

MELHORIAS PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA DO APROVEITAMENTO DE GASES SIDERÚRGICOS NA CST ARCELOR BRASIL ¹

Alexandre Rosado Barbosa²
Helder Vieira da Silva³
Jorge L. Mattos Bittencourt³
Junio Graciano H. de Siqueira⁴
Osmar Vicente Sossai⁵

Resumo

Desde o início de operação da CST Arcelor Brasil as energias e utilidades são operadas e gerenciadas pelo Centro de Energia. Os gases siderúrgicos produzidos internamente são primeiramente destinados ao atendimento dos diversos processos de produção, conforme Plano de Produção da Usina, e a produção adicional é direcionada para a geração de energia elétrica e mecânica (ar soprado para o Alto-Forno 1) e vapor para o processo. Assim é desafio do Centro de Energia otimizar o aproveitamento da disponibilidade variável dos gases siderúrgicos, resultando em maior geração de energia elétrica nas Centrais Termoelétricas da CST e minimizando suas perdas. Desta forma, o objetivo deste trabalho é apresentar ao público ABM as melhorias de baixo custo implantadas pela CST Arcelor Brasil em 2005 que resultaram no aumento da eficiência do aproveitamento de gases siderúrgicos.

Palavras-chave: Eficiência; Gás; TRT.

IMPROVEMENTS FOR THE INCREASE OF THE ENERGY EFFICIENCY IN THE UTILIZATION OF SIDERURGICAL GASES IN THE ARCELOR BRAZIL CST

Abstract

Since the beginning, Arcelor Brazil CST dispatches all the siderurgical gases through its Energy Center. These gases, produced internally by the process, are firstly destined to upstream production processes, and the overplus is dispatched for the electric energy generation. So, one of the challenges of the Energy Center is to optimize the utilization of the changeable availability of gases, to goal the enhancement of the electric generation and the reduction of gases losses. Thus, the objective of this work is to present the low cost improvements implanted by Arcelor Brazil CST in 2005 that permitted to reach a better level of energy efficiency in the gas utilization.

Key words: Efficiency; Gas; TRT.

1 *Contribuição técnica ao XXVII Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades da ABM, Porto Alegre, RS, 16 a 18 de agosto de 2006.*

2 *Especialista de Utilidades do Departamento de Apoio Operacional da CST Arcelor Brasil - Vitória - ES*

3 *Gerente de Seção da Distribuição de Utilidades do Departamento de Apoio Operacional da CST Arcelor Brasil - Vitória - ES*

4 *Gerente de Divisão de Utilidades do Departamento de Apoio Operacional da CST Arcelor Brasil - Vitória - ES*

5 *Supervisor de Distribuição de Utilidades do Departamento de Apoio Operacional da CST Arcelor Brasil - Vitória - ES*

1 INTRODUÇÃO

O Centro de Energia da CST Arcelor Brasil é composto de três unidades operacionais distintas, porém de grande inter-relação na busca do objetivo de melhor aproveitamento das energias e utilidades. Estas unidades são: Distribuição de Energia Elétrica, Distribuição de Combustíveis e Vapor e Tratamento e Distribuição de Águas.

Assim, o Centro de Energia é responsável, por exemplo, pelo despacho ótimo dos gases siderúrgicos (gás de alto-forno, gás de aciaria e gás coqueria), conciliando a geração versus consumo, de forma a ordenar o balanço equilibrado e evitando os extremos de falta de atendimento ou de desperdício, e, dessa forma, maximizar a produção de energia elétrica e minimizar as perdas de gases.

2 OBJETIVO

Apresentar ao público ABM as melhorias de baixo custo implantadas pela CST em 2005 que resultaram no aumento da eficiência do aproveitamento de gases siderúrgicos.

3 METODOLOGIA

3.1 Identificação dos Motivos

A operação das diversas áreas da CST produz variações dinâmicas no balanço de gases e de energia elétrica da Usina, com potencial possibilidade de perdas no caso de um despacho de má qualidade.

