior de seis sigmas, e o resumo dos resultados é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Parâmetros para avaliação da estabilidade operacional

Período	Antes GN	Após GN
Produtividade (t/d/m ³)	2,18	2,20
Pressão Base Máx. (Kg/cm ²)	3,66	3,66
Pressão Base Média (Kg/cm ²)	3,21	3,13
Pressão Base Mín. (Kg/cm ²)	2,40	2,37
Desvio Padrão (pop.)	0,27	0,25
Limite Superior Controle (Kg/cm ²)	4,02	3,89
Limite Inferior Controle (Kg/cm ²)	2,40	2,37

Após o início da injeção de gás natural, mesmo com elevação da produtividade média para o período, é possível notar a redução média da pressão de base e do desvio padrão para a população de dados, o que reflete a maior estabilidade operacional no Alto-Forno 3.

Desta forma, com 99% de confiança, rejeita-se a hipótese nula, confirmando que a pressão média de base para o período posterior a instalação da planta de gás natural, é menor que a média do período anterior. Este parâmetro comprova a maior estabilidade operacional do Alto-Forno 3, alcançada após a introdução do gás natural.

3.2 Consumo de Combustíveis

Os dados de consumo de coque do Alto-Forno 3 a partir de 2009 são expressos na Figura 4. É possível observar que ocorre redução expressiva do consumo específico de coque a partir do início da operação da planta de injeção de gás natural, em relação ao fechamento dos anos de 2010 e de 2009.

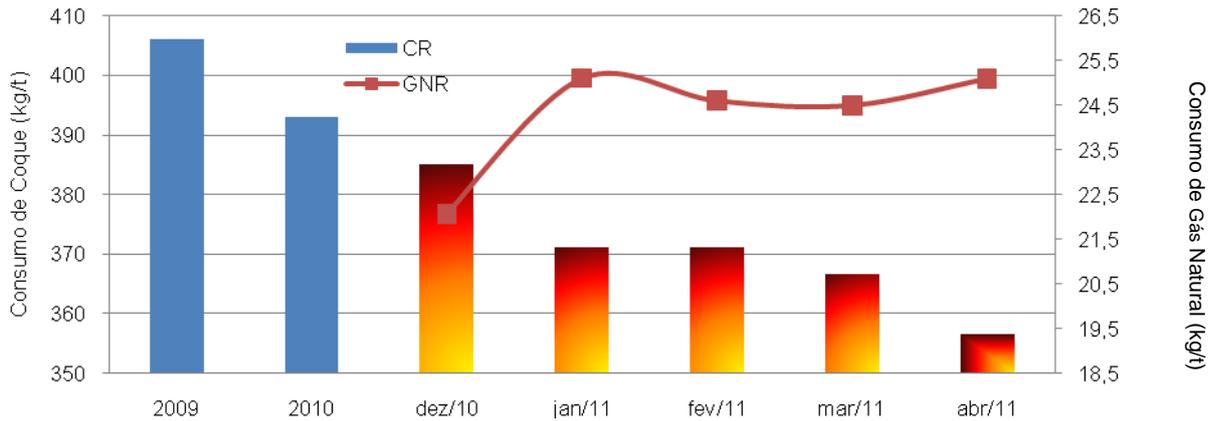


Figura 4. Relação entre consumo específico de coque e taxa de injeção de gás natural.

A redução do consumo específico de coque ainda passa por um período de declínio em função da estabilização dos parâmetros operacionais e também devido à mudança na forma como é conduzida a operação do forno. Fica claro que, a utilização do gás natural como fonte térmica e redutora pode contribuir de forma efetiva na redução do consumo específico de coque em função de algumas características inerentes ao gás natural.

Teores mais elevados de hidrogênio na mistura gasosa presente dentro do reator podem promover taxas mais altas de redução do óxido de ferro, particularmente na região de alta temperatura, onde as reações químicas são limitadas pela capacidade dos reagentes gasosos (CO e H_2) se difundirem, para dentro do material metálico.⁽⁶⁾ A difusividade do H_2 é significativamente mais alta do que a do CO e CO_2 (Tabela 5).

Tabela 5. Taxas de difusão de gases⁽⁶⁾

Difusividades (2000 °F, cm^2 / s)	H_2	CO	H_2O	CO_2
	10,5	3,0	4,4	2,8

Este fato reduz a quantidade de FeO que atinge a região de alta temperatura, minimizando, dessa forma, a redução por fusão (altamente endotérmica) e, conseqüentemente, a necessidade de coque durante o processo.

Um aspecto importante a ser registrado foi a redução na umidade do sopro. Isto porque, quando o vapor é injetado não se pode evitar que ele consuma coque devido à absorção de energia na ventaneira.

São representadas na Figura 5 as variações no volume médio de umidade do sopro durante o período anterior e posterior ao uso do gás natural injetado pelas ventaneiras. A partir do início da planta, a umidade de sopro passou a ser controlada apenas pela variação atmosférica.

