

REDUÇÃO DO CONSUMO ESPECÍFICO DE COQUE NO FORNO WAE LZ – JUIZ DE FORA*

*Livia da Silva Mello¹
Tone Takayama Filho²
Sérgio de Azevedo Penchel Junior³
Fabiano Mariel Fernandes dos Santos⁴*

Resumo

O objetivo deste trabalho é demonstrar que a utilização da Metodologia Six Sigma e ferramentas de controle estatístico e gestão, são eficazes para controle processo, redução custos e estabilização de processos em geral. O coque dentre os custos variáveis do Circuito Polimetálicos, representa o maior custo para a unidade de Juiz de Fora e a oportunidade em otimizar sua utilização, foi identificada a partir do levantamento de dados e benchmark realizado. Observou-se que a média do consumo específico de coque grosso + coque fino no Forno Waelz, em 2012 era em média 360 Kg/t de pó de aciaria (PAE) tratado estava muito superior a outras empresas que utilizam a mesma tecnologia para tratamento de resíduos. Definiu-se então como meta do projeto atingir 210Kg/t PAE até 2014. Passando por todas as etapas de um projeto Six Sigma: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, todas as ações realizadas garantiram uma melhor performance da variável: consumo específico de coque, uma média acumulada em 2013 de 212,3 Kg/t PAE e 181,5 Kg/t PAE em 2014 proporcionando um custo evitado de R\$ 11,6MM para a unidade.

Palavras-chave: Coque; Processo waelz; Six sigma; Zinco.

REDUCTION OF THE SPECIFIC CONSUMPTION OF COKE AT WAE LZ KILN – JUIZ DE FORA

Abstract

The aim of this paper is to demonstrate improvement in operational stability and operational cost saving by the use of Six Sigma Methodology, statistics tools and operational management during the process in general. The coke, among variable costs of Waelz Circuit, represents the highest cost for the smelter at Juiz de Fora. The opportunity to lowering the use has been identified from the collection of data, and benchmarking studied. It was identified that the average of specific consumption of coke breeze plus fine coke in 2012 it was 360 Kg of coke per ton Electric Arc Furnace treated, much higher compared to the other companies using the same technology to treat the wastes. The goal of the Project was defined achieve 210 kg/t EAF until 2014. Going through all the steps of a Six Sigma project: Define, Measure, Analyze, Improve and Control, all actions taken ensured a better performance of the variable: specific consumption of coke, a cumulative average in 2013 of 212.3 kg / t PAE and 181.5 kg / t PAE in 2014 provided an avoided a cost of R \$ 11,6MM for smelter.

Keywords: Coke; Waelz process; Six sigma; Zinc.

¹ Engenharia Metalúrgica, Engenheira Plena, Desenvolvimento Tecnológico, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

² Engenharia Metalúrgica, Mestre em Engenharia Metalúrgica, Gerente, Processos, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

³ Engenharia Química, Consultor de Tecnologia I, Desenvolvimento Tecnológico, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

⁴ Engenharia Metalúrgica, Engenheiro Pleno, Processos, Votorantim Metais Zinco, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A unidade da Votorantim Metais Zinco – Juiz de Fora é reconhecida por sua vocação recicladora, pois ao longo dos anos vem aumentando consideravelmente a participação de materiais secundários como matéria prima em sua planta industrial. A implantação do Projeto Polimetálicos foi o primeiro passo nesse sentido, uma vez que consiste na reciclagem do Zn contido no pó de aciaria elétrica (PAE), considerado resíduo classe I das siderúrgicas.

O Projeto Polimetálicos iniciou suas atividades no final de 2011 e consiste em um tratamento pirometalúrgico para minérios e resíduos contendo baixo teor de zinco. Essa tecnologia para tratamento de resíduos consiste na redução e volatilização do zinco e outras substâncias. O material sólido final que não volatiliza, a escória, é descartada e resfriada na saída do forno, os gases contendo Zn, são destinados pela depressão no forno e resfriados para condensação do material e posterior captação em filtros de manga, sendo o material recuperado denominado óxido Waelz (rico em zinco e chumbo).