Continuando a história da CST Arcelor Brasil na busca do aproveitamento máximo dos derivados do carvão, foi criado em março de 2005 um método de verificação diária dos motivos de perda de gás, o que se tornou um dos indicadores básicos para diagnosticar um despacho não ótimo.

A Tabela 1 (dividida em Tabelas 1a em 1b, para melhor visualização) fornece exemplo desta verificação, para valores acumulados no mês de julho de 2005. Neste exemplo, 53,7% da perda de gás, em Gcal, é em função de condições de processo, como parada de produção do Laminador de Tiras a Quente - LTQ ou de Central Termoelétrica, que são grandes consumidores de gás. Desta forma, sobre esta parcela de energia perdida não há solução, visto que, simplesmente, o consumo está abaixo do total gerado. Porém pôde-se verificar que uma importante parcela da energia perdida (18,2%, dos 11.701 Gcal totais) foi, neste exemplo, em função do limite de envio de energia elétrica para o sistema da concessionária, por segurança operacional da Usina em caso de desconexão com o Sistema Elétrico Nacional. Esta condição será melhor explorada no item seguinte.

Tabela 1^a. Exemplo de verificação de motivos de perda de gás. Valores acumulados de julho de 2005.

Cód.	Justificativa	Nº Ocor.	Gcal (Gases)	
			Acumulado	%
1	Forno da Calcinação parado			
2	Limpeza de selo d'água na CTE			
3	Limitação de PCI do BFG para CTE's			
4	Parada da CTE e LTQ	17	967,2	8,2%
5	Parada de Unidade da CTE	45	1.935,4	16,5%
6	Limitação injeção simultânea MG/LDG na CTE	64	806,1	6,9%
7	LTQ parado	72	2.693,2	22,9%
8	Redução de consumo no LTQ	19	297,5	2,5%
9	Desarme do Forno de Reaquecimento (LTQ).			
10	Desarme sistema Mistura			
11	Redução Geração por alerta tempestade	1		
12	Abertura da interligação (52.100/52.900)	1	56,9	0,5%
13	Controle de Fluxo de energia (52.100/900)	58	2.132,4	18,2%
14	Partida do A. Forno 1	7	426,6	3,6%
15	Redução no Consumo de gases no Alto Forno 1	7	121,2	1,0%
16	Problema HS Altos Fornos	1	19,7	0,2%
Sub Total Dia			9.456,2	80,5%

Tabela 1b. Exemplo de verificação de motivos de perda de gás. Valores acumulados de julho de 2005.

Cód.	Justificativa	Nº Ocor.	Gcal (Gases)	
			Acumulado	%
17	Redução no Consumo de gases no Alto Forno 2	10	10,2	0,1%
18	Falha no controle das Torres			
19	Teste das Torres de queima			
20	Abertura Automática por Temperatura Alta Gás	50	50,0	0,4%
21	Parada do gasômetro de LDG			
22	Limitação no Sistema de Distribuição de LDG	898	897,9	7,6%
23	Abertura Torre COG p/ Corrente alta no Booster	1	0,8	0,0%
24	Retorno LD à operação após manutenção	538	538,0	4,6%
25	Corrida Seqüencial	63	63,1	0,5%
26	Parâmetros impeditivos de Recuperação	558	558,4	4,8%
27	Parada do gasômetro de COG	37	36,7	0,3%
28	Parada do gasômetro de BFG			
29	Redução de consumo na Coqueria			
30	Procedimento de parada do Alto Forno 1	90	90,2	0,8%
31	-			
32	-			
Sub Total Dia			2245,3	19,1%

3.2 Perda de Gás por Limitação de Envio ao Sistema Elétrico Nacional

A perda de gás por limitação de envio ocorre quando há necessidade de redução de geração interna de energia para controlar o limite máximo de energia elétrica enviada para o sistema da concessionária. Este parâmetro é importante para a segurança da Central Termoelétrica - CTE, pois, em caso de desconexão intempestiva entre os sistemas elétricos da concessionária e o da CST, este montante de sobra tem que ser eliminado pela Central Termoelétrica pela rejeição de vapor das caldeiras. Sendo que o desrespeito a estes limites pode causar um blecaute total na Usina.

