

APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS EM UMA EMPRESA SIDERÚRGICA – UM ESTUDO DE CASO

Bárbara Emilly Gonçalves Reis (IFMG) barbaraemilly629@gmail.com

Lorena Cristina Amorim Moura (IFMG) lorenac.amorim@yahoo.com.br

Pâmela Nayara Ribeiro de Oliveira (IFMG) pamelanayaraer@hotmail.com

Sílvia Maria Santana Mapa (IFMG) silvia.mapa@ifmg.edu.br

Stéfanie Giordana Pereira de Souza (IFMG) souza_stefanie@hotmail.com

Resumo

Para se manterem competitivas no mercado, as indústrias brasileiras necessitam aplicar em seus processos, metodologias que contribuam para redução da variabilidade, redução dos custos de produção, qualidade dos produtos, etc. Dessa forma, o presente artigo trata-se de um estudo sobre o controle e capacidade do processo de produção do coque em uma empresa do ramo siderúrgico, nos anos 2015 e 2016. O foco do estudo foi a aplicação das ferramentas do Controle Estatístico de Processos na avaliação do aumento da porcentagem do coque verde de petróleo na mistura de carvões e o impacto dessa alteração em dois parâmetros de qualidade do coque, a cinza e o enxofre. Ambos, se não controlados podem diminuir a qualidade do coque e conseqüentemente aumentar os custos de produção. Após análises, observou-se que o teor de cinza do coque, após o aumento da quantidade de coque verde de petróleo na mistura, obteve uma diminuição significativa melhorando a capacidade de processo desse parâmetro. Porém, foi notório o efeito negativo do uso do coque verde de petróleo na mistura de carvões, quando o teor de enxofre é avaliado, uma vez que o percentual deste elemento no coque verde de petróleo é maior do que nos carvões minerais usualmente utilizados na mistura.

Palavras-Chaves: (Controle estatístico do processo, cartas de controle, capacidade do processo, coque).

2. Introdução

O setor siderúrgico brasileiro enfrenta sua maior crise histórica e vem perdendo mercado para a China, que já domina metade da produção mundial de aço, tem excesso de capacidade em

suas usinas e se tornou o maior exportador mundial, atingindo cerca de 130 milhões de toneladas ao ano, mais do que todo o consumo dos EUA (VALOR ECONÔMICO, 2016).

O carvão mineral é um combustível fóssil de grande importância econômica, amplamente utilizado na produção de energia elétrica e de coque metalúrgico. Segundo a Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (2016), o carvão é uma rocha sedimentar composta por carbono, hidrogênio, oxigênio e pequenos teores de enxofre e nitrogênio, que se originou da decomposição de matéria orgânica, a cerca de 200 a 300 milhões de anos atrás.

As jazidas de carvão mineral existentes no Brasil possuem uso restrito para geração de energia, por possuírem altos teores de cinza e enxofre, componentes considerados como impurezas na produção de coque metalúrgico (VIANA FILHO, 2007).

De acordo com a Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais (2008), o carvão, para ser utilizado na produção do coque, deve possuir propriedades coqueificantes, ou seja, ao ser aquecido na ausência de oxigênio, deve amolecer, inchar e aglomerar e então solidificar na forma de um sólido poroso, rico em carbono, conhecido como coque.

Devido à escassez de carvões coqueificáveis, é necessário realizar a mistura de vários tipos de carvões. A siderurgia brasileira emprega cerca de 7 a 10 tipos diferentes, classificados em baixo, médio e alto voláteis, cujo o somatório de suas propriedades torna possível a produção de coque adequado.

Souza (2016) afirma que, em 2015, as indústrias siderúrgicas brasileiras importaram cerca de 13 milhões de toneladas de carvão para a produção de coque. O coque, quando comparado com o valor do minério de ferro, é a matéria prima de maior valor agregado na produção do aço, onerando o custo em aproximadamente 40,5%. Um fator que justifica o elevado valor do carvão mineral no Brasil é sua necessidade de importação. A adição de novas matérias primas carbonosas à mistura de carvões para a produção do coque metalúrgico tem se apresentado como eficiente forma de manter a qualidade exigida, a menores custos, justificando assim o presente estudo.

Uma dessas matérias primas é o Coque Verde de Petróleo (CVP), encontrado em abundância no Brasil. Nos últimos anos as usinas têm aumentado a porcentagem de produto na mistura, pois além de ser um produto nacional, possui uma quantidade mínima de cinza (VIANA FILHO, 2007).

De acordo com a Petrobras (2015), “o coque verde de petróleo, do inglês *petcoke* ou *green coke*, é um combustível obtido do processamento de frações do petróleo...”. É composto basicamente

por carbono e hidrocarbonetos residuais do processo, podendo conter enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais em diferentes porcentagens, dependendo do tipo de processamento.

A adoção de medidas que otimizem a atuação brasileira no cenário mundial é de suma importância para a recuperação econômica do setor siderúrgico nacional. O Controle Estatístico do Processo (CEP) apresenta-se como importante técnica estatística, que, aplicada à produção, permite a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade de interesse (RIBEIRO, 2012).

Segundo Ribeiro (2012), o CEP pode ser descrito como um sistema de *feedback*, ou seja, é possível analisar a situação dos processos e obter informações sobre o seu desempenho. Estas análises irão contribuir para a redução da variabilidade dos processos, redução de custos de produção e o aumento do nível de qualidade dos produtos.

O presente artigo trata-se de um estudo sobre o controle e capacidade do processo de produção do coque, responsável pelo aporte energético e pela redução do minério de ferro, na produção do ferro gusa no alto forno, componente vital da usina siderúrgica.

O objetivo geral do trabalho é aplicar o controle estatístico no processo de fabricação do coque em uma Indústria Siderúrgica Brasileira.

O objetivo específico, visa por meio dos gráficos de controle e da análise da capacidade do processo dos anos de 2015 e 2016, demonstrar o impacto da inserção de uma maior porcentagem de Coque Verde de Petróleo na mistura de carvões, segundo dois parâmetros utilizados para medir a qualidade do coque usado nos altos fornos, a cinza e o enxofre.

