

REDUÇÃO DO CONSUMO DE FESI NOS AÇOS INOXIDÁVEIS AISI 304 NO CONVERSOR AOD-L DA APERAM SOUTH AMERICA*

*Joilson Moreira Ferreira da Silva¹
Mauricio Ferreira Coelho²
Carlos Alberto Mourão³
Edilson Simões Cavalieri⁴
Robson Martins⁵
Letícia Madureira Moreira⁶
Hélio Braz Loss⁷*

Resumo

O conversor AOD-L é de uso exclusivo para a produção de aços inoxidáveis na Aperam South America. Entre janeiro a julho de 2018, o consumo de FeSi estava acima do orçado, acarretando em perda de gestão para a Aciaria. O aço inoxidável AISI 304 representa 50% da produção da Aciaria na rota duplex (sem uso do VOD), portanto, esse projeto teve como objetivo a redução do consumo da liga de FeSi no AOD-L para o aço AISI 304. Essa redução foi possível através da utilização da metodologia Lean Six Sigma na qual a causa raiz foi identificada e as ações implementadas o que permitiu uma maior estabilidade operacional, além de aumentar a competitividade da Aperam South America frente aos demais produtores mundiais.

Palavras-chave: Conversor AOD-L; Consumo FeSi; Lean Six Sigma.

REDUCTION OF FESI CONSUMPTION AT AODL-L CONVERTER ON 304 GRADES IN APERAM SOUTH AMERICA

Abstract

The AOD-L converter is exclusively used for stainless steel's production at Aperam South America. Between January and July 2018, FeSi consumption was above the budget, causing a loss of gain for the Steelplant. AISI 304 stainless steel represents 50% of the production in duplex route (without VOD), therefore, this project had the objective of reducing the FeSi consumption in AOD-L process for 304 grades. This reduction was possible through the use of the Lean Six Sigma methodology in which the root cause was identified and the actions implemented, what allowed for greater operational stability, in addition to increasing the competitiveness of Aperam South America compared to other stainless steel's players.

Keywords: AOD-L converter; FeSi Consumption; Lean Six Sigma.

- ¹ *Engenheiro do Controle de Processo do Lingotamento Continuo da Aperam South America.*
- ² *Engenheiro do Controle de Processo do AOD-L da Aperam South America.*
- ³ *Técnico do Controle de Processo Aciaria Elétrica da Aperam South America.*
- ⁴ *Técnico do Controle de Processo do Pré-Tratamento de Gusa da Aperam South America.*
- ⁵ *Técnico do Controle de Processo do AOD-L da Aperam South America.*
- ⁶ *Estagiária do Controle de Processo do Lingotamento Continuo da Aperam South America.*
- ⁷ *Gerente de Controle de Processo da Aciaria da Aperam South America.*

1 INTRODUÇÃO

O processo de produção de aços inoxidáveis da Aperam, basicamente é feito na rota via aciaria elétrica, conversor AODL e lingotamento contínuo (figura 01). Devido à demanda crescente da produção dos aços inoxidáveis, e mesmo por necessidade de redução de custos, tornou-se prioridade trabalhar no processo AOD-L.

O conversor AOD-L é o principal equipamento utilizado na produção de aço inoxidável. AOD é uma sigla que vem do inglês e significa descarburização com argônio e oxigênio (A-argon, O-oxygen, D-decarburization, L-lance). Como o próprio nome explica, o processo de conversão do aço inoxidável ocorre através da injeção de uma mistura de oxigênio e gás inerte no banho metálico, com o objetivo de fazer a oxidação seletiva do carbono.

Durante o processo é necessário controlar o momento de adição das ligas e fundentes utilizados para produzir o aço e também o volume, vazão e relação oxigênio/gás inerte dos gases soprados no conversor (Marin,2006).

Neste trabalho foram levantados todas as possíveis causas do maior consumo da liga de FeSi no AOD-L, chegando a causa raiz através de estudos estatísticos com o uso da metodologia Lean Six Sigma.