A Figura 1 fornece exemplo da situação descrita acima, que ocorre principalmente na parada de um grande consumidor de energia elétrica.

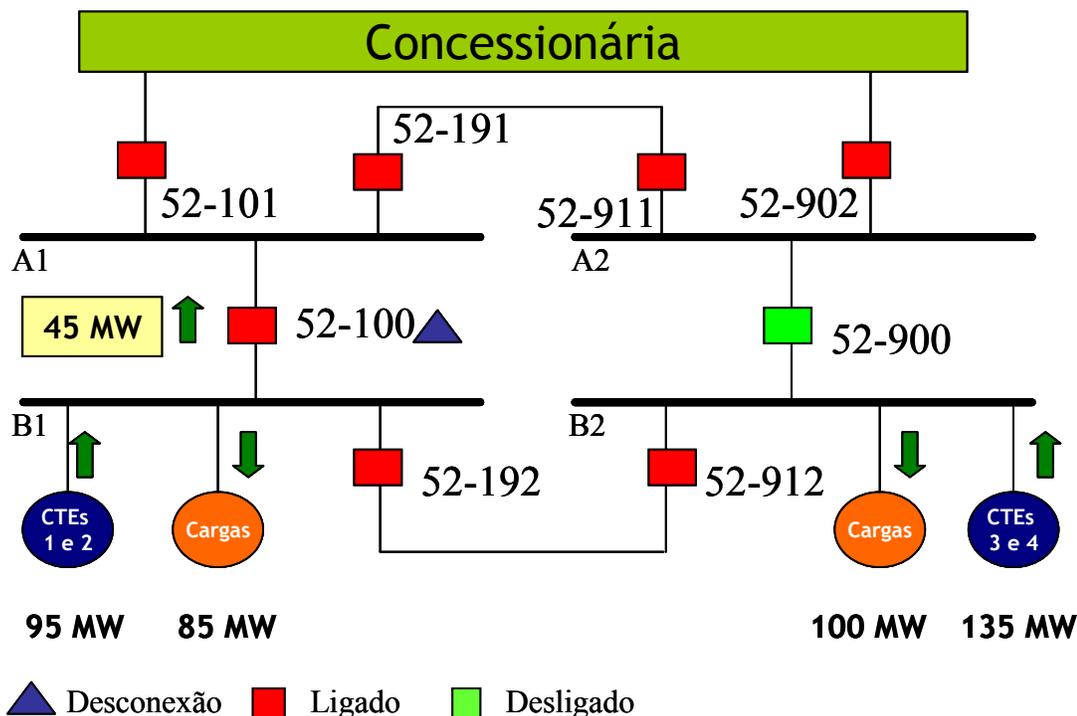


Figura 1. Exemplo de situação de fluxo de energia.

No exemplo da figura acima o quadro amarelo demonstra que nesta situação específica o envio está em 45 MW. Uma vez que o limite de segurança da CTE é de 35 MW, o Centro de Energia teria que reduzir 10 MW de geração. Desta forma haveria a seguinte situação:

- ñ perda de receita pela venda de energia elétrica e
- ñ perda de gás mesmo com capacidades ociosa na CTE.

3.3 Solução para a Perda de Gás por Limitação de Envio

Para solucionar situações de desperdício como a exemplificada no item anterior, foi projetada e implantada a possibilidade de desligamento automático, em caso de desconexão, da Turbina de Recuperação de Pressão do Gás de Topo – TRT do Alto Forno 1, que gera aproximadamente 16 MW.

No ano de 2005 a CST implantou várias melhorias para a consolidação da fase de produção de 5 Mt/a. Uma destas melhorias foi a modernização e ampliação do Sistema de Rejeição de Cargas – SRC, que tem a função básica de proteger a Usina na desconexão quando da situação de déficit de energia.

