

REDUÇÃO DE DEFEITOS CAUSADOS PELO EXCESSO DE REVESTIMENTO NAS BORDAS NA LINHA DA GALVANIZAÇÃO 2 DA ARCELORMITTAL VEGA

Fernando de Carvalho¹
Gabriela Gomes de Oliveira²
Luciano Colzani³

Resumo

Esse artigo tem como objetivo a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* no estudo da redução dos defeitos de borda causados pelo excesso de revestimento na chapa em uma linha de galvanização contínua. Para tal estudo serão utilizadas as ferramentas do DMAIC Definir, Medir, Analisar, Aperfeiçoar e Controlar na busca da redução da variabilidade do processo, com o embasamento na fundamentação teórica a respeito do método aplicado. Esse estudo foi realizado na seção do pote de revestimento e teve como objetivo a redução de 50% dos defeitos gerados pelos equipamentos e métodos de controle.

Palavras-chave: *Lean Seis Sigma*, DMAIC, Galvanização contínua; Revestimento.

REDUCTION OF DEFECTS CAUSED BY EXCESS COATING ON THE EDGE AT GALVANIZING 2 IN ARCELORMITTAL VEGA

Abstract

This paper aims to apply the *Lean Six Sigma* methodology in the study of the reduction of edge defects caused by the excess coating on the sheet in a continuous galvanizing line, in which the tools of the DMAIC Define, Measure, Analyze, To control in the search of the reduction of the variability of the process, with the foundation in the theoretical foundation regarding the applied method. This study was carried out in the section of the coating pot and had as objective the reduction of 50% of the defects generated by the equipment and control methods.

Keywords: *Lean Six Sigma*, DMAIC, Continuous Galvanization; Coating.

¹ Especialista de Processo de Produção – ArcelorMittal Vega.

² Gerente de Área Galvanização 2 – ArcelorMittal Vega.

³ Gerente de Divisão da Galvanização – ArcelorMittal Vega.

1 INTRODUÇÃO

A linha de galvanização 2 da ArcelorMittal Vega, na qual foi realizado o estudo e aplicado o método *Lean Seis Sigma* na redução dos defeitos de bordas causadas pelo excesso de revestimento na chapa é uma linha com triplo propósito, podendo produzir chapas com o revestimento do tipo Galvanizado (Zn), do tipo Galvalume® (Al-Zn-Si) e do tipo Aluminizado (AlSi), todos esses processos são por imersão à quente.

Ao longo dos últimos anos, foram realizados vários esforços para melhorar a capacidade produtiva da linha e aumentar a qualidade dos produtos em especial no Galvalume®, com isso a necessidade de buscar soluções para a redução dos defeitos gerados na própria linha de galvanização. Principalmente melhorias realizadas nos componentes do pote de zinco, na qual tem grande influencia na qualidade do produto final. Esses esforços tem sido significativos para melhorar a performance do processo de galvanização e reduzir os defeitos gerados.

A redução dos defeitos gerados pelo excesso de revestimento (EZB) e *buildup* (BUP) dos produtos acabados no ano de 2017 correspondeu a 3kton contra uma produção anual de 350kton. Esse volume foi desclassificado gerando sucatas na saída e conseqüentemente perda financeira.

Sendo assim, há necessidade de reduzir as perdas de produção causadas pelos problemas de qualidade e conseqüentemente redução nos custos de transformação do produto acabado. Esse estudo será através da aplicação das ferramentas do *Lean Seis Sigma* na busca de aperfeiçoar os procedimentos e aumentar o desempenho dos equipamentos, além de implantarmos o controle de processo para reduzir as perdas de produção. Como premissa básica o indicador (KPI almejado do projeto a ser estudado e desenvolvido) será o volume de material bloqueado pelo volume de material produzido.

2 INTRODUÇÃO LINHA DE GALVANIZAÇÃO 2 DA ARCELORMITTAL VEGA

Na ArcelorMittal Vega atualmente temos duas linhas de galvanização por imersão. A linha de Galvanização 2 iniciou sua produção em abril de 2010 produzindo inicialmente produtos Galvanizados (Zn), posteriormente no mês de julho do mesmo ano foi produzida a primeira bobina com revestimento de Galvalume® (AlZnSi). Em abril 2015 foi produzido a primeira bobina Aluminizada (AlSi) da ArcelorMittal Vega.

