



# OPERAÇÃO DO GASÔMETRO DE GÁS DE ALTO-FORNO COM GÁS DE ACIARIA<sup>1</sup>

William Genelhu Sampaio<sup>2</sup>  
Waldir Smith Valentino<sup>3</sup>

## Resumo

A Usina Intendente Câmara, uma das plantas da USIMINAS, localizada em Ipatinga, MG, opera a sua malha de gases de processo com dois gasômetros de Gás de Coqueria (COG) com selagem a óleo, um gasômetro de Gás de Alto-Forno (BFG) com selagem a graxa e um gasômetro tipo telescópio com selagem à água para Gás de Aciaria (LDG). Durante o grande reparo do gasômetro de LDG, este gás seria totalmente queimado nas torres de combustão por um período de cinco meses. Em decorrência desta perda, o custo com combustível complementar adicional e as intervenções no ritmo de produção da Laminação de Tiras a Quente, seu maior consumidor, seriam elevados. Este trabalho apresenta a filosofia e os pilares que mitigaram estas perdas, destacando como foi possível operar o gasômetro de BFG com LDG, a economia alcançada e experiências adquiridas com o processo.

**Palavras-chave:** Combustível; Gasômetro; Matriz energética.

## OPERATION OF BLAST FURNACE GAS (BFG) GASHOLDER WITH LD GAS (LDG)

### Abstract

The Intendente Câmara plant, one of Usiminas steel works, located in Ipatinga - MG, operates its network of process gases with two Coke-Oven Gas (COG) oil-seal gasholders, one Blast Furnace Gas (BFG) oil-seal gasholder and a LD gas (LDG) telescope type gasholder. During the repair of LDG gasholder, this gas would be completely burned in the flares for a period of five months. Due to this loss, the cost of additional fuel and interventions in the production rhythm of the Hot Strip Mill, its biggest consumer, would be high. This paper presents the philosophy and pillars that mitigated these losses, highlighting how it was possible to operate the BFG gasholder with LDG, the achieved economy and lessons learned from the process.

**Key words:** Combustible; Gasholder; Energetic matrix.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 31º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 25º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 17 a 20 de agosto de 2010, Foz do Iguaçu, PR

<sup>2</sup> Supervisor de Energia e Utilidades da USIMINAS, Ipatinga, MG.

<sup>3</sup> Engenheiro de Produção Sênior da Superintendência de Energia e Utilidades da Usiminas, Ipatinga, MG.



## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de gases combustíveis (COG, BFG e LDG) da Usina 1 possui quatro gasômetros em operação. São dois de para COG um para BFG e um para LDG. Periodicamente os gasômetros são liberados para atender planejamento de paradas para manutenção preventiva destes equipamentos. Como são dois os gasômetros de COG, na época de manutenção o BFG sempre foi utilizado no de maior volume de COG.

Ao longo de anos de operação do gasômetro de LDG, o período de intervenção de cada manutenção periódica era pequeno e realizado em paralelo com a parada para grande reparo de seu maior consumidor, a Laminação de Tiras a Quente. A reforma completa do gasômetro de LDG demandaria cinco meses e afetaria o desempenho operacional da Usina.

Este trabalho objetiva demonstrar como foi possível utilizar o gasômetro de BFG com o gás LDG, para minimizar os impactos na matriz energética e custos. Fato inédito em razão do tipo de vedação.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Matriz Energética

As usinas integradas a coque têm como principal fonte energética o carvão mineral (energia primária). Do processo de coqueificação à produção de aço líquido, são gerados gases combustíveis (energia secundária) que são utilizados pelas próprias unidades geradoras e também aproveitados nos demais processos produtivos do parque industrial, o que proporciona um melhor equilíbrio de sua matriz energética. A utilização mais frequente dos gases de Coqueria (COG), Alto Forno (BFG) e Aciaria (LDG) é realizada em fornos de reaquecimento, fornos de tratamento térmico, sistemas de geração de vapor/termoelétricas. Para um melhor aproveitamento desses gases, é necessário conhecer o perfil de geração dos mesmos, bem como a demanda de cada gás por processo.