Assim, aproveitou-se a estrutura montada para incluir a função de rejeição da geração TRT, de forma a proteger a CST em caso de superávit excessivo de geração elétrica (acima de 35 MW). Ou seja, se a sobra de geração ultrapassa o limite de 35 MW, a geração da TRT, nas aberturas da interligação, é descartada, aliviando o impacto sobre a CTE, limitando-o aos valores de segurança.

Voltando ao exemplo da Figura 1, a possibilidade de rejeição da TRT permitiria a não redução de geração, evitando a perda de receita por venda de energia.

Cronologia resumida da implantação da solução:

- ñ **26/04/05:** Primeiro teste realizado, com sucesso, sendo a TRT rejeitada em 0,435 segundos e sem afetar operacionalmente o Alto-Forno 1. Obs: Alto Forno 1 com sopro reduzido;
- ñ **19/09/05:** Segundo teste de rejeição da TRT. Obs.: Alto-Forno 1 com sopro normal;
- ñ **Outubro/05:** Aumento do Contrato de Uso de Distribuição – Gerador de 35MW para 45 MW e
- ñ **10/10/05:** Início da operação da possibilidade de rejeição da TRT.

Como a geração elétrica da TRT é variável, pois depende do fluxo de gás do Alto-Forno 1, optou-se, por questões de segurança, considerar uma margem extra de 10 MW, mesmo a TRT tendo uma geração média de 16 MW.

A Figura 2 mostra a tela do painel supervisor responsável pelo controle do Sistema de Rejeição de Cargas - SRC, onde foi incluída a função de rejeição da TRT. Fazendo-se a observação de que o SRC determina automaticamente as ações que devem ser tomadas, com base nos parâmetros previamente determinados pelo Centro de Energia.