2. Referencial Teórico

2.1. Controle estatístico de processos

O controle estatístico de processos (CEP) foi proposto por Shewart como uma maneira de se controlar a variabilidade dos processos e garantir a melhoria contínua dos mesmos. Segundo Shewart, é impossível se produzir peças exatamente iguais devido a variabilidade, que pode ser inerente ao processo (causas aleatórias), quando não uma perturbação anormal do sistema (causas especiais). Quando um processo está sob influência apenas de causas aleatórias, este encontra-se em controle estatístico. Quando existe a presença de causas especiais, este encontra-se fora de controle (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2005).

Segundo Gonçalves et al. (2016), Shewart construiu as cartas de controle por variáveis com o objetivo de determinar via gráficos de controle, as tolerâncias estatísticas, e monitorar possíveis desvios da média (μ) e da amplitude (R) dos processos.

De acordo com Moro et al. (2016), o CEP é muito útil no monitoramento, gestão, análise e melhoria de desempenho de processos. Destaca ainda os gráficos de controle como importante ferramenta para verificação de falhas e um meio de manter os processos dentro dos limites de controle.

2.2. Gráficos de controle por variáveis

Segundo Samohyl (2009), os gráficos de controle são elementos que permitem avaliar visualmente a conformidade de produtos e processos. Por ser de fácil interpretação são utilizados por engenheiros e operadores, para monitorar o surgimento de causas especiais nos processos no decorrer do tempo.

Os gráficos de controle por variáveis são utilizados no monitoramento de processos cujas variáveis são mensuráveis e expressas em escala contínua. Sua estrutura é composta por três linhas horizontais: a linha central (LC) ou valor alvo; o limite superior de controle (LSC) e o limite inferior de controle (LIC). Os valores obtidos com as medições são plotados no gráfico, e quando ultrapassam os limites de controle deve-se considerar a existência de causas especiais, que devem ser analisadas para que o processo não saia do controle (MORO et al., 2016). Cabe destacar que quanto maiores são as variações no processo mais rápida será a detecção por meio dos gráficos de controle.

Segundo Vieira (1999), existem três tipos de gráficos de controle por variáveis, e sua utilização depende do tamanho da amostra coletada. São eles:

- Gráfico \bar{X}/R : Mede a variação da média e da amplitude em amostras pequenas e de mesmo tamanho;
- Gráfico \bar{X}/S : Mede a variação da média e do desvio padrão em amostras de tamanho moderado e/ou variável;
- Gráfico para medidas individuais: Mede a variação da média e da amplitude móvel em amostras unitárias.

Ao introduzir as cartas de controle em uma organização é importante priorizar as áreas problemáticas, os pontos alarmantes referentes ao controle de custos, reclamação de usuários,

gargalos no processo etc. De acordo com Samohyl (2009), o seu uso é a maneira mais eficiente de se buscar a melhoria contínua, apresentando custo relativamente baixo.

2.3.Capacidade do processo

Segundo Costa *et. al.* (2005), capacidade do processo é a capacidade de se produzir itens de acordo com as especificações do projeto. Dessa forma, mesmo que um processo esteja sob controle estatístico, este pode não ser capaz, visto que a capacidade de um processo depende das especificações de projeto. Os limites de especificação de um projeto são determinados pela engenharia visando obedecer às leis vigentes, enquanto os limites de controle indicam o momento de intervir no processo, para que este não saia das especificações.

Samohyl (2009) define limites de especificação como um conceito teórico e limites de controle como valores calculados a partir das observações do chão de fábrica, este mede o que o processo realmente é, enquanto aquele mede o que ele deveria ser.

Segundo Silva *et. al.* (2016), a variabilidade do processo, desde que mantida estável, não interfere na capacidade deste. A capacidade do processo pode ser medida através dos índices apresentados na Tabela 1:

Tabela 1- Capacidade do processo em função dos índices CP ou CPK

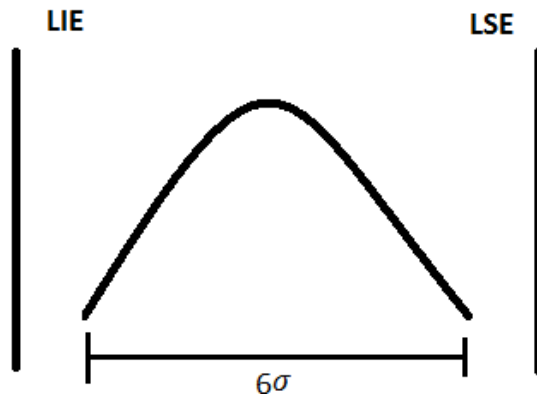
Cp ou Cpk	Nível	Conceito/Interpretação
Maior que 1,33	A	CAPAZ – Confiável, os operadores do processo exercem completo controle sobre ele.
Entre 1 e 1,33	B	RELATIVAMENTE CAPAZ – Relativamente confiável, os operadores do processo exercem controle sobre o as operações, mas o controle da qualidade deve monitorar e fornecer informações para evitar a deterioração do processo.
Entre 0,75 e 0,99	C	INCAPAZ – Pouco confiável, requer controle contínuo das operações, pela fabricação e pelo controle da qualidade, visando evitar descontroles e perdas devido a refugos, retrabalhos, paralisações, etc.
Menor que 0,75	D	TOTALMENTE INCAPAZ – O processo não tem condições de atender às especificações ou os padrões, por isso são requeridos o controle, a revisão e a seleção de 100% dos produtos ou resultados do processo.

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2016).

