

# AUMENTO DE PRODUTIVIDADE DAS USINAS DE PELOTIZAÇÃO DE TUBARÃO 5 A 7 UTILIZANDO A METODOLOGIA 6 SIGMA <sup>1</sup>

*Adolfo Campos*<sup>2</sup>  
*Anderson Thomazini*<sup>2</sup>  
*Frederico Mayerhofer*<sup>2</sup>  
*Leonardo Monteiro*<sup>2</sup>  
*Luiz Bortolon*<sup>2</sup>  
*Marco Aurélio Gouvea*<sup>2</sup>  
*Reinaldo de Jesus*<sup>2</sup>  
*Rodrigo Boyer Fernandes*<sup>2</sup>  
*Rodrigo Elisei*<sup>2</sup>  
*Silvio Neves*<sup>2</sup>  
*Tatiane Alvarenga*<sup>2</sup>

## **Resumo**

O Seis Sigma foi criado pela Motorola em 1987 como estratégia para melhorar a qualidade dentro da empresa e hoje é aplicado com sucesso por várias empresas de diferentes segmentos de negócios. É um método estruturado que utiliza procedimentos padronizados para a obtenção de dados e análise estatística. Com isso é possível identificar, tratar e eliminar fontes de erros ou problemas. Outra grande vantagem do Seis Sigma é que o mesmo permite a melhoria dos resultados das empresas através da minimização de perdas e recursos. Por definição um processo 6 Sigma é 99,99966% livre de falhas, ou 3,4 defeitos a cada milhão de oportunidades. Com a elevação da demanda do mercado de pelotas foi definido pelo desenvolvimento de projetos 6 Sigma para rápida elevação da produtividade das Usinas de Pelotização 5 e 6 (Nibrasco) e 7 (Kobrasco), a fim de suprir o mercado de pelotas e aproveitar a oportunidade de elevação do retorno financeiro. O desenvolvimento da metodologia elevou a capacidade produtiva de pelotas das Usinas em 650.000t/ano (cerca de 9%).

**Palavras Chave:** Seis Sigma; Pelotização; Produtividade.

## INCREASE OF PRODUCTIVITY OF THE PELLETIZING PLANTS 5 TO 7 OF TUBARÃO USING 6 SIGMA METHODOLOGY

### **Abstract**

The Six Sigma was created by the Motorola in 1987 as strategy to inside improve the quality of the company and today it is applied successfully by some companies of different business-oriented segments. It is a structuralized method that uses standardized procedures for the attainment of data and analysis statistics. With this it is possible to identify, to treat and to eliminate sources of errors or problems. Another great advantage of the Six Sigma is to allow the improvement of the companies results through the decrease of losses and resources. For definition a process 6 Sigma is free 99.99966% of imperfections, or 3,4 defects to each million of chances. With the rise of the demand of the pellets market was defined by the development of 6 Sigma projects for fast rise of the productivity of the Pelletizing's Plants 5 and 6 (Nibrasco) and 7 (Kobrasco), in order to supply the pellets market and to use to advantage the chance of rise of the financial return. The development of methodology raised the productive capacity of pellets of the Plants in 650.000t/year (about 9%).

**Key words:** Six Sigma; Pelletizing; Productivity.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao VIII Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.*

<sup>2</sup> *Departamento de Pelotização, CVRD - DIPE*

## 1 INTRODUÇÃO

O Seis Sigma da CVRD está focado na mudança de cultura das pessoas, melhoria de processos e na busca de novas idéias para alavancamento de resultados. Por definição um processo 6 Sigma é 99,99966% livre de falhas, ou 3,4 defeitos a cada milhão de oportunidades, conforme Tabela 1.

TABELA 1 - Tradução do nível de qualidade para a linguagem financeira.

Nível de Qualidade	Defeitos por milhão (ppm)	Custo da não-qualidade (percentual do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	Não se aplica
Três sigma	66.807	25 a 40%
Quatro sigma	6.210	15 a 25%
Cinco sigma	233	5 a 15%
Seis sigma	3,4	< 1%

Fonte: Werkema, 2004

Com a elevação da demanda do mercado de pelotas foi definido pelo desenvolvimento de projetos 6 Sigma para rápida elevação da produtividade das Usinas de Pelotização 5 e 6 (Nibrasco) e 7 (Kobrasco), a fim de suprir o mercado de pelotas e aproveitar a oportunidade de elevação do retorno financeiro.

O Seis Sigma foi criado pela Motorola em 1987 como estratégia para melhorar a qualidade dentro da empresa e hoje é aplicado com sucesso por várias empresas de diferentes segmentos de negócios. É um método estruturado que utiliza procedimentos padronizados para a obtenção de dados e análise estatística. Com isso é possível identificar, tratar e eliminar fontes de erros ou problemas. Outra grande vantagem do Seis Sigma é que o mesmo permite a melhoria dos resultados das empresas através da minimização de perdas e recursos.

