

IMPLANTAÇÃO DO D.I.(150/15) E TAMANHO MÉDIO DO COQUE ON-LINE NA ROTA DE ABASTECIMENTO PARA O ALTO FORNO #3 DA COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL¹

*Agenor Medrado da Silva²
Sebastião Jorge Xavier Noblat³
Swami Botelho Medrado⁴
Moacir Alves do Reis⁵
João Andrade de Carvalho⁶*

Resumo

Esse trabalho estabelece uma metodologia para estimar o Drum Index e o Tamanho médio do coque diretamente da produção das baterias, considerando o sucesso das correlações obtidas entre a densidade a resistência mecânica e o tamanho médio do coque. A metodologia desenvolvida permitira aos técnicos do alto forno uma distribuição do coque mais adequada dentro do Alto Forno. A determinação da resistência mecânica e do tamanho médio em status on-line para cada carga (*batch*) contribuirá para subsidiar na análise de processo de desempenho operacional do alto forno n.3.

Palavras-chave: Coque; Alto-forno; Densidade.

IMPLEMENTATION OF THE D.I. (150-15) AND AVERAGE SIZE OF COKE ON-LINE IN THE ROUTE OF PROVISIONING FOR THE NATIONAL STEEL PLANT BLAST FURNACE N.3

Abstract

This work establishes a methodology to estimate Drum Index and average size, considering the success of the correlation between the density and Drum Index and coke average size. The developed methodology had allowed to the blast furnace technicians a coke distribution more appropriate inside of the blast furnace. This study allowed the determination of the Drum Index and average size in status on-line for the supplied cokes for the blast furnace 3. The Drum Index information for each batch it will contribute to allow in the analysis of process of operational acting of the Blast Furnace.

Key words: Coke; Blast furnace; Density

¹ *Contribuição técnica ao XXXVII Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

² *Engenheiro Metalúrgico, MSc. - Especialista em redutores da Gerência Geral de Processos Siderúrgicos – GGPS.*

³ *Engenheiro Metalúrgico - Gerência Geral dos Altos Fornos – GGAF.*

⁴ *Engenheira Química – Coordenadora dos Laboratórios da GGPS.*

⁵ *Engenheiro Eletricista - Engenheiro especialista em automação da GGAF.*

⁶ *Phd Prof. Titular do programa de Mestrado e Doutorado em engenharia Mecânica da UNESP*

1 INTRODUÇÃO

No mundo globalizado onde se tem grande competitividade entre produtores de aço verifica-se a necessidade se ter um controle cada vez mais preciso do processo de produção. No processo de fabricação do ferro gusa em altos fornos o coque é a principal matéria prima responsável tanto pela produtividade como pelo custo. O controle da sua qualidade é fundamental para o bom êxito operacional desse equipamento e entre os itens de qualidade a Resistência Mecânica a Frio do coque (D.I. 150/15) é a principal a ser controlada. Esse índice é obtido em laboratório onde se utilizam equipamentos tais como peneiradores, estufas e um tambor rotativo. No caso da CSN é emitido um resultado em um intervalo de 36 horas. O trabalho desenvolvido entre as gerências técnica, Alto Forno e coqueria mostraram uma forma de monitoramento e emissão de resultados on-line tanto desse item quanto do tamanho médio do coque produzido nas baterias de fornos da CSN.

2 METODOLOGIA APLICADA

Para a realização desse trabalho foi estabelecido que o MSP (metodologia de soluções de problemas) seria a melhor ferramenta a ser aplicada, iniciando com o levantamento das possíveis perdas e ganhos, seguindo com a observação no local para a determinação das características dos coques estocados nos pátios da CSN .

3 PERDAS E GANHOS

- Melhorar o processo de avaliação do coque, garantindo o recebimento da carga com o D.I. dentro da especificação;
- Permitir a identificação de problemas operacionais das baterias e contaminação da mistura de carvão;
- Permitir aos operadores dos altos fornos tomar ações preventivas caso houver uma diminuição no valor do D.I., evitando a ocorrência de perda de produção de gusa devido a instabilidade operacional do Alto forno;
- Otimizar o sistema de distribuição de carga no Alto Forno 3, visto que atualmente o valor utilizado é a densidade média do coque para o cálculo do tempo de distribuição da carga no interior do alto-forno;
- Através do controle da granulometria e resistência do coque enforado, manter uma elevada taxa de carvão pulverizado injetado (PCI) no Alto Forno, garantindo a manutenção do *coke rate* baixo com conseqüente baixo custo do ferro gusa.
- Avaliando o DI e o Tamanho Médio do coque online, identificar rapidamente desvios observados e atuar na causa e na origem do processo de fabricação, reduzindo o volume de coque fora da especificação, reduzindo sua influência na operação do Alto Forno.

