

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR MEIO DA GESTÃO DE MALHAS DE CONTROLE<sup>1</sup>

*Marcelo Versiani Carneiro<sup>2</sup>*

*Kleber Alberto Nogueira Júnior<sup>3</sup>*

*Raulison Perges Simão Silva dos Santos<sup>4</sup>*

*Daniel Brognaro Penido<sup>5</sup>*

## Resumo

A Vallourec & Mannesmann Tubes do Brasil utiliza um grande volume de gás natural para a produção de tubos de aço sem costura. Diversas malhas de controle são utilizadas para garantir que a queima do gás natural ocorra de forma eficiente. Neste trabalho, apresenta-se uma metodologia para a gestão de cerca de 200 malhas dos diversos sistemas de controle de combustão da usina do Barreiro. Um caso prático com seu respectivo resultado é apresentado.

**Palavras-chave:** Fornos industriais; Controle de combustão; Otimização; Malhas de controle.

## CONTROL LOOP PERFORMANCE MANAGEMENT TO IMPROVE ENERGETIC EFFICIENCY

## Abstract

The Vallourec & Mannesmann Tubes do Brasil needs huge amounts of natural gas for seamless steel tubes production. Many control loops are used to guarantee the natural gas combustion efficiency. In this job, a methodology to manage 200 loops from many different kind of combustion control systems is presented. A real case with results from VMB Barreiro's plant is described.

**Key words:** Industrial furnaces; Combustion control; Optimization; Control loops.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Engenheiro de Controle e Automação, V&M do Brasil - Belo Horizonte – MG, Brasil

<sup>3</sup> Engenheiro Eletricista, V&M do Brasil - Belo Horizonte – MG, Brasil

<sup>4</sup> Técnico de Manutenção III, V&M do Brasil - Belo Horizonte – MG, Brasil

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia de Controle e Automação, V&M do Brasil - Belo Horizonte – MG, Brasil

## 1 INTRODUÇÃO

O processo siderúrgico necessita de vários ciclos de aquecimento e resfriamento para a produção do aço. Diversos sistemas de combustão e tipos de combustíveis são utilizados para fornecer a energia necessária para fornos de reaquecimento, fornos de tratamento térmico, caldeiras, sistemas de pré-aquecimento de ar para alto-fornos, entre outros.

Variáveis como vazão, temperatura e pressão são comumente controladas por meio de malhas de controle PID de forma a garantir o bom desempenho da combustão. Em uma usina integrada, o número de sistemas de combustão e, conseqüentemente, de malhas de controle é muito grande e uma forma eficiente de gerenciamento destes ativos traz benefícios interessantes para as empresas.

O objetivo deste trabalho é a apresentação de uma metodologia para o correto gerenciamento das malhas de controle, aplicada a sistemas de combustão e a apresentação de um caso prático e seus benefícios.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida tem como objetivo fazer com que todos os sistemas de controle de combustão alcancem e se mantenham operando em um ponto ótimo. A metodologia é dividida em quatro fases: coleta de dados; diagnóstico; ação e gestão conforme mostrado na Figura 1. A seguir, descreve-se cada uma destas etapas.