Todo processo de redução/volatilização ocorre no Forno Waelz (forno rotativo de 70m de extensão e 4m de diâmetro), revestido internamente com refratários e ligeiramente inclinado. O material é alimentado na parte superior do forno e move-se lentamente no sentido da parte mais baixa devido a inclinação e movimento de rotação do forno. A mistura de alimentação é composta principalmente pela pelota (PAE + coque fino + água), coque grosso (combustível) e sílica (ajuste de basicidade). O aquecimento é realizado em contracorrente pelos gases quentes e o queimador é acionado somente quando necessário, pois o forno é autógeno.

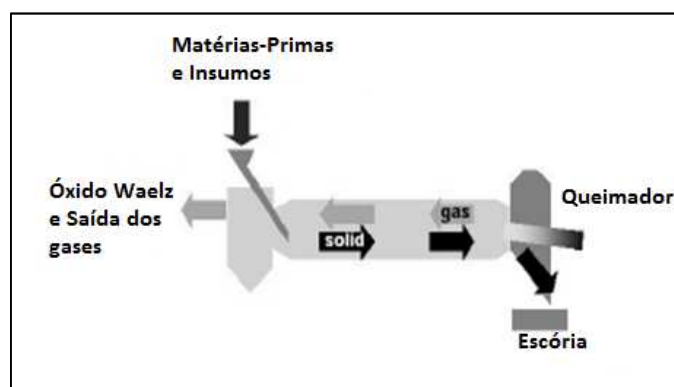


Figura 1. Diagrama do fluxo de materiais no forno Waelz.

A pelota é produzida com o objetivo de reduzir o arraste de material sólido para o sistema de gases. Em sua composição, o PAE é o material que contém Zn, ou seja é a matéria prima, o coque fino é responsável pela redução do material e a água funciona como aglomerante.

Dentre os insumos que compõem o custo variável do Processo Waelz, o coque é o mais significativo para a unidade, pois representa o maior custo. A oportunidade em otimizar sua utilização, foi identificada a partir do levantamento de dados e benchmark realizado.

Observou-se que a média do consumo específico de coque no Forno Waelz, em 2012 era de 360 Kg/t PAE e estava muito superior a outras empresas que utilizam a mesma tecnologia para tratamento de resíduos, conforme pode ser visto na tabela 1.

Tabela 1. Benchmark realizado das empresas que utilizam a mesma tecnologia para tratamento de resíduos

Empresas – País Origem	2008		2009	
	Consumo Kg/t PAE		Consumo Kg/t PAE	
	Planejado	Realizado	Planejado	Realizado
Empresa 1- Duisburg	190	170	160	200
Empresa 2 - Lille	240	240	190	200
Empresa 3 - Freiberg	190	170	170	170

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Metodologia Lean Six Sigma

O desenvolvimento de projetos utilizando a metodologia Lean Six Sigma traz inúmeros benefícios, a destacar: maior eficiência operacional, redução de custos, melhoria da qualidade do processo e em muitos casos, aumento da lucratividade.

Além da vantagem econômica proporcionada, a metodologia é utilizada como uma ferramenta de excelência na competitividade para melhoria contínua dos processos, pois com ela se tem a integração e alinhamento do gerenciamento dos processos críticos nos resultados da empresa.

Essa metodologia possui um grande destaque atualmente no mundo dos negócios e dos estudos da qualidade e por isso, decidiu-se como estratégia nesse caso utilizar a metodologia a fim de reduzir o consumo específico de coque no Forno Waelz.

2.1.1. Definição de escopo

Definiu-se como escopo do projeto um monitoramento e controle mais efetivo dos parâmetros e dados do processo Waelz, buscando a identificação de variáveis que influenciassem de forma direta no consumo específico de coque. O escopo não contemplou a realização de testes de combustíveis alternativos no forno Waelz para a redução do consumo específico de coque no forno, este tema está sendo desenvolvido a parte.

Com base nos valores estipulados do orçamento de 2013 e 2014 para o consumo específico de coque grosso + fino, definiu-se como meta do projeto atingir um consumo de 210 Kg/t PAE.