Foi concebida com o principal objetivo de atender às demandas de clientes indústria e de construção civil, e com o passar dos anos houve a necessidade de instalar o terceiro pote de revestimento para atender a linha automotiva com aços de alta resistência. Estes materiais podem ser destinados tanto para mercado interno como para exportação.

As principais características da Galvanização 2 são apresentadas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1. Características da Galvanização 2.

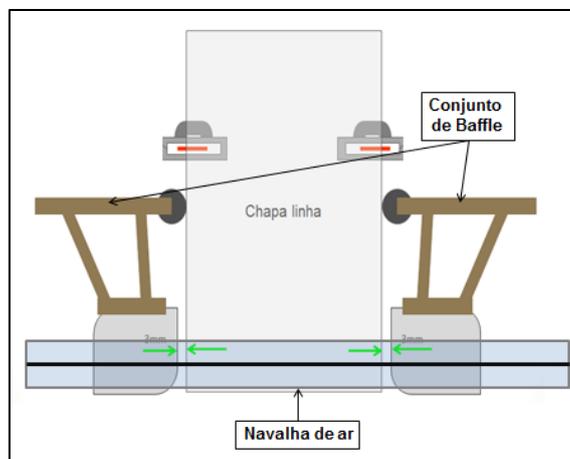
Característica	Especificação de Projeto da Linha
Capacidade de Produção	380 kt/Ano
Produtos	GI (Galvanized) – 180kt/ano
	GL (Liga – Al 55%) – 120 kt/ano
	AS (AISI) – 80kt/ano
Espessura	0,25 - 2,30 mm
Largura	700 - 1600 mm
Seção Máxima	3680 mm ²
Peso Máximo Entrada	34 t
Peso Máximo Saída	30 t
Velocidade Máxima	200 m/min
Produtividade Média	45 t/h
Diâmetro Externo - Entrada	1000 a 2100mm
Diâmetro Externo - Saída	800 a 1850mm
Diâmetro interno - Entrada	610mm
Diâmetro interno – Saída	508 ou 610mm (610mm com luva)
Revestimento – GI (Galvanizado)	Mínimo 30 g/m ² - Face
	Máximo 200 g/m ² - Face
Revestimento – GL (Galvalume)	Mínimo 30 g/m ² - Face
	Máximo 100 g/m ² - Face
Revestimento – AS (Usibor)	Mínimo 30 g/m ² - Face
	Máximo 150 g/m ² - Face

Fonte: Primária.

2.1 Seção de revestimento

O processo de galvanização é a etapa final do produto, pois é ali que são realizados os principais beneficiamentos da matéria prima, no caso a chapa em aço, no qual é realizada a aplicação do revestimento por imersão a quente ao longo da chapa.

Após esse processo a chapa sai do banho de metal líquido e encontra a navalha de ar, que possui a finalidade de cortar o excesso de revestimento carregado pela chapa ao sair do pote por arraste. Os ajustes da navalha (pressão e distância) são realizados em função da medição da camada de revestimento medida na descida da torre de resfriamento, por um medidor que utiliza o princípio do Raio X. Existem dois, um para cada face. A navalha de ar possui dois *baffle*, um cada lado da chapa, com sensor de posição óptico, evitando o contato do equipamento com a chapa, com o objetivo de controlar a turbulência nas bordas da chapa ocasionada pelas sobras de ar da navalha.



Fonte: Primária.

Figura 1. Conjunto de navalha de ar e Baffle

3 LEAN SEIS SIGMA

O *Lean Seis Sigma* é a junção das duas metodologias *Lean Manufacturing* e *Seis Sigma*. Trata-se de um método organizacional que busca a compreensão e extinção dos desperdícios e a alteração nos procedimentos. A junção das duas metodologias com as ferramentas do *Lean* e os conceitos do *Seis Sigma* resultam na melhoria dos resultados da empresa através da redução da variabilidade dos processos e, por meio da eliminação dos desperdícios e de atividades que não agregam valor, sempre na busca da redução dos custos.

De acordo com Cleto e Quinteiro (2011), *Seis Sigma* é um programa de melhoria de processos e produtos que surgiu na Motorola no final da década de 1980, esse modelo proporcionou ganhos elevados e prêmios de qualidade à empresa que, por consequência, desses feitos acabou estimulando várias outras empresas a adotarem o referido programa.