Popular a partir de 1987 com o anúncio do "Programa de Qualidade Seis Sigma" da Motorola, o Seis Sigma obtém sucesso em empresas por todo o mundo e visa obter resultados melhores em: serviços, produtos, processos e aumento dos lucros, com maior satisfação dos clientes e redução de custos de produção.<sup>(1)</sup>

De acordo com Werkema,<sup>(2)</sup> depois que a Motorola recebeu o Prêmio Nacional de Qualidade Malcolm Baldrige, em 1988, a metodologia Seis Sigma passou a ser reconhecida como a responsável pelo sucesso da empresa. Entre o final da década de 80 e início dos anos 90, a Motorola obteve ganhos de 2,2 bilhões de dólares com o programa.

A partir do sucesso da Motorola, algumas outras empresas, como a Asea Brown Boveri (1989), AlliedSignal (1994), General Electric (1996) e Sony passaram a utilizar o Seis Sigma. Somente a GE, durante o primeiro ano do programa da empresa, investiu 200 milhões de dólares em treinamento na metodologia Seis Sigma.<sup>(2)</sup>

“O Seis Sigma mudou para sempre a GE. Todos – desde os fanáticos pelos Seis Sigma surgindo de seus tours como faixas-pretas, aos engenheiros, os auditores e cientistas, à alta gerência, que levará esta

empresa ao novo milênio – acreditam realmente no Seis Sigma, que é a maneira pela qual esta empresa funciona agora.” – John F. Welch, Presidente da GE. <sup>(3)</sup>

A Motorola estima que, em pouco mais de 10 anos, conseguiu economizar mais de 11 bilhões de dólares. Na Kodak brasileira, houve uma redução de custos de US\$ 15 milhões em três anos de implementação do processo. Os projetos Seis Sigma do Citibank na América Latina gerou, no ano 2000, uma economia próxima a US\$ 40 milhões. <sup>(1)</sup>

Um resumo sobre a história do Seis Sigma é mostrado na Figura 1.



FIGURA 1- Resumo da história do Seis Sigma  
Fonte: Werkema, 2004

## 1.1 Objetivo

Elevar a produtividade da grelha das usinas Nibrasco e Kobrasco em 5% para pelotas Alto-Forno.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O método usado foi o DMAIC na Kobrasco e o PDCA na Nibrasco. A seguir, na Figura 2, correspondência entre DMAIC e PCDA. <sup>(2)</sup>

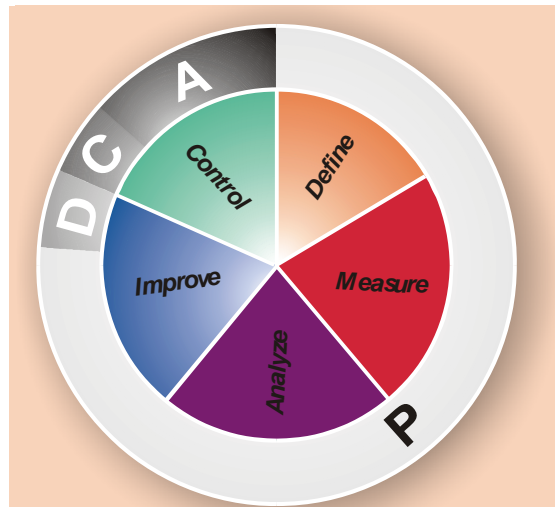


Figura 2 - correspondência entre DMAIC e PCDA. <sup>(2)</sup>

## 2.1 Define (Definir)

A crescente demanda do mercado de pelotas aliado à elevação do preço de venda foi o fator que impulsionou o desenvolvimento para ganho de produtividade no curto e médio prazo.

Foram então formadas equipes de operação/processo e de manutenção com dois focos principais: elevar a produtividade em cada etapa do processo e elevar a permeabilidade do leito de pelotas verdes no interior do forno, adotando a premissa:

“elevar a produtividade das usinas mantendo os padrões de qualidade”.

## 2.2 Measure (Medir)

O processo de medição consiste em definir as falhas e levantar dados e informações necessárias para a melhoria, objetivando mudar o sistema atual para o nível de melhoria desejada, conforme esquema mostrado na Figura 3.