2.1.2. Medição de variáveis

Nesta fase, realizou-se uma observação mais detalhada das etapas do processo e foi rediscutido juntamente com a equipe técnica, todas variáveis que poderiam impactar o consumo específico de coque, através do *brainstorming* realizado. A partir daí, elaborou-se o mapa de processo do coque fino (Figura 3), utilizado como insumo na pelletização, e o mapa de processo do coque grosso (Figura 4), utilizado para fornecer calor ao forno.

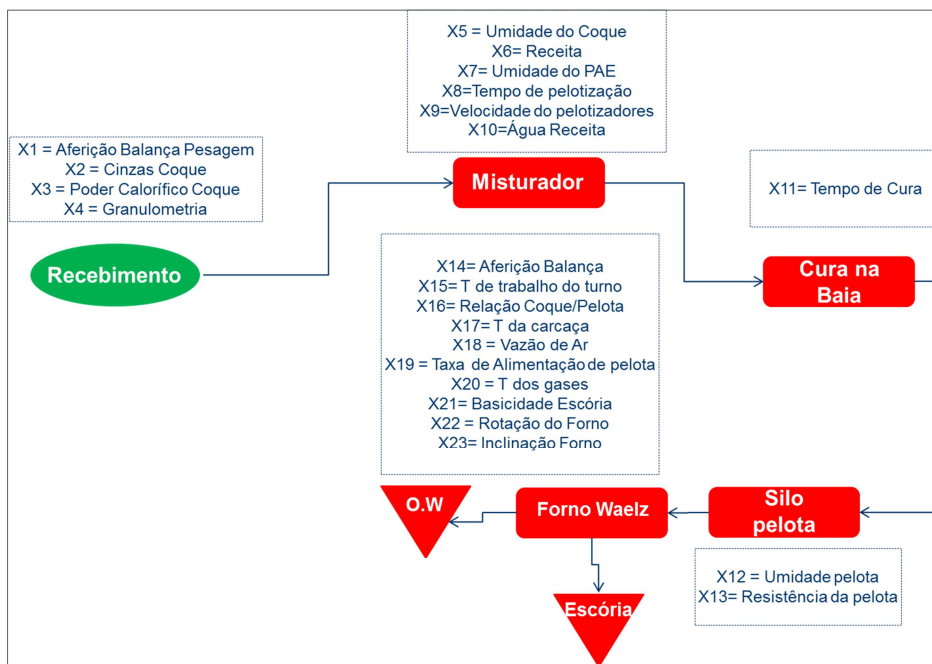


Figura 2. Mapa de Processo – Coque Fino.

Dessa forma, foi possível a identificação das variáveis que poderiam impactar o consumo específico de coque, conforme pode ser observado na Figura 2 e Figura 3.