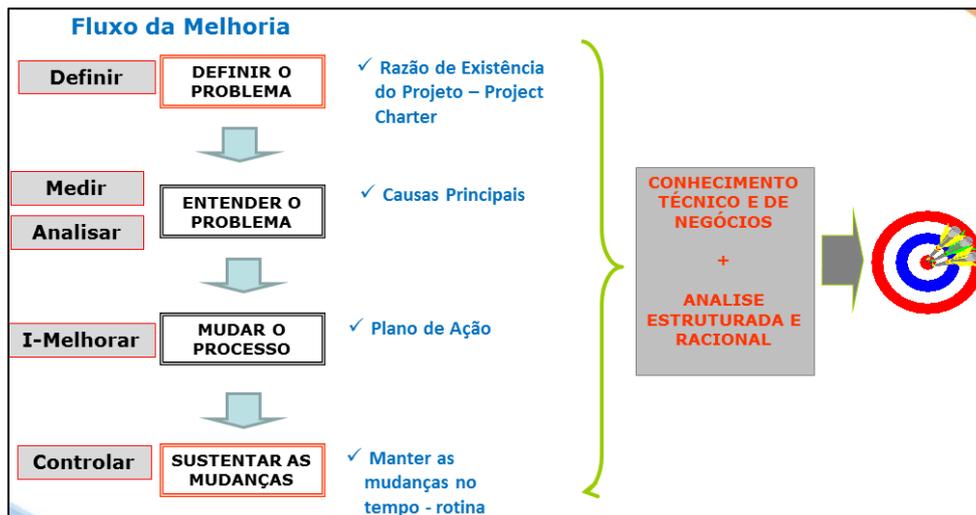
No qual o foco é a redução de defeitos na manufatura, o que impactaria positivamente nos custos da área. O método é uma filosofia de gestão que visa a resolução de problemas e a redução da variabilidade de processos, reduzindo de forma significativa os custos para a empresa, aumentando assim, sua lucratividade. Essa metodologia ganhou visibilidade ao ser implementada por Jack Welch, CEO da GE, pela primeira vez, obtendo-se grandes resultados para a empresa.

O *Sigma* representa o desvio padrão de uma distribuição e, “quanto menor for o desvio padrão de um processo, mais desvios padrões passam a ser aceitos dentro da especificação” (DONADEL, 2008, p. 43).

Por isso que o projeto *Seis Sigma* atua na otimização de processos, de forma a melhorar a qualidade no ambiente organizacional, tendo como resultado, produtos e serviços mais padronizados e estáveis, desenvolvidos dentro dos limites de aceitação impostos tanto pelo próprio processo quanto pelos clientes.

O *Lean Manufacturing*, cuja tradução é manufatura enxuta, é uma filosofia operacional que envolve a análise dos 8 principais desperdícios na linha de produção, otimização da linha e melhoria contínua com a aplicação das ferramentas da qualidade. Essa metodologia visa a eliminação de processos e atividades que não agregam valor para no produto final. Com uma redução de desperdícios e um aumento na eficiência dos processos, o *Lean* consegue uma redução significativa no tempo entre processos, o que resulta em uma diminuição nos custos envolvidos.

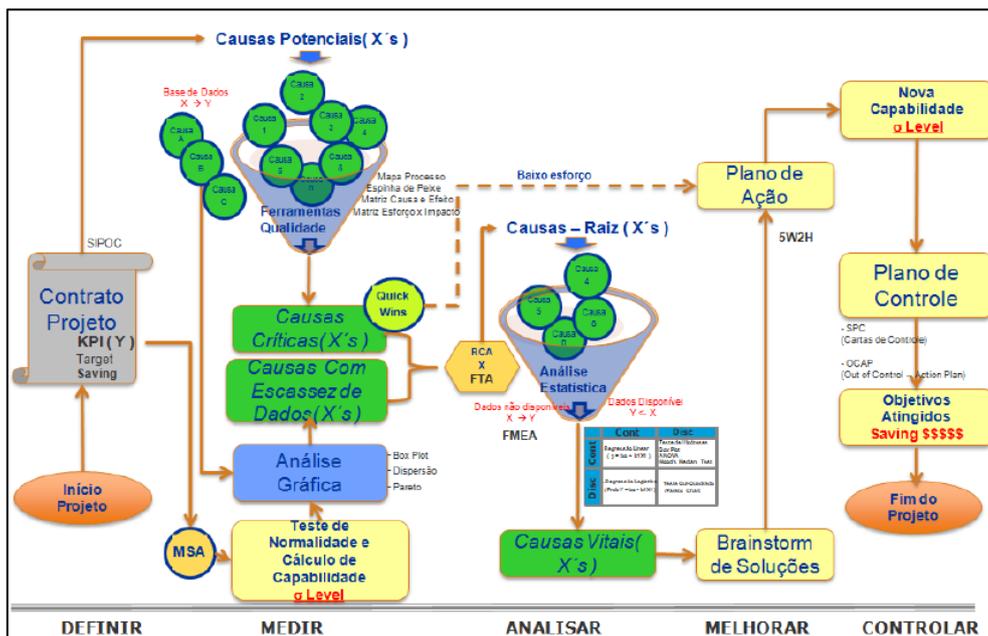
Apesar das duas metodologias terem o propósito de impactar diretamente a lucratividade de uma organização, elas atuam de forma diferente dentro de um sistema de produção. Enquanto o *Seis Sigma* atua na redução da variabilidade e dos defeitos do processo a fim de torná-lo mais eficaz, o *Lean* tem como objetivo tornar o processo mais eficiente ao reduzir desperdícios e aumentar a velocidade da produção.



