

OPERAÇÃO DA BATERIA DE COQUE MODO VAZÃO*

André Luiz Bonelar dos Santos¹
Nilson Luiz Biccas²
Odilon José da Silva³
Rodrigo Abreu⁴

Resumo

A Coqueria no contexto siderúrgico é a área responsável pela produção de coque metalúrgico para os Altos-Fornos. O coque geralmente é obtido em fornos verticais, que tem a finalidade de aquecer a mistura dos carvões minerais até a temperatura de pirolise, através da queima controlada de um combustível. O objetivo deste trabalho é apresentar as alterações realizadas no Controle de Combustão das Baterias de Coque da ArcelorMittal Tubarão para garantir a estabilidade operacional e o maior controle do tempo líquido de coqueificação. O aprimoramento do modelo matemático ajustado as condições atuais do processo, trouxe benefícios tais como a obtenção de uma melhor distribuição de calor ao longo das paredes de aquecimento e conseqüentemente a redução das resistências aos desenformamentos, consumo de calor e emissões de poluentes, preservando a estabilidade operacional das baterias de coque e contribuindo para o prolongamento da vida útil.

Palavras-chave: Combustão, Tempo Líquido de Coqueificação.

COKE BATTERY OPERATION FLOW MODE

Abstract

Coke oven in the steel context is the area responsible for production of metallurgical coke for the Blast Furnaces. The coke is usually obtained in vertical ovens, which is intended to heat the coals blend to the pyrolysis temperature, by the controlled burning of a fuel. The objective of this work is to present the changes at ArcelorMittal Tubarão's Coke Batteries Combustion Control to ensure operational stability and better control of the net coking time. The improvement of the mathematical model adjusted to the current conditions of the process, brought benefits such as obtaining a better distribution of heat along the heating walls and consequently the reduction of the stickers, heat consumption and emissions of pollutants, preserving the stability operating the coke batteries and contributing to extend the useful life.

Keywords: Combustion, Net Coking Time.

¹ Engenheiro de Produção e Engenheiro Mecânico, PG Química Industrial, MSc, Especialista de Coqueria, Unidade Técnica da Redução ArcelorMittal Tubarão, Serra, Espírito Santo.

² Administração de Empresas, Supervisor de Controle Térmico, Área de Produção de Coque ArcelorMittal Tubarão, Serra, Espírito Santo

³ Engenheiro Metalúrgico, MSc, Especialista de Coqueria, Unidade Técnica da Redução ArcelorMittal Tubarão, Serra, Espírito Santo.

⁴ Engenheiro Metalúrgico, Especialista de Coqueria, Unidade Técnica da Redução ArcelorMittal Tubarão, Serra, Espírito Santo

1 INTRODUÇÃO

A Coqueria da ArcelorMittal Tubarão é composta de 3 Baterias de Fornos de Coque do tipo "Carl Still Half-Divided Oven System", sendo que cada bateria possui de 49 fornos, totalizando 150 paredes de aquecimento. Cada parede de aquecimento é composta por 32 câmaras de combustão, distribuídas em 15 no Lado Coque e 17 no Lado Máquina, sendo todas interligadas por um canal de gás (fumos), proveniente da queima do combustível nas câmaras. As baterias podem utilizar como combustível o Gás de Coqueria (COG) ou o Gás Misto (MG) que é uma composição da mistura dos gases de Alto Forno (BFG) e de Coqueria (COG).

O combustível é queimado em ciclos alternados de 20 minutos em cada "lado", ou seja, supondo que o lado de queima é o Lado Coque (LC), o ar assim como o MG é pré-aquecido nos regeneradores, para após serem admitido diretamente em cada uma das 15 câmaras da parede de aquecimento, onde ocorre efetivamente a queima. Os fumos desta combustão são conduzidos ao outro lado da bateria, neste caso o Lado Máquina, aquecem as demais paredes que não estão em combustão, atravessam os regeneradores, atravessam os canais de fumaça e chegam à atmosfera através das chaminés, conforme Figura 1. Este ciclo garante o aquecimento de ambos os lados das baterias dentro de parâmetros pré-estabelecidos.