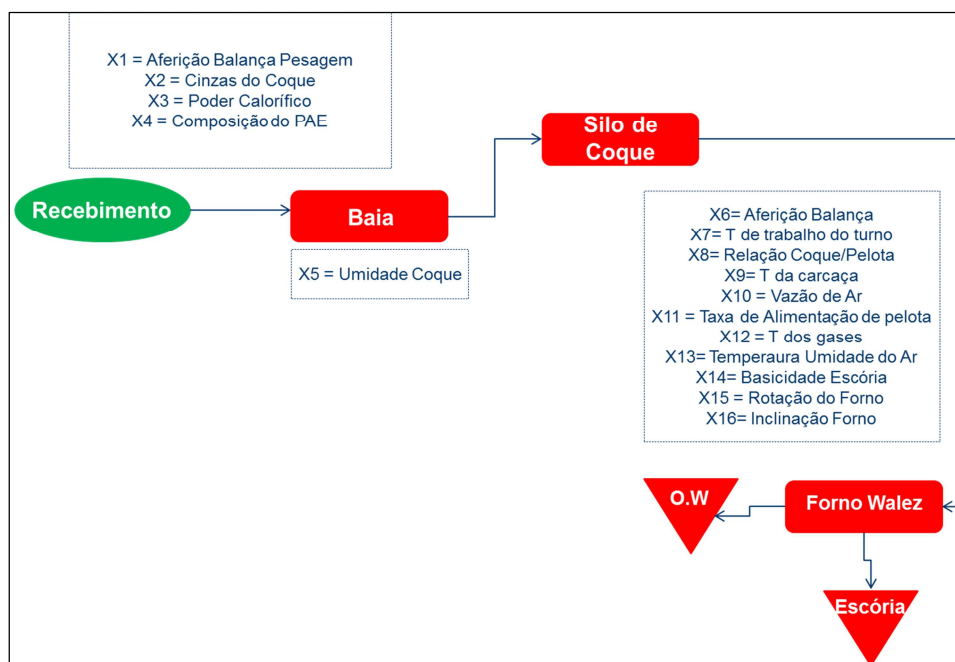


Figura 3. Mapa de Processo – Coque Grosso.

Ao final da elaboração do Mapa de Processo, realizou-se o Diagrama de Ishikawa (Espinha de Peixe) que identificou mais três causas potenciais: consumo específico de coque por turno, tempo de parada e uso do tuyère (soprador de ar na saída do forno).

Após este mapeamento, priorizou-se junto a equipe, as variáveis de entrada do processo avaliando o impacto de cada uma no consumo específico de coque. O resultado pode ser visto no gráfico de Pareto abaixo (Princípio: 80%-20%).

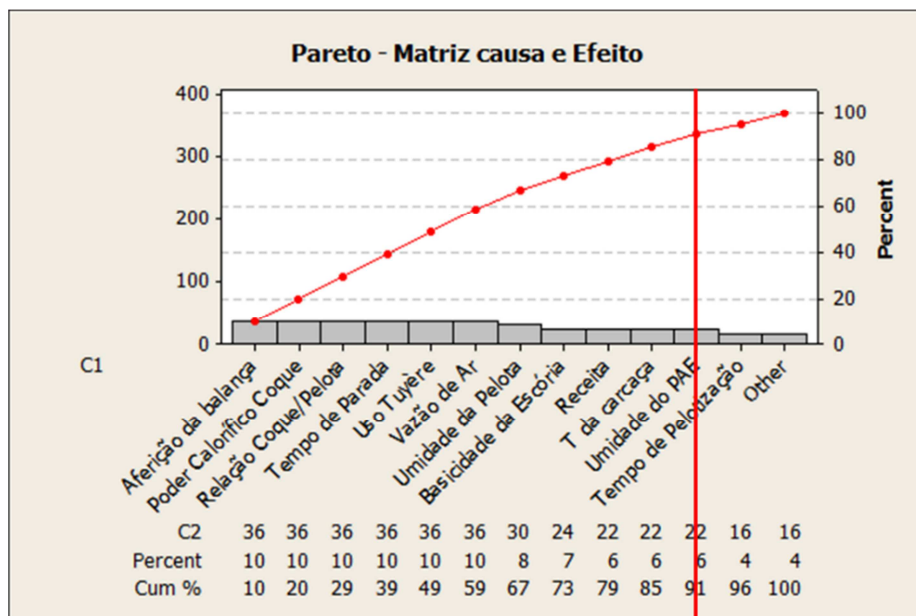


Figura 4. Gráfico de pareto das variáveis potenciais identificadas.

Após esse levantamento, elaborou-se um plano de medições com o objetivo de identificar todos pontos necessários, e a partir daí, definiu-se um plano de coleta de dados (quem, como, onde, frequência, segmentação). Além disso, realizou-se um plano de aferição das balanças e um plano de conferência dos certificados de análise do fornecedor do coque com o intuito de garantir a confiabilidade dos dados. Uma vez coletados os dados, pode-se analisar os desempenhos e impactos de cada variável, de cada grupo, área e atividade.

2.1.3. Análise dos dados

Para comprovar a influência de cada causa priorizada, foi realizada uma análise para as causas contínuas, medidas em intervalos contínuos, e uma análise para causas discretas, no caso: diferença de consumo por turno de operação e vazão de 50% e 100% de ar no tuyère - soprador de ar (o soprador no final do forno, proporciona a oxidação do ferro da escória sendo essa reação extremamente exotérmica, gerando calor para o forno e reduzindo dessa maneira o consumo específico de coque grosso).