Fonte: SETA Desenvolvimento.
Figura 2. Fluxo – Lean Six Sigma

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Para o desenvolvimento do projeto foi adotado o método DMAIC que visa à melhoria do processo por meio da seleção correta de projetos e com etapas direcionadas para a solução de problemas dispostas de forma cíclica e contínua, contribuindo no processo de melhoria contínua.

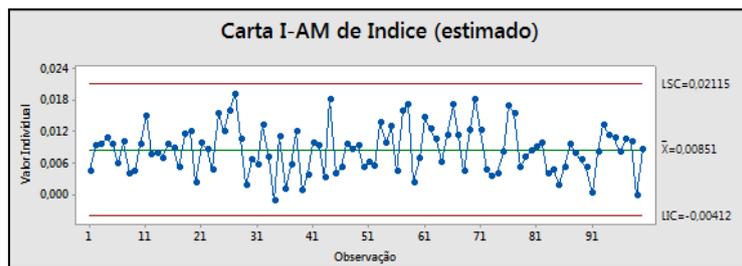


Fonte: SETA Desenvolvimento.
Figura 3. Fluxo – DMAIC

4.1 Definir

Para definição do projeto foi definido que o KPI a ser controlado será o volume de material bloqueado pelo volume de material produzido (ton.bloq. / ton.prod.). Assim, foram extraídos os dados de janeiro de 2017 a abril de 2018 e elaborado uma carta de controle para verificar o comportamento do processo ao longo do tempo, obtendo assim, uma amostra de como o processo estava se comportando.

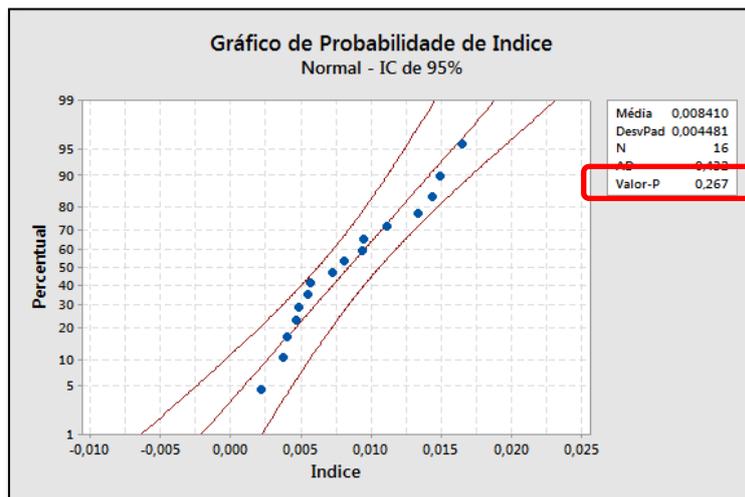
Observa-se na figura 4 uma variação ao longo dos meses, porém torna-se necessário um aprofundamento do estudo para melhor entendimento desse resultado.



Fonte: Minitab 18.

Figura 4. Carta de controle de processo

A partir dos dados coletados foi desenvolvido um teste de normalidade através do gráfico de probabilidade afim de verificar se o comportamento do processo era normal ou não. De acordo com o gráfico da figura 5, pode-se observar que o comportamento do gráfico é normal, visto o valor de “P-Valor” ficou acima de 5%.



Fonte: Minitab 18.