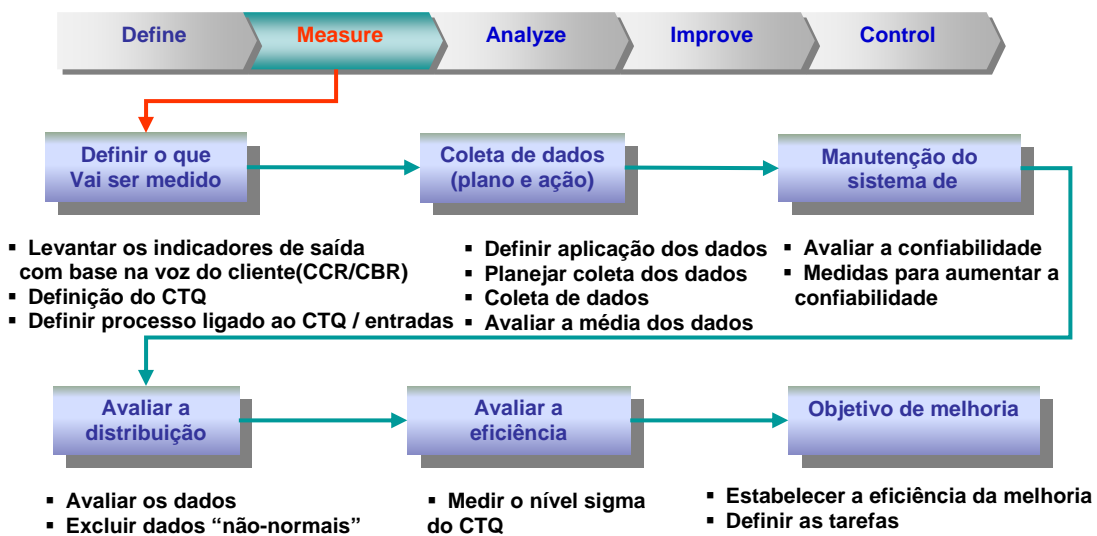
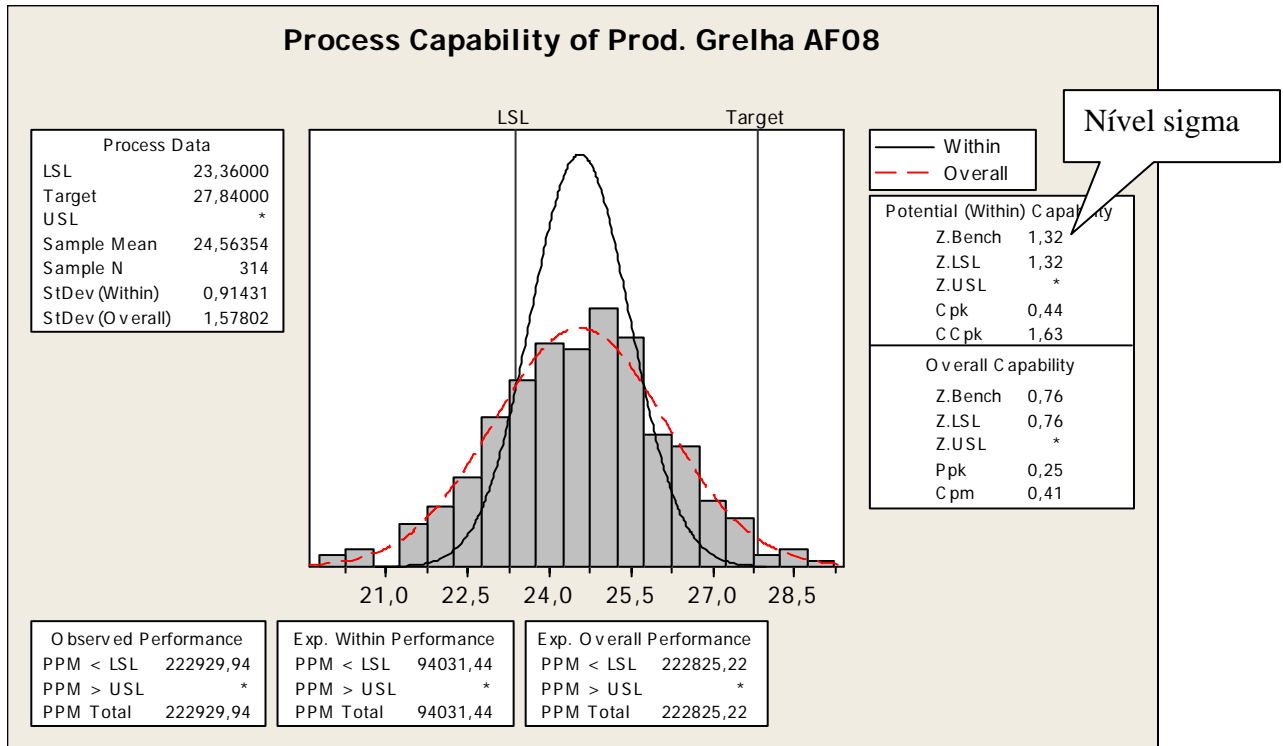


Figura 3 – Atividades desenvolvidas durante a etapa Medir (Measure) do DMAIC

O nível sigma pode ser definido pelo Z.Bench (elevado número de dados e  $P > 0,05$ ). O nível sigma da produtividade da Kobrasco era de 1,32 sigma (Figura 4).



**Figura 4** – Cálculo do nível sigma para produtividade de pelotas Alto-Forno na Kobrasco utilizando o software Minitab.

Meta para Kobrasco: elevar a produtividade para pelotas Alto-Forno de 24,56t/m<sup>2</sup>.dia para 25,72 t/m<sup>2</sup>.dia.