4 OBSERVAÇÃO

O grupo observou no coque do pátio que tanto o coque colombiano (material com baixo D.I.) quanto o coque chinês (material com elevado D.I.) não possuíam trincas e tinham pouca porosidade. A Figura 1 mostra o comparativo das pedras do coque colombiano e chinês. Diante dessa constatação o grupo buscou observar outras características do coque que poderiam afetar o D.I. Foram coletadas amostras de coque tanto de origem chinesa quanto de origem colombiana e levadas para o laboratório central da metalurgia da redução para avaliação das densidades, pois foi observado que as mesmas tinham pesos diferentes. A determinação da densidade das pedras de coque foi feita através do uso de um becker com água e de uma balança de precisão. Os resultados comparativos entre as densidades demonstraram a forte influência dessa variável na resistência mecânica a frio do coque. Foram feitas varias determinações da densidade das pedras de coque nas granulometrias de 75, 50, 40 e 25 mm, e os resultados estão mostrados na Tabela 1.



Figura 1. Contém o comparativo do coque A (colombiano) e coque B (chinês).

A confirmação da forte influência da densidade do coque no D.I. direcionou para o desenvolvimento de uma metodologia que permitisse a determinação do D.I. do coque fora do laboratório.

Tabela 1. Contém os dados da densidade das pedras de coque em função do DI.

Origem do coque	Malha (mm)	Peso (g)	Volume (mm ³)	Densidade (Kg/m ³)	D.I. (%)
China	50 – 75	151	120	1.258	87 – 88
CSN	50 - 75	143	130	1.021	85 – 85.5
Colômbia	50 – 75	92	100	920	82 – 83.5

5 AÇÕES REALIZADAS

Na determinação do D.I. do coque no laboratório central utilizou os seguintes equipamentos

- Peneirador
- Estufa para secagem do coque
- Tambor rotativo
- Balança

O ensaio é determinado pesando 11 kg de coque distribuído de acordo com as frações granulométricas (indicadas abaixo), o coque após a secagem é peneirado para a retirada de finos adsorvidos na superfície das pedras. A amostra é colocada no tambor e submetida a 150 voltas, onde após o término o coque é retirado e peneirado na peneira de 15 mm. A massa retida é pesada e com os valores obtidos é calculado o D.I. através da equação 1.

- 100 – 75 mm
- 75 – 50 mm
- 50 – 40 mm
- 40 – 25 mm

$$\text{D.I.} = \frac{\text{Massa retida}}{\text{Massa Inicial}} (\%)$$

Equação 1

Foi elaborado um plano de ação para a determinação no laboratório central da densidade do coque de várias origens e de diferentes processos de coqueificação. O processo de determinação consistiu em preencher com coque uma caixa (padronizada) com as frações granulométricas previamente pesadas de acordo com o percentual de distribuição granulométrico para cada fração. Após completar a caixa e anotar o peso total fazia a determinação do tamanho médio do coque que estava no interior da caixa.

O coque retirado do interior da caixa seguia para a estufa para a secagem e posteriormente para o peneirador para a retirada dos finos. Após esse processo a amostra do coque foram colocadas no interior do tambor rotativo para a determinação do D.I.(150-15).

Os resultados obtidos foram registrados na planilha excel com a indicação dos pesos, turno, o valor da densidade e do D.I. obtido. A tabela 2 mostra a origem do coque, os valores médios e os desvios obtidos.

Com os resultados obtidos foram levantadas as correlações conforme mostram as Figuras 2 e 3.

