

OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO DE COQUEIFICAÇÃO*

Neussias Inocência Henrique¹
Robson Jacinto Coelho²
Rodnei da Silva Rezende³
Glauber de Sousa de Araújo⁴
Luiz Afonso de Andrade⁵
Jonas Constancio Nunes⁶
Davison Aguiar⁷
Welton Antonio da Silva⁸
Eduardo Cezar Ribeiro⁹

Resumo

A equipe da Coqueria identificou a possibilidade de melhorar a qualidade do coque, através do parâmetro de matéria volátil do coque. Após uma série de estudos, utilizando a metodologia Seis Sigma, identificou-se oportunidades de melhorias operacionais que trariam mais eficiência e estabilidade operacional, tais como: redução da umidade do coque, emissão de matéria volátil na rampa, aumento do rendimento térmico dos fornos. A redução do índice de matéria volátil no coque aumenta o rendimento coque/ carvão, com consequente redução do consumo específico de carvão e aumento na produção de coque.

Palavras-chave: Heat Recovery; Matéria Volátil do Coque; Qualidade do Coque; Controle Térmico .

OPTIMIZATION OF THE COKE PROCESS

Abstract

Coke's team identified the possibility of improving the quality of the coke through the volatile matter (MV) parameter of the coke. After a series of studies, using the Six Sigma methodology, opportunities for operational improvements were identified that would bring more efficiency and operational stability, such as: reduction of coke moisture, emission of volatile matter in the ramp, increase in the thermal efficiency of furnaces. The reduction of volatile matter content in coke increases the production and with consequent reduction of specific coal consumption.

Keywords: Heat Recovery; Volatile Matter; Thermol Control;

¹ Engenharia Química, Engenheiro de Processo, Ternium Brasil, Unidade Técnica da Redução, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engenharia Metalúrgica, Mestrado em Engenharia de Materiais, Unidade Técnica da Redução, Engenheiro Especialista em Redução, Ternium Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

³ Administrador de Empresas, Assessor de Operação, Unidade Técnica da Redução, Ternium Brasil, Rio de Janeiro - RJ, Brasil.

⁴ Administração de Empresas, Técnico de Qualidade III, Coqueria Operação, Ternium Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁵ Master Comercio Exterior e Finanças Internacionais, Coordenador Unidade Técnica Coqueria, Unidade Técnica da Redução Ternium Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁶ Técnico em Eletrotécnica, Técnico de Qualidade II - Coqueria, Coqueria Operação, Ternium Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁷ Técnico em Eletrotécnica, Técnico de Produção II - Coqueria, Coqueria Operação, Ternium Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁸ Técnico em Metalurgia, Técnico Especialista - Coqueria, Coqueria Operação, Ternium Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

⁹ Engenharia Metalúrgica, Especialista em Sistema de Produção, Gestão Operacional, Ternium Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O processo de coqueificação depende de vários parâmetros, se tiver falha em alguns desses parâmetros a qualidade do produto final fica comprometida. Um dos parâmetros de qualidade do coque além do CSR, CRI, cinza, enxofre a matéria volátil (MV) do coque tem um papel fundamental para determinar a qualidade de coqueificação dos fornos da Ternium Brasil. Assim como todos os parâmetros de qualidade a matéria volátil possui um limite máximo aceitável que é 0,90%.

Quando ocorre desvios no processo de coqueificação, o teor de matéria volátil do coque é afetado. Alguns dos principais desvios de processo que afetam o teor de matéria volátil do coque são: baixa temperatura de topo, aumento no tempo de coqueificação, falhas no processo de compactação e falhas nas válvulas de admissão de ar.

O teor de matéria volátil do coque é um dos parâmetros que compõem do Índice de Coque Bom (ICB), que é o principal indicador de qualidade do coque, que possui um acompanhamento mensal de todos os parâmetros. Com isso após varias análises, com base nos dados do FY 16/17. Foi identificados um elevado índice de fornos com a MV de coque fora da especificação.

A Matéria Volátil do coque é um dos parâmetros que mede a qualidade do processo de coqueificação (capacidade do forno de realizar o processo de desvolatização);

A falta de controle térmico do forno pode acarretar problemas para o processo, perdas no rendimento térmico e impactos na qualidade do coque, desta forma, quanto maior a matéria volátil do coque menor será a qualidade do coque (CSR) e maior será a umidade e conseqüentemente maior será o custo de produção de placas.