Meta para Nibrasco: elevar a produtividade para pelotas Alto-Forno de 24,19t/m<sup>2</sup>.dia para 24,86t/m<sup>2</sup>.dia

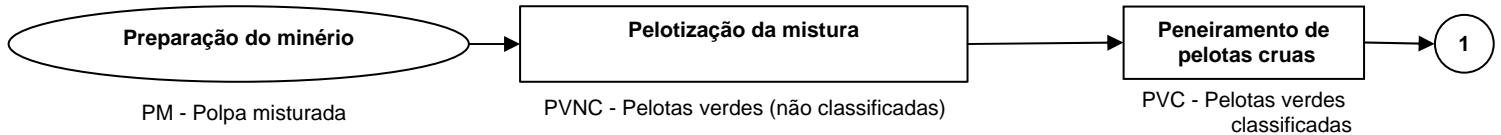
### 2.3 Analyse (Analisar)

Nesta etapa do DMAIC são analisados os dados relativos aos processos estudados, com o objetivo principal de se conhecer as relações causais e as fontes de variabilidade e de desempenho insatisfatório de tais processos, visando a melhoria dos mesmos. Foram criados vários mapas de processo, de acordo com a etapa do processo de Pelotização focada, e estudado o comportamento de cada variável crítica controlada, indicada como C\* na Figura 5.

Y: basicidade  
 Y - Superfície específica  
 Y - Granulometria (%>325#)  
 Y - Umidade da mistura

Y' - **diâmetro médio ( distribuição granulométrica)**  
 Y' - umidade da pelota  
 Y': Taxa de retorno do pelotamento  
 Y; resistência da pelota

Y - Pelotas verdes com granulometria ( distribuição granulométrica) classificada



C\* : Dosagem de aglomerante  
 R\*: Tipo de aglomerante  
 R\*: Umidade da polpa retida  
 R\*: Tipo/ proporção de minérios nas pilhas  
 R\*: Quantidade de calcário na pilha  
 R\*: Homogeneidade do calcário na pilha

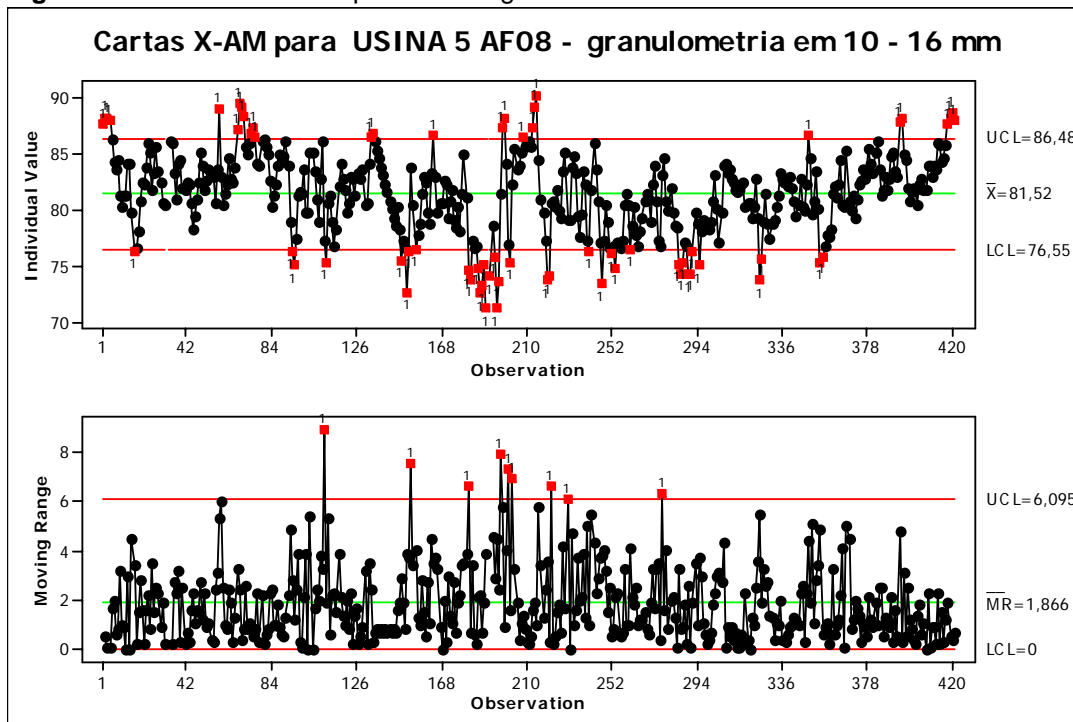
C\* : - Taxa de alimentação dos discos  
 C\* : - Rotação do disco  
 C\* : - Regulagem / manutenção dos raspadores  
 C\* : Estabilidade da camada de fundo  
 R: Estabilidade da camada lateral  
 C: Inclinação dos discos  
 C\*: Altura de quedas das pelotas  
 R: Adição de água  
 R\*: Conhecimento do operador  
 R\*: Comprometimento do operador  
 R\*: Quantidade de operadores