O impacto dos valores do CP e do CPK podem ser demonstrados graficamente conforme as figuras abaixo. A Figura 1 apresenta quando o valor de CP ou CPK apresentam valores maiores

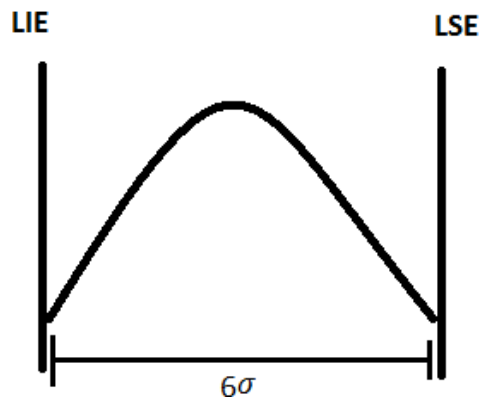
que 1,33, a Figura 2 quando esses valores são iguais a 1 e a Figura 3 quando CP ou CPK apresentam valores abaixo de 1:

Figura 1: Capacidade de processo quando CP ou CPK é maior que 1,33



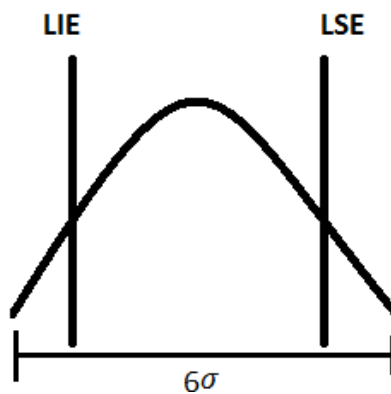
Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2: Capacidade de processo quando CP ou CPK é igual a 1



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 3: Capacidade de processo quando CP ou CPK é menor que 1



Fonte: Elaborado pelo o autor

Para calcular o índice de capacidade de processos centrados utilizamos a Equação 1:

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

Onde: LSE é o limite superior de especificação; LSI o limite inferior de especificação; e σ é o desvio padrão da amostra, calculado através da Equação 2 expressa abaixo.

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d^2}$$

Onde: \bar{R} refere-se a amplitude média do processo; e d^2 é o coeficiente tabelado relacionado ao tamanho dos subgrupos.

Processos centrados são aqueles em que não ocorrem variações na média, enquanto processos não centrados ocorrem.

Para calcular o índice de capacidade de processos não centrados e que possuem apenas um dos limites de especificação, ou seja, especificação unilateral; utilizamos a Equação 3:

$$Cpk = \text{Min} \left\{ \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}; \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right\}$$

Onde: \bar{X} é a média das amostras; LIE o limite inferior de especificação; LSE o limite superior de especificação; e σ é o desvio padrão da amostra.

3. Metodologia

Segundo Cauchick Miguel (2012), o Estudo de Caso é uma metodologia indutiva, em que a teoria é comprovada a partir de observações empíricas, com ênfase na interação entre os dados e sua análise, portanto fundamenta-se em uma construção teórica baseada na coleta e análise de dados. Pode combinar diversos métodos de coleta de dados, como: documentos de arquivo, entrevistas, questionários, observações etc. As evidências podem ser qualitativas, quantitativas ou ambas.

O presente artigo trata-se de um estudo de caso aplicado a uma indústria siderúrgica, no intuito de avaliar os efeitos da adição de maiores porcentagens de coque verde de petróleo à mistura de carvões, na qualidade final do coque. Para tanto foram realizadas análises dos gráficos de controle e do índice de capacidade de processo em dois parâmetros de qualidade do coque, a

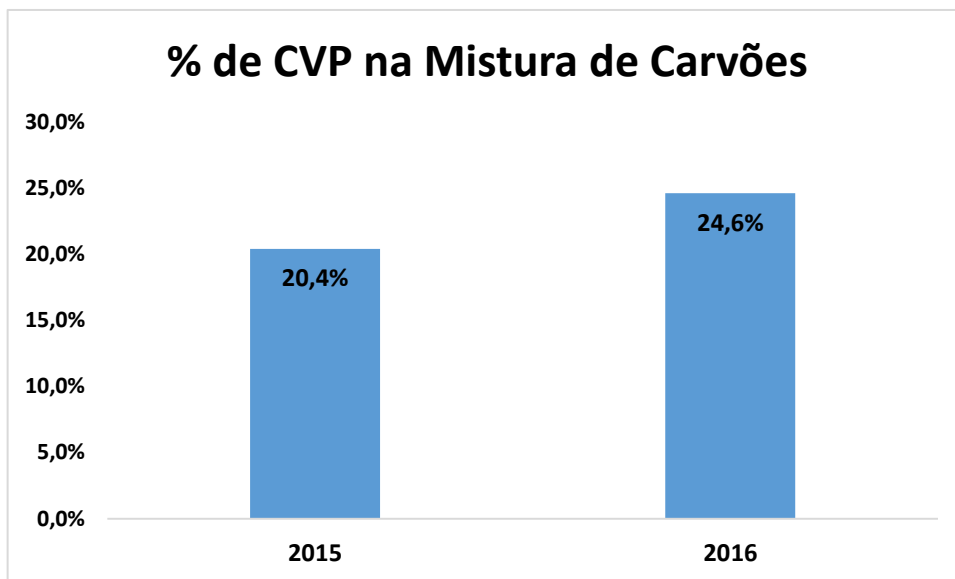
cinza e o enxofre. O índice de capacidade de processo utilizado foi o Cpk, pois ambos parâmetros em estudo apresentam especificação unilateral.

O procedimento de coleta de dados baseou-se em dois métodos: bibliográfico e documental. A pesquisa bibliográfica conta com literatura capaz de dar suporte teórico necessário à realização dos estudos. A pesquisa documental baseou-se nos dados primários dos anos de 2015 e 2016 obtidos na empresa objeto de estudo, que foram utilizados para a confecção dos gráficos de controle e de capacidade de processo por meio do *software* Minitab®. Foram coletados um total de 676 dados de porcentagem de cinza e 517 de enxofre.

4. Estudo de Caso

Com o objetivo de reduzir o custo de produção do coque e melhorar parâmetros de qualidade, como a porcentagem de cinza contida no produto, a empresa objeto desse estudo, utiliza o coque verde de petróleo (CVP) na mistura de carvões. De 2015 para 2016 a empresa aumentou a porcentagem de CVP de 20,4% para 24,6%, conforme mostra o gráfico da Figura 4.