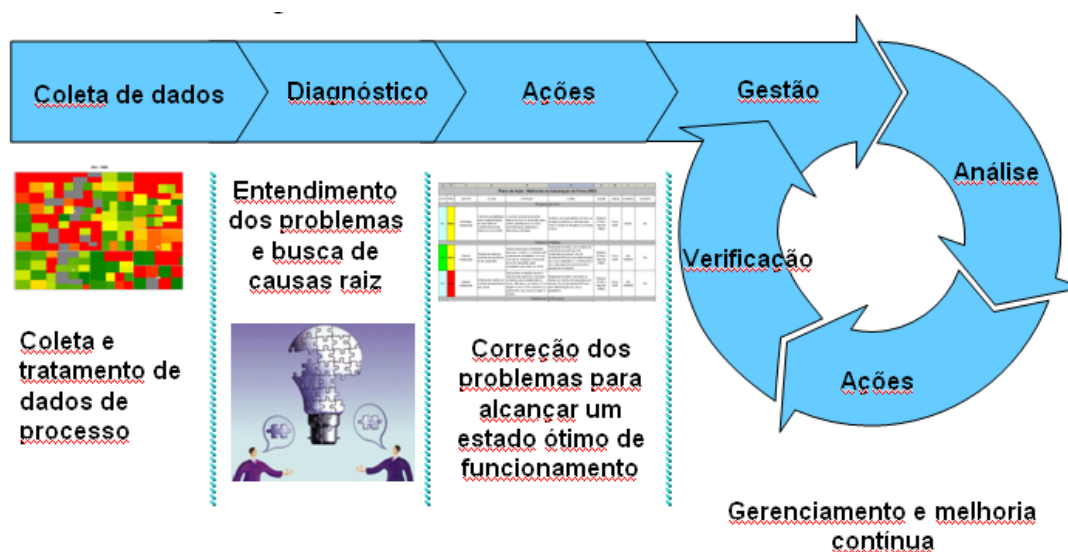


Figura 1. Metodologia de trabalho.

### 2.1 Coleta de Dados

Após a determinação dos maiores consumidores de energia da usina, foi utilizado um sistema de monitoramento contínuo de malhas de controle para acompanhar o desempenho dos sistemas de combustão existentes. Dados como: *setpoint*, variável de processo, ação de controle, parâmetros PID, modo de operação, são coletados continuamente com taxas de amostragem adequadas para cada tipo de malha.

A Figura 2 descreve a abrangência da coleta de dados na VMB.

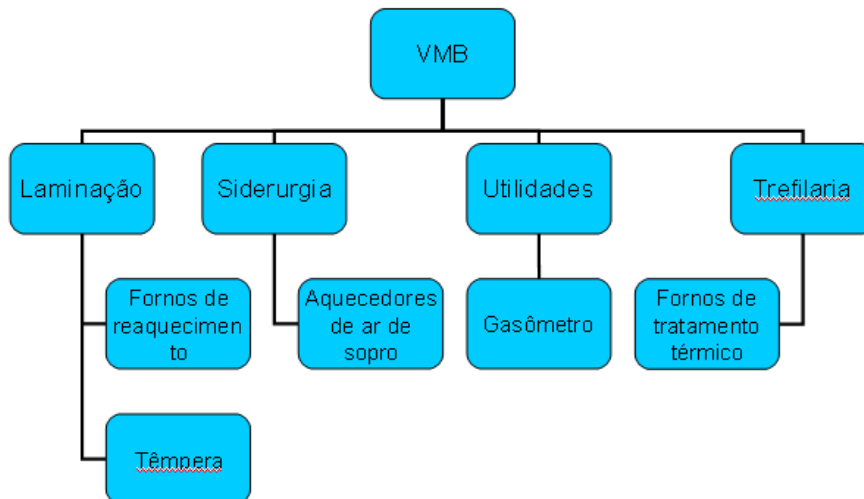


Figura 1. Abrangência do sistema de monitoramento de malhas de controle.

## 2.2 Diagnóstico

De posse dos dados, o sistema de monitoramento calcula continuamente diversos índices de desempenho para cada malha de controle. Assim, por meio de relatórios e ferramentas gráficas como o *treemap*<sup>1</sup>, é possível determinar quais são as unidades que possuem os maiores problemas e as maiores oportunidades de retorno.

Este tipo de ferramenta gráfica é importante para mostrar onde se deve focar os esforços de otimização e para auxiliar no diagnóstico, a partir dos diversos índices calculados (tempo em modo automático; erro de controle, tempo em saturação, períodos e presença de oscilação, existência de agarramento em válvulas, presença de ruído de medição). Além disso, esta ferramenta possui funcionalidades adicionais para a análise de correlação, modelagem, sintonia e testes em atuadores.