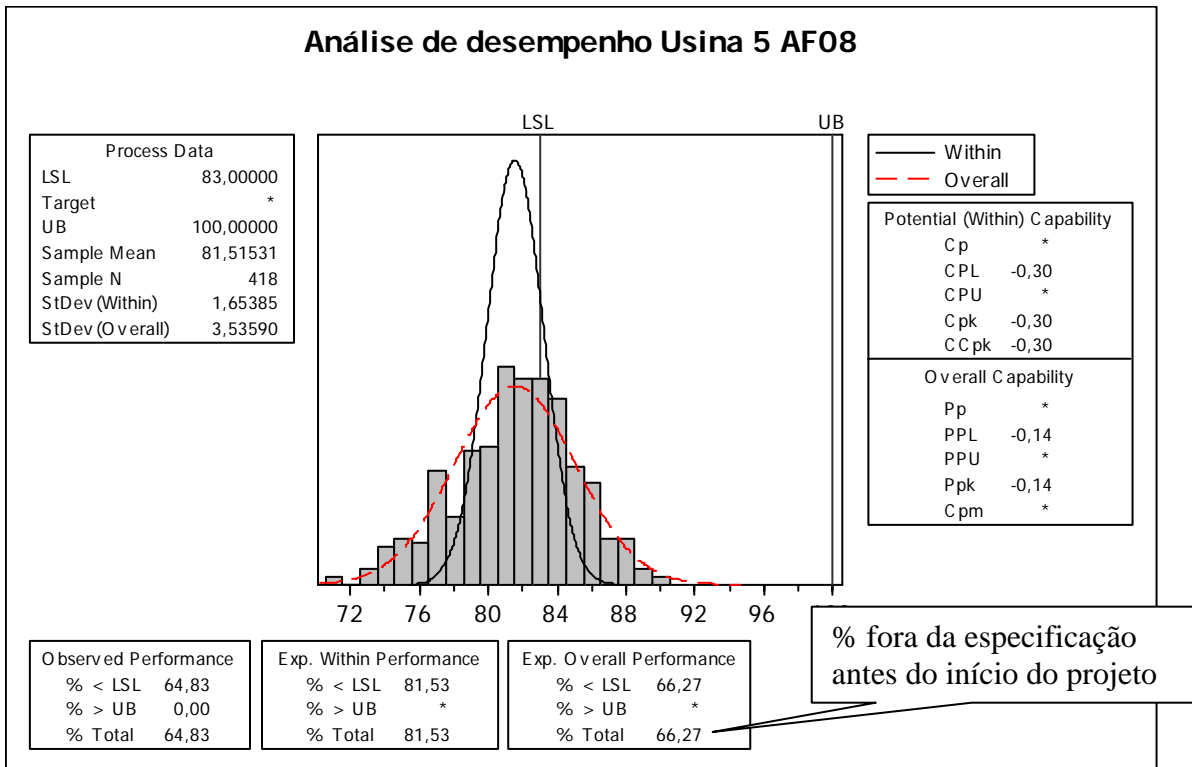
C\* - Abertura entre rolos  
 R\* - Distribuição da carga sobre os rolos  
 C: regulagem do defletor (asa delta)  
 C - Rugosidade dos rolos  
 C: Nível de desgaste do rolo  
 R\*: limpeza dos rolos  
 C\*: Disponibilidade de materiais para a manutenção  
 C\*: Disponibilidade de mão-de-obra para a manutenção  
 R\*: Capacidade da peneira  
 R\*: Área de peneiramento

**Figura 5** – Mapa do processo do pelotamento para estreitamento da distribuição granulométrica das pelotas.

Outros exemplos de estudo desta etapa são a construção de cartas de controle para avaliação do comportamento da variável (Figura 6) e análise de desempenho, onde pode-se notar na Figura 7 que 66,27% dos resultados na faixa granulométrica +10-16mm (%) da usina 5 estavam fora da especificação.

**Figura 6** – Carta de controle para a faixa granulométrica +10-16mm da usina 5.





**Figura 7** – Análise de desempenho para a faixa granulométrica +10-16mm da usina 5.

## 2.4 Improve (Melhorar)

Durante esta etapa do DMAIC, inicialmente devem ser geradas idéias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais dos problemas prioritários detectados anteriormente.

Na fase inicial da etapa Melhorar, de acordo com Pande, Neuman e Cavanagh,<sup>(3)</sup> algumas perguntas que impulsionam a melhoria devem ser formuladas e respondidas:

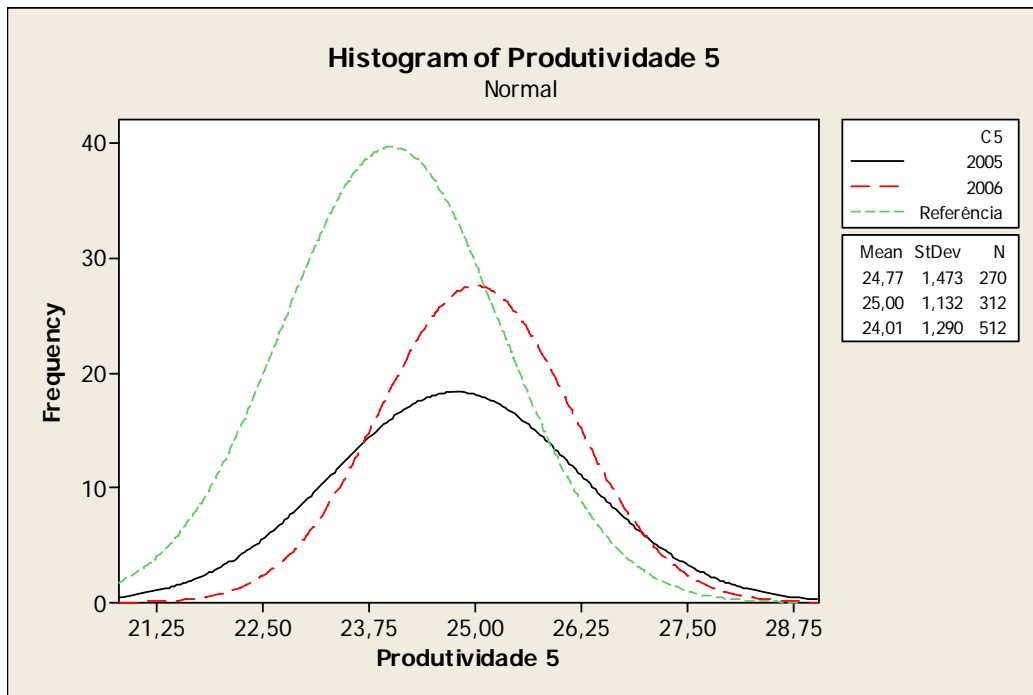
- Quais são as possíveis ações ou idéias para eliminação das causas fundamentais e alcance das metas?
- Quais dessas idéias podem ser transformadas em soluções potencialmente viáveis?
- Que soluções possivelmente levarão ao alcance das metas com menor custo e maior facilidade de execução?
- Como testar as soluções escolhidas, com o objetivo de garantir sua eficácia e a ausência de falhas indesejáveis?

As idéias levantadas durante esta etapa deram origem aos planos de ações para o alcance da meta prioritária.

## 3 RESULTADOS

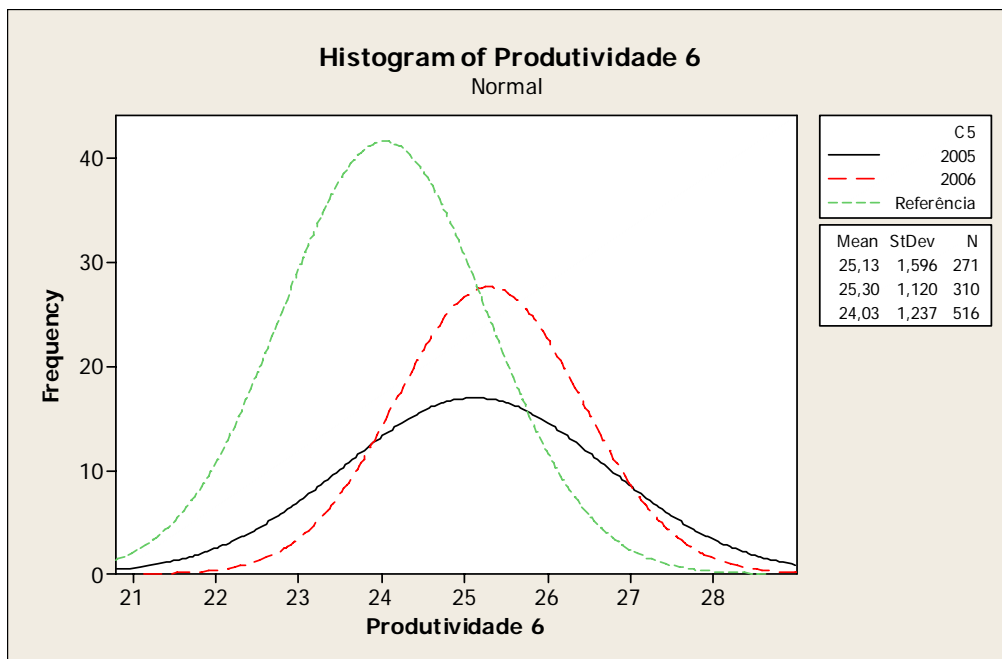
Para mostrar os resultados alcançados iremos comparar um período referência (média de 2002 a 2004) com 2005, ano do início do projeto e 2006, ano da conclusão do projeto.

Elevação de 4,1% na produtividade de pelotas Alto-Forno da Usina 5 no ano de 2006 em relação ao período referência (Figura 8).