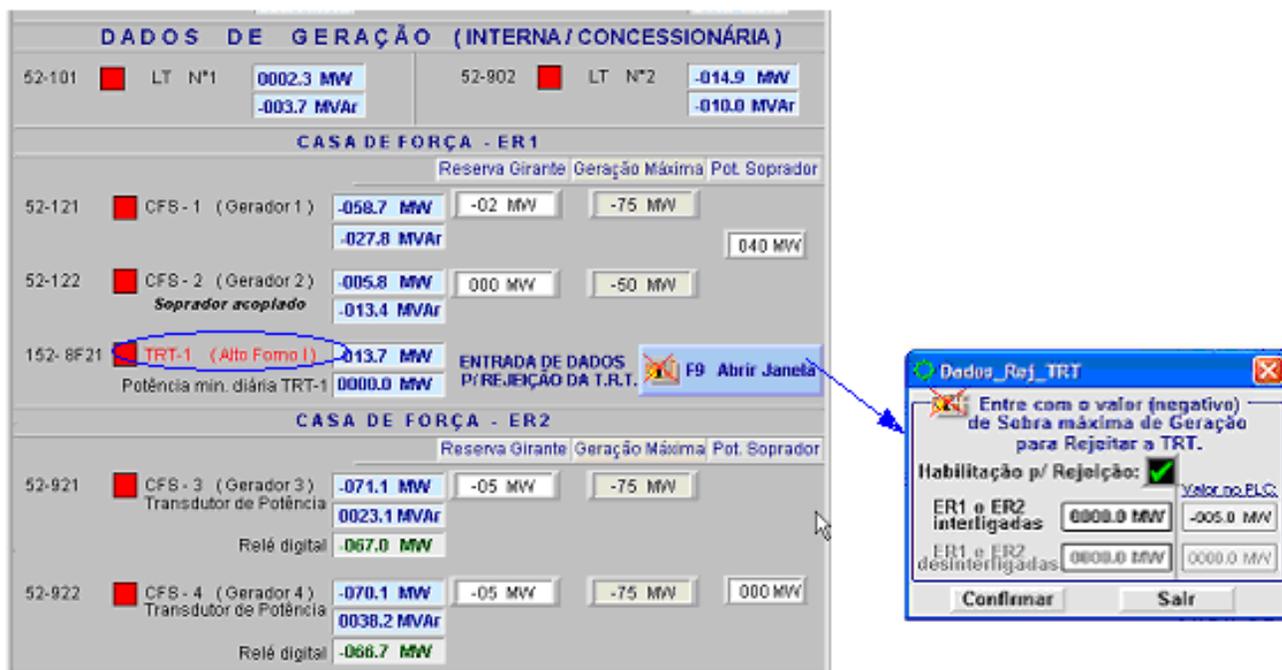


Figura 2. Tela do Sistema de Rejeição de Cargas.

3.4 Criação de Índice de Desempenho

Em paralelo à identificação dos motivos de perda de gás, vide item 3.1, verificou-se que o índice de aproveitamento global de gases não fornecia a medida adequada

do desempenho do Centro de Energia no aproveitamento ótimo. Isto porque este índice embute fatores não controlados, como, por exemplo, a parada de um grande consumidor, quando há forçadamente perda de gás.

A fórmula do índice de aproveitamento global de gases é a seguinte:

$$IAG(\%) = \frac{\tilde{\Delta}}{\Delta} - \frac{Perda}{Geração} \cdot 100$$

Onde:

IAG: Índice de Aproveitamento Global de Gases;

Perda: Perda total de gases, em Gcal;

Geração: Geração total de gases, em Gcal.

Assim, foi desenvolvido um Índice de Desempenho no Aproveitamento de Gases - IDAG, para acompanhamento diário cujo algoritmo desconsidera fatores fora do controle do Centro de Energia. Este novo índice considera:

• disponibilidade de capacidade de geração elétrica na CTE;

• perda de gás e

• o superávit da geração em relação ao consumo interno (exportação de energia elétrica para a concessionária).

Basicamente, o IDAG somente atinge 100% se for calculado que o gás disponível está sendo racionalmente utilizado, não havendo situação de perda de gás associada a uma simultânea ociosidade de capacidade de CTE e a um fluxo para a concessionária abaixo do limite. A Figura 3, que teve que ser cortada para melhor visualização, traz exemplo de acompanhamento.

Desempenho no Aproveitamento de Gases em relação ao 62-100/900														Data: 01/03/06			
Hora	Bz (At)	Perda				TOTAL	GERAÇÃO (E.E. + Mecânica)				TOTAL	Consumo Int. Suez	Consumo Especial CTE	Perda de Gás	Perda de Geração	Perda	Rend.
		COG	DFG	MG	LDG		CTE1	CTE2	CTE3	CTE4							
	MW	Gcal/h	Gcal/h	Gcal/h	Gcal/h	MW	MW	MW	MW	MW	Gcal/MWh	MW	MW	MW	MW	%	
	42					60	65	72	72	269	2.60						
15:00	31.60	.00	.00	.00	1.39	1.39	45.38	57.37	73.09	72.27	247.91	8.40	.00	21.09	.00	100.00	
16:00	39.20	.00	.00	.00	3.33	2.79	51.44	57.18	72.84	71.19	252.63	2.80	.00	18.37	.00	100.00	
17:00	32.50	.00	.00	.00	24.29	28.29	48.19	57.95	72.84	71.39	258.37	9.20	3.18	18.63	3.18	92.42	
18:00	17.20	.00	.00	.00	7.72	45.56	84.37	71.81	78.53	242.27	17.80	.00	.00	28.73	.00	100.00	
19:00	25.80	.00	.00	.00	1.19	1.39	43.80	56.81	71.81	78.69	241.31	16.20	.00	27.69	.00	100.00	
20:00	18.60	.00	.00	.00	9.25	9.25	33.43	56.19	71.69	71.39	232.66	26.80	.00	36.14	.00	100.00	
21:00	15.80	.00	.00	.00	7.21	7.21	32.80	55.81	71.66	71.46	238.97	26.20	.00	38.67	.00	100.00	
22:00	28.20	.00	.00	.00	14.54	14.54	35.19	56.64	71.81	72.68	236.24	21.80	.00	32.76	.00	100.00	
23:00	21.80	.00	.00	.00	9.45	9.45	37.81	57.85	73.13	71.38	239.37	20.20	.00	29.63	.00	100.00	
24:00	21.80	.00	.00	.00	6.52	6.52	38.19	56.16	73.38	71.13	238.85	20.20	.00	38.15	.00	100.00	
Média	22.60	.00	.00	.00	5.63	3.4	39.66	56.32	69.39	71.77	236.56	19.60	2.89	11	32.66	13	93.68