Figura 4 – Porcentagem de coque verde de petróleo na mistura de carvão



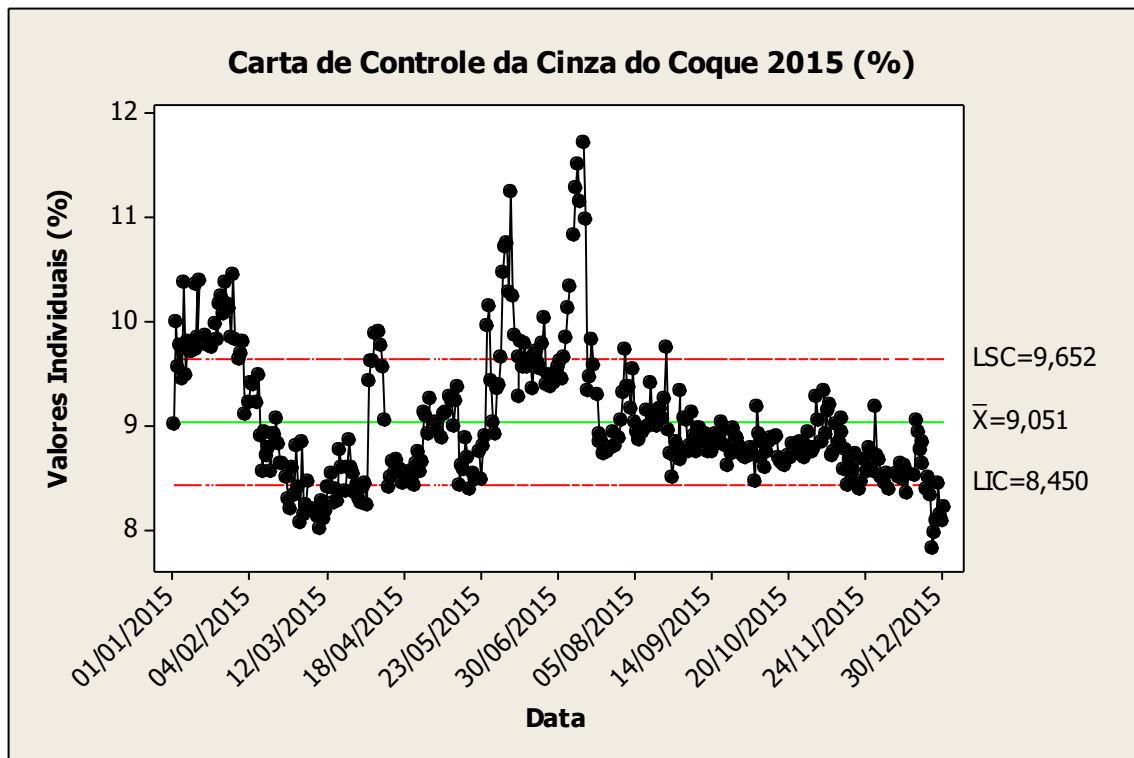
Fonte: Elaborado pelos autores

A partir dos 676 dados coletados sobre a porcentagem de cinza e os 517 sobre a porcentagem de enxofre, foram elaborados os gráficos de controle e capacidade do processo de cinza e enxofre para constatar alterações nesses dois parâmetros com o aumento da porcentagem de CVP na mistura.

4.1.Resultados da cinza

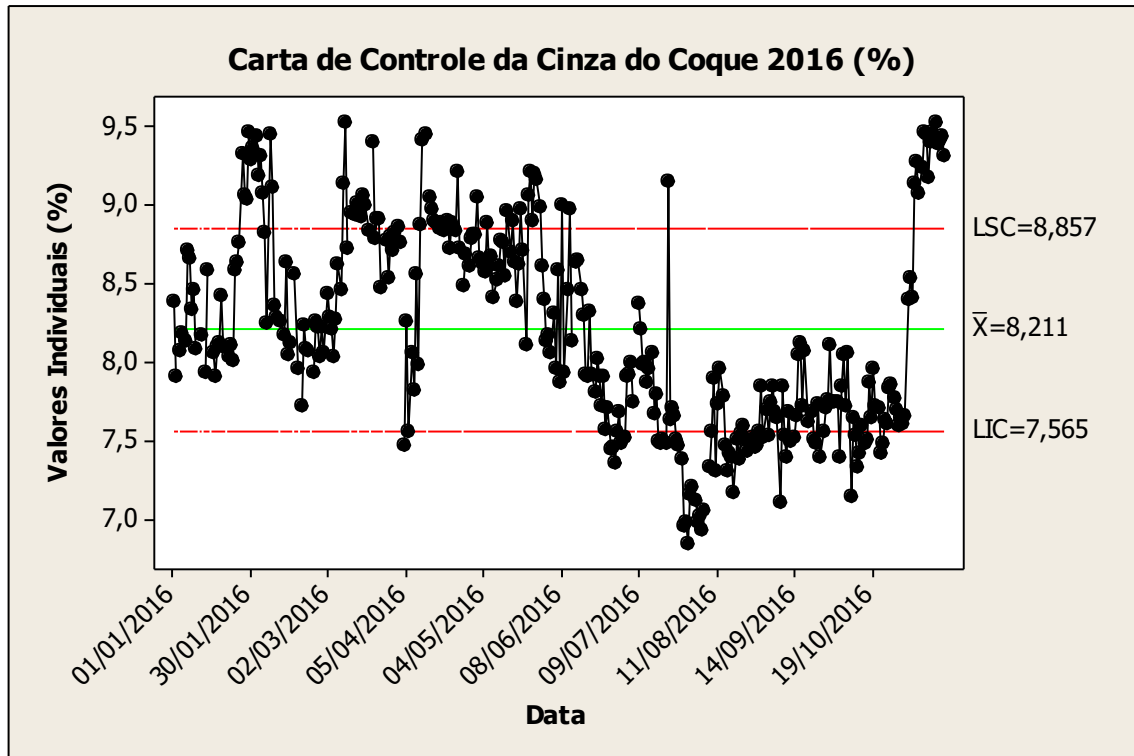
Em relação ao controle do processo da cinza de 2015 para 2016, houve alterações de uma carta de controle em relação a outra. As cartas de controle apresentadas nas Figuras 5 e 6 mostram que, em 2015, os limites calculados foram de 9,652% para limite superior, 8,450% para o limite inferior e valor médio de 9,051%; apresentando várias causas especiais no processo. Já em 2016, os valores dos limites e da média apresentaram valores inferiores aos calculados no ano anterior. O limite superior encontrado foi de 8,857%, o inferior de 7,565%, com a linha média no valor de 8,211%, no entanto manteve a presença das causas especiais.