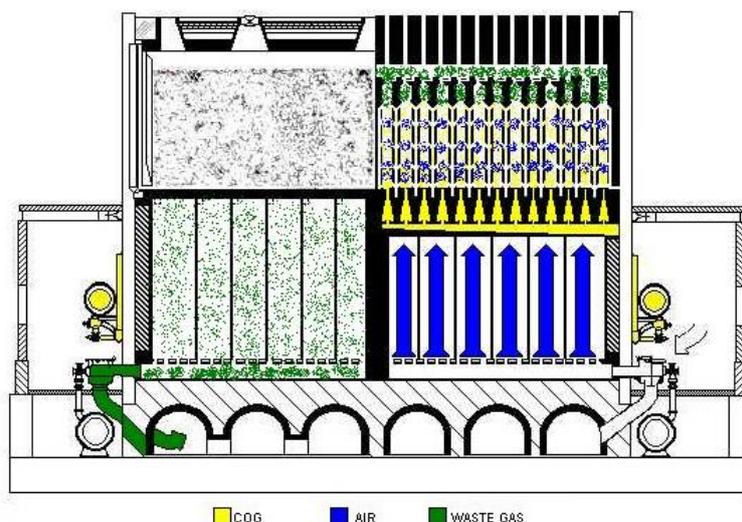


Figura 1. Sistema de Combustão Carl Still Half-Divided
Fonte: Manual de Operação

Esse sistema de combustão e distribuição de calor, onde os ajustes ar / gás são realizados de forma empírica, ou seja, através do fluxo de gás e a pressão do gás residual nas câmaras de combustão. Entretanto, com o tempo, esses ajustes tornam-se difíceis, impactando nos controles das temperaturas da região central das paredes de aquecimento, gerando desperdício de energia térmica e a emissão de poluentes atmosféricos. Assim, a ArcelorMittal Tubarão desenvolveu um sistema alternativo de controle de combustão objetivando a estabilidade na distribuição de calor ao longo das paredes de aquecimento e conseqüentemente a redução das resistências ao desenformamentos, consumo de calor e emissões de poluentes, preservando a estabilidade operacional das baterias de coque e contribuindo para o prolongamento da vida útil.

2 DESENVOLVIMENTO

A temperatura das câmaras de combustão deve ser mantida e controlada de modo a preservar a vida útil das paredes refratárias e produzir coque dentro dos parâmetros de qualidade pré-estabelecidos. Originalmente, a definição do ponto de coqueificação dos fornos era baseada na experiência do operador do processo, ou seja, por detecção visual (através da coloração da chama nos tubos de ascensão) o ciclo de coqueificação era considerado encerrado.

Em 1996, a ArcelorMittal Tubarão adotou um sistema automático de detecção do tempo líquido de coqueificação através da medida de temperatura do gás gerado no processo. Esse sistema permitiu a obtenção de uma estabilidade do tempo líquido de coqueificação e na condição térmica adequada com consequente estabilização no consumo de calor das baterias. Entretanto com o avanço da idade das baterias a distribuição de calor ao longo das baterias tornou-se um desafio, ao ponto de comprometermos a coqueificação adequada dos carvões ocasionando várias ocorrências de resistências aos desenformamentos (Engaiolamentos).

2.1 Diagnóstico dos Desvios de Processo

Para reduzir os impactos causados pelos desvios de processo, inicialmente foi realizado uma diagnose das baterias com o objetivo de identificar quais eram as principais variáveis do processo a serem trabalhadas de forma imediata. Na primeira avaliação percebeu-se que uma das causas dos desvios estava associado a distribuição desigual de calor ao longo das paredes, ou seja, concentração de calor na região central das paredes, conforme Figura 2.