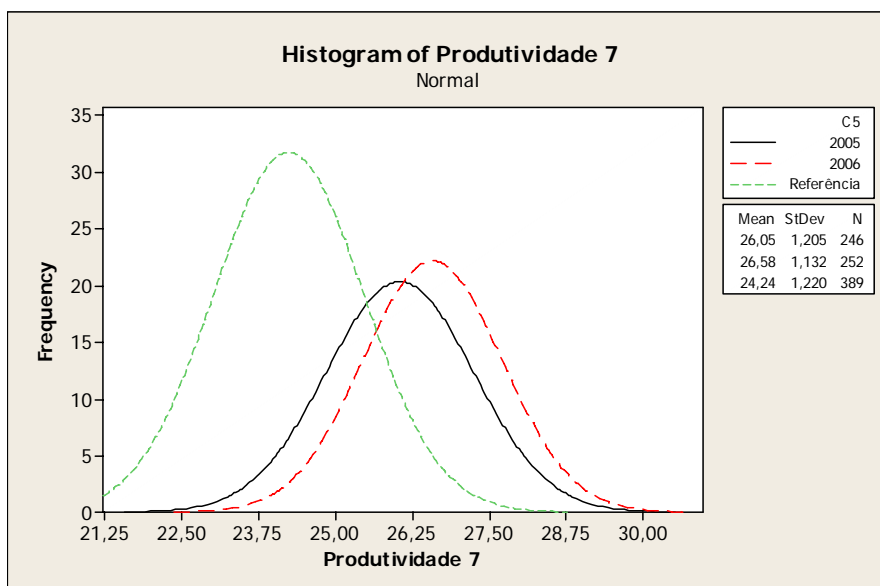
**Figura 8** – Produtividade das pelotas Alto-Forno da Usina 5.

Elevação de 5,3% na produtividade de pelotas Alto-Forno da Usina 6 no ano de 2006 em relação ao período referência (Figura 9).



**Figura 9** – Produtividade das pelotas Alto-Forno da Usina 6.





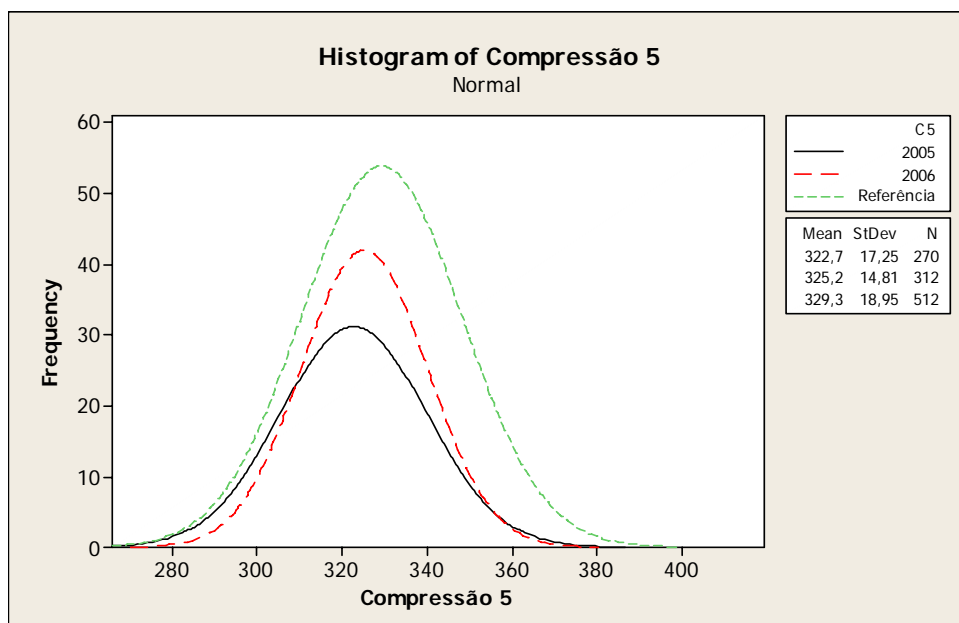
**Figura 10** – Produtividade das pelotas Alto-Forno da Usina 7.

Elevação de 9,7% na produtividade de pelotas Alto-Forno da Usina 7 no ano de 2006 em relação ao período referência (Figura 10).

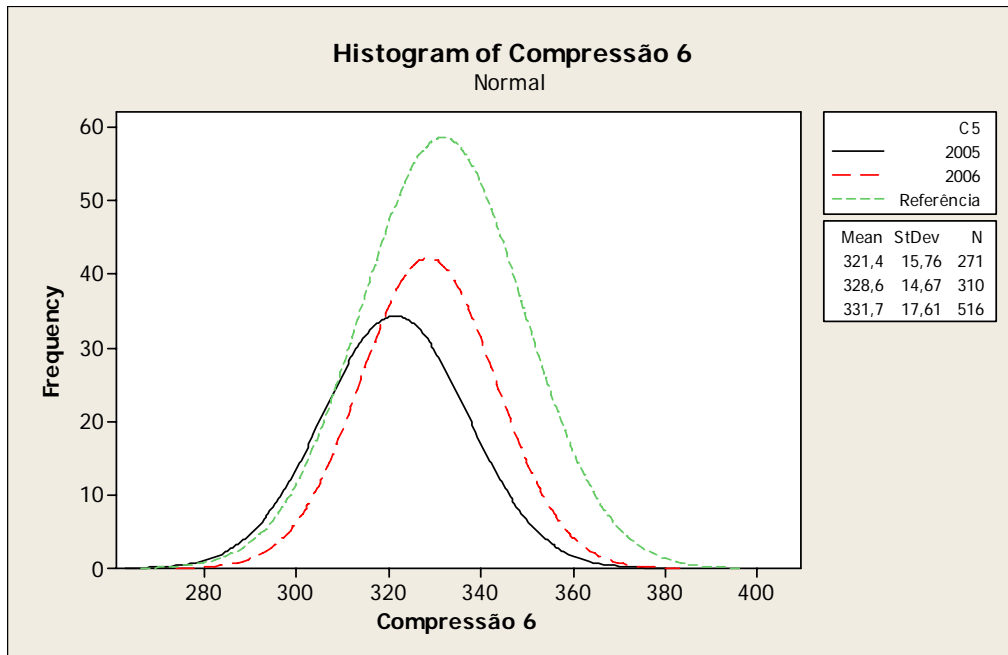
O aumento de produtividade das Usinas 5 e 6 representa um elevação da produção anual da ordem de 250.000t/ano.