2 OBJETIVO

O objetivo do estudo é controlar variáveis de processo que possam impactar diretamente no processo de desvolatização da matéria volátil do carvão e desenvolver técnicas operacionais visando eliminar e/ou minimizar a incidência de fornos com matéria volátil do coque acima de 0,90% a partir Janeiro de 2018.

3.0 MAPA DE PROCESSO

3.1 Descrição do processo

O processo de coqueificação em baterias de coque tipo *Heat Recovery* utiliza a matéria volátil presente no carvão como combustível para manter os fornos de coque aquecidos. O ar utilizado na combustão é succionado da atmosfera pelas entradas de ar primárias no topo dos fornos e secundárias na soleira dos fornos, em função dos fornos trabalharem com pressão negativa.

Sendo assim é de suma importância manter a câmara de coqueificação dos fornos de coque sempre com temperaturas elevadas, dentro da especificação dos refratários, para otimizar ao máximo processo de coqueificação.

Pode-se observar no mapa de processo, **figura 1**, que os principais fatores que impactam no controle da MV [%] do coque são: taxa de compactação, altura e regularidade das cargas, tempo líquido e tempo bruto, ritmo operacional, sucção das caldeiras.

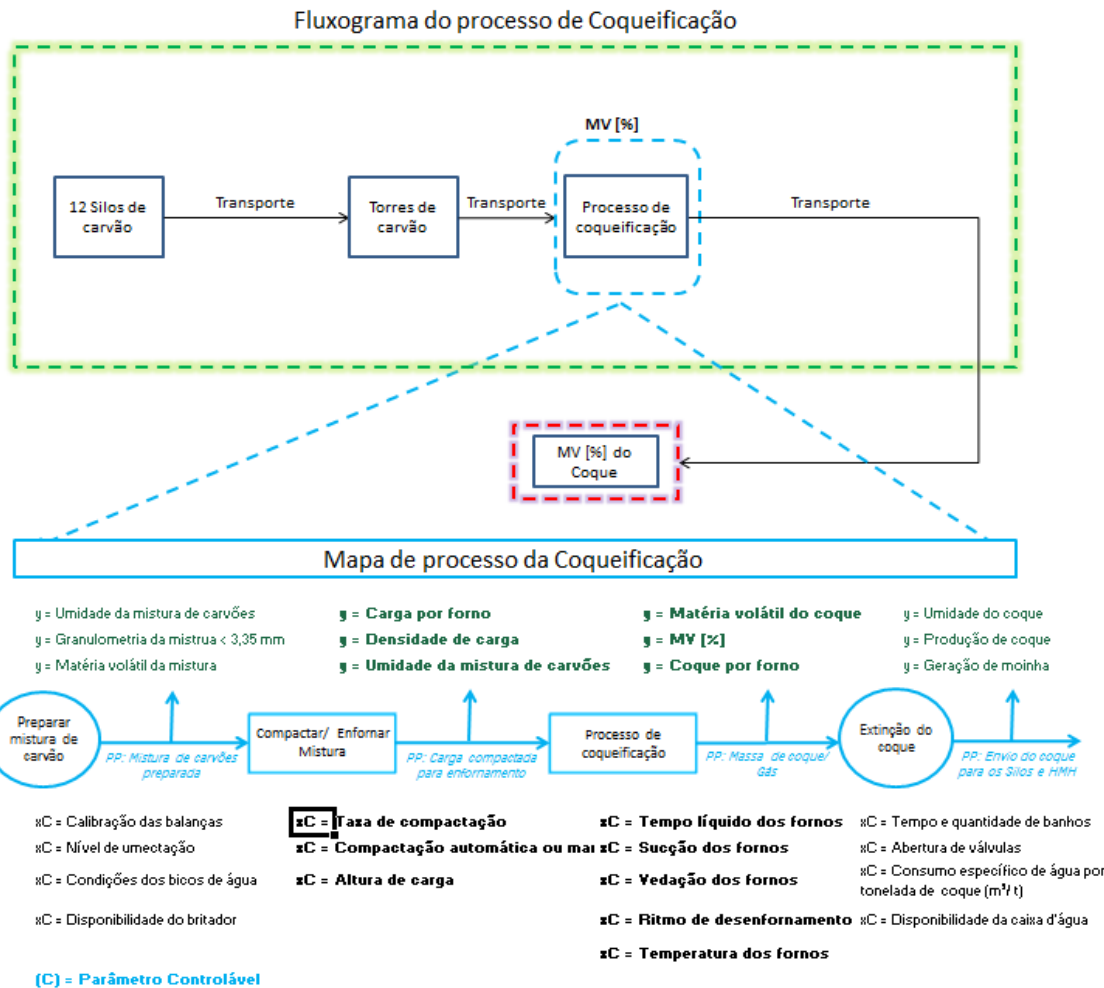


Figura 1 – Fluxograma do processo de coqueificação

4.0 METODOS