Assim, ao determinar a unidade de processo onde as ações de otimização serão desenvolvidas, uma seqüência de verificações deve ser realizada:

- verificação dos sistemas de medição de vazão, temperatura e pressão: os instrumentos precisam estar corretamente calibrados e instalados. para o caso de medições de vazão, as compensações devido a variações por temperatura e pressão devem estar corretamente implementadas.
- verificação das condições dos atuadores: válvulas de controle devem estar livres de histerese e agarramentos.
- estudo detalhado dos programas dos controladores e determinação da melhor estratégia de controle a ser utilizada;
- verificação da programação e sintonia das malhas de controle de vazão e pressão; e
- verificação da estratégia adotada para controle da relação ar/combustível: para controles proporcionais de combustão, sugere-se adotar o duplo limite cruzado.

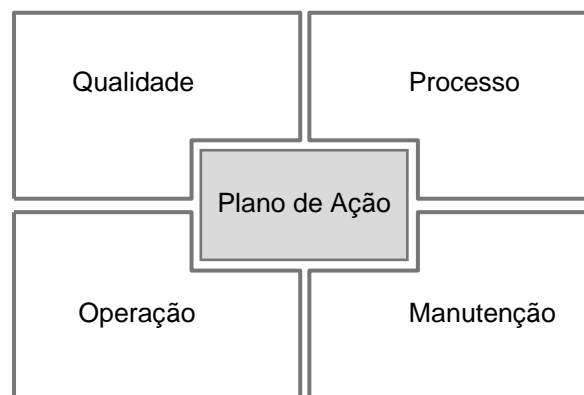
<sup>1</sup> *Treemapping* é um método de visualização de informação sobre entidades com alguma relação hierárquica utilizando retângulos e código de cores em uma área restrita (como um monitor de computador).

- verificação da programação e sintonia das malhas de controle de temperatura;
- discussão sobre os melhores pontos de operação: *setpoints* de temperatura, pressão e relação ar/gás e demais padrões operacionais.

Para isto, são necessárias visitas a campo e entrevistas com os principais envolvidos. Os especialistas e operadores do processo são de grande importância nesta etapa.

### 2.3 Plano de Ação

Após o levantamento do cenário atual, um plano de ação é desenvolvido. Em geral as ações necessárias envolvem diferentes equipes da planta: manutenção, qualidade, operação e processo. O envolvimento de cada uma das equipes é fundamental para o sucesso.



**Figura 2.** Equipe necessária para a realização dos planos de ação.

Manutenção em válvulas, verificação de instrumentos de medição, alterações de estratégias de controle, alteração de pontos de operação, de parâmetros de processo e de ritmo de produção são exemplos de ações realizadas durante essa fase.

### 2.4 Determinação dos Resultados

As medições de resultados devem ser realizadas considerando as variações do processo como: taxas de produção e interrupções. Comumente, o mix de produtos interfere nos cálculos e deve ser levado em consideração, dependendo do caso.

Outro ponto importante é não levar em consideração momentos de parada ou de operação fora da rotina. A alteração de consumo nestes momentos depende mais da operação do que do desempenho dos sistemas de combustão e pode mascarar os resultados para mais ou para menos.

### 2.5 Gestão

O principal objetivo desta metodologia é a economia de gás natural. Para que o impacto financeiro das medidas adotadas possa ser significativo, os ganhos alcançados precisam ser sustentados ao longo do tempo.

Neste ponto, o sistema de monitoramento de malhas de controle tem papel importante, pois ele consegue resumir em alguns relatórios e painéis o que está