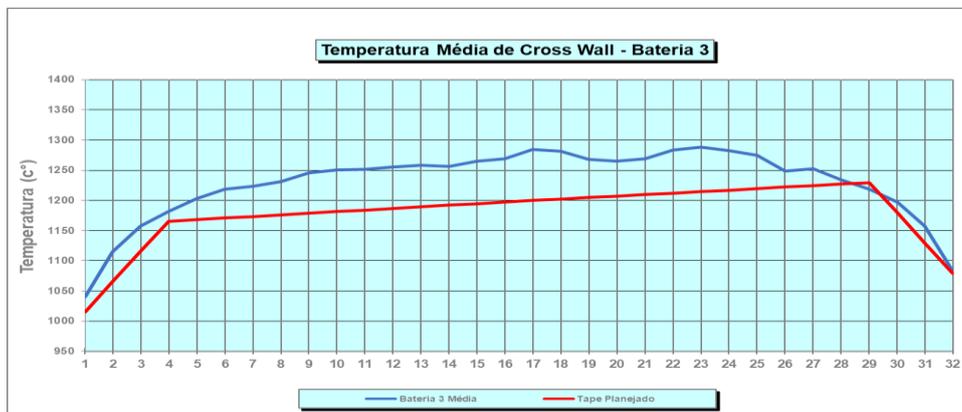


Figura 2. Temperatura Média do Cross Wall da Bateria 03

Para o desenvolvimento da solução foi realizado uma análise criteriosa dos principais KPI's (Key Performance Indicator) de processo e dos controles estabelecidos, considerando como variável de análise o calor consumido pelas baterias. Durante essa fase de identificação do problema foi possível identificar através de análises estatísticas que 76% dos dados analisados foram considerados defeituosos (Relatório de Capacidade). Para definição das possíveis causas foi realizado uma correlação múltipla, onde todos os valores/conjunto de variáveis que

2.2 Flexibilização do Processos de Combustão

Na segunda etapa do trabalho o foco das ações concentrou-se na redução dos desvios remanescentes e na implementação de controles automatizados que reduzissem ou até eliminassem a necessidade da atuação do operador. O trabalho foi desenvolvido por uma equipe multidisciplinar que envolveu a operação, a unidade técnica, a engenharia e a automação. Nesse contexto foi identificado que o processo de combustão da bateria não obedecia mais aos parâmetros de controle estabelecidos no “start up” e que os lados de queima se diferenciavam.

Com a posse desses dados e informações, a equipe multidisciplinar estabeleceu controles adicionais para maior estabilização da relação ar/combustível, bem como implementou novas modalidades de controle para o aporte de calor também conhecidas como controle via PCI (Poder Calorífico Inferior), Calor, Fator e Vazão de Gás. Todos os controles estabelecidos passaram a permitir a parametrização por lado, o que contribuiu para redução dos desvios pontuais de forma mais assertiva (Figura 5).

Assim, após implementação dos controles, foram realizados novos ajustes no processo de combustão das 3 baterias, tendo como referência as análises dos gases de combustão enviados para a Chaminé.