4.1 Impactos na qualidade do coque

Visando identificar os fornos que apresentam problemas no processo de coqueificação, foi elaborado um plano de teste, com a finalidade de caracterizar o coque proveniente de fornos com emissão de voláteis, denominados fornos não conformes, durante o desenformamento e após a extinção do coque e descarga na rampa, sendo assim foi possível medir a qualidade dos fornos não conformes, os resultados são apresentados nos **Gráficos 1, 2 e 3**.

Sendo assim foi possível verificar o quanto que a qualidade nos fornos não conformes, os resultados são apresentados nos **gráficos 1, 2 e 3**.

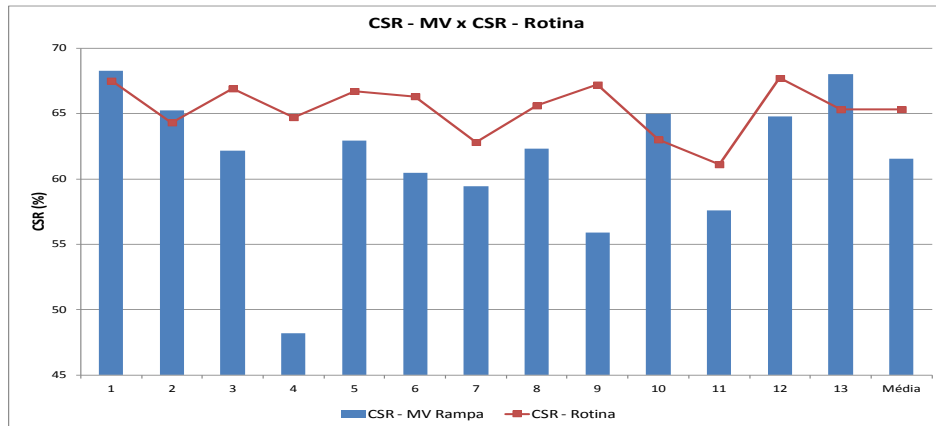


Gráfico 1 – CSR MV x CSR Rotina

Observa-se que o CSR dos fornos com emissão de matéria volátil na rampa é em média 5,7% menor que o CSR dos fornos amostrados na rotina, o que representa 3,75 pontos a menos no resultado do CSR.

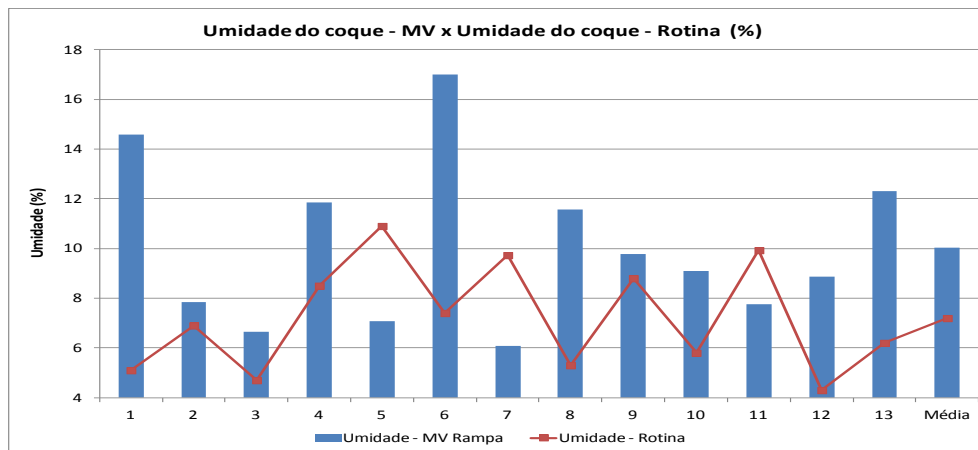


Gráfico 2 – Umidade MV x Umidade Rotina

Observa-se que a umidade do coque dos fornos com emissão de matéria volátil na rampa é em média 28,3% maior que a umidade do coque dos fornos amostrados na rotina, o que representa um acréscimo de 2,84% no teor de umidade do coque. Isso se justifica pela necessidade de banho adicional, para tentar apagar o coque adequadamente.