Outras fontes energéticas, tais como os gases do ar e os derivados de petróleo, necessárias ao processo produtivo, são obtidas de terceiros e, portanto sofrem as influências das leis de oferta e demanda o que afeta diretamente os custos operacionais das usinas.

Associado aos aspectos econômicos, o melhor aproveitamento energético contribui para a preservação do meio ambiente, para o qual, as usinas siderúrgicas têm um potencial significativo de contribuição. Baseada no princípio de equilíbrio, a Usina 1 forjou sua filosofia para a gestão energética:

“Otimizar os recursos energéticos gerados internamente, observando os impactos ambientais e reduzindo ao mínimo a dependência externa de energia”. A Figura 1 apresenta, de forma esquemática, o fluxo simplificado da Matriz Energética da Usina 1.

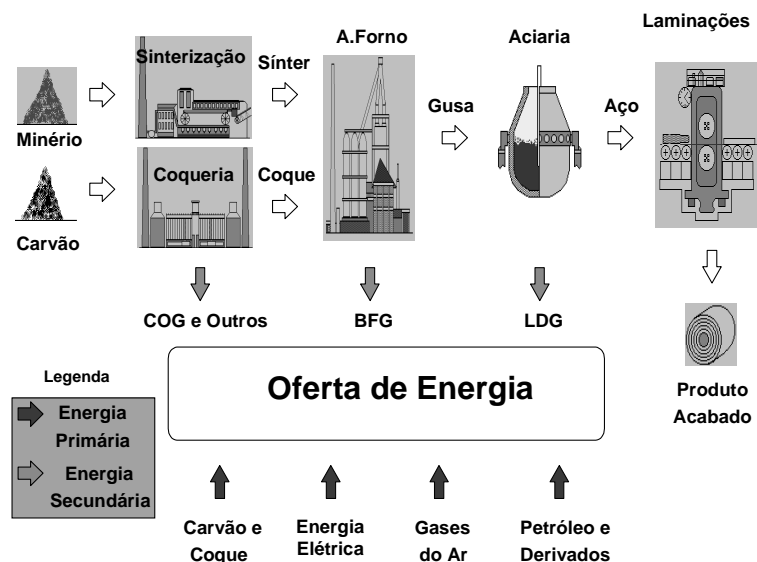


Figura 1. Fluxo simplificado da matriz energética da Usina 1.

Ao longo dos 45 anos de operação da Usina 1, atenta às exigências do mercado, foram introduzidas unidades que agregaram qualidade e desempenho aos seus produtos. Em todas as fases, o uso da energia foi analisado sob a ótica dos aspectos técnicos, ambientais e econômicos.

## 2.2 Importância do LDG na Matriz Energética da Usina 1

É utilizado como combustível nas Coquerias, Caldeiras e na Laminação de Tiras a Quente. Para distribuir esse gás nas pressões e vazões desejadas, o Centro de Energia conta com gasômetro, Boosters e Precipitador Eletrostático.

Para as Coquerias consumirem LDG foi necessária a instalação de um Precipitador Eletrostático (P.E) para reduzir o teor pó de 50mg/Nm<sup>3</sup> para <10mg/Nm<sup>3</sup> por que as partículas ferrosas do LDG afetam o refratário das Coquerias diminuindo assim sua vida útil. A sua utilização nas Coquerias permite a liberação de COG para outras áreas, reduzindo a utilização de óleo combustível. Na Laminação de Tiras o LDG contribui para reduzir diretamente o consumo de óleo combustível e COG. Nas Caldeiras, reduz o consumo de óleo combustível também.

A produção de LDG não é constante, por conseqüência há muita variação na sua distribuição. Este combustível é disponibilizado na seguinte ordem:

- 1º: Liberar para as Coquerias;
- 2º: Liberar para a Laminação de Tiras a Quente; e
- 3º: Liberar para a Caldeira;

A falta de LDG ocorre quando há a parada ou intervalo de corrida maior de algum convertedor e esta falta é administrada com redução e/ou corte das áreas consumidoras seguindo a seguinte prioridade:

- 1º: Cortar das Caldeiras substituindo-o por Óleo;
- 2º: Cortar da Laminação de Tiras a Quente substituindo-o por Óleo e/ou COG/BFG; e
- 3º: Cortar das Coquerias substituindo-o também por COG/BFG.