Tabela 2. Contém os dados dos ensaios realizados nos coques da Colombia, Brasil (CSN), Japão e China

Origem do coque	Número de ensaios	Média e Desvio	Peso do coque úmido (g)	Peso do coque seco (g)	Densidade peso seco (kg/m ³)	Densidade peso úmido (kg/m ³)	D.I. (%)
Colombia	14	Média	13,190	12,454	440	469	82,6
CSN/Brasil	17	Média	13,669	13,396	474	483	85,3
Japão	17	Média	15,735	14,476	511	556	86,3
China	29	Média	17,463	16,153	566	617	87,7

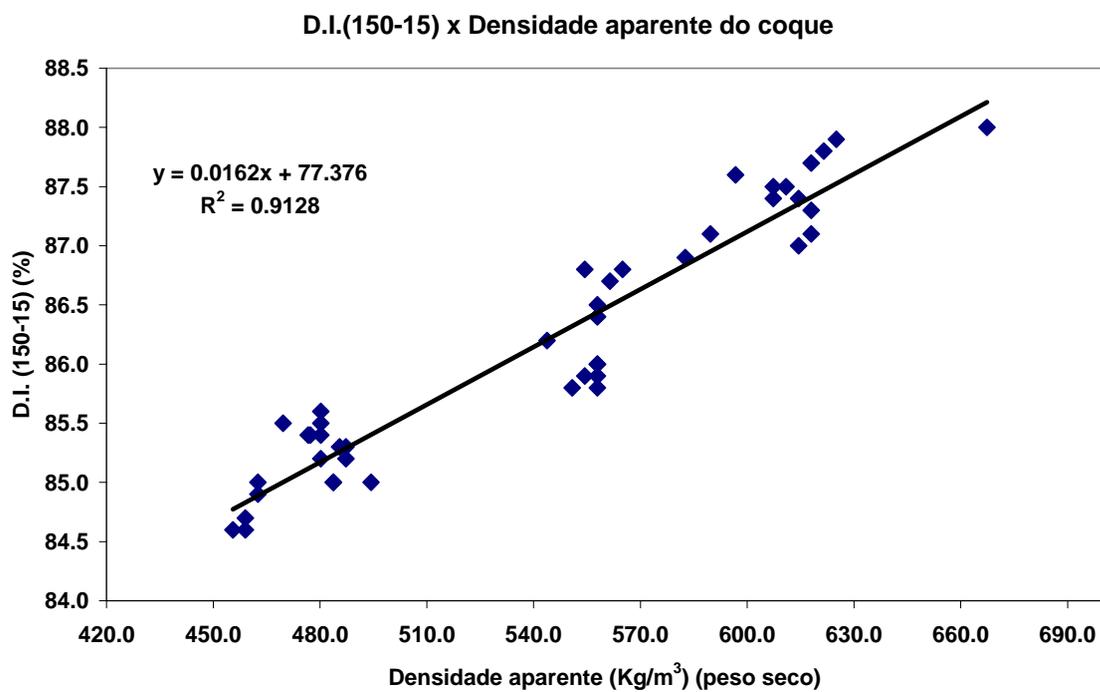


Figura 2. Contém a regressão do D.I. x densidade do coque.