Figura 5. Teste de normalidade

Para a definição da meta, foi levado em consideração o resultado do primeiro quartil como o limite superior de controle (LSC). Esse valor foi adotado como referência, pois não se tinha o conhecimento do valor ideal desse processo. Assim, foi encontrada a lacuna entre a situação atual e o ideal (*benchmark*).

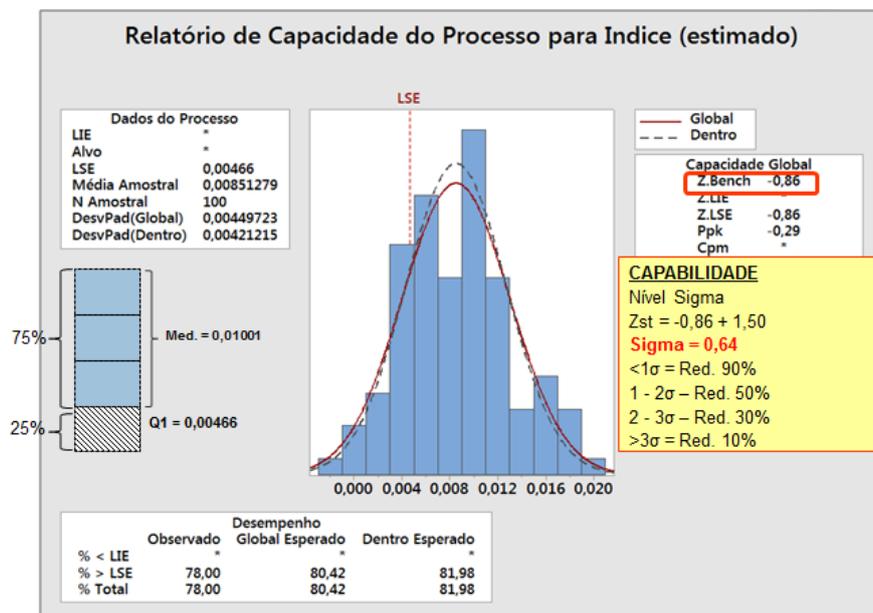
Com esses valores foi definida a meta do projeto como sendo 50% de redução dos defeitos.



Fonte: Minitab 18.

Figura 6. Estatística do processo

Na sequência da definição da meta foi verificada a capacidade do processo atual, na qual foi encontrado o valor de sigma de 0,64, muito abaixo do nível ideal de 6. O projeto teria um potencial de redução 90% dos defeitos, com grande potencial do aumento do nível sigma, além de que quanto maior o nível sigma maior os controles e maior o custos de fabricação.



Fonte: Minitab 18.

Figura 7. Capacidade do processo

3.1 Medir

Na fase de medição foi realizado o mapeamento com detalhamento de cada processo através da ferramenta SIPOC. Foram mapeadas todas as etapas da linha de galvanização com todas as entradas e saídas até a entrega ao cliente de cada etapa.

Fornece S	Entrada I	Process P	Saída O	Cliente C
Laminador	Bobina	Recebimento da bobina full hard	Dados de processo da bobina	Galvanização 2
Programação	Bobina e dados de processo	Inspeccionar e validar a bobina no Nível 1	Bobina liberada	Seção de entrada
Seção de entrada	Bobina	Engajar e soldar bobina	Bobina soldada	Seção de entrada
Seção de entrada	Tira	Limpeza da tira	Tira limpa	Seção de processo à quente
Seção de processo à quente	Tira limpa	Recozimento contínuo da tira	Tira recozida	Seção de processo à quente
Seção de processo à quente	Tira recozida	Imersão da tira no banho (pote Zn/AlZn/AlSi)	Tira revestida	Seção de processo à quente
Seção de processo à quente	Tira revestida	Remoção do excesso de revestimento	Tira com revestimento	Seção de processo à quente
Seção de processo à quente	Tira com revestimento uniforme	Resfriamento da tira	Tira resfriada	Seção de processo à quente
Seção de processo à quente	Tira resfriada	Encruamento e planicidade da tira	Tira encruada	Seção de processo à frio
Seção de processo à frio	Tira plana e encruada	Aplicação de resina/Cromo	Tira com resina ou cromo	Seção de processo à frio
Seção de processo à frio	Tira recozida e plana	Aparamento lateral	Tira com a largura final para o cliente	Seção de saída
Seção de saída	Tira recozida e plana	Aplicação de óleo	Tira oleada	Seção de saída
Seção de saída	Tira com tratamento surficial	Enrolamento da bobina	Cintamento da bobina	Embalagem

Fonte: Primária.