Ressalta-se que todas estas movimentações acima dependem do tempo de disponibilidade do gás e da avaliação de todo o balanço de combustível para tomada de decisão. A queima deste gás é feita diretamente nas Aciarias pelas Torres locais.

Há duas Torres sendo uma para cada Aciaria e a queima ocorre quando o Gasômetro atinge nível alto (42.500m<sup>3</sup>) ou por solicitação de Centro de Energia devido alguma anormalidade.

### 2.3 Flexibilidades do Sistema de Gasômetros

Conforme o porte do sistema de gases de processo em uma usina siderúrgica há opção de intercâmbio entre Gasômetros de gases diferentes.

No caso da Usina 1, a configuração de alocação de gás quando certo Gasômetro está em manutenção segue as seguintes opções:

Operação normal:

- Gasômetro 30.000m<sup>3</sup> ➡ COG;
- Gasômetro 40.000m<sup>3</sup> ➡ COG;
- Gasômetro 150.000m<sup>3</sup> ➡ BFG;
- Gasômetro 45.000m<sup>3</sup> ➡ LDG;

Gasômetro de 30.000m<sup>3</sup> em manutenção (não há intercâmbio):

- Gasômetro 40.000m<sup>3</sup> ➡ COG;
- Gasômetro 150.000m<sup>3</sup> ➡ BFG;
- Gasômetro 45.000m<sup>3</sup> ➡ LDG;

Gasômetro de 40.000m<sup>3</sup> em manutenção (não há intercâmbio):

- Gasômetro 30.000m<sup>3</sup> ➡ COG;
- Gasômetro 150.000m<sup>3</sup> ➡ BFG;
- Gasômetro 45.000m<sup>3</sup> ➡ LDG;

Gasômetro de 150.000m<sup>3</sup> em manutenção (há intercâmbio):

- Gasômetro 30.000m<sup>3</sup> ➡ COG;
- Gasômetro 40.000m<sup>3</sup> ➡ **BFG**;
- Gasômetro 45.000m<sup>3</sup> ➡ LDG;

Até 2008 não tínhamos a experiência ou a informação de utilizar um gasômetro de vedação a óleo ou graxa com LDG.

As preocupações com a conservação de lonas ou chapas de atrito do sistema de vedação dos gasômetros de selagem a óleo ou graxa nunca nos permitiram a fazer esta operação. Em função do plano de manutenção preventiva de 2008 ter previsto a parada programada do Gasômetro de BFG, foi articulada a possibilidade de executá-la após a parada do gasômetro de LDG.

A primeira ação foi consultar fabricantes de gasômetros cujo retorno foi que não haveria maiores restrições pelo curto tempo de utilização do gasômetro de BFG com LDG e a sua posterior parada programada para manutenção geral.

Em seguida foi criada uma equipe matricial composta por pessoal da operação, segurança, instrumentação, automação, manutenção e projeto para estudar, planejar e executar esta tarefa.

O êxito desta tarefa permitiria mais uma opção de flexibilidade do sistema de gasômetros:

Gasômetro de 45.000m<sup>3</sup> em manutenção:

- Gasômetro 30.000m<sup>3</sup> ➡ COG;
- Gasômetro 40.000m<sup>3</sup> ➡ BFG;
- Gasômetro 150.000m<sup>3</sup> ➡ **LDG**;



**Tabela 1.** Principais características dos gasômetros

Gás	COG	COG	LDG	BFG
Capacidade (m <sup>3</sup> )	30.000	40.000	45.000	150.000
Vol. operacional mínimo (m <sup>3</sup> )	10.000	10.000	6.000	30.000
Altura (m)	55,0	57,7	42,0	98,5
Ø m	30,282	33,997	49,0	51,2
Chapas/estágio	55 ch	57 ch	3 estágios	42 ch
m <sup>3</sup> /Chapa	545	702	16.000 / 32.000 / 42.500	3.571
Pr. mmH <sub>2</sub> O	380	380	215 / 300 / 380	380
Fabricante/Tipo	MAN	MAN	KAWASAKI/Telescópio	MITSUBISHI
Selagem (vedação)	Talpa 30	Talpa 30	Água	Graxa
Nº Exaustões	2	2	-	16
Vazão exaustões (N/m <sup>3</sup> )	35.000	35.000	-	510.000