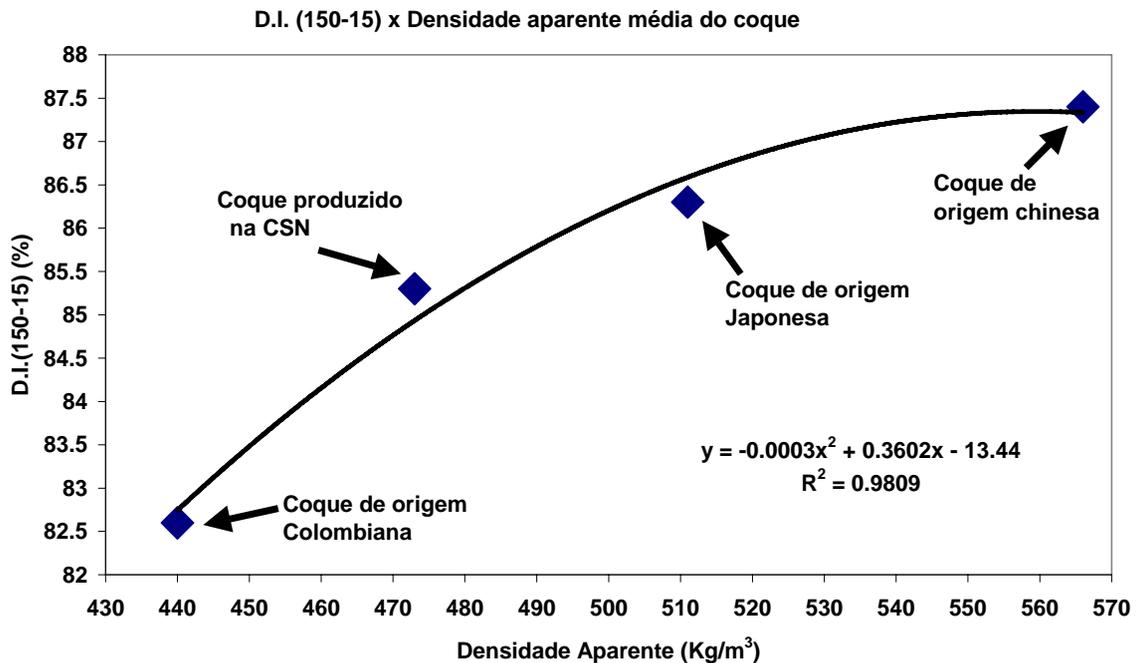


Figura 3. Contém a regressão do D.I. x Densidade média aparente.

Os resultados obtidos no laboratório permitiram a conclusão da forte relação da densidade do coque no índice de Resistência Mecânica a Frio (D.I.).

A constatação da influência da densidade no D.I. do coque permitiu o desenvolvimento de um sistema no qual fosse possível a sua obtenção durante o abastecimento do alto forno n.3, ou seja, obter esse índice on-line.

O sistema consiste na instalação de dois Transmissores de Densidade Inteligente nas balanças de coque 1 (fração granulométrica entre 50 e 25 mm) e coque 2 (fração granulométrica maior que 50 mm). Cada transmissor é constituído de dois componentes principais: detector de densidade e fonte radioativa de raio gama. O princípio de funcionamento deste equipamento está baseado na atenuação do raio gama através do material do processo. O transmissor é montado na balança oposto ao invólucro da fonte radioativa.

Os raios gamas emitidos pela fonte são detectados por um combinação de tubo foto-multiplicador cintilador, e os pulsos resultantes são contados para determinar o grau de absorção pelo material do processo. A contagem é então processada por um microprocessador e enviada para um PLC. A Figura 4 mostra o fluxograma do Stock house onde o sistema foi montado. A Figura 5 mostra o sistema de medição descrito acima.

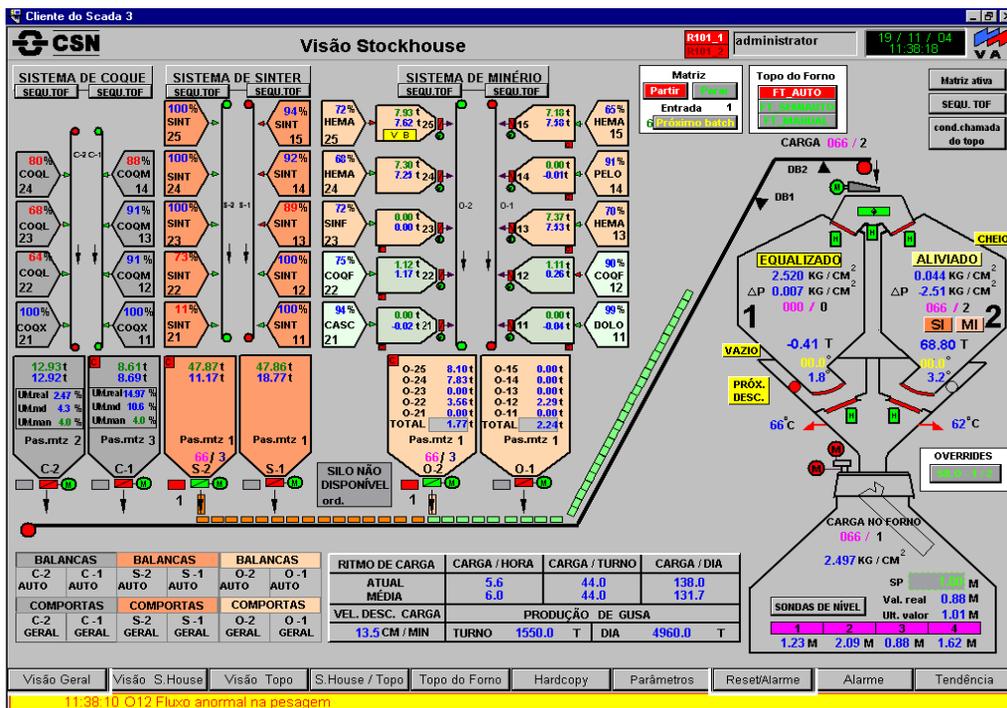


Figura 4. Mostra o sistema de abastecimento do coque no Alto Forno n.3 da CSN.