2.1.4. Análise das variáveis discretas

Com base no histórico de dados, podemos verificar na Figura 5 que: quando a abertura da válvula da vazão de ar do soprador está em 50%, o consumo específico de coque grosso é menor do que quando a válvula da vazão de ar encontra-se totalmente aberta. A Figura 6, nos evidencia esse fato, e os resultados estatísticos (utilizando a ferramenta Minitab®) comprovam essa afirmação. Isso talvez possa ser explicado pela razão entre a quantidade de ferro existente e a quantidade de ar necessária para que ocorra a oxidação. Provavelmente com a válvula 100% aberta haja um excesso grande ar em relação ao Fe e possivelmente toda essa massa de ar não reage e por consequência resfriando o forno e consumindo mais coque.

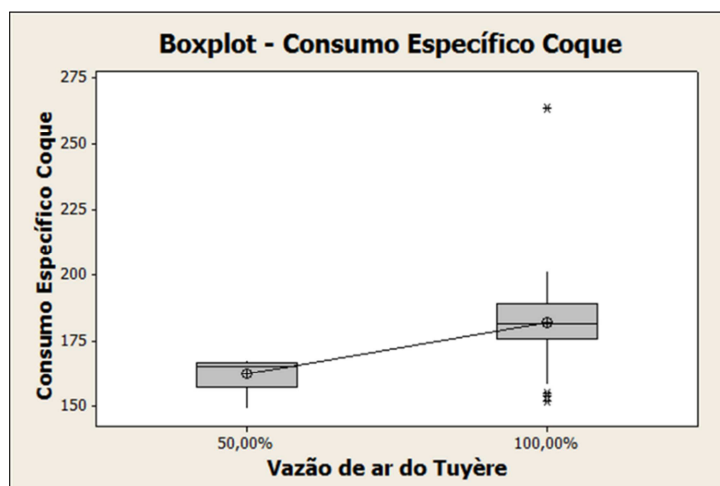


Figura 5. Boxplot Consumo Específico de Coque – Vazão de ar no tuyère.

Já com relação ao consumo específico de coque grosso por turno, podemos visualizar que não há diferença estatisticamente significativa de consumo específico de coque grosso de um turno para outro, conforme pode ser observado na Figura 6.

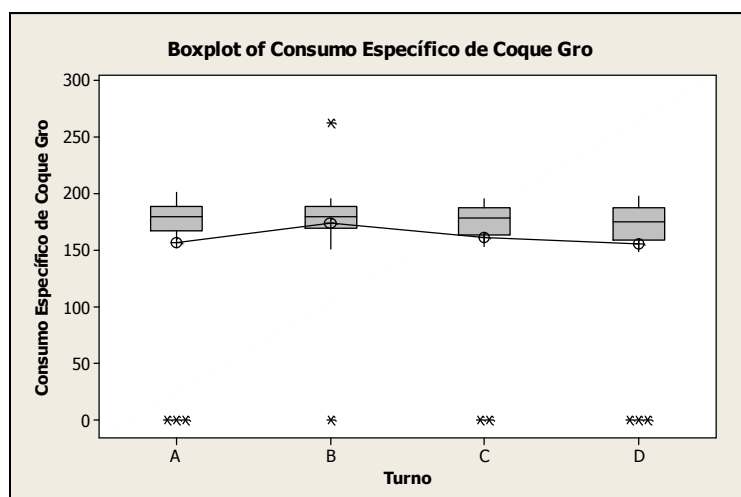


Figura 6. Boxplot Consumo Específico de Coque Grosso por turno.

2.1.5. Análise das variáveis contínuas

Mesmo sabendo que muitas variáveis contínuas identificadas na fase de medição apresentavam correlação direta com o consumo específico de coque, (como: relação coque/pelota, temperatura da escória, dentre outros.) as análises estatísticas realizadas não apresentaram nenhuma relação com a variável resposta Y = consumo específico de coque. Esse fato pode estar associado a causa-efeito de uma terceira variável que pode estar “mascarando” a relação existente.