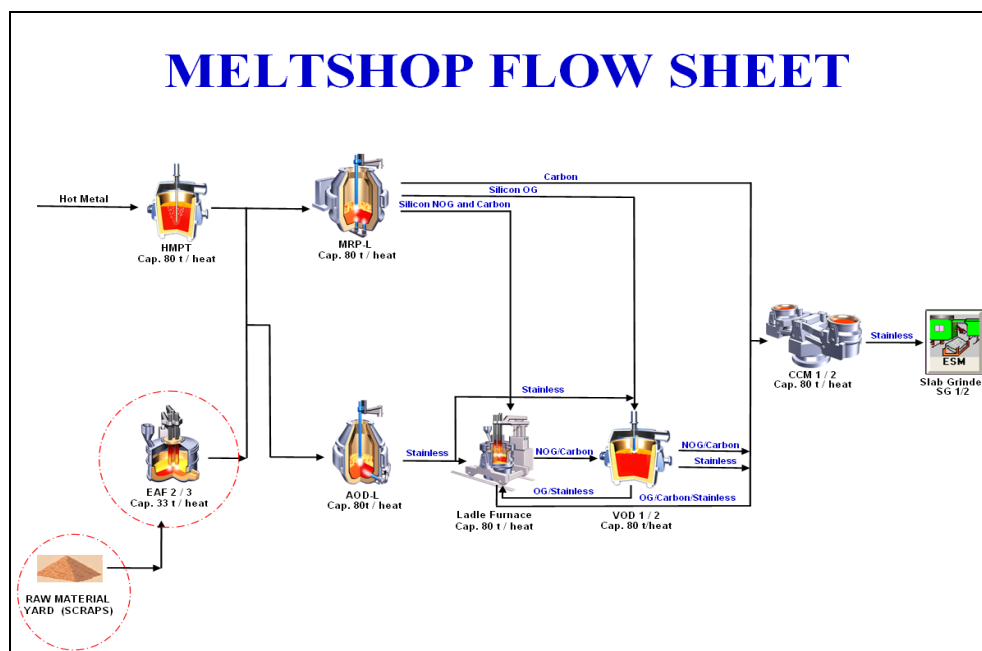


Figura 1 – Fluxo de produção aciaria

2 DESENVOLVIMENTO

A liga de FeSi é utilizado no conversor AOD-L com o objetivo de garantir o balanço térmico do processo. Entre janeiro a julho/2018, a perda de gestão com o consumo de FeSi estava na ordem de KR\$1.000,00. Analisando o mix de produção dos aços inoxidáveis (figura 2), verifica-se que 50% da produção na rota duplex (sem utilização do VOD) são do aço AISI 304, portanto, o objetivo desse projeto é reduzir o consumo da liga Fe-Si no processo do AODL no aço citado, reduzindo o custo de produção e conseqüentemente aumentando a competitividade dos produtos da APERAM South America.

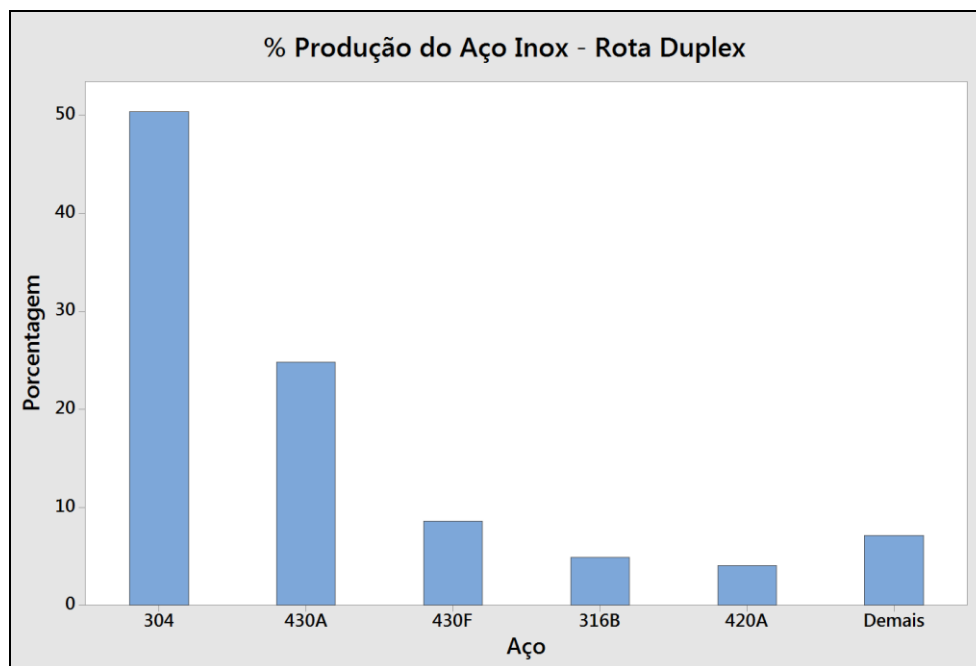


Figura 2 – Fluxo de produção aciaria

2.1 - Definição das Metas

O aço AISI 304 é produzido através de duas rotas preferências (FEA-FEA e FEA-PTG), portanto, as metas foram definidas baseadas no histórico de consumo da liga FeSi dessas rotas.

Y1 – consumo de FeSi no 304 rota FEA-FEA:

A meta foi definida através do intervalo de 95% de confiança para a média (IC 95%) que é de 34,02 Kg/ton (figura 03).

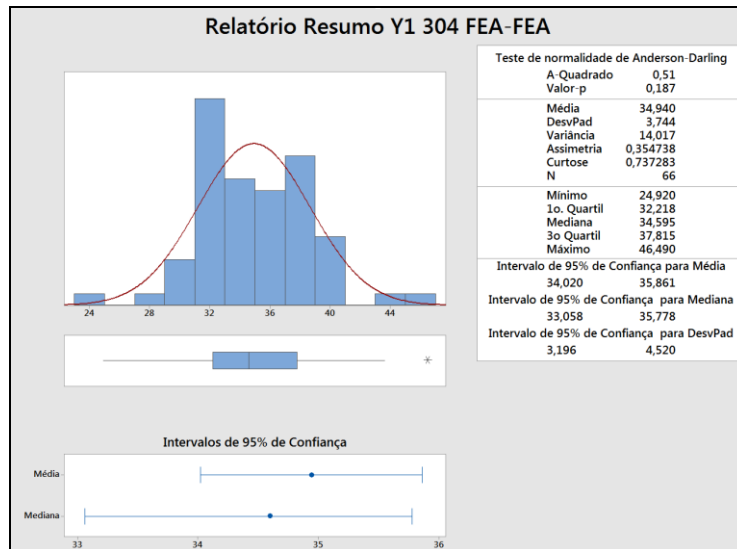


Figura 3 – Sumário Gráfico Y1 304 FEA-FEA

A capacidade inicial do processo era de 1,25 sigma (figura 4), o que significa que 59,71% das corridas produzidas teriam consumo superior a meta estipulada que é de 34,02 Kg/ton.