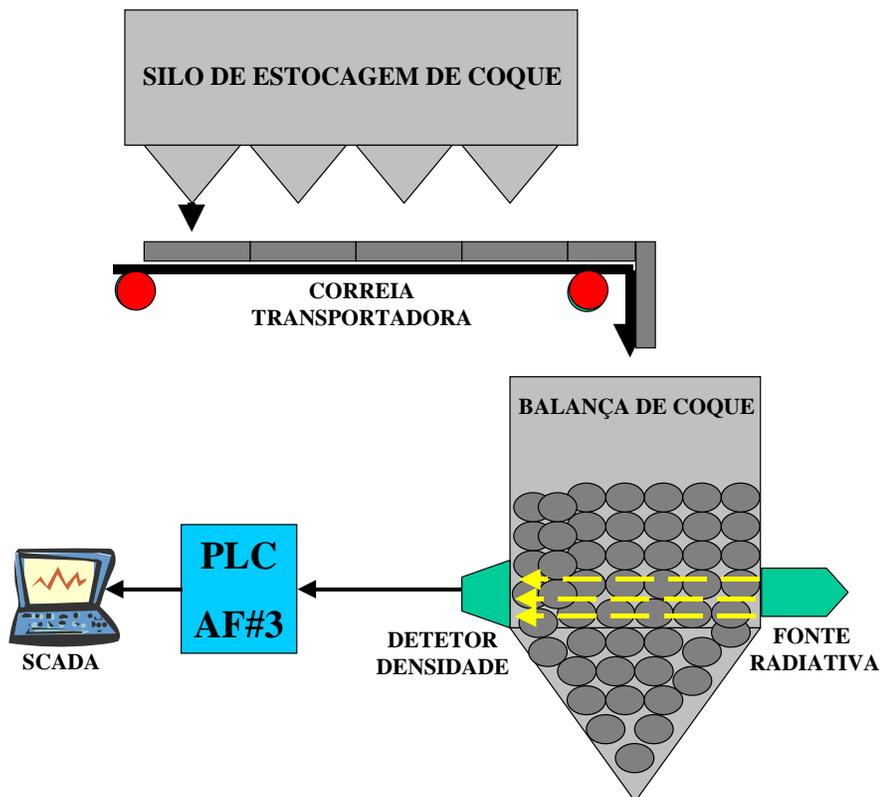


Figura 5. Mostra o sistema de medição da densidade do coque no interior dos silos do Stockhouse n.3.

6 VERIFICAÇÃO

O sistema de determinação do D.I. on-line foi verificado através da coleta de amostras do coque nos silos balanças das correias C1 e C2 e confrontados com os valores obtidos no sistema. As figuras 6 e 7 mostram as correlações entre os valores do D.I. obtidos no laboratório com os valores obtidos no aparelho e as Figuras 8 e 9 mostram os gráficos de tendência on-line da balança C2.

Na Tabela 3 contém os valores obtidos no laboratório e no sistema Scada desenvolvido para a determinação do D.I. e Tamanho Médio do coque on-line.

Tabela 3. Valores obtidos entre o laboratório e o sistema Scada.