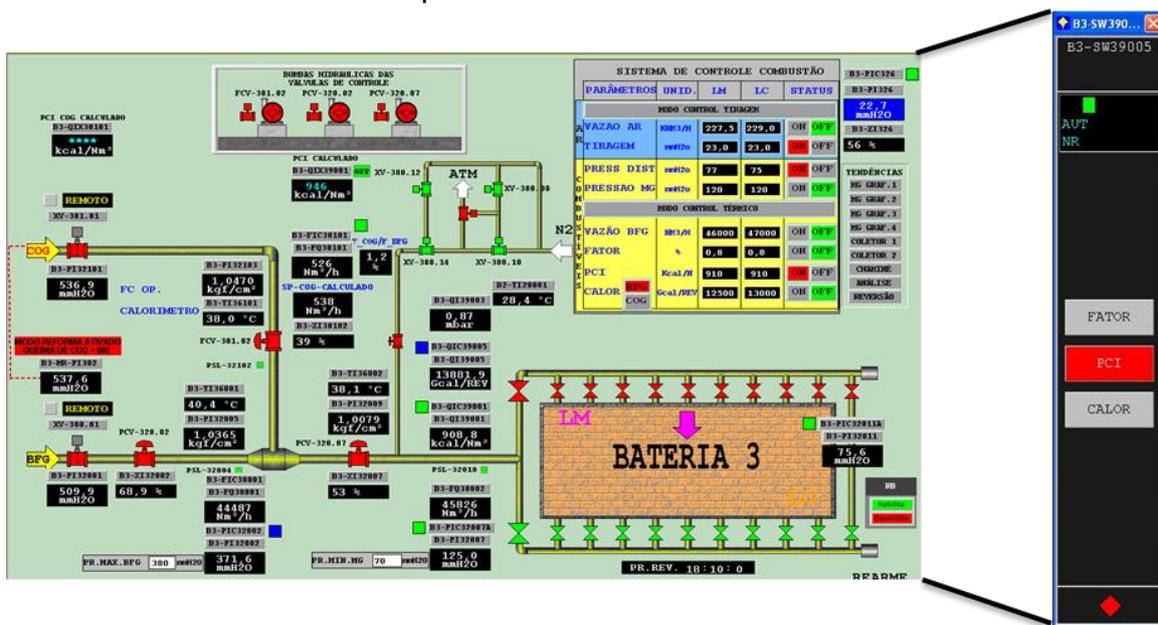


Figura 5. Flexibilização do Processo de Combustão

2.3 Automação do Processos de Combustão

A terceira e última etapa, consistiu no processo de Automação do Sistema de Combustão, ou seja, atualização do modelo responsável por apontar quais ajustes devem ser feitos nas vazões de gás para que a energia transmitida das câmaras para o forno seja suficiente para transformar o carvão em coque respeitando a sequência operacional programada. A vazão de gás para os fornos depende dos seguintes parâmetros:

- Tempo Líquido de Coqueificação (ΔTL);
- Umidade da Matéria-Prima (carvão) (ΔU);
- Carga Seca de Carvão Enfornado (ΔP).

Para essa etapa, inicialmente foi realizado um projeto piloto (Figura 6) envolvendo o sistema PIMS (Plant Information Management System), responsável pela coleta de dados de processo, 3 fornos (118,119 e 120) e 4 paredes (118, 119, 120 e 121).