Figura 3. Exemplo de acompanhamento do IDAG.

No exemplo acima o IDAG (última coluna) foi menor que 100% às 17:00h em função haver perda de gás no equivalente a 3,18 MW, mesmo havendo possibilidade de maior geração.

A fórmula do IDAG é a seguinte:

$$IDAG(\%) = \frac{\tilde{\Delta} \cdot Limite - Perda}{\Delta \cdot Limite} \cdot 100$$

Onde:

IDAG: Índice de Desempenho no Aproveitamento de Gases;

Perda: Perda calculada.

4 RESULTADOS

Os ganhos monetários trazidos principalmente pelo aumento da capacidade de envio de energia elétrica com a rejeição da TRT, refletem-se na maior receita pela venda de energia elétrica no mercado livre. O fluxo de caixa líquido apurado até abril de 2006 é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2. Fluxo de caixa líquido, valores em R\$.

Investimento	out/05	nov/05	dez/05	jan/06	fev/06	mar/06	abr/06
(20.000)	4.709	(1.105)	14.265	61.307	(18.878)	(14.676)	(8.930)

O fluxo de caixa é irregular em função dos seguintes fatores:

- ñ preço de energia variável no mercado livre;
- ñ paradas de CTE por manutenção, restringindo a funcionalidade da rejeição da TRT e
- ñ parada da TRT para manutenção programada por 13 dias em fevereiro.

A energia gerada a mais pelas melhorias totaliza, entre outubro de 2005 e abril de 2006, 6.217 MWh. A Figura 4 traz o detalhamento.