Data	Resultado do Laboratório		Resultado do sistema Scada			
	D.I.(150-15)	T.M.(mm)	D.I.(150-15)		T.M.(mm)	
			Min	Máx	Min	Máx
19/06/07	85,20	54,10	85,03	85,44	53,29	54,90
20/06/07	85,40	52,82	85,08	85,64	52,04	53,85
21/06/07	85,30	55,74	85,15	85,64	53,19	56,05
22/06/07	85,40	54,64	85,25	85,55	53,20	55,75
23/06/07	85,60	55,20	85,12	85,90	52,55	56,17
24/06/07	85,20	53,74	85,10	85,35	53,15	53,89

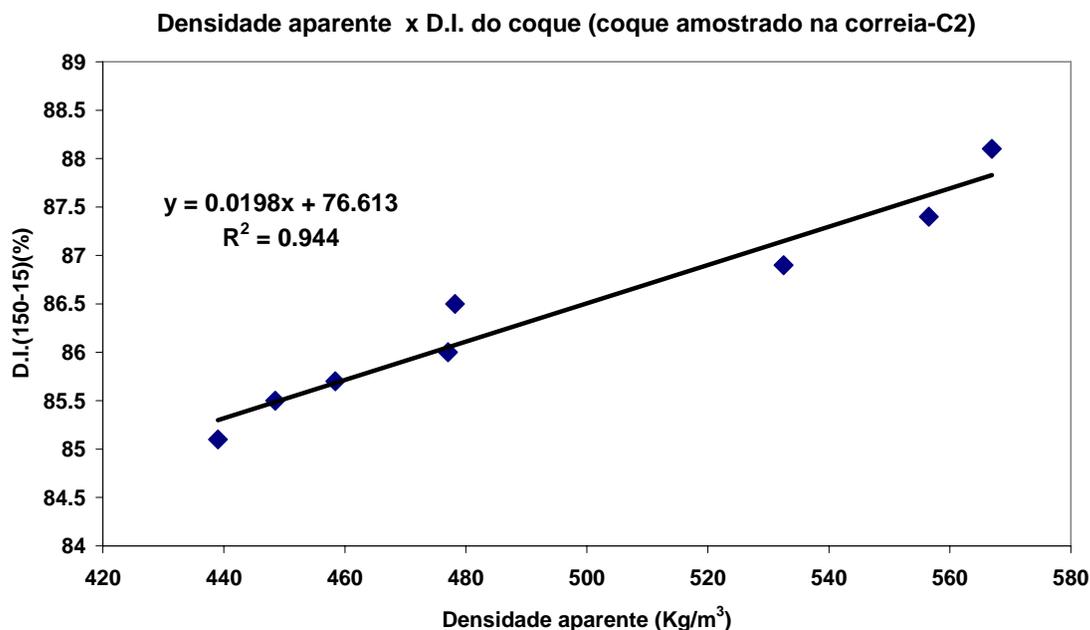


Figura 6. Contém a regressão do D.I. x Densidade aparente do coque.