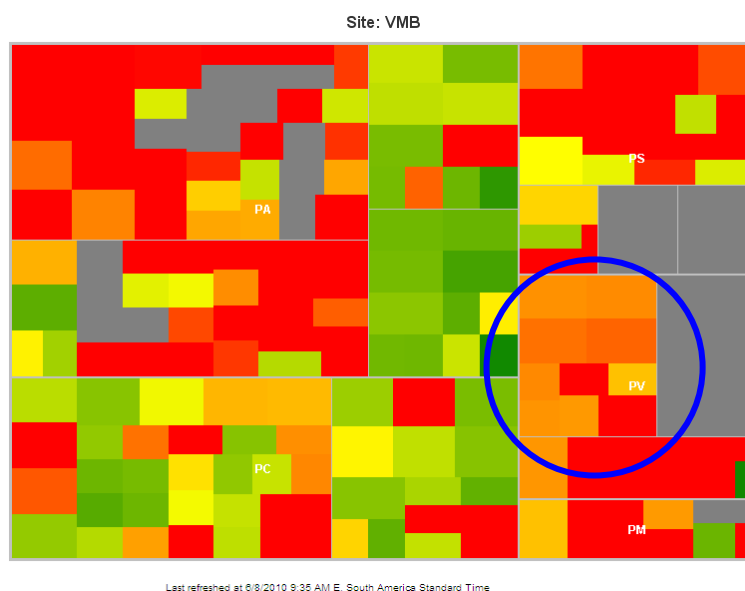
ocorrendo no processo. É necessário, no entanto, especialistas para utilizar a ferramenta e para disparar novos ciclos de diagnóstico e ação.

### 3 EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

A Figura 3 mostra um *treemap* extraído do sistema de monitoramento de malhas de controle da VMB. Os retângulos em vermelho indicam problemas com as malhas de controle. Neste caso, o desempenho está sendo calculado como uma média entre o erro absoluto e o fator de serviço<sup>2</sup> da malha de controle. Percebe-se a existência de muitos pontos com potencial de melhoria.

A área em destaque representa as malhas de controle de temperatura e pressão de ar de combustão de um forno de tratamento térmico da Trefilaria da VMB.

Este forno possui 10 zonas de controle de temperatura que utilizam queimadores on-off com chama confinada. A partir da quinta zona os queimadores podem operar em dois modos: aquecimento (queima de ar e gás natural na proporção definida por ajustes no queimador) e resfriamento (injeção apenas de ar de combustão na temperatura ambiente).

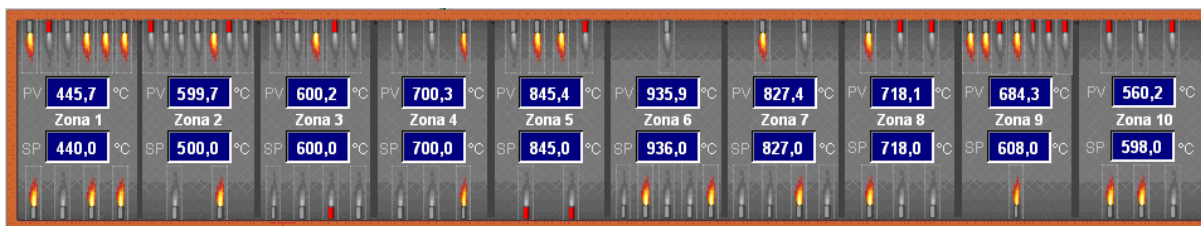


**Figura 3.** Mapa com desempenho das malhas de controle de combustão – Destaque Forno BR3. (25/02/2010)

A **Figura 4** mostra a divisão das zonas de controle e a posição dos queimadores no forno em questão.

<sup>2</sup> Fator de serviço é o tempo no qual a malha de controle está efetivamente em operação, ou seja, não está em manual, não está com o atuador saturado e o instrumento de medição está dentro de seus limites.