## 2.3 Preparativos, Manutenção e Operação

### 2.3.1 Fatores que contribuíram para a interligação do sistema de LDG com o gasômetro de BFG

- As características dos dois gases são similares no tocante aos componentes químicos variando apenas os percentuais. As pressões nas redes de recebimento de BFG e LDG são compatíveis com a operação dos gasômetros;

**Tabela 2.** Características do BFG e LDG

Gás	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	Massa específica	Pressão
BFG	1,92(%)	0,02 (%)	53,42 (%)	23,10 (%)	21,52 (%)	1,35 (Kg/Nm <sup>3</sup> )	360 (mmca)
LDG	1,31(%)	0,09 (%)	18,65 (%)	64,29 (%)	15,51 (%)	1,34 (Kg/Nm <sup>3</sup> )	200 a 380 (mmca)

- a proximidade entre os dois sistemas permitiu que as interligações através de tubulações fossem de baixo investimento e com poucas interferências com outros equipamentos existentes na área; e
- parecer favorável do fabricante quanto à operação do gasômetro de BFG com LDG pelo período previsto.

### 2.3.2 Medidas de segurança

- Instalação de dois sensores de CO visando à monitoração da atmosfera acima do pistão do gasômetro de BFG devido o percentual de monóxido de carbono no LDG ser substancialmente maior que o de BFG. Com o risco de um eventual vazamento de LDG, a concentração de monóxido de carbono naquele espaço confinado, poderia atingir mais facilmente o Limite Inferior de Explosividade (LIE que é de 12,5%);
- instalação de rede de Nitrogênio acima do pistão para o caso de necessidade de expurgo. Esta medida é complementar a citada no item a visando neutralização da atmosfera no caso de uma necessidade;
- instalação de um sistema de medição do nível do gasômetro a laser com 3 pontos visando uma medição confiável e verificação da inclinação do pistão;
- inspeções mais freqüentes do sistema de vedação do pistão durante o período de operação com o LDG; e

- instalação de Oxímetro na rede de LDG anterior ao Precipitador Eletrostático para monitoramento de percentual de oxigênio no LDG.

### 2.3.3 Ações tomadas nas aciarias para evitar picos na concentração de oxigênio no LDG

#### Aciaria 1

- Anteriormente o tempo para recuperação de LDG era limitado entre 03 e 18 minutos de sopro de oxigênio nos convertedores. Para evitar o risco de excesso de oxigênio, o tempo foi limitado entre 03 e 15 minutos de sopro;
- reduzido de 2% para 1% o interlock para cortar a recuperação de gás por alto teor de O<sub>2</sub>;
- diminuído o tempo de corte da recuperação de LDG por alto teor de oxigênio de 15 para 5 segundos; e
- Acrescentado tempo de 30 segundos para início da recuperação de gás, quando o teor de oxigênio atingir o patamar de 1% para início de recuperação.

#### Aciaria 2

- Os tempos de recuperação de gás nos convertedores foram reduzidos de 1,5 a 11 minutos para 2 a 10 minutos.

### 2.3.3 Modificações no sistema de tubulações

Para operar o gasômetro de BFG com LDG, foram necessários projeto, construção e instalação das seguintes tubulações e acessórios de aço carbono:

- 30m de tubulação de 2600 mm de diâmetro para interligação da rede de recebimento de LDG ao selo d'água de entrada/saída do gasômetro de BFG;
- 150m de tubulação de 1200 mm de diâmetro na rede de sucção dos Boosters;
- 1 selo d'água de 1200 mm de diâmetro na rede de sucção dos Boosters; e
- 1 flange cego 2600 mm de diâmetro para isolamento da rede de BFG na entrada do gasômetro.