Figura 8. SIPOC do processo

Em seguida, foi realizado um *brainstorming* com a equipe multifuncional, formada pelos especialistas e analistas da área, também foram envolvidas as áreas de suporte ao processo, abrangendo assim, a equipe de qualidade interna até os operadores do chão de fábrica.

Com as ideias discutidas e alinhadas pela equipe multidisciplinar foi criada uma matriz de esforço e impacto visando encontrar as possíveis causas do problema, os chamados “x” de processo.

Entradas	Saídas	Importância:					Impacto	Esforço
		3	2	5	4	4		
		Controle de ajuste do revestimento	Operação das navalhas	Operação dos baffles	Geração dos EZB	Geração dos BUP		
Perfil da navalha de ar		3	2	1	2	2	34,0	8
Alinhamento das navalhas montagem em linha		3	2	2	2	2	39,0	2
Perfil das placa dos baffles		4	2	2	4	4	58,0	1
Centralizador do forno (velocidade de atuação)		0	1	0	1	1	10,0	9
Padrão de calibração baffles		1	0	0	3	3	27,0	4
Ajustes dos baffles em linha		4	3	3	4	4	65,0	5
Calibração das navalhas		3	3	1	3	3	44,0	3
Padrão calibração navalhas		0	1	1	2	2	23,0	5
Alinhamento dos rolos do pote		3	3	2	1	1	33,0	7
Espessura da lâmina dos baffles		1	0	2	0	0	13,0	4
Ponto de medição de pressão das navalhas		1	4	0	0	0	11,0	9
Planicidade Full Hard		3	3	4	2	2	51,0	10
Coroa e Cunha (BQ)		4	2	2	1	1	34,0	6
Borda serrilhada		3	1	4	3	1	47,0	9
Pressão das navalhas de ar (diferença p/ face)		2	3	2	1	1	30,0	7
Ângulo da navalha de ar		3	3	2	2	2	41,0	6
Tempo de uso das peças do pote (avaliar)		1	3	1	1	1	22,0	4
Tensão no forno e torre de resfriamento		1	2	2	5	3	49,0	6
Material do rolete em contato com chapa		2	0	4	5	4	62,0	2
Rugosidade do rolo centralizador do forno e hot bridge		0	1	0	0	0	2,0	9
Temperatura ambiente dos sopradores das navalhas		1	1	1	0	0	10,0	10
Temperatura na região do sopro das navalhas de ar		1	1	1	0	0	10,0	9

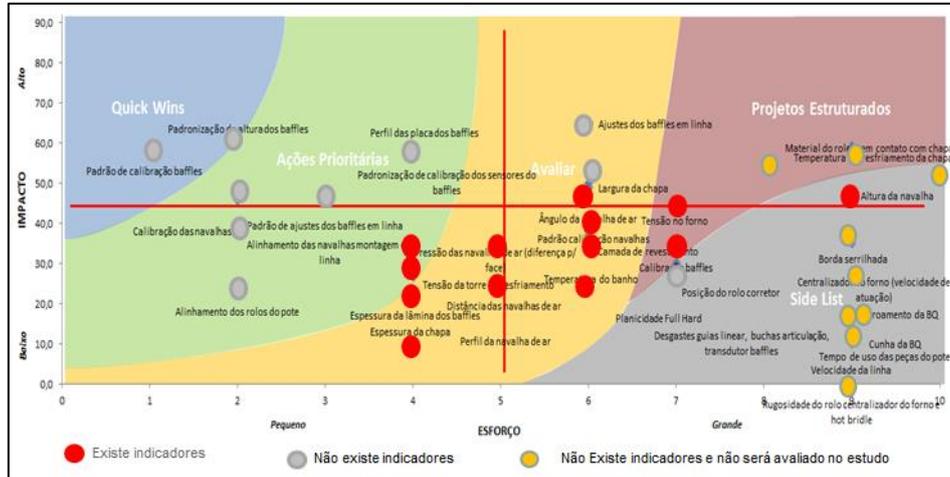
Fonte: Primária.