Diante desse cenário, a equipe decidiu melhorar a gestão do processo a fim de garantir uma boa performance do forno e garantir bons resultados.

Segue abaixo a lista das ações tomadas:

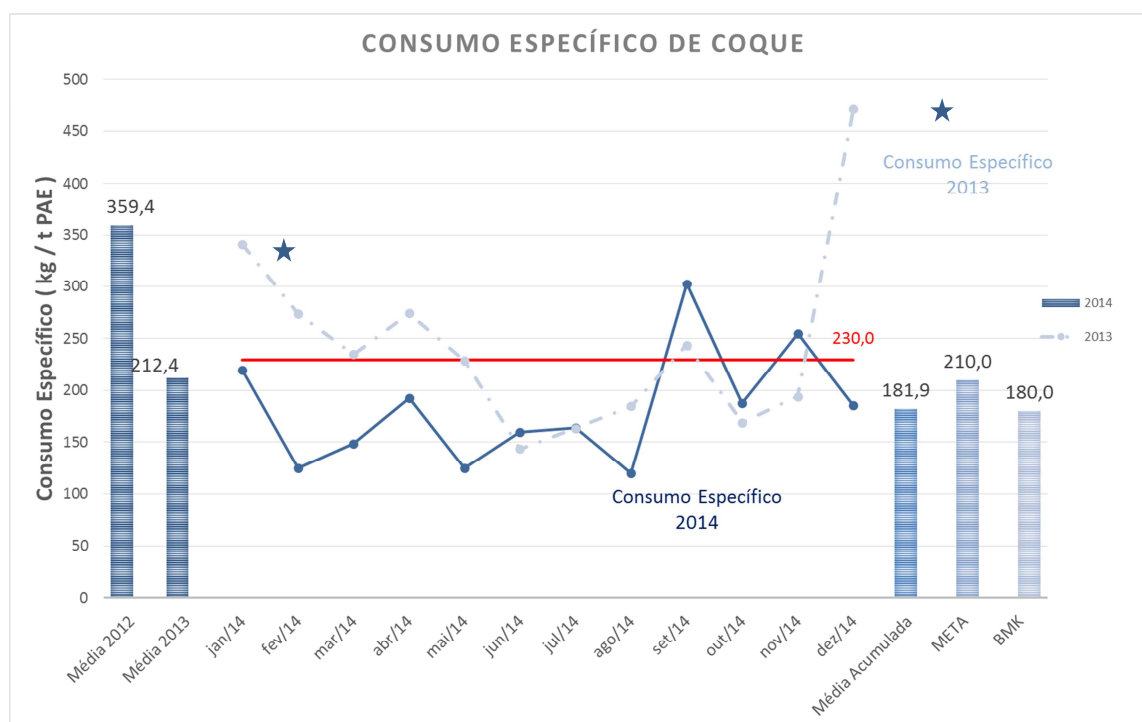
- Plano de calibração semanal das balanças.
- Melhor controle das variáveis no banco de dados (ex: Controle da abertura da válvula do tuyère no sistema, controle da abertura da válvula do queimador no sistema, inclusão das variáveis: consumo específico de coque por turno no banco de dados, controle do recebimento da análise química do coque, maior controle e justificativa dos tempos de parada);

- Cobertura da baía de PAE de estoque no fornecedor para controle da umidade;
- Implementação da gestão por processos;
- Variação da receita da pelota – Diminuição da participação do coque fino na pelota sem alteração do rendimento do forno e controle da umidade;

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises realizadas não conseguiram identificar as causas priorizadas como causas raiz, mas as ações realizadas, dentro de um critério pré-estabelecido de custo, benefício e risco serviram para garantir bons resultados durante os dois anos de projeto.

Conforme pode ser visto na Figura 7, o consumo específico de coque em 2012 estava muito acima do esperado e com a implantação do projeto em 2013, o consumo já começou a cair significativamente, diminuindo o custo sem afetar o processo. Em 2014, o projeto já tinha sido concluído e a equipe decidiu manter o controle da variável.