Figura 6 – Carta de controle da cinza do coque no ano de 2015



Fonte: Elaborado pelos autores

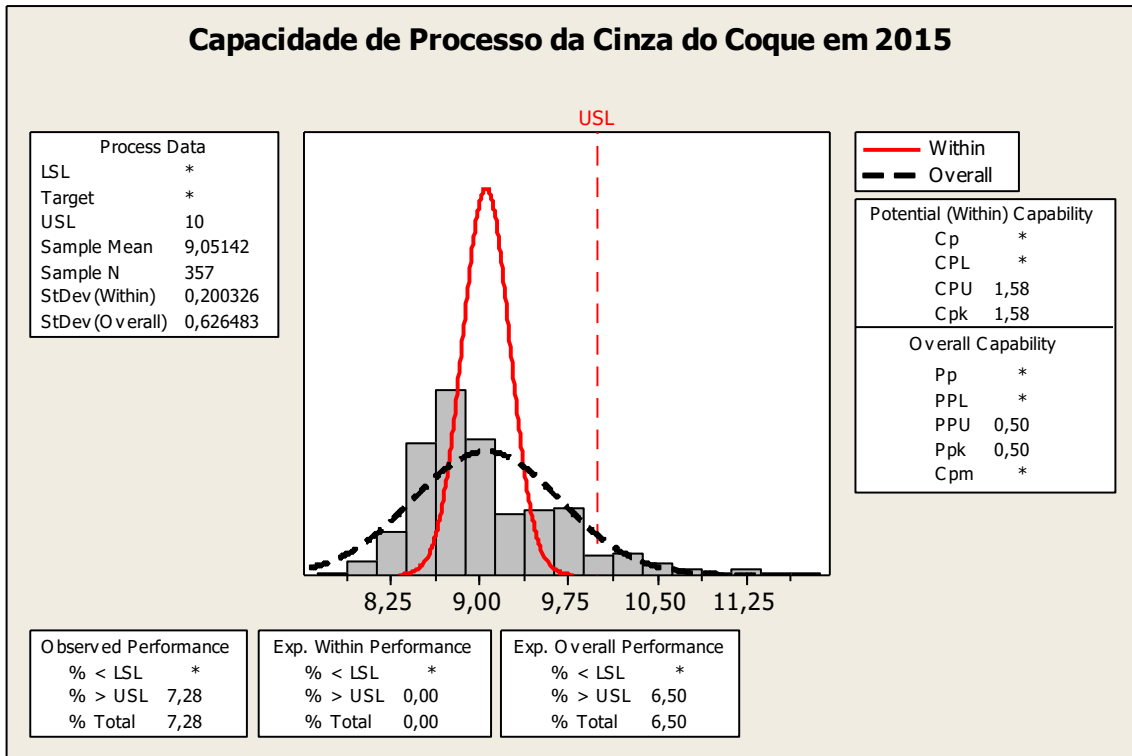
Figura 6 – Carta de controle da cinza do coque no ano de 2016



Fonte: Elaborado pelos autores

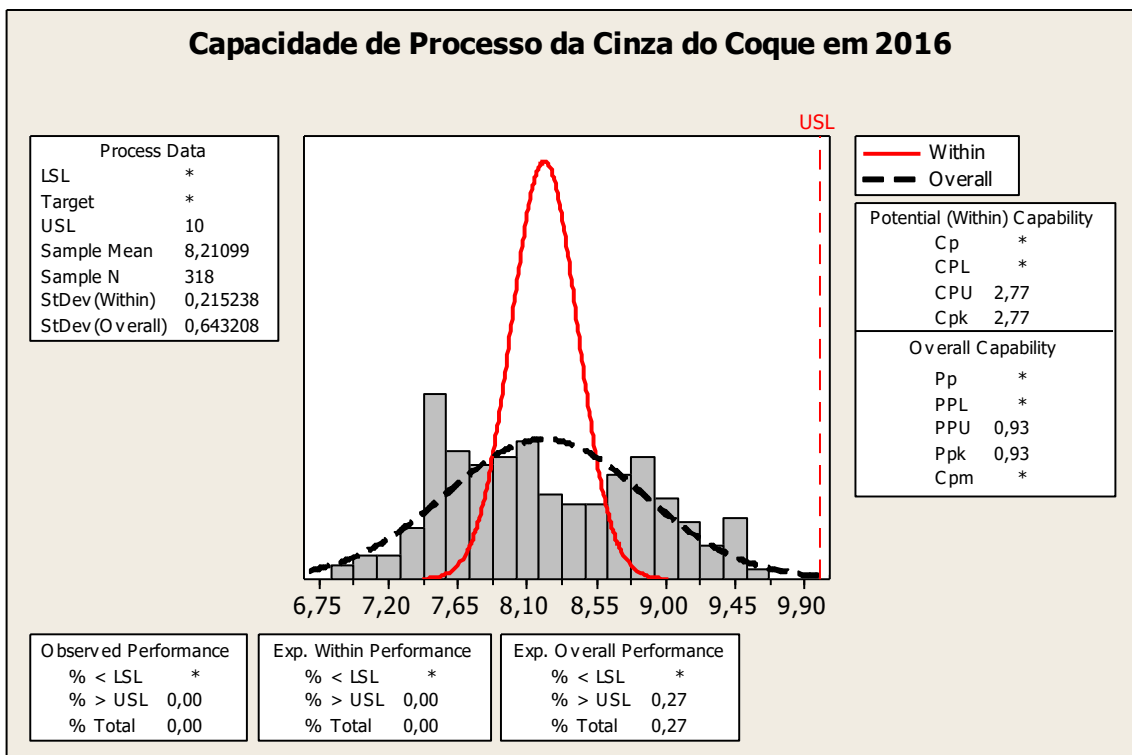
Na siderúrgica em questão, a cinza possui limite superior de 10% na composição do coque. Com a elaboração dos gráficos de capacidade de processo da cinza, apresentados nas Figuras 8 e 9, foi notável a melhoria do processo. Em 2015 o valor de Cpk sem considerar as causas especiais no processo foi de 1,58 demonstrando um processo capaz, porém quando levado em consideração as diversas causas especiais demonstradas na Figura 6, o valor do Cpk foi para 0,50, demonstrando que a presença das causas especiais diminuiu a capacidade de processo, tornando o processo nesse caso incapaz. Já em 2016 o índice de capacidade, sem utilizar as causas especiais em seu cálculo, aumentou para 2,77; denotando a melhora no desempenho do processo, tornando-o altamente capaz, no entanto se for considerado as várias causas especiais que foram demonstradas na figura 7, o Cpk apresenta um valor de 0,93, nota-se a otimização no processo apesar de que ainda não seja considerado, nessa análise, um processo capaz.