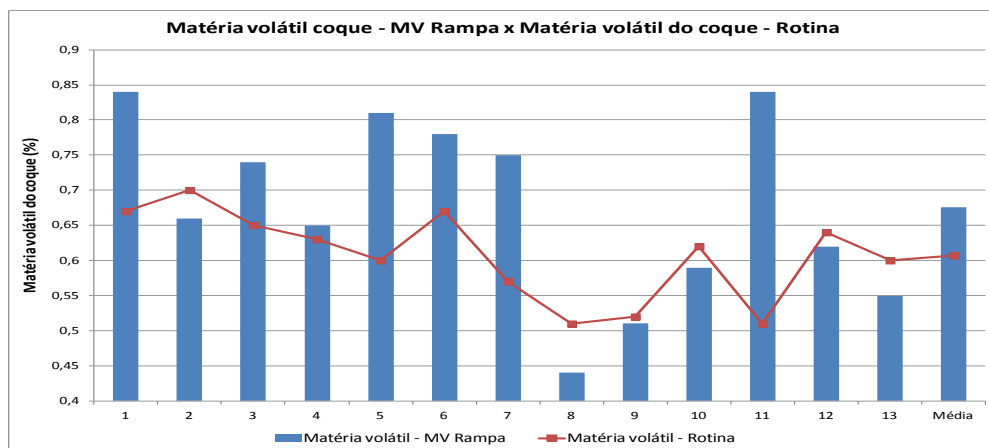


Gráfico 3 – Matéria Volátil MV x Matéria Volátil Rotina

Observa-se que a matéria volátil do coque dos fornos com emissão de matéria volátil na rampa é em média 10,13% maior que a matéria volátil do coque dos fornos amostrados na rotina, o que representa um acréscimo de 0,07% no teor de matéria volátil do coque. Devido a problemas históricos no sistema de amostragem do coque a correlação entre MV do coque e o CSR não mostra relação direta conforme o gráfico.

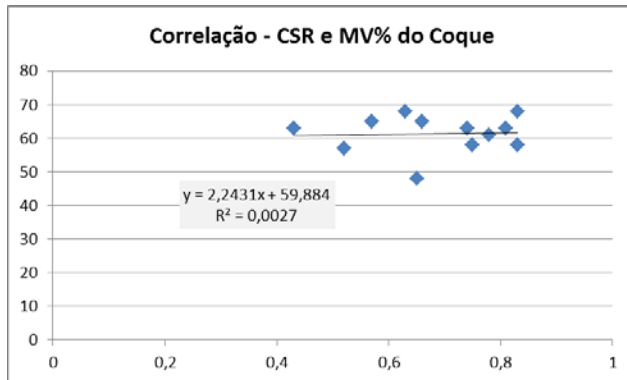


Figura 2 – Correlação CSR vs MV(%) do Coque

4.1 CAUSAS

Foi desenvolvido o **Diagrama de Ishikawa**, conhecido como **Espinha de Peixe**, que tem como objetivo de indicar a relação entre o efeito e as causas que contribuem para a sua ocorrência conforme a **tabela 1 e 2**.