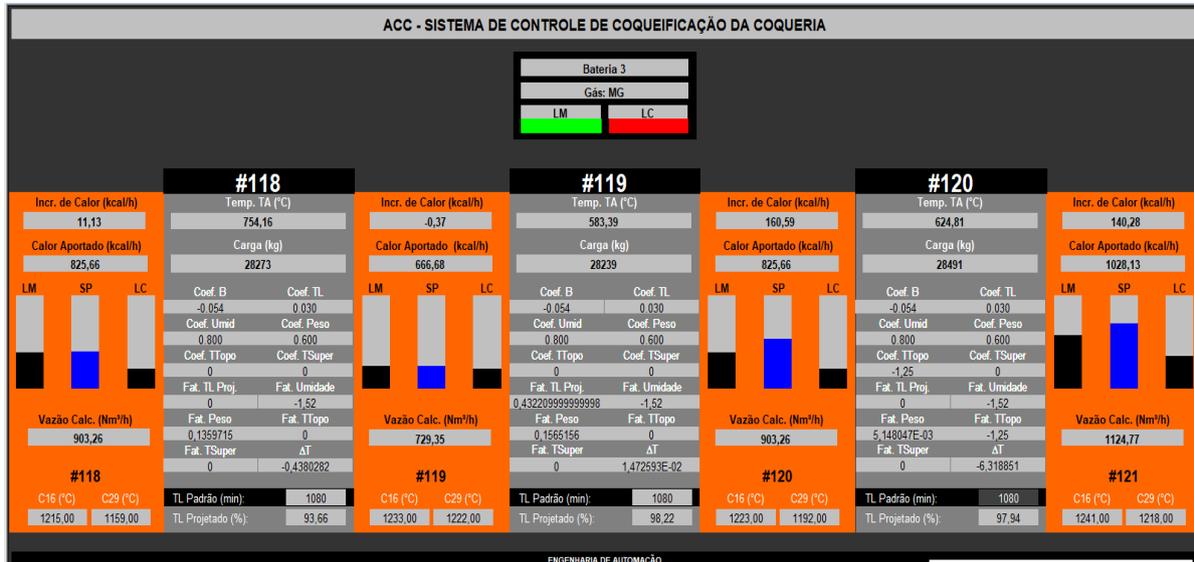


Figura 6. Projeto Piloto de Automação na plataforma PIMS

As entradas do modelo são variáveis de processo e de matérias-primas e, como resultado, as saídas são os parâmetros de combustão. No total foram aferidos 6 coeficientes (Tempo Bruto, Tempo Líquido, Umidade, Peso, Temperatura Topo, Tempo de Super), 5 fatores (Fator Tempo Líquido Projetado, Fator Umidade, Fator Peso, Fator Temperatura de Topo, Fator Temperatura de Super) e o Delta de temperatura.

Os novos coeficientes e fatores encontrados no projeto piloto alimentaram o modelo matemático do ACC (Automatic Combustion Control) melhorando a previsibilidade do modelo. Após atualização o ACC passou a comandar o sistema de combustão das baterias (Figura 7).

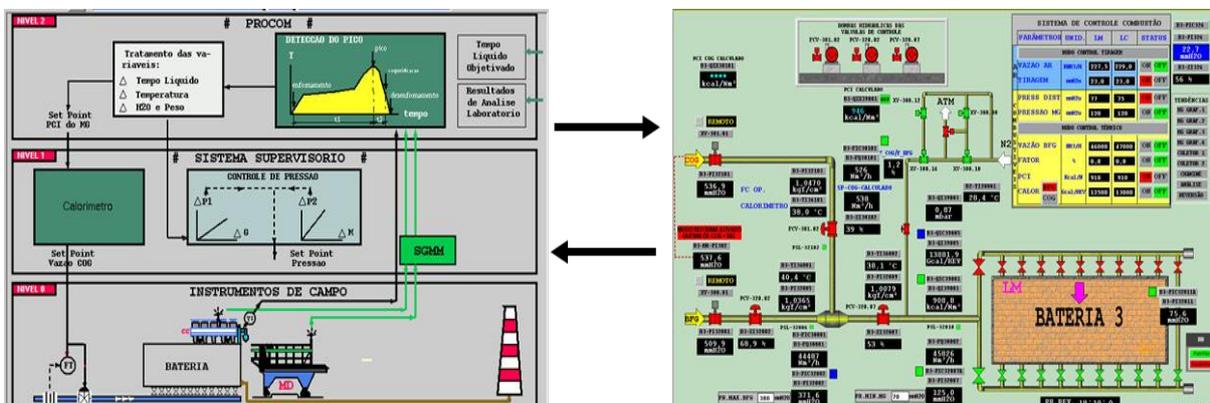


Figura 7. Automatismo do Controle de Combustão

2.4 Resultados Obtidos no Processos

Os ajustes na quantidade de calor dos fornos, tanto de forma individual como de maneira generalizada, são necessários para a manutenção da estabilidade operacional da planta. Analisando o gráfico Boxplot (Figura 8), a qual são apresentados os resultados de temperatura do antes e depois das alterações, é possível afirmar que a temperatura do Cross Wall(CW) das paredes apresentou redução de aproximadamente 100 °C na região central da parede de aquecimento, contribuindo para redução do processo de resistência ao desenformamento (Engaiolamentos). No gráfico é possível verificar uma maior estabilidade na temperatura das câmaras de combustão.