Figura 8 – Capacidade do processo da cinza do coque no ano de 2015



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 9 – Capacidade do processo da cinza do coque no ano de 2016



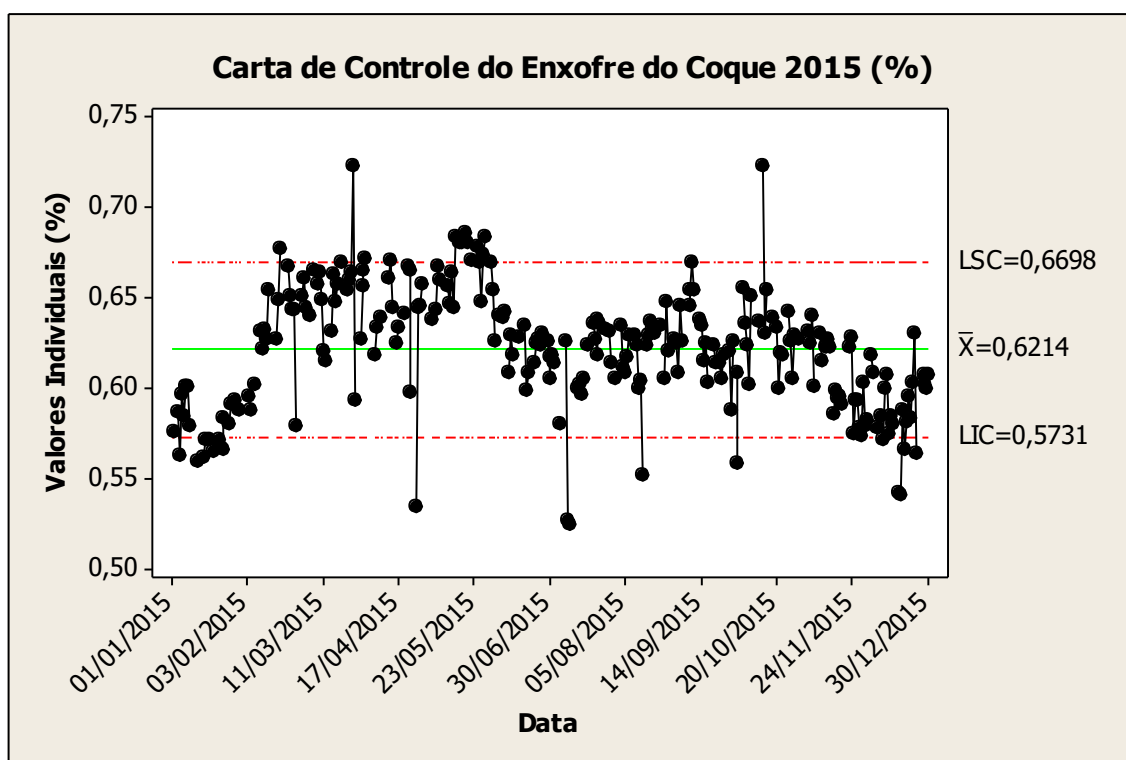
Fonte: Elaborado pelos autores

Podemos observar que a capacidade de processo da cinza do coque obteve significativa melhoria após o aumento da quantidade de CVP na mistura. Isso pode ser explicado pelo baixíssimo teor de cinza do coque de petróleo (0,5%), se comparado com os carvões minerais normalmente usados (9%). O baixo teor de cinza do CVP, além de favorecer na produção de coque com menor teor desde resíduo, favorece também no indicador de rendimento de coque/carvão, gerando assim mais coque com menor massa de mistura.

4.2. Resultados do enxofre

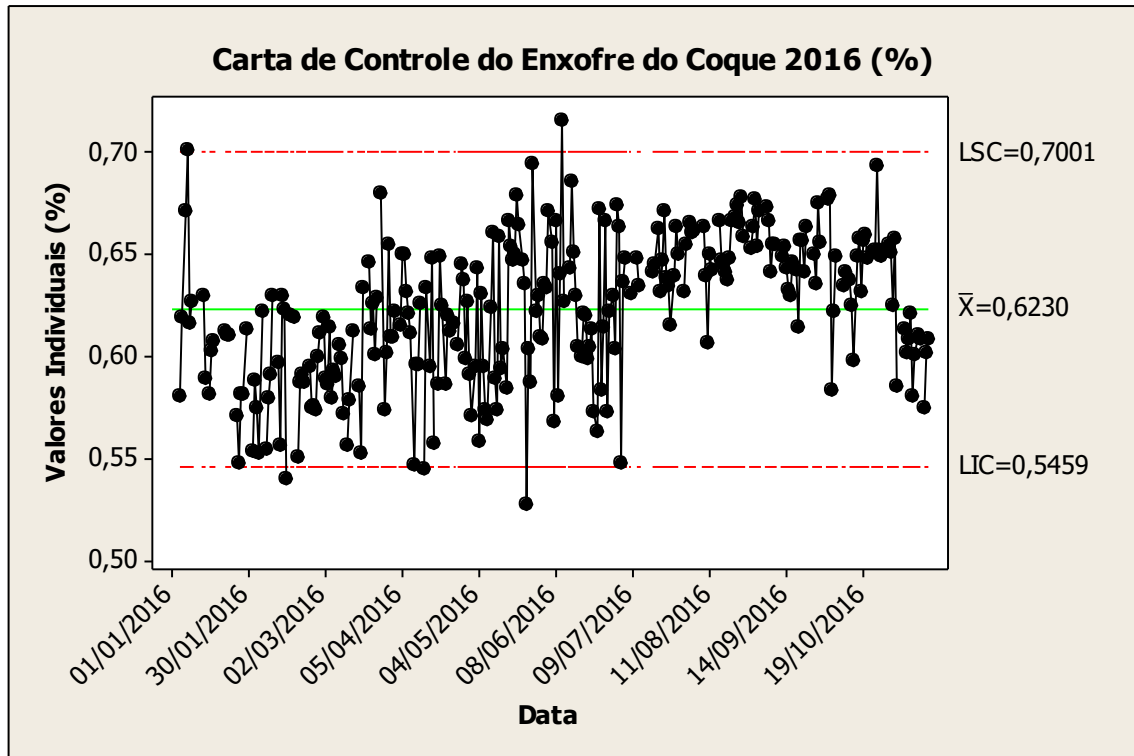
Nas cartas de controle do enxofre, os valores das médias obtiveram pouca variação, 0,6214% em 2015 para 0,6230% em 2016, contudo os limites de controles sofreram alterações. Em 2015 o limite superior calculado foi de 0,6698% e o inferior de 0,5731%, já em 2016 os limites superior e inferior encontrados foram de 0,7001% e de 0,5459% respectivamente. Tanto em 2015 quanto em 2016, teve a ocorrência de causas especiais, no entanto a intensidade foi menor em 2015, como pode-se observar ao realizar uma comparação entre as cartas de controles presentes nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Carta de controle do enxofre do coque no ano de 2015