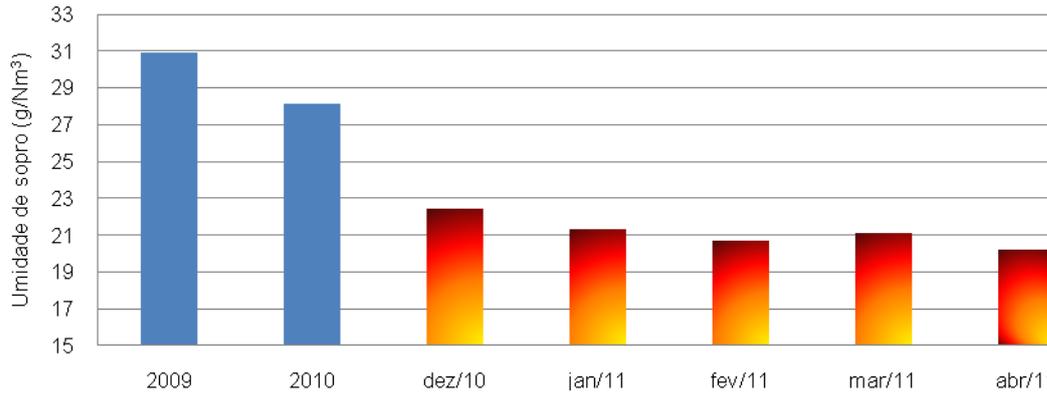


Figura 5. Umidade média de sopro no período antes e após a injeção de gás natural no Alto-Forno 3.

3.3 Poder Calorífico do Gás de Alto-Forno

Outro aspecto relevante associado ao gás natural é a elevação do poder calorífico inferior (PCI) do gás do Alto-Forno 3 (BFG), devido à elevação do hidrogênio na mistura de gases e, principalmente, a elevação da vazão de oxigênio no sopro, com a consequente redução da concentração de nitrogênio do gás de alto-forno (Figura 6).

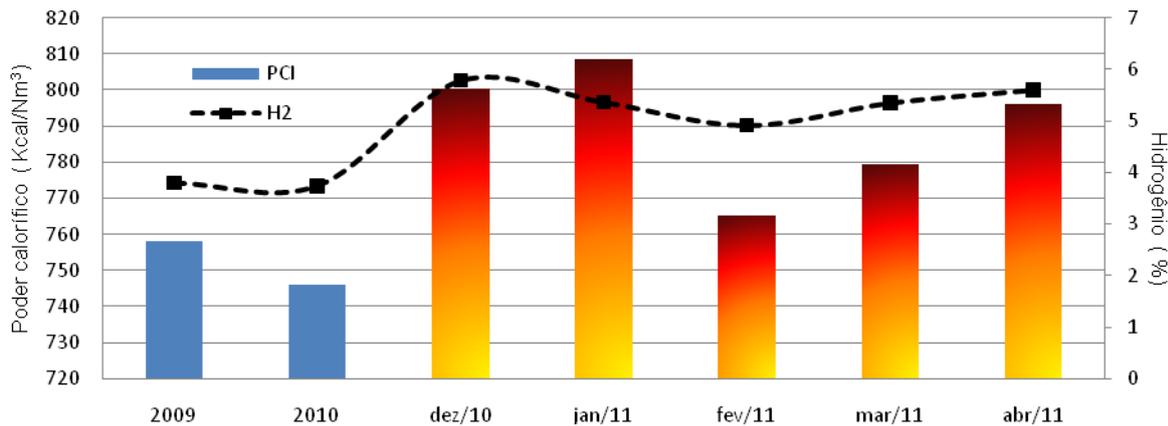


Figura 6. Relação entre poder calórico do gás de Alto-Forno e teor de hidrogênio.

A elevação do poder calorífico do BFG (*blast furnace gas*) foi verificada pela elevação da participação do gás do Alto-Forno 3 para aquecimento dos regeneradores, quando comparado a utilização do gás de coqueria.

Durante o período em questão, antes e após entrada em operação da planta de injeção de gás natural, a relação necessária para manter a temperatura de sopro mudou, ou seja, a partir da entrada do gás, foi necessário menos gás de coqueria na relação mista de gases consumida nos regeneradores.

3.4 Qualidade de Gusa

No aspecto de melhoria da qualidade do gusa, foi escolhido o enxofre para representar a vantagem de utilização do gás natural. Foram obtidos teores médios de enxofre das matérias-primas carregadas dos anos de 2009 e o acumulado até novembro de 2010, período antes do gás natural, e também as variações mensais após a introdução do sistema de injeção de gás natural (Figura 7). O carregamento

mais baixo de enxofre reflete-se na qualidade do gusa, mostrado em valores médios percentuais.