Tabela 1 – Ishikawa – Baixo rendimento térmico

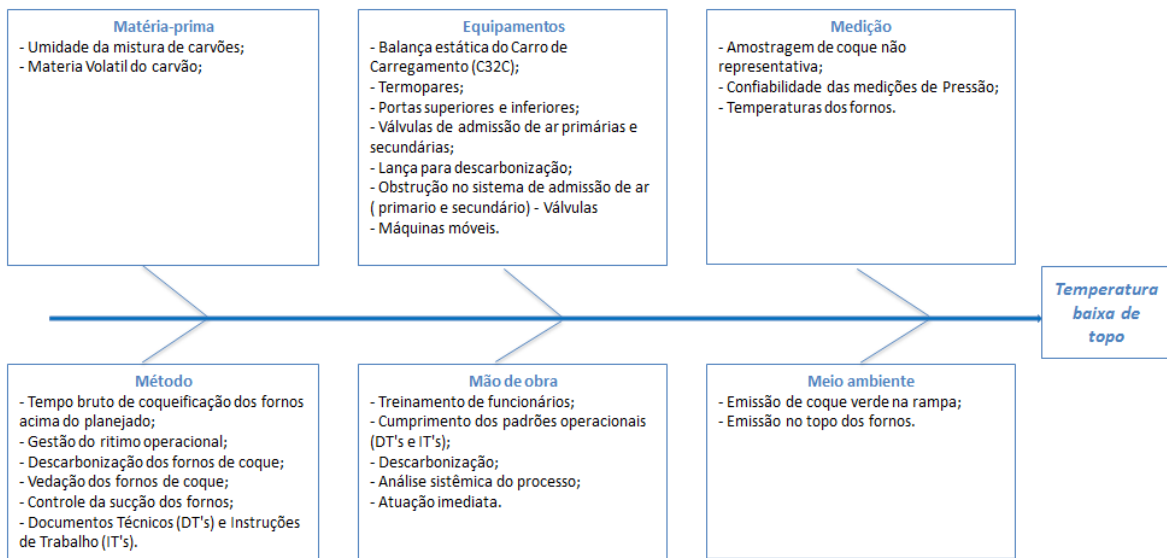
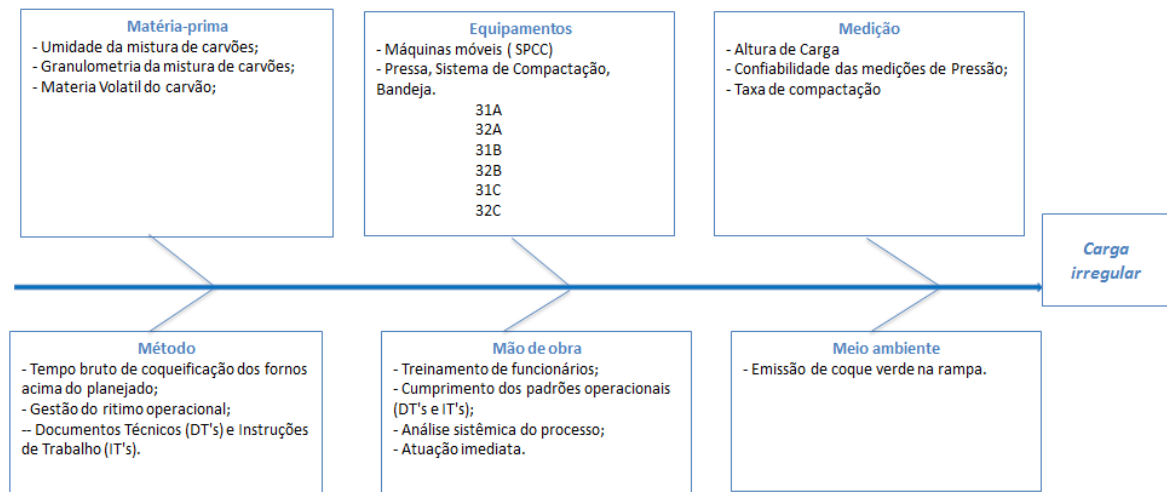


Tabela 2 – Ishikawa – Carga irregular



4.1.1 Rendimento Térmico

Através do tratamento estatísticos dos dados do FY16/17 identificou-se em qual das três baterias possui maior incidência de fornos com emissão na rampa de coque, qual a frequência e qual o perfil de emissão. O fator de maior relevância para otimizar o processo de coqueificação e evitar fornos não conformes é a temperatura do forno. Quanto mais alta e uniforme for à temperatura melhor será o processo de coqueificação e conseqüentemente menor será o Tempo Líquido de Coqueificação. Com o objetivo de melhorar o controle de temperatura nos coletores de gases e nos fornos, visto que o uso de média pode mascarar os resultados, foi criado um indicador para cálculos diários de temperatura, denominado NTE - Número de Temperaturas Excedidas. O NTE é computado sempre quando a temperatura do sistema (fornos e coletores) ultrapassa o limite estabelecido por mais de 1 hora. Essa variação de temperatura pode ser para cima ou para baixo de acordo com a **Tabela 3** abaixo:

Tabela 3 – Limites de Temperatura

Local do Sistema	Temperatura Limite [°C]
Topo dos fornos	900°C < T > 1450°C
Soleira do Forno	900°C < T > 1380°C

Dentro do histórico da Coqueria, sabe-se que fornos com baixo rendimento térmico, apresenta baixa qualidade no coque e emissão de matéria volátil na rampa, conforme se observa nos exemplos de fornos com alto e baixo rendimento térmico das **Figuras 3** e **4** respectivamente.