Figura 9. Causas mapeadas no brainstorming

Com os “x” pontuados foi criado a matriz de esforço e impacto com cada variável e verificado se tinham algum tipo de controle, ou se realmente faziam sentido serem causas possíveis. Essa fase do projeto foi definida pelos especialistas da área, na qual são descartadas algumas variáveis. Porém, se ao decorrer do projeto alguma das causas não fizerem sentido, é possível retornar para essa etapa, verificar o que foi deixado para trás e resgatar alguns “x” descartado inicialmente.

Nessa etapa do projeto são definidas algumas ações como os chamados “Quick Wins”. Essas ações são rápidas e sem investimentos. Também terão ações

prioritárias, que serão executadas conforme o grau de importância do projeto. Na sequência teremos ações de avaliação. Nesse caso terão que ser avaliados os investimentos necessários. Existem as ações de projetos estruturantes que envolve além de investimentos elevados, estudos dedicados para essas ações. E por fim, as ações que serão descartadas, as chamadas “Side list”. Essas causas não serão avaliadas nos estudos.

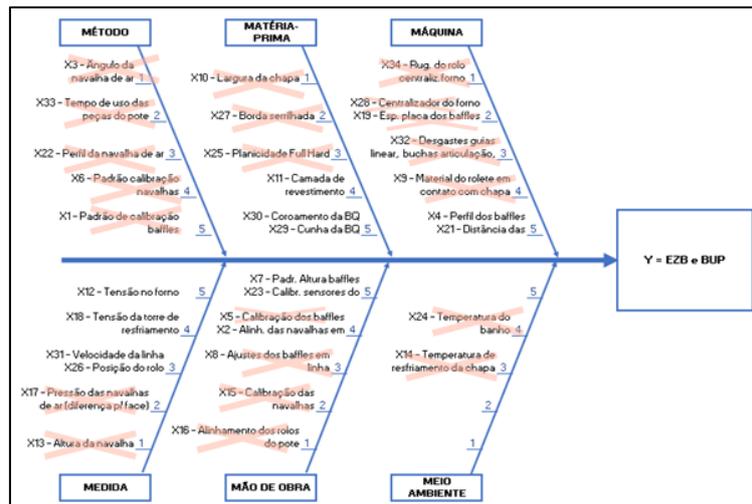


Fonte: Primária.

Figura 10. Matriz de esforço e impacto

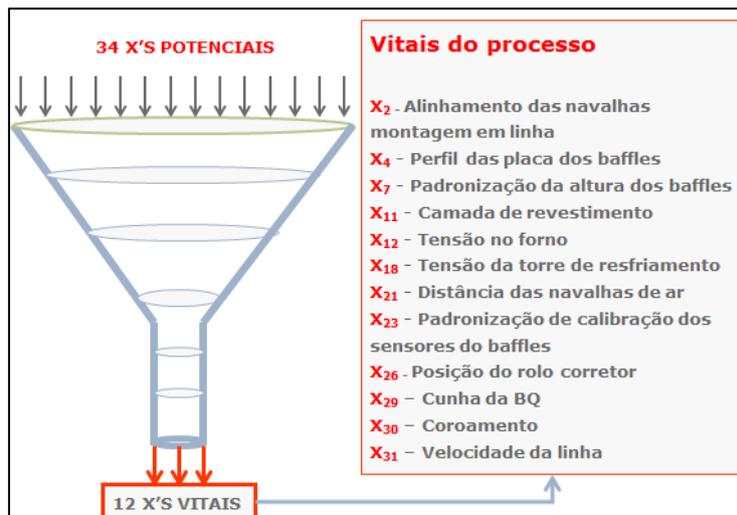
4.2 Analisar

Após encontradas as possíveis causas foi utilizada a ferramenta diagrama de Ishikawa. Das 34 possíveis causas chamadas de causas potenciais encontradas no início do projeto, 12 se mostraram causas vitais, os chamados “x vitais”. Esse efeito é chamado de efeito funil, no qual se entra com as ações do projeto inicial e sai desse funil apenas as causas vitais do projeto.



Fonte: Primária.

Figura 11. Ishikawa



Fonte: Primária.

Figura 12. Efeito funil

Com os “x vitais” identificados foi analisada cada causa e verificado o comportamento dessas causas no processo, se elas são Contínua ou Discreta. Assim foi possível verificar quais ferramentas do acervo do Minitab auxiliou, visto que o “Y” do processo em questão é Discreto. Nesse caso foi utilizada a ferramenta a Regressão Logística, a qual faz as inferências entre o “Y” Discreto com as variáveis “x” Contínuas, correlacionando elas em função do “Y”.