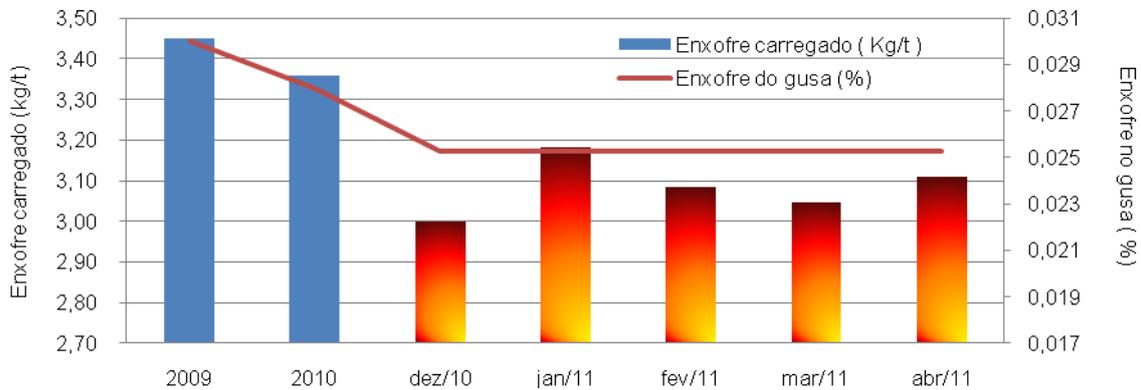


Figura 7. Carregamento médio de enxofre nas matérias-primas e teor médio de enxofre do gusa.

O teor médio de enxofre para os quatro primeiros meses de 2011 (janeiro a abril) foi de 0,024%, enquanto que a média de 2010 é de 0,028%, 0,030% em 2009. Ou seja, nos primeiros meses de 2011, a redução do teor de enxofre do gusa foi de 17% em relação a média anual de 2010, e 25% em relação a média de 2009. Parte deste benefício obtido pela redução média do enxofre, certamente está associado ao uso do gás natural no forno.

4 DISCUSSÃO

O diferencial competitivo que o uso do gás natural pode oferecer para a indústria siderúrgica nacional em face, principalmente, à substituição de importação de carvão mineral deve ser considerado no contexto atual. O aumento da utilização do gás natural pelas empresas siderúrgicas nacionais pode levar a um cenário de redução de custo unitário do gás, uma vez que a geração deste combustível tende a superar a demanda em longo prazo.

Particularmente no caso da Usiminas Ipatinga, a substituição de coque por gás natural ameniza o impacto gerado pela dificuldade de fornecimento do combustível dentro dos requisitos de qualidade especificados, em virtude do final de vida útil da coqueria 1 e reforma da coqueria 2.

Num exercício de cálculo, considerando que as cinco maiores usinas siderúrgicas do Brasil utilizem um mínimo de 40 kg/t de gás natural nos seus altos-fornos, o país deixaria de importar cerca de 1.000.000 t/ano de carvão. Certamente, este fato traria maior competitividade às indústrias nacionais, uma vez que uma série de vantagens estratégicas está associada ao uso do gás natural em substituição ao carvão mineral importado na siderurgia, dentre elas:

- maior disponibilidade logística portuária e de transporte;
- redução de estoques de carvão mineral;
- minimização de evasão de moeda; e
- redução da emissão de SO_x e de CO₂.

5 CONCLUSÃO

Os resultados técnicos/operacionais obtidos com a co-injeção do carvão mineral juntamente com o gás natural no Alto-Forno 3 da Usiminas Ipatinga, especialmente ganho de eficiência energética, levam a concluir que o consumo do gás melhora, de forma geral, os indicadores da área de produção de gusa, responsável por cerca de 65% do custo total de produção do aço.

Os benefícios mensuráveis são caracterizados principalmente pela redução do consumo de coque, com ganhos associados à redução global de custos, elevação do poder calorífico do gás de alto-forno e melhoria da qualidade do gusa, representada pela redução do teor médio de enxofre.

Como benefício intangível, a estabilização dos parâmetros operacionais do Alto-Forno 3, como variação de pressão e puxadas de carga, evidenciada pelos operadores, pode ser citada como sendo o efeito positivo mais pronunciado do uso do gás. Essa característica de estabilização de marcha proporcionada pelo gás natural permite que matérias-primas menos preparadas ou de qualidade inferior possam ser utilizadas de forma balanceada, sendo seus efeitos absorvidos de forma mais suave, comparativamente a operação exclusiva com carvão pulverizado.

Entretanto, a relação econômica entre os combustíveis de injeção pelas ventaneiras (carvão e gás natural) pode viabilizar ou impedir a utilização plena do gás natural pelas indústrias siderúrgicas nacionais.

REFERÊNCIAS

- 1 LINGIARDI, O., GIANDOMÉNICO, F., AMETRANO, R. *et al*, "Injection of Natural Gas at High Rates into Blast Furnaces No. 1 and 2 at Siderar S.A.I.C. with Low Productivity Levels". 5th IAS Ironmaking Seminar, San Nicolas, Argentina. nov. 2005.
- 2 GasNet. GasNet o site do gás natural. Disponível em www.gasnet.com.br. Acesso em: 02 mai. 2011.
- 3 POVEROMO, J. J. "Operational Considerations for High Level Blast Furnace Fuel Injection". Ironmaking Conference Proceedings; p. 79-92, 1996.
- 4 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.
- 5 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.
- 6 HYLE, F. W. Fuel injection in the Blast Furnace. USS Corporation Gary, In 4602, 1998. V&M do Brasil; p. 355-471, set. 2002.