* Mês de Janeiro e Dezembro 2013: Pontos excluídos na análise pois realizou-se a hard washing – Lavagem a quente no forno para retirada de acreções.

Figura 7. Gráfico do consumo específico de coque ano 2013 e 2014.

Com o desenvolvimento do projeto, muitas ações de melhoria foram implementadas pela equipe e essas melhorias proporcionaram um maior controle do processo garantindo ganhos para a unidade.

O principal ganho tangível do projeto foi considerado o custo evitado. O cálculo foi realizado comparando o cenário antes e depois do projeto.

Essa diferença de consumo de coque, gerou uma grande economia para a unidade nesses dois anos e a base de cálculo para avaliação foi: a quantidade de pó tratado em 2012 e o consumo específico de 2013 e 2014 tendo assim o gasto hipotético em toneladas de coque e comparou-se com o gasto real, após a implantação do projeto.

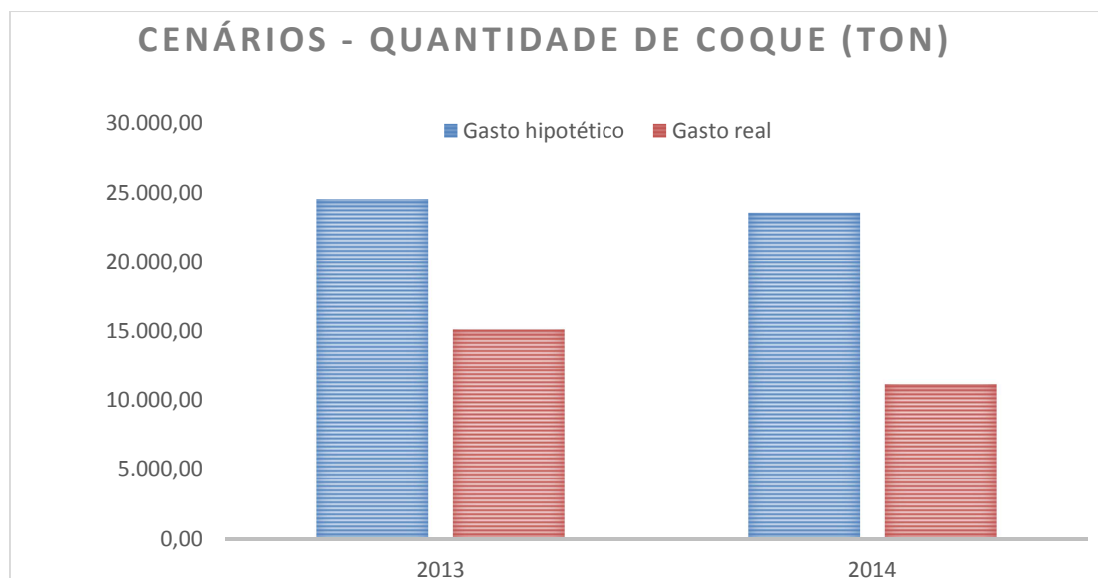


Figura 8. Cenários – Quantidade de Coque em toneladas

4 CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos estabelecidos no projeto, os resultados são considerados satisfatórios.

Apesar de ser difícil contabilizar os ganhos relacionados a cada ação tomada, é importante mencionar que o controle e acompanhamento dos dados e controle dos insumos foram essenciais para atingimento da meta e geração de economia.

Entretanto, novas oportunidades de melhoria são constantemente verificadas pelas equipes e o desenvolvimento de outros projetos são essenciais para dar suporte ao processo Waelz. Essas oportunidades apontam para a continuidade ou desdobramento do presente estudo, em benefício do processo e da própria unidade. Por isso, as equipes vêm buscando o controle diário dos parâmetros e o desenvolvimento de mais projetos de melhoria a fim de aumentar a estabilização do processo e garantir uma boa performance do forno Waelz.

Os próximos passos são: desenvolvimento de combustíveis alternativos para o forno e garantia na estabilidade da alimentação.