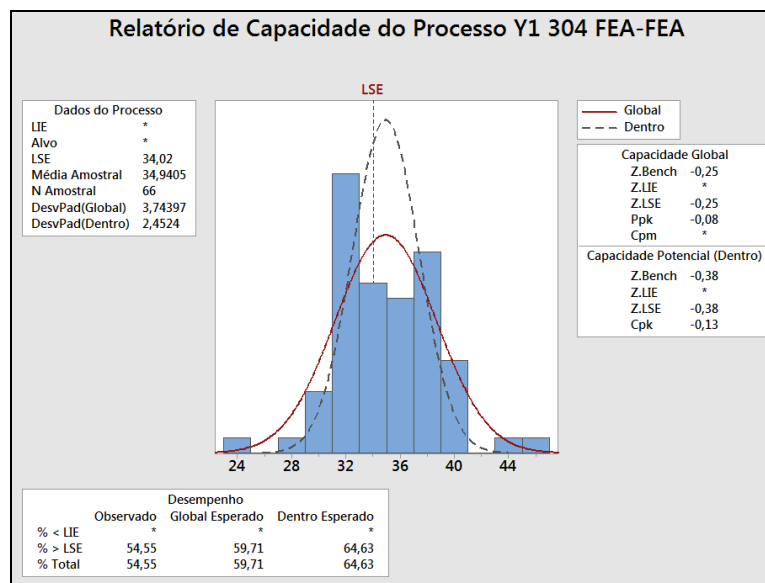


Figura 4 – Capacidade inicial do Processo Y1 304 FEA-FEA

Y2 – consumo de FeSi no 304 rota FEA-PTG:

A meta foi definida através do intervalo de 95% de confiança para a média (IC 95%) que é de 37,90 Kg/ton (figura 05).

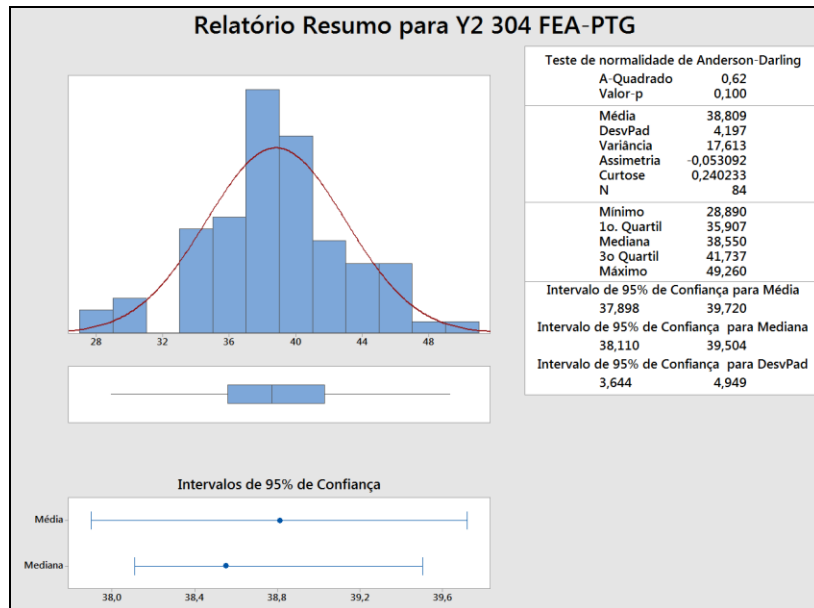


Figura 5 – Sumário Gráfico Y2 304 FEA-PTG

A capacidade inicial do processo era de 1,28 sigma (figura 6), o que significa que 58,58% das corridas produzidas teriam consumo superior a meta estipulada que é de 37,90 Kg/ton.