Fonte: Elaborado pelos autores

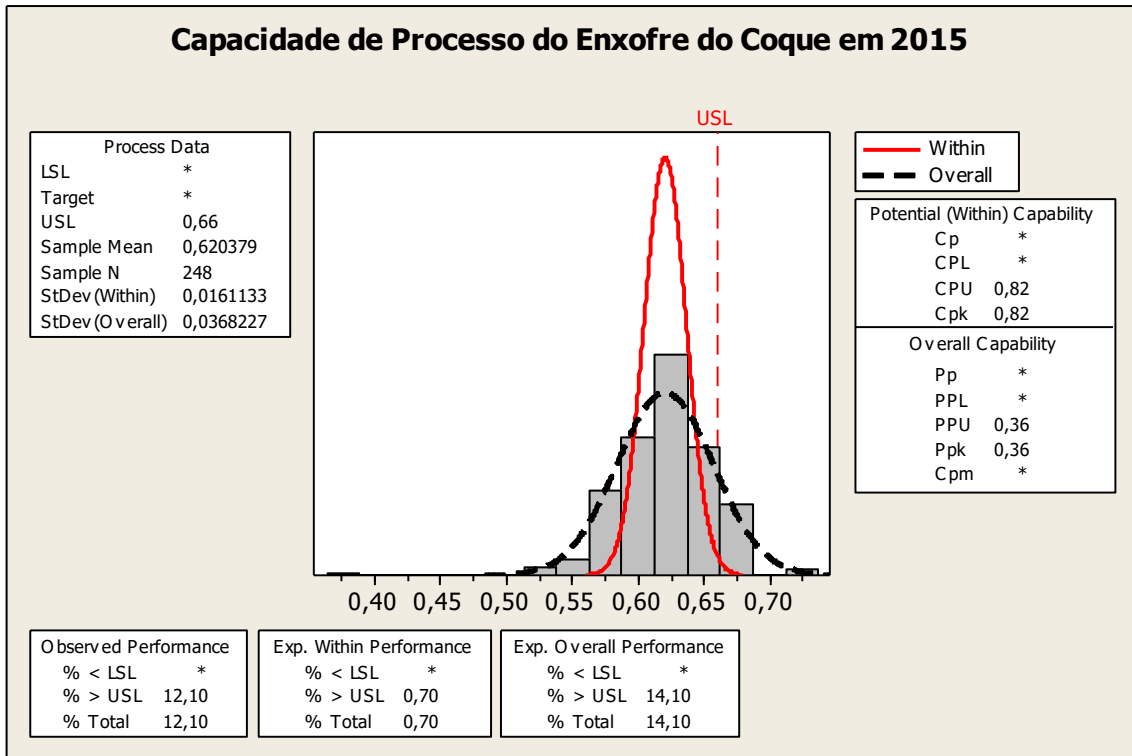
Figura 11 – Carta de controle do enxofre do coque no ano de 2016



Fonte: Elaborado pelos autores

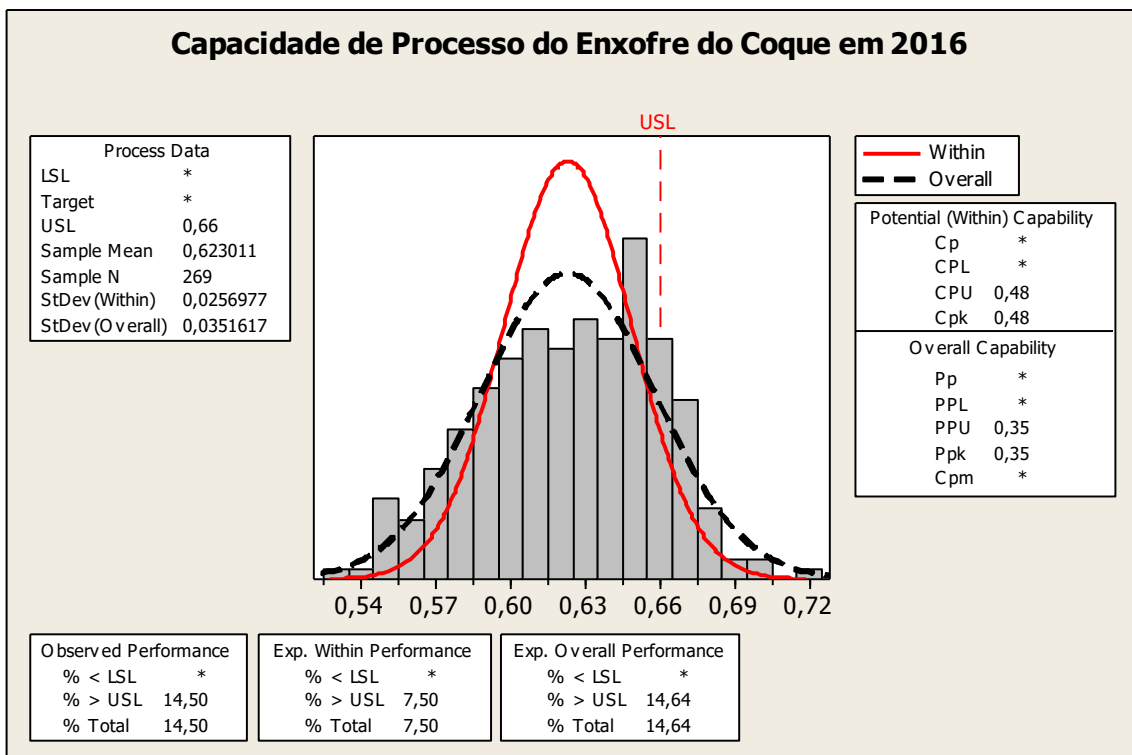
No que se refere a capacidade de processo do enxofre, a engenharia da siderúrgica em questão, definiu o valor de 0,66% como limite superior de especificação. Em ambos os anos o processo caracterizou-se como totalmente incapaz de produzir itens dentro das especificações, e tais resultados podem ser vistos nas Figuras 12 e 13. De um ano para o outro, constatou-se uma queda na capacidade de processo do enxofre; em 2015 o Cpk calculado excluindo as causas especiais foi de 0,82, enquanto em 2016 esse valor foi de 0,48. Contudo a diferença no valor de Cpk analisando o processo com as causas especiais foi mínima de um ano para o outro, em 2015 foi encontrado o valor de 0,36 e em 2016, 0,35. Observando os dois gráficos é notório o efeito negativo do uso do CVP na mistura de carvão quando o teor de enxofre é avaliado. Isso acontece porque o percentual deste elemento no CVP é maior do que nos carvões minerais usualmente utilizados na mistura.