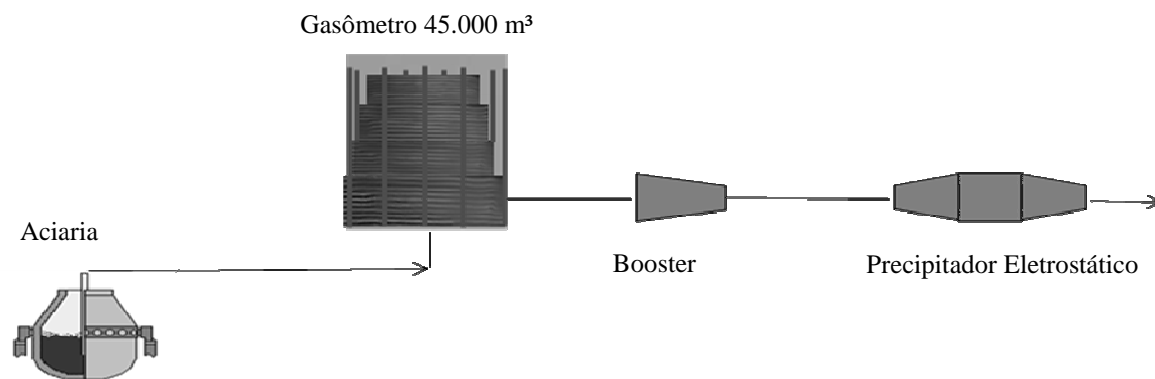
### 2.3.4 Intertravamentos de sinais

- Sinal de nível do Gasômetro de BFG com o sistema de recuperação de gás nas Aciarias 1 e 2 para corte por nível alto; e
- Sinal de nível do Gasômetro de 150 com os Boosters de LDG para desligamento automático dos compressores por nível baixo.

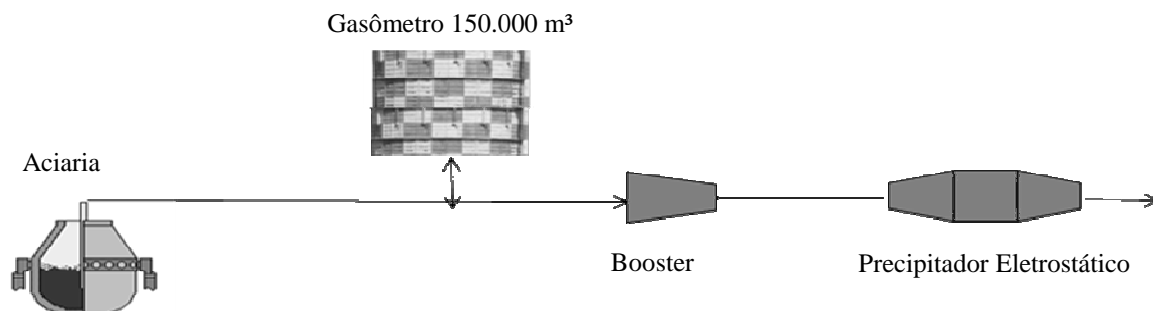
### 2.3.5 Automação e instrumentação

- Adequação das Telas nas estações supervisórias e de operação dos sistemas de combustíveis no Centro de Energia.

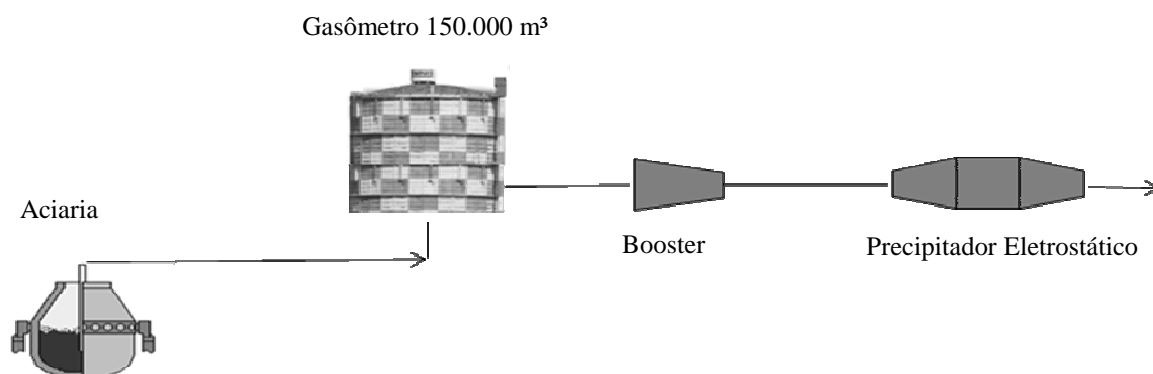
### 2.3.6 Fluxogramas simplificados das modificações implementadas