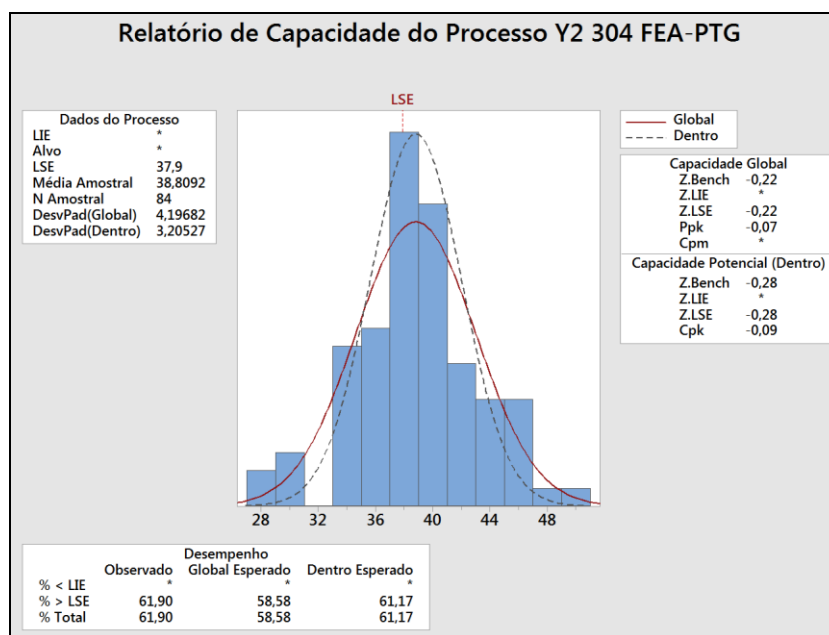


Figura 6 – Capacidade inicial do Processo Y2 304 FEA-PTG

2.2 - Medição

A etapa de medição esta relacionada ao levantamento dos X's potenciais através de Brainstorming, espinha de peixe, matriz de causa e efeito e matriz de esforço e impacto (figuras 07 a 11). Foram levantados 28 X's, desses 17 X's foram considerados potenciais.