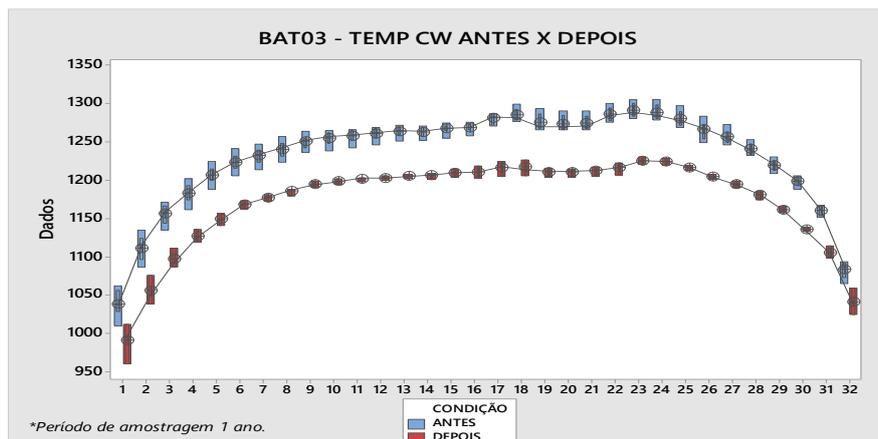


Figura 8. Temperatura do CW antes e depois das alterações.

Como a temperatura é uma variável de distúrbio que impacta diretamente no resultado final (Tempo Líquido), acelerando ou retardando o processo de coqueificação, realizamos um diagnóstico do processo utilizando o Software Minitab para realização da comparação da capacidade do Processo Antes/Depois das alterações. O resultado dessa análise é apresentado na Figura 9.