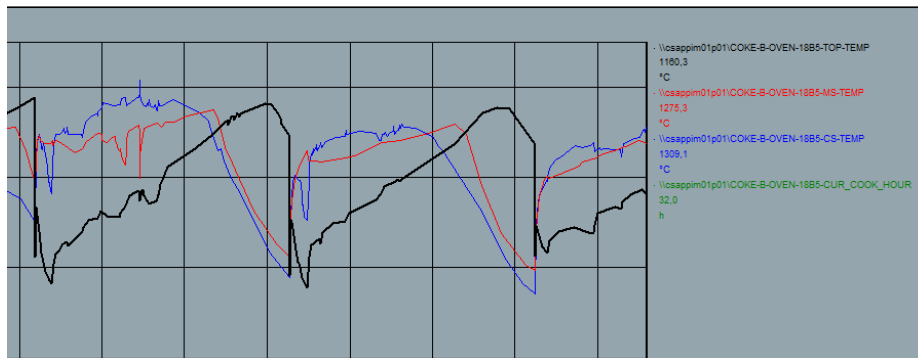


Figura 3 - Forno com alto rendimento térmico.

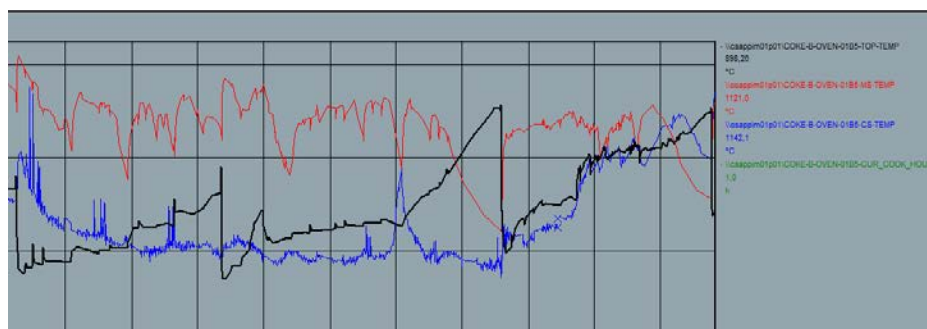


Figura 4 - Forno com baixo rendimento térmico.

O tratamento estatístico dos dados históricos de NTE e fornos não conformes (FNC) permitiu identificar uma correlação entre o número de fornos não conformes em um bloco e o número de NTE's por temperatura baixa no topo dos fornos.

4.1.2 Carga Irregular

A tecnologia de compactação da massa de carvão agrega vários benefícios ao processo, tais como: aumento da densidade, homogeneidade e alinhamento da carga enforada, melhora no controle do processo de coqueificação e nos parâmetros de qualidade do coque, além de possibilitar a utilização de carvões de menor poder de coqueificação, reduzindo assim o custo de produção do coque e da geração de energia. O sistema de Stamping Charger no Stamp Pushing Coke Coal (SPCC) da Ternium Brasil ocorre em três etapas conforme se observa na **Figura 4** e na **Figura 5**.

Ilustração do espalhamento e compactação com alturas

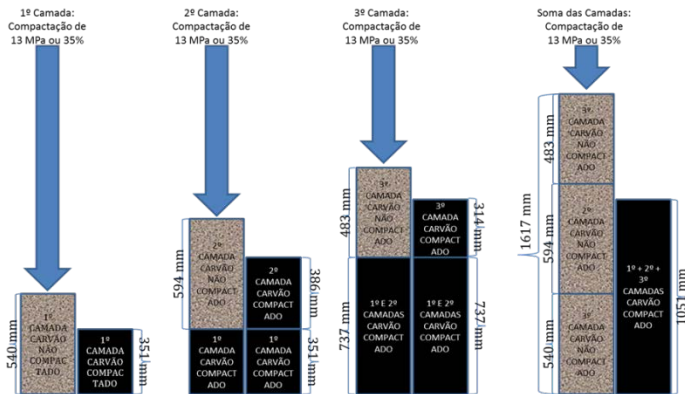


Figura 5 - Ilustração de compactação



Figura 6 – Carga enformada após a compactação

Porém, falhas ou erro de parametrização no sistema de compactação acarretam problemas no processo de coqueificação, pois a frente da mesma é uniforme no sentido vertical e homogênea ao longo da massa de carvão. Tendo problemas no sistema de compactação, tal como uma ondulação na massa (Figura 6) a uniformidade da coqueificação ficará comprometida e assim ocorrerá emissão de matéria volátil na rampa (Figura 7).



Figura 7 - Material não compactado na Máquina



Figura 8- Forno com emissão de matéria volátil

5.0 Ações para sanar o problema

Para manter o rendimento térmico dos fornos de coque algumas ações devem ser tomadas, tais como as mencionadas pelo plano de testes elaborado com o intuito de implementar um ritmo operacional para a Coqueria, visando o melhor rendimento térmico dos fornos.