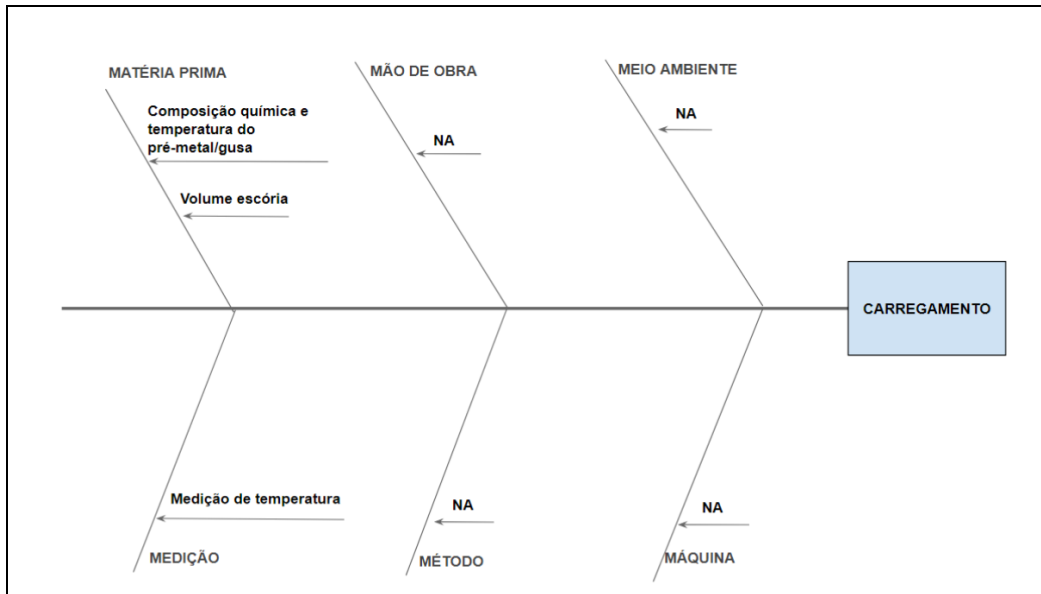


Figura 7 – Espinha de Peixe da etapa de Carregamento

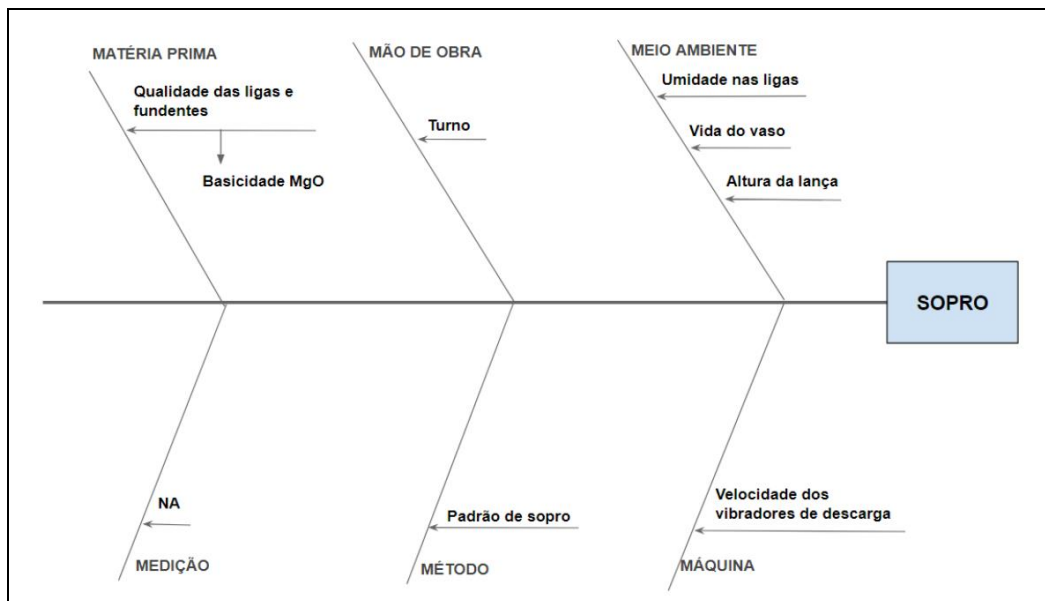


Figura 8 – Espinha de Peixe da etapa de Sopros

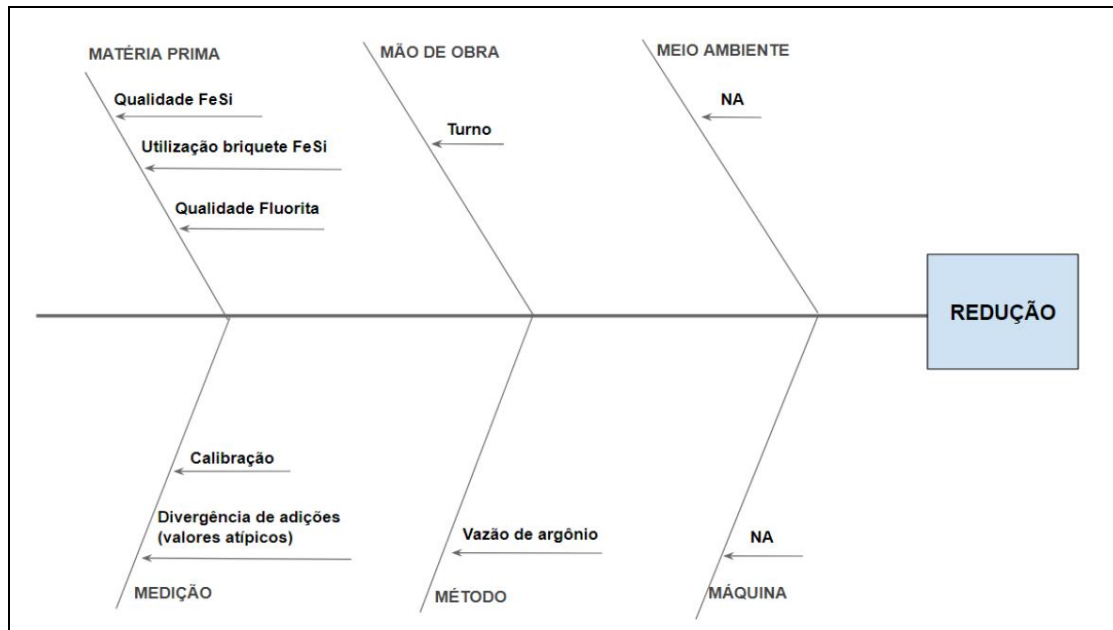


Figura 9 – Espinha de Peixe da etapa de Redução

		KPI's (Y's)			
			Y1	Y2	Y3
Fatores de variação (X's)		ESFORÇO	7	8	7
X1	Altura da lança durante o sopro	1	220	10	10
X2	Basicidade Binária após redução	6	154	7	7
X3	Raspagem de Escoria	6	176	8	8
X4	Teor de Ni do FEA	8	136	8	10
X5	Vida do Vaso AODL	10	44	2	2
X6	Turno de Produção	2	66	3	3
X7	Não cumprimento do padrão de sopro / mudança de fase de forma manual	5	110	5	5
X8	Teor de Cr no pré-metal	8	184	8	9
X9	Teor de C no pré-metal	8	192	8	10
X10	Peso do pre-metal	9	206	9	10
X11	Teor de Si do pré-metal	3	80	3	3
X12	Temperatura do pre-metal / Gusa	10	198	9	9
X13	Vida da lança	2	88	4	4
X14	Build up	10	206	9	10
X15	Numero de ventaneiras durante o sopro	8	88	4	4
X16	Tempo de sopro com lança	4	110	5	5
X17	Divergência de adições de FeSi (valores atípicos)	2	52	2	3