**Figura 2.** Fluxo de rotina do LDG no gasômetro 45.000 m<sup>3</sup>.



**Figura 3.** Fluxo de LDG (concepção inicial) com gasômetro 150.000 m³.



**Figura 4.** Fluxo de LDG (concepção final) para diluição de possível concentração anormal de oxigênio com gasômetro 150.000 m³.

### 3 RESULTADOS

A recuperação do LDG no período de manutenção do gasômetro de 45.000 m³ evitou o consumo de quase 18.000 toneladas de óleo combustível que seriam necessários para a complementação da matriz energética.

**Tabela 3.** Economia de óleo combustível

Economia de óleo combustível			
	Toneladas		
Período	Real	Calculado	Economia
abr/08	11.350 t	13.018 t	1.668 t
mai/08	11.407 t	13.867 t	2.460 t
jun/08	11.387 t	14.914 t	3.527 t
jul/08	12.753 t	17.026 t	4.273 t
ago/08	13.655 t	17.107 t	3.452 t
set/08	9.604 t	12.032 t	2.428 t
Acum.	70.156 t	87.964 t	17.808 t
Média	11.693 t	14.661 t	2.968 t

### 4 DISCUSSÃO

Durante o grande reparo do gasômetro de 45.000 m³ o aproveitamento de LDG elevou em 8,8% devido, principalmente, ao maior tempo de alocação deste combustível nas áreas consumidoras.

Com o Gasômetro de 45.000 m<sup>3</sup> em operação é necessário antecipar o corte do consumo de LDG quando há paradas de um ou mais convertedores, visando garantir consumidores prioritários por maior tempo.

O Centro de Energia operando com o Gasômetro de 150.000 m<sup>3</sup> com o LDG, mesmo aguardando a recuperação das Aciarias na maioria das vezes pode manter este combustível garantindo de forma segura a estabilidade operacional das áreas sem efetuar nenhum corte, obtendo um melhor aproveitamento e maior volume recuperado devido a:

- Menor índice de corridas não recuperadas por alta-pressão que ocorrem quando há corridas em paralelo de convertedores das Aciarias; e
- Menor ocorrência de interrupção de recuperação de gás por nível alto do gasômetro.

A utilização do gasômetro de BFG com LDG contribuiu de forma consistente na manutenção do equilíbrio da matriz energética vigente.

**Tabela 4.** Comparativo da produção, consumo e aproveitamento de LDG

LDG		gas. de 45.000 m <sup>3</sup>	gas. de 150.000 m <sup>3</sup>	diferença	
Recuperado	Nm <sup>3</sup> /h	41464	43422	1958	4,7%
Consumo	Nm <sup>3</sup> /h	28152	32302	4150	14,7%
Aproveitamento	%	68,4	74,4	6	8,8%
Período		jan a dez de 2007	abr a ago de 2008		

## 5 CONCLUSÃO

A operação do gasômetro de BFG com o gás LDG propiciou a garantia da estabilidade operacional da Usina 1, um bom resultado financeiro e aprendizagem das equipes envolvidas no desenvolvimento deste projeto.

A experiência com a rotina diária comprova que a falta deste gás muitas vezes leva à limitação do ritmo operacional em áreas de produção como Laminação à Quente, Recozimentos, Fornos de Tratamento Térmico e Centrais Termelétricas.

O desempenho operacional da Usina 1 teria sido impactado durante o grande reparo do gasômetro de 45.000 m<sup>3</sup> caso não tomássemos a ação de operar o gasômetro de BFG com LDG.