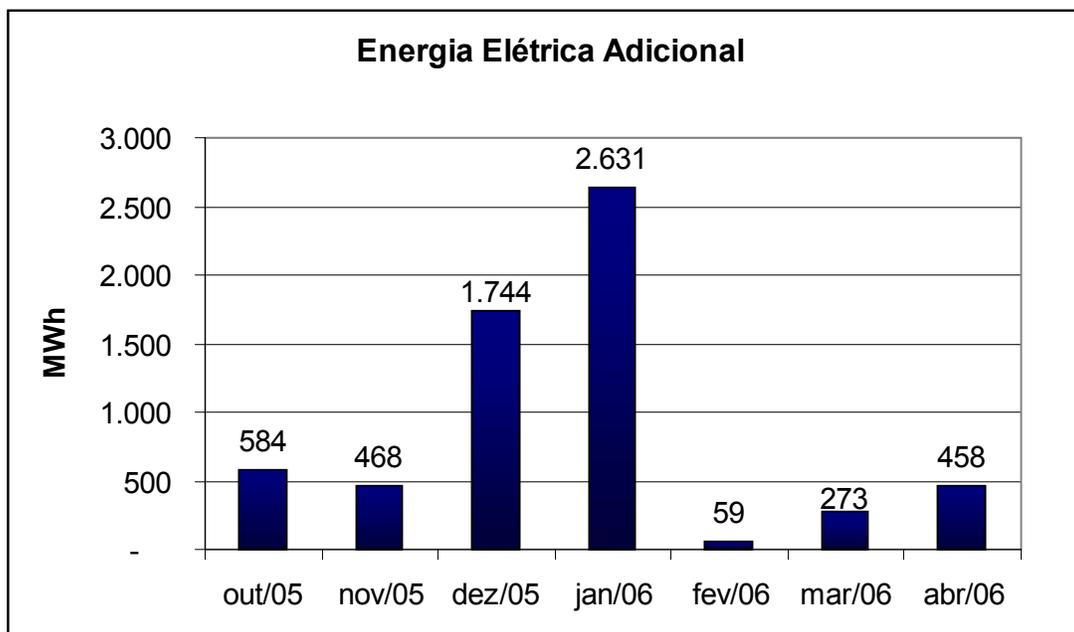


Figura 4. Energia elétrica adicional.

E a perda de gás em função da perda de gás por limitação de envio, evolui conforme demonstra a Figura 5. Sendo que cabem as seguintes observações:

- ñ no mês de setembro de 2005 a perda por limitação de envio foi reduzida em função de parada de uma CTE, acompanhada pela restrição do aproveitamento do gás de aciaria;
- ñ a possibilidade de rejeição da TRT foi efetivada em outubro de 2005 e

no final de dezembro de 2005 ao início de janeiro de 2006 a rejeição da TRT foi desativada para correção do algoritmo do sistema computacional.

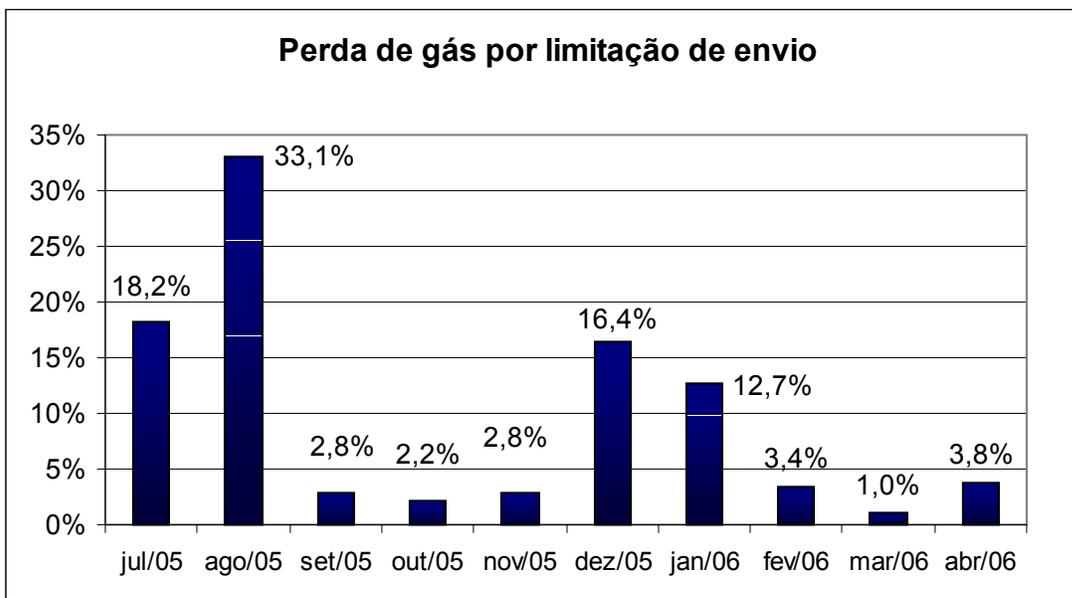


Figura 5. Perda de gás por limitação de envio, em relação à perda total.

5 CONCLUSÕES

As melhorias implantadas pela CST Arcelor Brasil adicionaram valor para a empresa visto que:

- o fluxo de caixa líquido apurado (Tabela 2) proporcionou um valor presente líquido de R\$ 27 mil (já contando com imposto de renda) e taxa interna de retorno na ordem de 33% ao mês, maior do que qualquer custo de oportunidade e
- aumentou a segurança operacional da CST, visto que a rejeição da TRT é uma condição para se evitar sobre-rejeição na CTE e um potencial blecaute associado.