Figura 10 – Matriz de Causa e Efeito

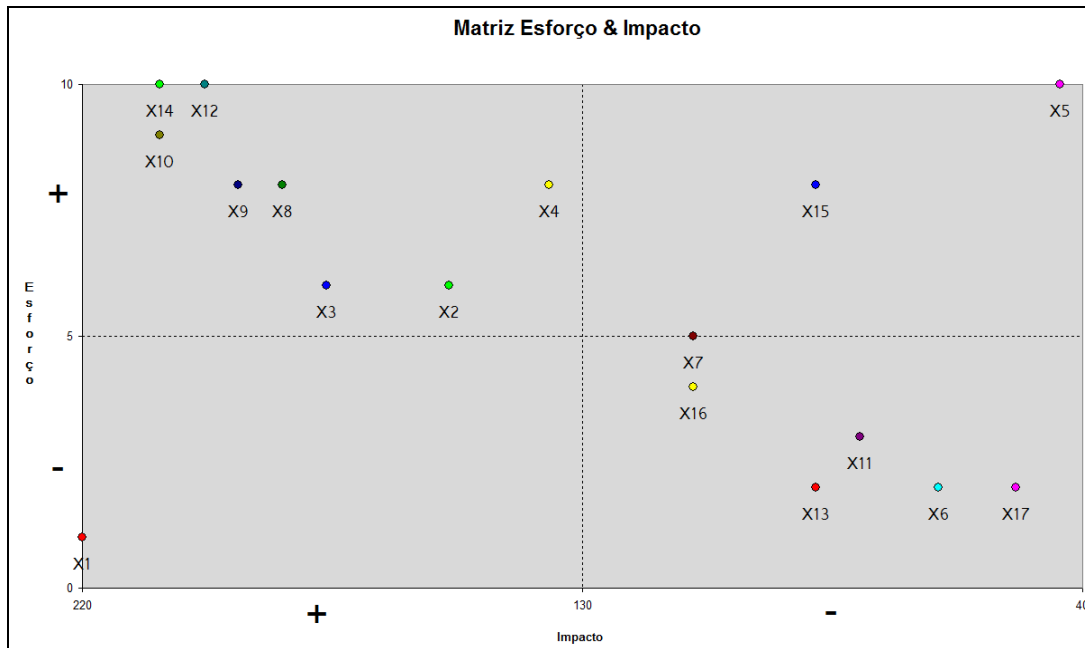


Figura 11 – Matriz de Esforço e Impacto

2.3 - Analise

A etapa de analise foi realizada através de correlações, testes de hipóteses e regressões entre os X's potenciais versus o consumo de FeSi. Nessa etapa foram selecionadas duas variáveis chaves (teor de Cr inicial e raspagem de escória) que contribuem para o consumo de FeSi.

2.3.1 - Teor de Cr

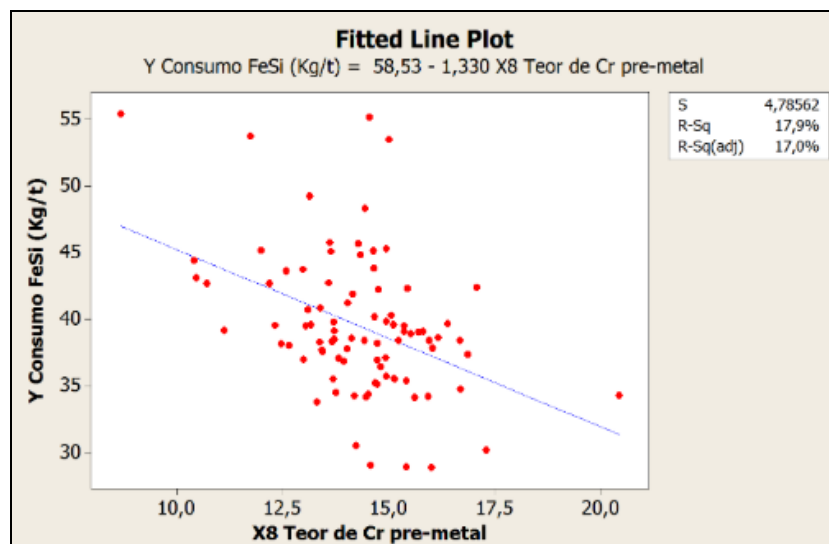


Figura 12 – Correlação Teor de Cr inicial x Consumo de FeSi no AOD-L

Em processos industriais, R^2 (adj) entre 10-50 é considerado correlação moderada, portanto, não se deve desprezar o efeito dessa variável no processo. Sendo assim, foi alterado o Cr inicial do AOD-L.

2.3.2 - Raspagem de Escória

Na análise do teste de hipótese, o P (value) < 0,05 indica que há diferença entre os processos. A raspagem de escória foi avaliada através do “2 sample t”, na qual encontrou-se P value = 0,00, validando a necessidade de raspar escória antes do carregamento, uma vez que o menor consumo de FeSi esta no processo com raspagem de escória.

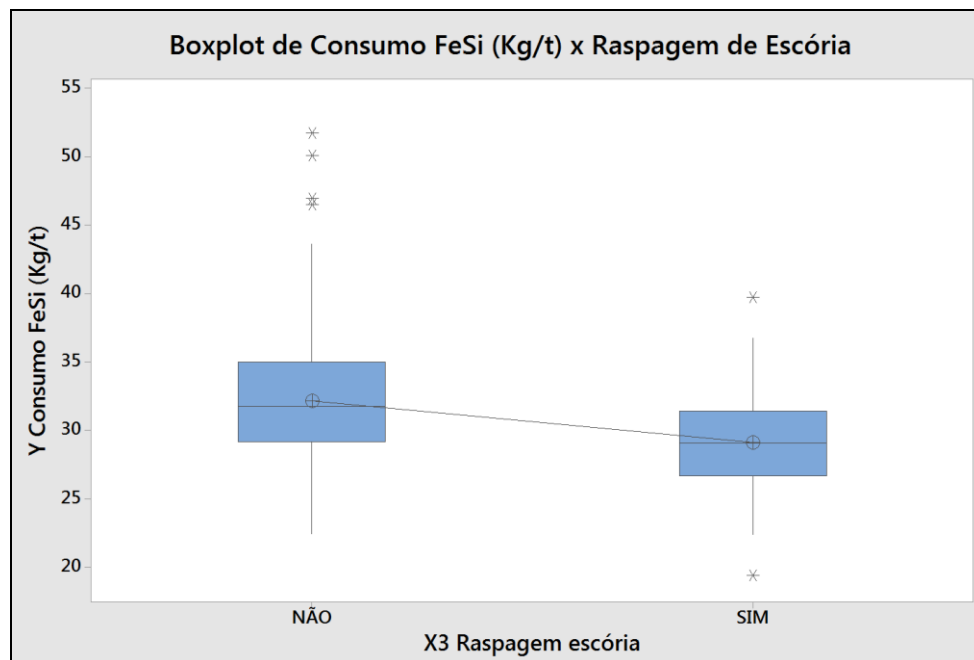


Figura 13 – Boxplot do Teste de Hipótese (Consumo de Fe-Si versus Raspagem de Escória)