1. Tempo Bruto mínimo;
2. Ritmo operacional das máquinas;
3. Plano de recuperação de fornos perdidos;
4. Descarboxação;
5. Sucção das caldeiras;

6. Coletores em processo de manutenção (Limpeza e/ou reparo);
7. Recuperação de fornos com deficiência térmica;
8. Carga de carvão enforada;
9. Fornos desenforados com matéria volátil;
10. Preparação para paradas de manutenção maior que 12 horas;

Após a implementação das ações listadas acima foi possível melhorar o rendimento térmico dos fornos, conforme se observa nas **Figuras 9 e 10**.

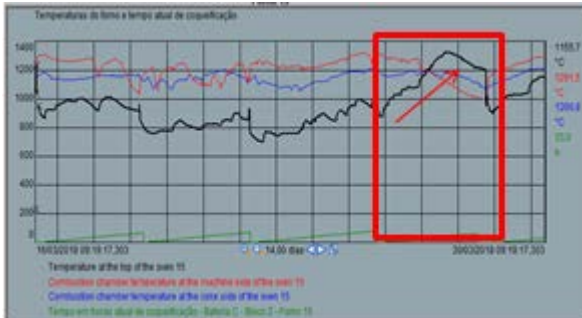


Figura 9- Forno com recuperação térmica.

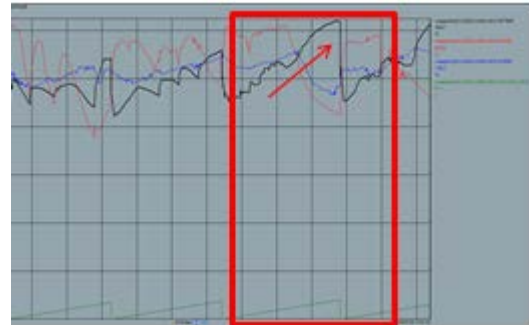


Figura 10 - Forno com recuperação térmica.

A reforma da estrutura do sistema de compactação e das prensas, e as alterações de processo, tais como: alteração da sequência do espalhamento, da sequência da compactação e do acabamento da carga de carvão enforada levaram a melhoras no processo de coqueificação. Os diagramas esquemáticos das **Figuras 11 e 12** ilustram as alterações realizadas no processo de compactação.

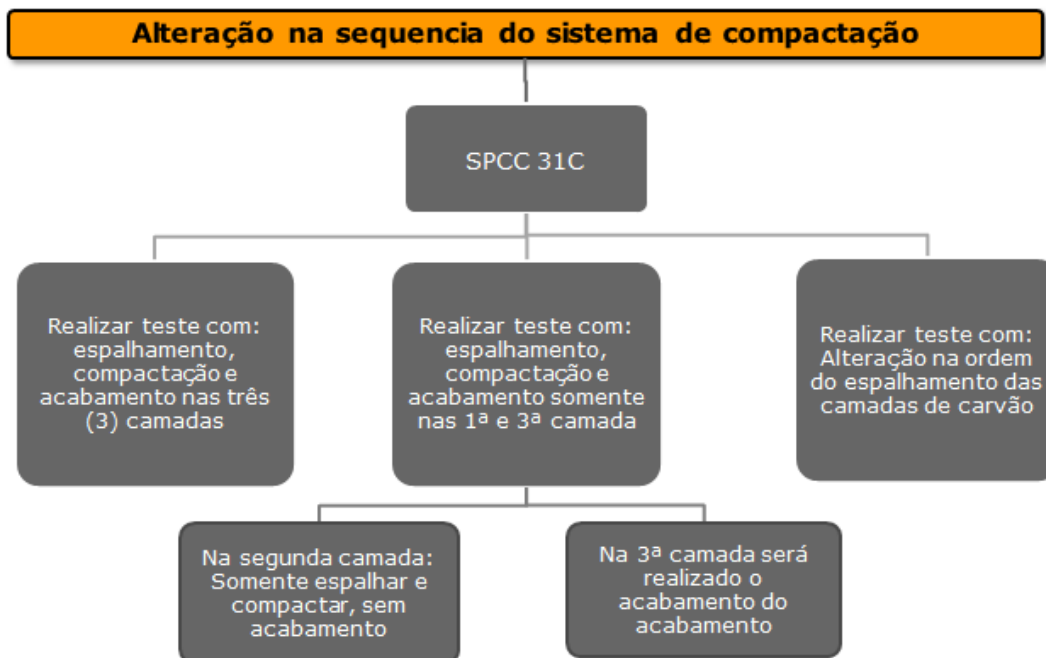


Figura 11 – Mudança no sistema de compactação



Figura 12 – Melhora no sistema de compactação

6.0 Resultados

Conforme apresentando nesse trabalho são vários os fatores que afetam o processo de coqueificação, tais como compactação da carga de carvão, temperatura de topo nos fornos, tempo de coqueificação, sucção do gases e diante disso o foco do trabalho foi na compactação da carga e temperatura no topo dos fornos.