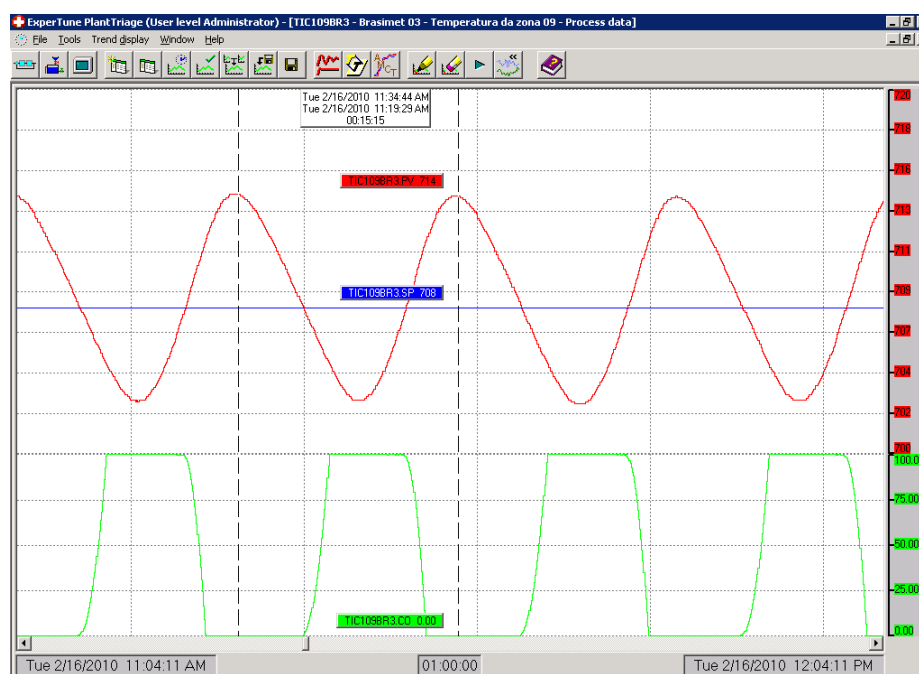




**Figura 4.** Forno de tratamento térmico. Enfornamento da direita para a esquerda.

As malhas de controle deste forno apresentavam alto erro de controle e saturação freqüente dos atuadores. Este cenário tinha como causa raiz a presença de fortes oscilações em todas as malhas de controle de temperatura do forno conforme apresentado na Figura 5.

O sinal de controle variava de 0 à 100% a cada ciclo de oscilação (cerca de 15 minutos). Importante ressaltar que 0% significa modo de resfriamento do queimador e 100% modo de aquecimento com máxima potência.



**Figura 5.** Oscilações observadas nas malhas de controle de temperatura do forno.

A seguir segue a sequência das ações realizadas:

- verificação das condições do sistema de medição de pressão de ar de combustão;
- correções das implementações das malhas de controle no clp;
- testes para modelagem e sintonia da malha de controle de pressão de ar de combustão;
- verificação das condições das medições de temperatura do forno;
- correção dos parâmetros de configuração do equipamento responsável pelo acionamento dos queimadores;
- testes e sintonia das malhas de controle de temperatura; e
- redução do setpoint das primeiras zonas de controle do forno.

A Figura 6 mostra os resultados obtidos com as alterações realizadas na malha de controle de ar de combustão. Neste caso, a malha permanecia em manual devido a

problemas de sintonia e implementação do PID. Percebe-se claramente a redução da variabilidade.