Teste T para Duas Amostras e IC: Y Consumo FeSi (Kg/t); X3 Raspagem escória

Teste T para 2 amostras para Y Consumo FeSi (Kg/t)

X3 Raspagem

escória	N	Média	DesvPad	EP	Média
NÃO	217	32,16	4,73	0,32	
SIM	60	29,11	3,82	0,49	

Diferença = μ (NÃO) - μ (SIM)

Estimativa para a diferença: 3,050

IC de 95% para a diferença: (1,883; 4,217)

Teste T de diferença = 0 (versus ≠): Valor-T= 5,18 Valor-P = 0,000 GL = 113

Figura 14 – Teste de Hipótese (Consumo de Fe-Si versus Raspagem de Escória)

2.4 Resultados obtidos:

2.4.1 – Redução do consumo do FeSi no aço AISI 304 rota FEA-FEA

Após as alterações no processo, houve uma redução no consumo médio de FeSi de 34,94 Kg/t para 30,14 Kg/ton, o que aumentou a capacidade do processo de 1,25 sigma para 2,56 sigma. O processo está estável devido a redução do desvio padrão das corridas produzidas.

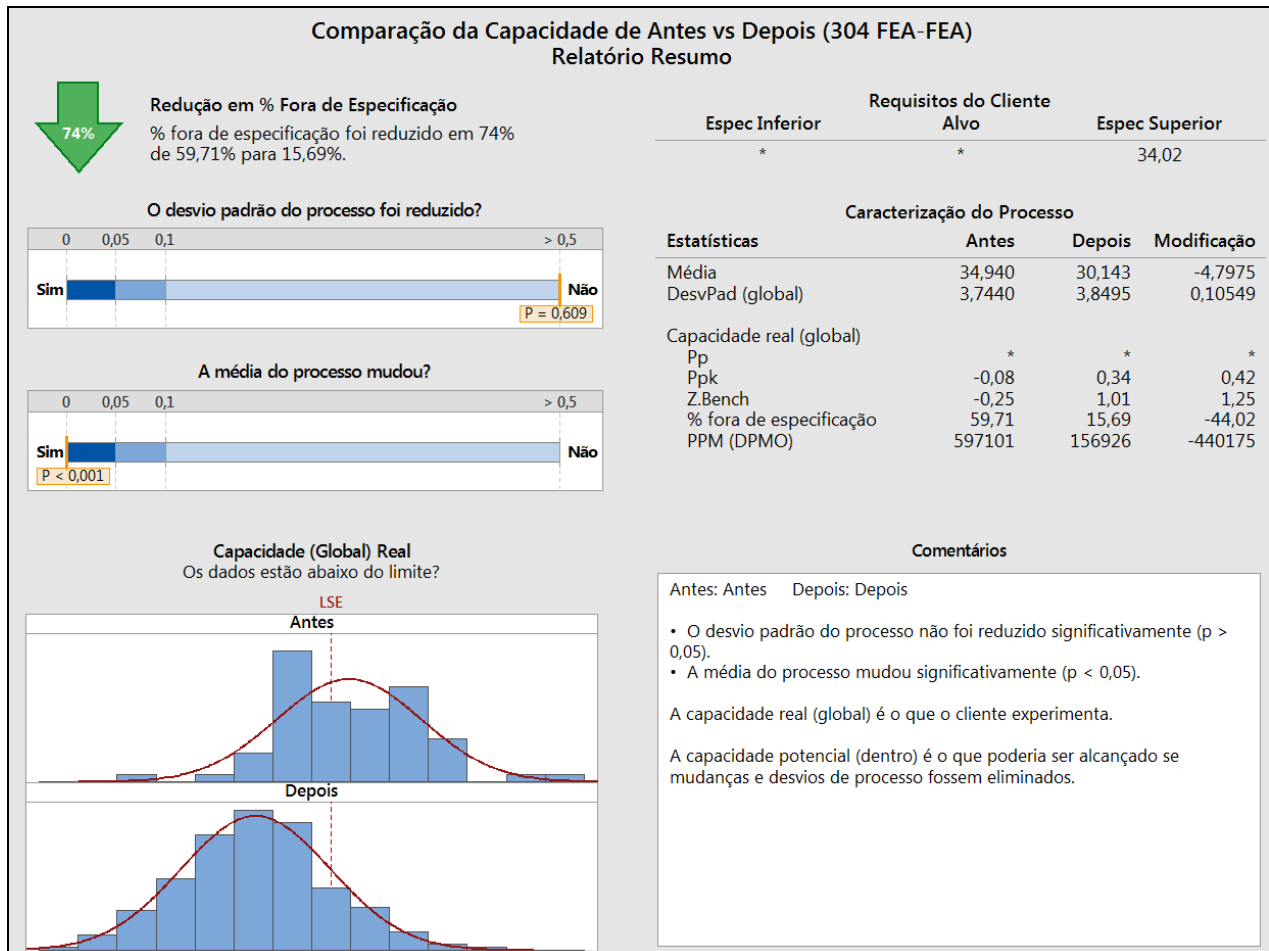


Figura 15 – Relatório de Capacidade Antes x Depois AISI 304 FEA-FEA

2.4.2 - Redução do consumo do FeSi no aço AISI 304 rota FEA-PTG

Após as alterações no processo, houve uma redução no consumo médio de FeSi de 38,80 Kg/t para 36,65 Kg/ton, o que aumentou a capacidade do processo de 1,28 sigma para 1,87 sigma. O processo está estável devido a redução do desvio padrão das corridas produzidas.