Figura 12 – Capacidade do processo do enxofre no ano de 2015



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 13 – Capacidade do processo do enxofre no ano de 2016



Fonte: Elaborado pelos autores

5. Conclusão

O presente estudo cumpriu seu objetivo ao demonstrar a aplicabilidade do controle estatístico de processos na siderurgia. Por meio das cartas de controle foi possível detectar as causas especiais contidas tanto no processo de cinza, quanto no do enxofre do coque; por intermédio da capacidade de processo foi possível analisar o quão capaz são os processos desses dois parâmetros de qualidade, e ao utilizar o índice Cpk, foi possível observar o novo comportamento dos mesmos após a inserção de uma porcentagem maior de CVP na mistura de carvões, utilizada para a produção do coque metalúrgico.

Contudo, com a análise dos efeitos do aumento da porcentagem de coque verde de petróleo na mistura, constatou apesar deste reduzir o custo, melhorar o rendimento da mistura por quantidade de coque produzido e melhorar a capacidade do processo da cinza; causa danos diretos na porcentagem de enxofre presentes no coque. O enxofre agrega-se ao ferro gusa e diminui a qualidade do produto final, o aço. Para reduzir esse efeito negativo, deve-se aumentar o processo de dessulfuração na aciaria.

Dessa forma, conclui-se que o uso do coque verde de petróleo é viável, por ser um produto nacional, possuir menor valor de frete e necessitar de menor estoque que os carvões importados, tornando sua utilização ainda mais atrativa.

6. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS. **Estudo Prospectivo do Setor Siderúrgico: Panorama do Setor Siderúrgico**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2008. 24p. Disponível em: < www.abmbrasil.com.br/epss/arquivos/documentos/2011_4_19_9_9_56_32042.pdf.> Acesso em: 26 dez. 2016.

COSTA, Antonio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugenio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2005. 334 p.

CAUCHICK MIGUEL, P.A. (org). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

COSTA, Antônio Fernando Branco; EPPRECHT, Eugenio Kahn; CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2005. 334 p.

GONÇALVES, Celso Luiz; OPRIME, Pedro Carlos; COSTA, Najela Janaína; MOZAMBANI, Carlos Ivan, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João

Pessoa. **Construção, uso e análise de desempenho de gráficos de controle com limites assimétricos e parâmetros variados.** João Pessoa. 2016. 21p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_325_28716.pdf> Acesso em: 29 dez. 2016.

MORO, Matheus Fernando; REIS, Camila Candida Compagnoni; FLORES, Sandrine de Almeida; WEISE, Andreas Dittmar, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Gráficos de controle para monitoramento estatístico do processo de acondicionamento de embutidos.** João Pessoa. 2016. 13p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_325_29452.pdf> Acesso em: 29 dez. 2016.

PETROBRAS. **Coque: Informações Técnicas.** Salvador, 2015. 8 p. Disponível em: <<http://www.sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/.../Coque-Informacoes-Tecnicas.pdf>> Acesso em: 12 dez. 2016.

RIBEIRO J. L. D., TEM CATEN, C. S. **Série Monográfica Qualidade: Controle Estatístico do Processo.** FEENG/UFRGS: Porto Alegre, 2012. 172p. (Série Monográfica Qualidade).

SAMOHYL, Robert Wayne. **Controle estatístico de qualidade.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 275 p.

SILVA, João Paulo; SOUZA, Andreza Amanda; CAMPOS, Bruna Nayara dos Santos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa. **Análise da aplicação de ferramentas básicas da qualidade para o monitoramento do processo em uma indústria do setor cerâmico.** João Pessoa. 2016.17p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_227_325_29701.pdf> Acesso em: 29 dez. 2016.

SOUZA, R. D. S. **Caracterização de coque metalúrgico produzido com adição de pneu inservíveis nas misturas de carvão mineral.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 18 de abril de 2016. Disponível em: <www.repositorio.ufop.br/.../1/DISSERTAÇÃO_Caracterização_CoqueMetalúrgico.pdf> Acesso em: 26 dez. 2016.

VALOR ECONÔMICO. São Paulo. Diário. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/>> Acesso em: 14 jan. 2017.

VIANA FILHO, Olney Amorim. **Estudo para o uso de matérias-primas nacionais em misturas de carvões para obtenção de coque com características requeridas em altos-fornos de alta produtividade.** Novembro de 2007. 108 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, novembro de 2007. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MAPO-7RCHR7>>

Acesso em: 29 dez. 2016.

VIERA, Sonia. **Estatística para a Qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços.** Rio de Janeiro: Elsevier, 1999. 197 p.