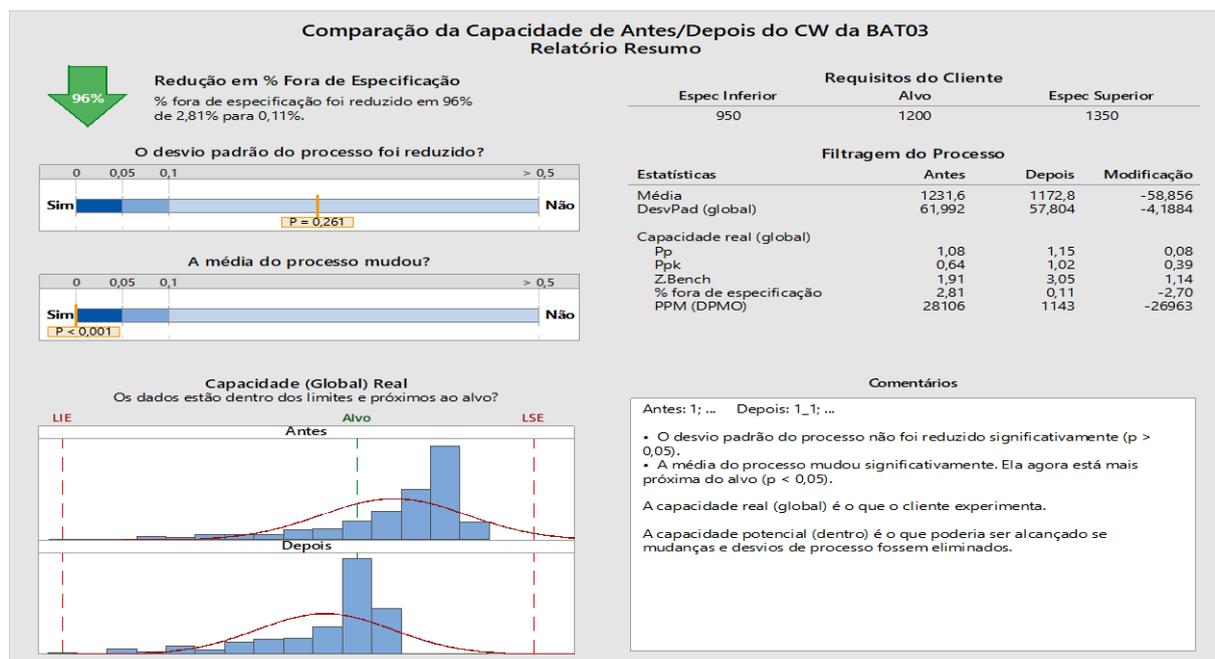


Figura 9. Temperatura do CW antes e depois das alterações.

A análise da capacidade do processo apresentou como resultados a redução de 96% nos desvios de temperatura, representando uma mudança significativa da temperatura média do processo em direção ao valor objetivado (Alvo). Esse processo de estabilização permitiu uma redução significativa do desperdício de energia térmica e a emissão de poluentes atmosféricos. Essa redução pode ser observada através da redução do consumo de COG no processo de combustão para níveis inferiores a 30%, conforme Figura 10.

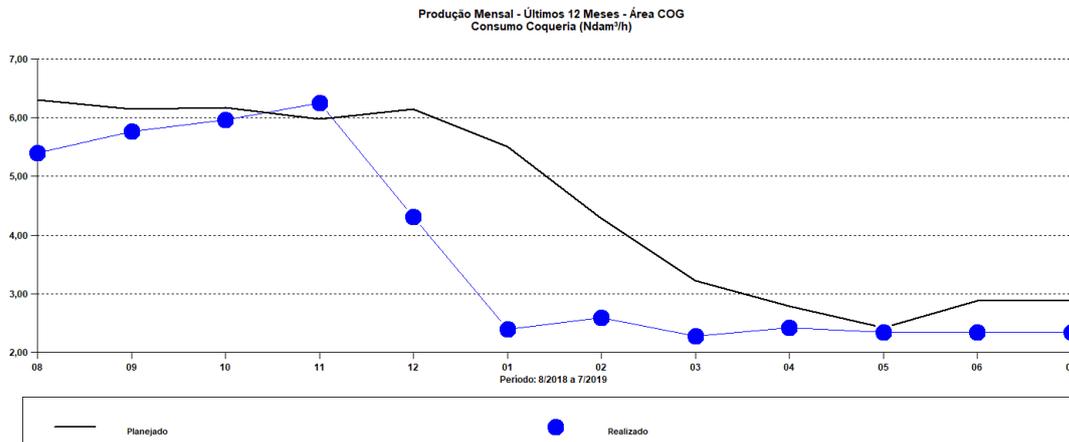


Figura 10. Consumo de COG antes e depois das alterações.

Outro resultado obtido com as alterações no processo foi a redução das ocorrências de resistência ao desenformamento a patamares de 2013, ou seja média de 10 ocorrências mês. Essa melhora no indicador torna-se a de maior relevância para o trabalho, visto que, as resistências ao desenformamentos são altamente prejudiciais ao processo de coqueificação, a produtividade e impacta diretamente na vida útil da bateria.