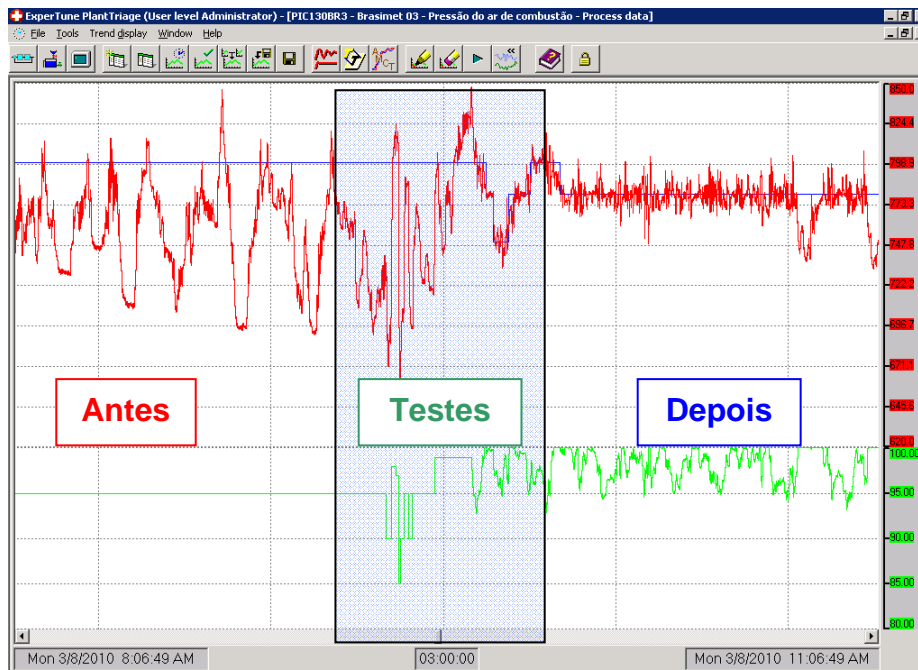


Figura 6. Intervenções no controle de pressão de ar de combustão.

A Figura 7 mostra os resultados obtidos com as alterações realizadas na malhas de controle de temperatura. Foram realizadas alterações no acionamento dos queimadores, nas implementações e sintonias dos controladores PID. Percebe-se claramente a redução das oscilações.

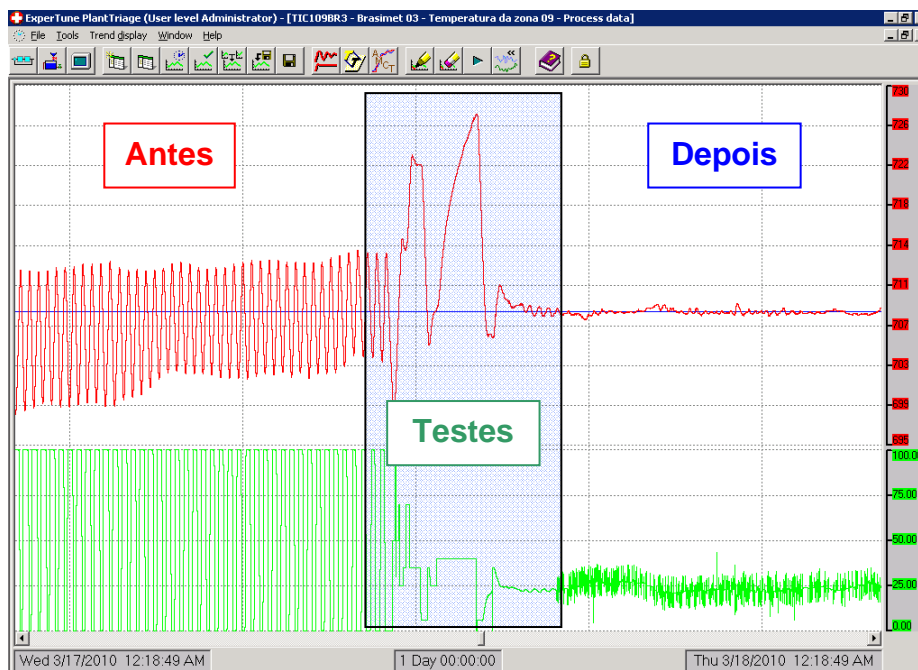
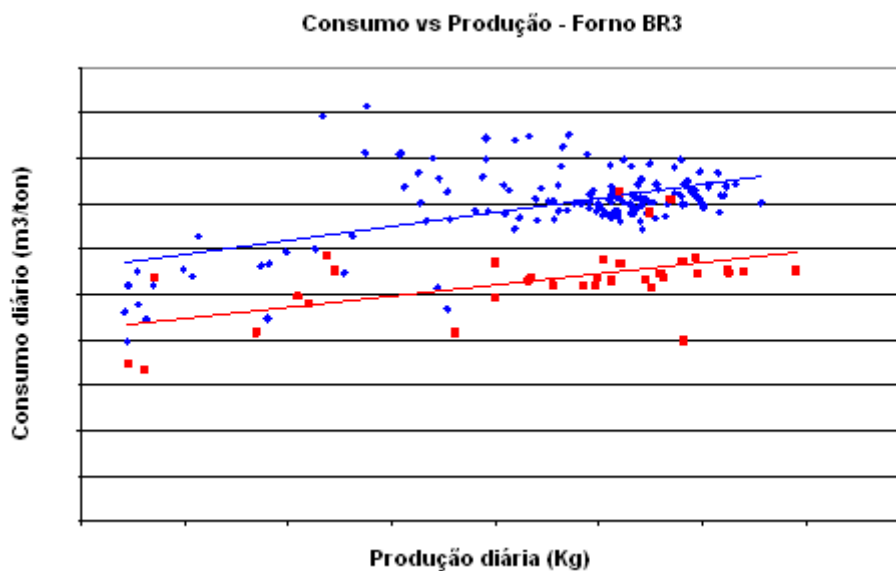


Figura 7. Intervenções no controle de temperatura da zona 09.