No caso da Usina 7, o aumento de produtividade é equivalente à elevação de 400.000t/ano.

Vale ressaltar que a premissa para manutenção da qualidade foi respeitada, como pode ser visto nas Figuras 11, 12 e 13, que mostram o comportamento da resistência a compressão (item mais afetado pelo aumento de produtividade) das pelotas Alto-Forno no período de referência e nos anos 2005 e 2006.



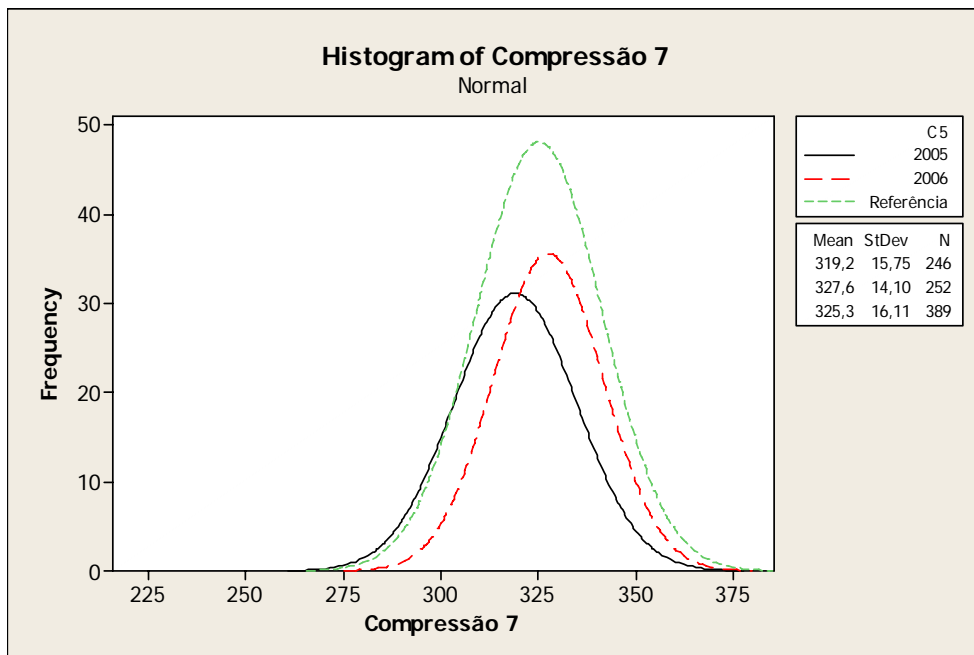
**Figura 11** – Resistência a compressão das pelotas Alto-Forno da Usina 5.



**Figura 12** – Resistência a compressão das pelotas Alto-Forno da Usina 6.

Na Figura 11 vemos que a resistência a compressão da Usina 5 no período referência foi de 329daN/pelota, enquanto que em 2006 foi de 325daN/p (estatisticamente iguais devido a faixa de variação da análise) com redução do desvio padrão de 18,95 para 14,81.

Na Figura 12 e 13 vemos que a resistência a compressão das Usinas 6 e 7 mantiveram-se praticamente iguais, com redução do desvio padrão.



**Figura 13** – Resistência a compressão das pelotas Alto-Forno da Usina 7.

## 4 CONCLUSÃO

- A meta estabelecida foi cumprida, resultando na elevação de 650.000t/ano (cerca de 9%) na capacidade produtiva das Usinas de Pelotização 5, 6 e 7;
- O desenvolvimento do projeto criou uma nova forma de pensar nas equipes de operação e manutenção, tratando os problemas com metodologia e inovação.

## REFERÊNCIAS

- 1 DE CICCO, F. Visão Geral da Estratégia Seis Sigma. 2005. On-line. Disponível em: <<http://www.qsp.org.br>>. Acesso em: 11 out. 2005.
- 2 WERKEMA, Cristina. Criando a cultura Seis Sigma. Minas Gerais: Werkema Ed., 2004. 256 p. (Seis Sigma; v.1)
- 3 PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland R. Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Tradução por Cristina Bazán Tecnologia e Lingüística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. Tradução de: The six sigma way.