Sendo assim após a implementação das ações sugeridas existe uma melhora no processo de coqueificação e através da análise de capacidade da planta é notório uma operação sustentável.

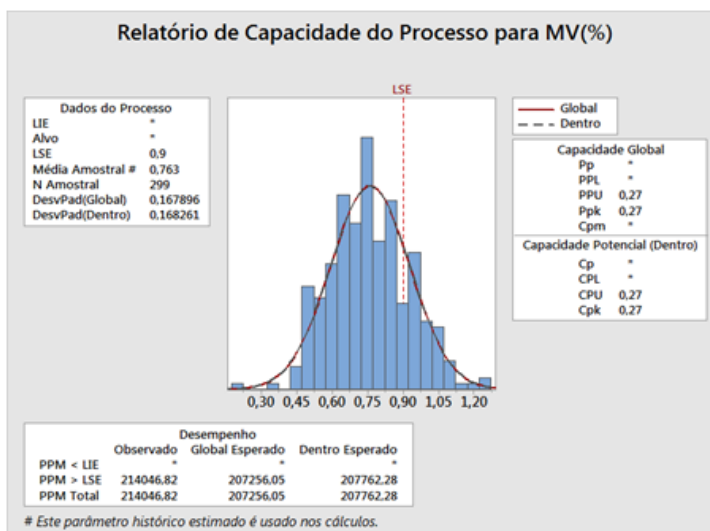


Figura 13 – Relatório de Capacidade para o processo de coqueificação

7.0 Conclusão

O trabalho bem estruturado e que utiliza a metodologia adequada traz resultados mais expressivos para empresa. Desta forma, deve-se buscar o desenvolvimento de trabalhos sempre de forma estruturada, com a delineação adequada do problema através da elaboração de um mapa de raciocínio, com a definição de metas tangíveis e com estruturação de planos de ação e planos de controle que permitam alcançar um resultado de 50% de redução de fornos com matéria volátil acima do estabelecido.

A qualidade do coque teve uma melhora significativa depois das ações de controle térmico, mudança na rotina dos operadores e técnicos, aumento do número de descarbonização, ritmo operacional, tempo de coqueificação, sucção dos gases de combustão e alteração no sistema de compactação do carvão foram algumas das ações implementadas diante de todo o estudo e ações implementadas no projeto, o resultado está dentro da meta estabelecida conforme o gráfico do indicador

REFERÊNCIAS

- 1 Coelho, Robson Jacinto. **Modelos de previsão de qualidade metalúrgica do coque a partir da qualidade dos carvões individuais e do coque obtido no forno piloto decoqueificação da CST**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto. Rede Temática em Engenharia de Materiais, 2003.
- 2 Silva, J.E.; Oliveira, A.F. **Evolução do uso de carvões “soft” e “steam coal” na coqueria Heat Recovery e impactos na qualidade do coque e no custo da mistura**. 45º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 2015, Rio de Janeiro – RJ.
- 3 Junqueira, Y.S.F.; Coelho, R.J.; Henrique, N.I.; *at all*. **Stamping Charger com automatismo” - Compactação da massa de carvões - Estudo teórico e análise prática na tkCSA**. 44º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 2014, Belo Horizonte, MG.
- 4 Junqueira, Y.S.F.; Henrique, N.I.; Coelho, R.J.; Henrique, N.I.; *at all*. **PID Combustão – Um melhor controle para queima dos gases em coqueria Heat Recovery**. 46º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 2016, Rio de Janeiro, RJ.
- 5 Henrique, N.I.; Coelho, R.J.; Junqueira, Y.S.F.; *at all*. **Análise de O₂ em excesso nos gases combustão de um forno de Coqueria do tipo Heat Recovery**. 47º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 2017, São Paulo, SP
- 6 Coelho, R.J.; Henrique, N.I.; Rezende, R.S.; *at all*. **“Burn Loss and Losses Project” AISTech 2018 – Philadelphia, USA**