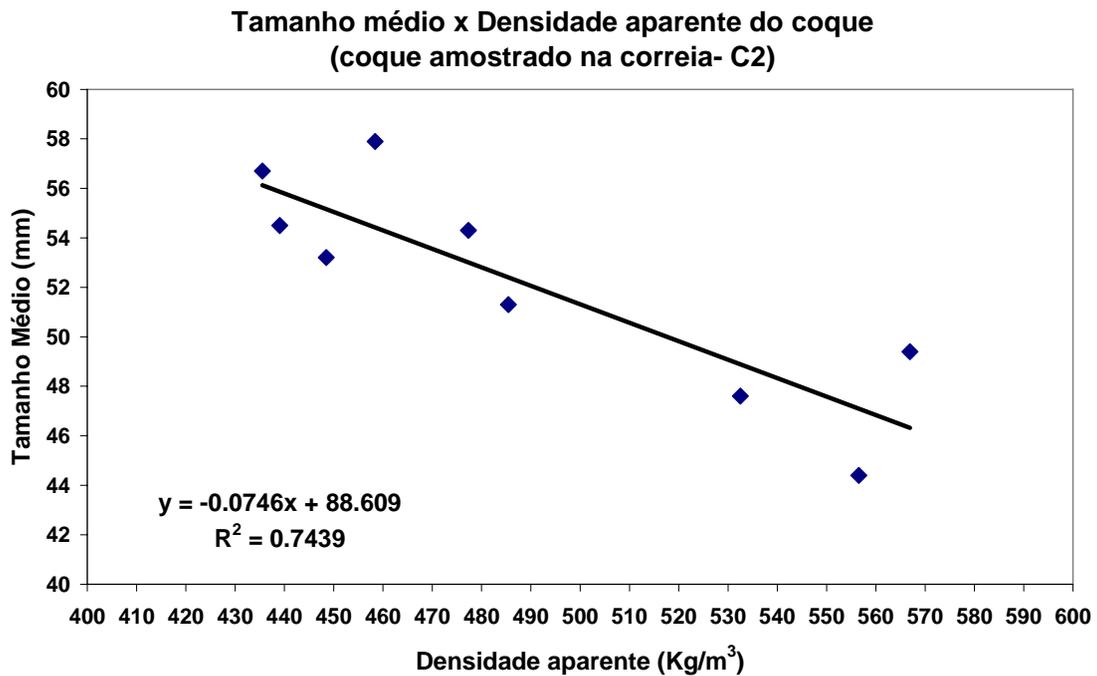


Figura 7. Mostra a correlação entre a densidade aparente e o tamanho médio do coque.

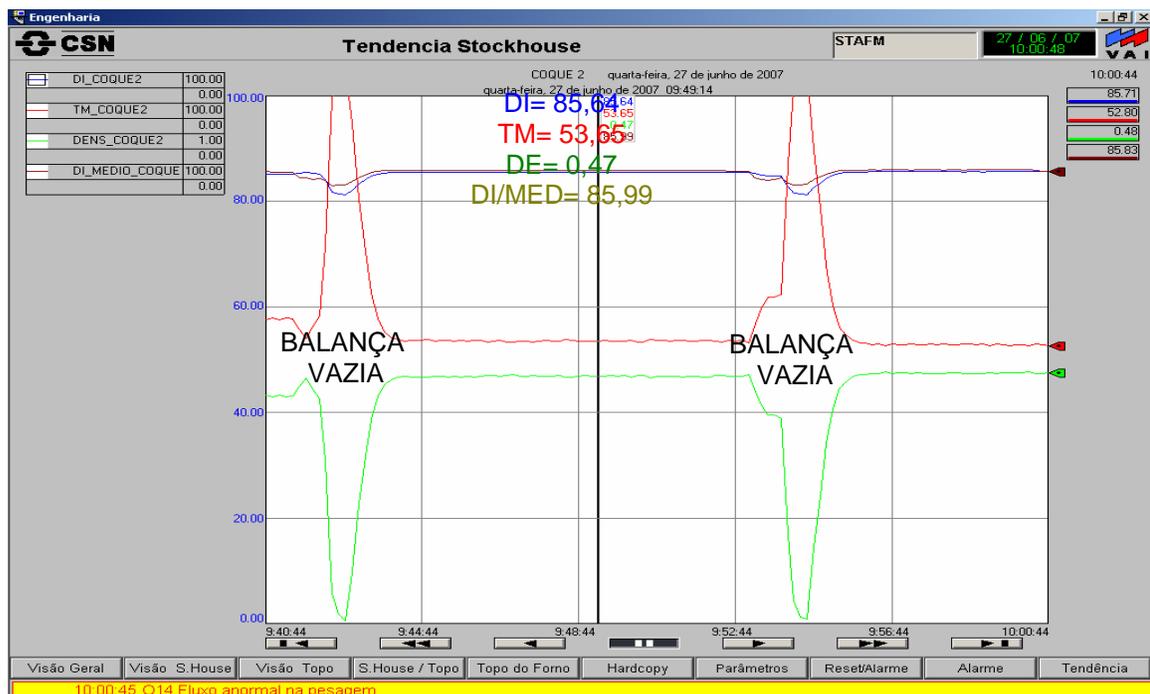


Figura 8. Gráfico de tendência on-line.