Para medir os resultados, foram coletados dados diários de consumo de gás natural e produção do forno dos últimos 11 meses (nove meses de dados antes das alterações e dois meses após as alterações). Com os valores de consumo e produção antes das alterações foi elaborada uma reta para descrever a relação entre produção e consumo de gás. Os pontos e a reta em azul na **Figura 8** mostram essa relação.

Na mesma figura, os dados em vermelho representam os pontos de produção e consumo após as alterações. Para estimar os resultados econômicos, fez-se uma comparação diária entre os novos pontos e a reta que representa o consumo antes das alterações. Verifica-se que o consumo diminuiu sensivelmente. Utilizando este método, a redução no consumo de gás natural nos dois meses seguintes foi de 24,4%.

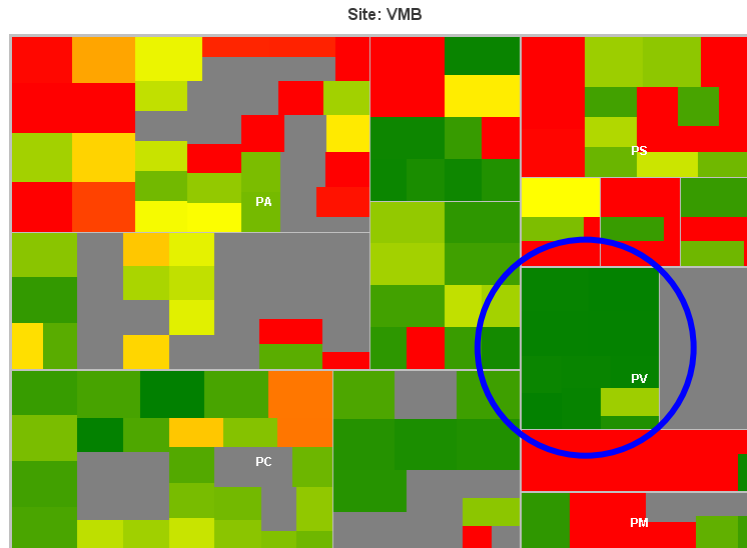
Além dos benefícios econômicos existem benefícios ambientais como a redução das emissões de CO<sub>2</sub> devido ao menor volume queimado de gás natural.



**Figura 8.** Gráfico produção VS consumo forno.

Este resultado precisa ser mantido para que os ganhos possam ser significativos. Para isso, o acompanhamento é realizado por meio do sistema de monitoramento de malhas de controle conforme ilustrado pela Figura 9.





**Figura 9.** Mapa com desempenho das malhas de controle de combustão – Destaque Forno BR3 (04/06/2010).

#### 4 CONCLUSÃO

O correto e eficaz gerenciamento das malhas de controle para sistemas de combustão têm trazido diversos benefícios para VMB. Aos ganhos financeiros e ambientais soma-se a modificação da cultura da organização em favor de um controle mais otimizado de seus processos.

O uso desta metodologia está apenas iniciando na VMB. Existem diversos outros potenciais, já mapeados, que ainda não foram explorados ou que estão em desenvolvimento. Além disso, podemos aplicar este tipo de trabalho a vários outros processos dentro da siderurgia.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1 CARNEIRO, M.V.; CARVALHO, F.B.; REZENDE, T.O. Boas Práticas no Controle de Fornos de Reaquecimento. In: SEMINÁRIO DE AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS, 11., 2007, Porto Alegre. São Paulo: ABM, 2007.