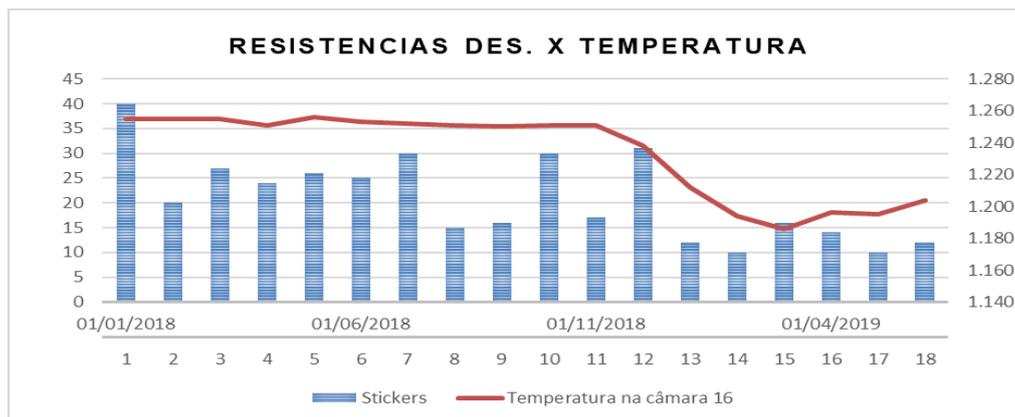


Figura 11. Redução do número de resistências ao desenformamentos

3 CONCLUSÃO

Concluimos com os estudos que as novas práticas operacionais implementadas com base na aplicação dos coeficientes e fatores obtidos através do teste piloto, apresentaram uma boa resposta do processo. Os resultados dessas alterações podem ser mensurados através das ferramentas estatísticas apresentadas no documento, na qual foi possível determinar a redução de 96% dos defeitos de temperatura ao longo das paredes. Foi possível também obter uma menor variabilidade do calor aportado por câmaras de combustão. Essas alterações permitiram a redução de 75% das resistências aos desenforamentos.

Outro fator a ser destacado é que todas as ações implementadas em paralelo com os novos procedimentos que estão sendo elaborados para aumentar a eficiência do ACC em modo “automático”, vêm mostrando um aumento na estabilidade do processo, sendo possível a obtenção da redução de mais de 70% do volume de COG aportado nas Baterias, ou seja, os resultados de aporte de calor atingiram a mínima histórica.

Entretanto, estas alterações sozinhas não garantem a estabilidade desejada para o processo sem uma metodologia sistemática para o ajuste individual das paredes que venham a apresentar problemas ou variações localizadas. Sem estes ajustes, pontos fora de controle continuarão a impedir o funcionamento normal do ACC, sendo essa a próxima etapa do trabalho a ser desenvolvida.

Agradecimentos

Agradecemos a toda equipe de Controle Térmico e Operacional da Coqueria da ArcelorMittal Tubarão pelo empenho e pela colaboração apresentada para a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

- 1 O.J. Silva, O.B. Valente, C.H.S. Dandréa, J.M. Clemente, M.R. Silva, J.M. Oliveira, L.S. Mascena, “Controle Automático da Combustão nas Baterias de Coque da CST”, 58º Congresso Anual da ABM, Rio de Janeiro Brasil, 2003.
- 2 Technical Coal Research, Commission Of The European Communities, Luxembourg, 1984.
- 3 Goleczka, J. ; Tucker, J. and Everitt, G. “The Bulk Reactivity of Coke”. ECSC Round Table Meeting on Coke, Luxembourg, 1982.
- 4 A.J. Nowak, J. Smółka, A. Fic, L. Kosyrczyk. Mathematical model of the heat transfer processes within heating channels of the coke-oven battery. Proceedings of the Heat Transfer and Renewable Sources of Energy 2010, Miedzyzdroje, Poland, 2010.
- 5 A.J. Nowak, J. Smółka, A. Fic, L. Kosyrczyk. CFD model of coupled thermal processes within coke oven battery as an example of complex industrial application. Computer Assisted Mechanics and Engineering Sciences, Poland, 2010.
- 6 Aspen Plus Manual, "Physical Property Method & Models". July 2016.
- 7 Aly, F. A., and Lee, L.L., "SelfConsistent Equations for Calculating the Ideal Gas Heat Capacity, Enthalpy, and Entropy". Fluid Phase Equilibria., v.6, p. 169, 1981.