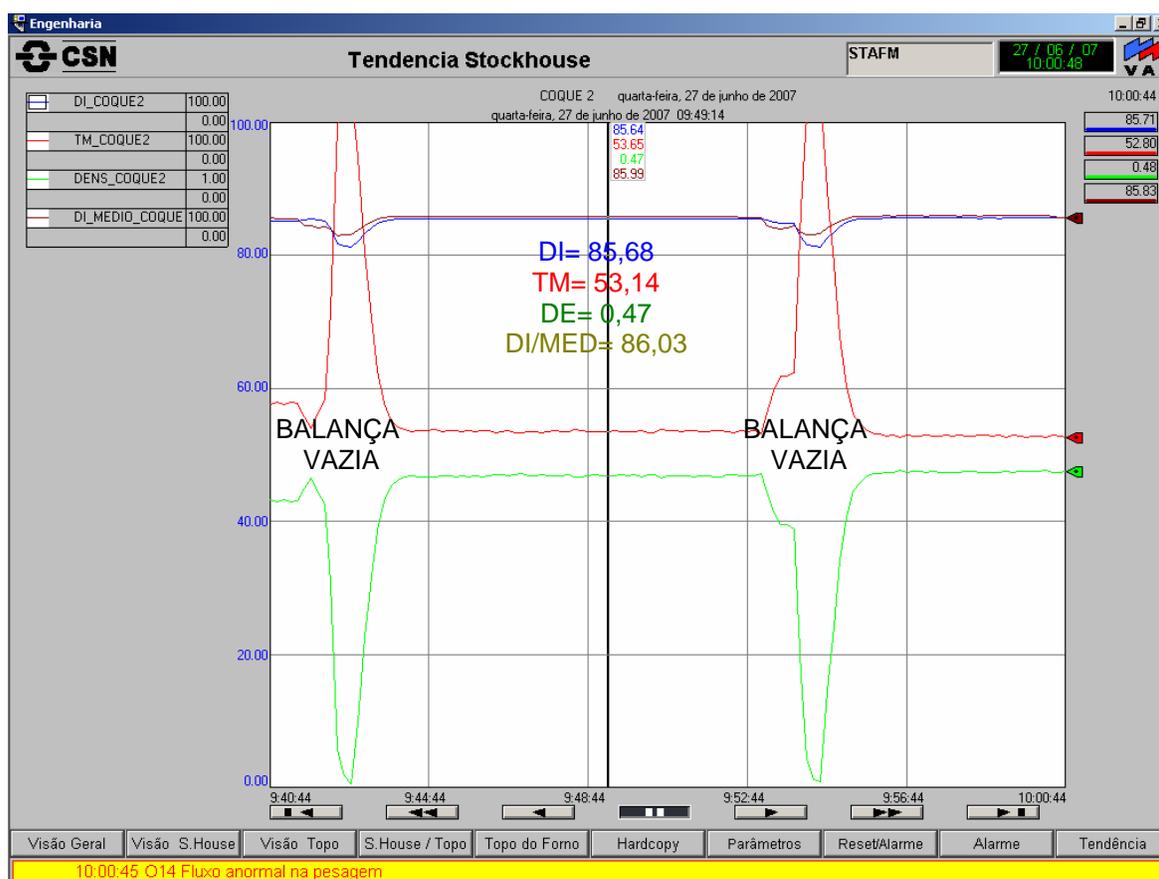


Figura 9. Gráfico de tendência on-line.

7 PADRONIZAÇÃO

Foi elaborado um padrão de procedimento para o sistema on-line de determinação e utilização do D.I. e Tamanho médio do coque produzido nas baterias, na rota de abastecimento do Alto Forno n.3.

8 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido pela Gerência Geral de Processos Siderúrgicos em conjunto com a Gerência Geral dos Altos Fornos e Coqueria para a determinação do Índice de Resistência Mecânica a Frio do coque (D.I.) e do Tamanho médio do coque produção on-line é inédito na siderurgia, visto que não existe referência em relação ao mesmo. Os resultados obtidos permitiram ao grupo concluir os seguintes tópicos:

- 1- A aplicação desse método no controle da qualidade do coque ira contribuir para a identificação de anomalias seja na elaboração da mistura ou no processo de produção do coque nas baterias;
- 2- Esse sistema ira monitorar todo o coque produzido e enviado ao Alto Forno n.3, de forma que qualquer que seja a irregularidade apresentada haverá tempo hábil para as tomadas de ações sem a perda da estabilidade dos altos fornos;

- 3- A monitoração on line do DI do coque através da densidade se mostrou uma ferramenta eficiente para controlar a granulometria do coque enornado, possibilitando assim ajustes na matriz de carregamento do forno de modo a distribuir o coque de forma adequada visando buscar uma melhor permeabilidade da coluna de carga.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ASSADA, S.; M. NISHIMURA "The mechanism of formation of density – distribution in lum coke made from wet coal charge". Coke making international, vol.5/1993, pp. 23 – 27.
- 2 Manual do RSLOGIX5 da Rockwell.
- 3 Manual Kay-Ray model 3680;