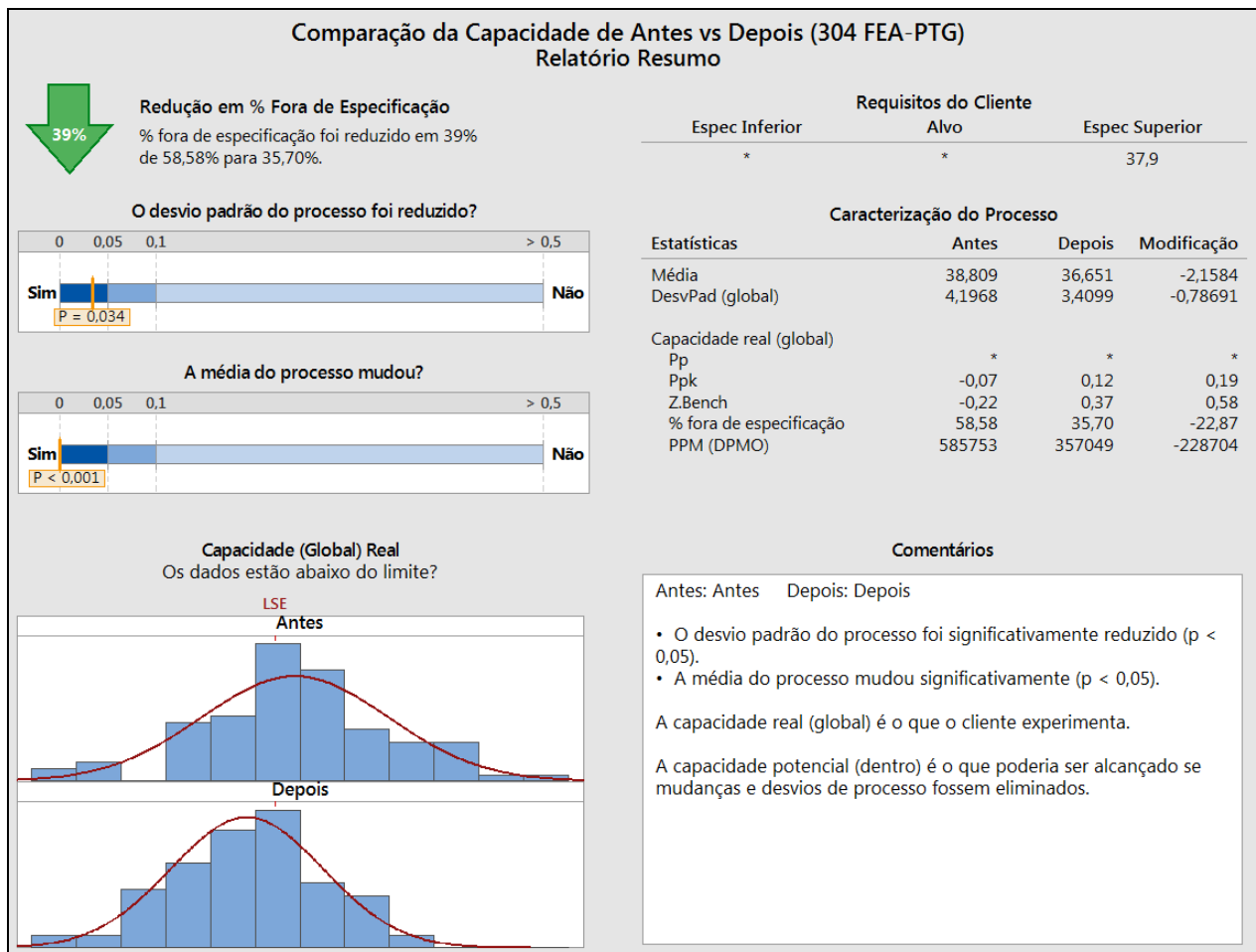


Figura 16 – Relatório de Capabilidade Antes x Depois AISI 304 FEA-PTG

3 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido através da utilização da ferramenta Lean Six Sigma proporcionou:

- 1- Reduzir o consumo de FeSi através da identificação das causas raízes do problema;
- 2- Melhorar a estabilidade do processo.

O benefício financeiro alcançado ficou na ordem de kR\$ 1600 por ano.

Uma das maiores contribuições deste projeto foi a estabilidade operacional e o conhecimento gerado para a Aciaria. Valores estes incalculáveis.

REFERÊNCIAS

- 1 Marin, H. Modelamento **Matemático do Refino do Aço Inoxidável em Conversores AOD-L**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte, 2006.
- 2 Filho, D.S.F. **Convertedor AOD-L da ArcelorMittal Timóteo**. Programa Curso para Técnicos. Timóteo, 2008.
- 3 Marcondes, E. **Pocket Book Lean Six Sigma**. Guia de Consulta Rápida. NT Desenvolvimento Gerencial. Belo Horizonte, 2018.