Das doze possíveis causas passadas pelo funil, quatro causas foram ações imediatas o chamado “Quick Win”, na qual eram variáveis discretas. Cada causa teve uma análise através do FMEA, verificando os impactos das mesmas no processo. Para as outras oito ações foi realizada a correlação através da regressão logística.

ID "x"	Causas potenciais (X's)	Tipo de variável	Indicador	Matriz Esforço Impacto	MAE
x2	Alinhamento das navalhas montagem em linha	Discreta	Não	Quick Wins	FMEA
x4	Perfil das placa dos baffles	Discreta	Não	Quick Wins	FMEA
x7	Padronização da altura dos baffles	Discreta	Não	Quick Wins	FMEA
x11	Camada de revestimento	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística
x12	Tensão no forno	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística
x18	Tensão da torre de resfriamento	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística
x21	Distância das navalhas de ar	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística
x23	Padronização de calibração dos sensores do baffles	Discreta	Não	Quick Wins	FMEA
x26	Posição do rolo corretor	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística
x29	Cunha da BQ	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística
x30	Coroamento da BQ	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística
x31	Velocidade da linha	Contínua	Sim	Avaliar	Regressão Logística

Fonte: Primária.

Figura 13. Estudo das causas analisadas

No estudo das causas através da regressão logística, foram realizadas algumas análises iniciais como, por exemplo, a quantidade de dados a ser considerado no estudo. O estudo foi realizado com uma população de mais de 5 mil amostras, entre elas 68 bobinas que apresentaram defeitos.

Variável	Valor	Contagem
DEFEITO S/N	1	68 (Evento)
	0	5060
	Total	5128

Fonte: Minitab 18.

Figura 14. Informações de resposta da análise regressão logística

Dando continuidade nas análises, no teste de hipótese foram retiradas do modelo as variáveis conforme teste de hipótese com o valor do P-valor acima de 5%. Essas variáveis foram retiradas da análise para não ter interferência com o valor de "Y". Assim, foi realizada uma análise mais assertiva.

As variáveis com o valor de P-valor abaixo de 5% têm dependência direta com entre o "Y" (defeitos) e as variáveis "x" (causas).

Fonte	GL	Desv (Aj.)	Média (Aj.)	Qui-Quadrado	Valor-P
Regressão	3	59,87	19,9554	59,87	0,000
x11 - Camada Revest.	1	24,26	24,2643	24,26	0,000
x21 - Dist Navalha	1	27,26	27,2605	27,26	0,000
x31 - Velocidade da linha	1	16,42	16,4183	16,42	0,000
Erro	5124	663,15	0,1294		
Total	5127	723,02			

Fonte: Minitab 18.

Figura 15. Tabela Deviance da análise regressão logística

Ao analisar o coeficiente de determinação da análise realizada, pode-se observar que a relação do R2 ficou abaixo de 10%, demonstrando que os dados analisados têm fraca correlação com as possíveis causas do problema.

R2	R-quad (Aj.)	AIC
8,28%	7,87%	671,15

Fonte: Minitab 18.

Figura 16. Sumario do modelo da análise regressão logística

Contudo, foi estabelecida uma equação de regressão a ser testada no processo para minimizar os problemas de qualidade as variáveis apontadas pelo modelo aplicado. Entretanto esse modelo é uma sugestão encontrada, sendo possível realizar alguns ajustes no processo.

$$P(1) = \frac{\exp(Y')}{1 + \exp(Y')}$$

$$Y' = -32,90 + 0,519 \text{ x11 - Camada Revest.} - 0,2599 \text{ x21 - Dist Navalha} - 0,03730 \text{ x31 - Velocidade da linha}$$

Fonte: Minitab 18.

Figura 17. Equação de regressão da análise regressão logística

4.3 Melhorar

Esta etapa do projeto consiste em propor soluções de melhoria para as causas raiz identificadas nas fases anteriores (ações do "quick win" e da regressão logística). Entre elas estão as ações da figura 18.

ID x's	What	Who	When	Status
x7	Padronização da altura dos baffles	Fernando	25/10/2018	Concluída
x23	Padronização de calibração dos sensores do baffles	Jeferson	20/11/2018	Em testes
x4	Perfil das placa dos baffles	Fernando	05/10/2018	Em testes
x2	Alinhamento das navalhas montagem em linha	Fabiano	20/07/2018	Concluída

Fonte: Primária.

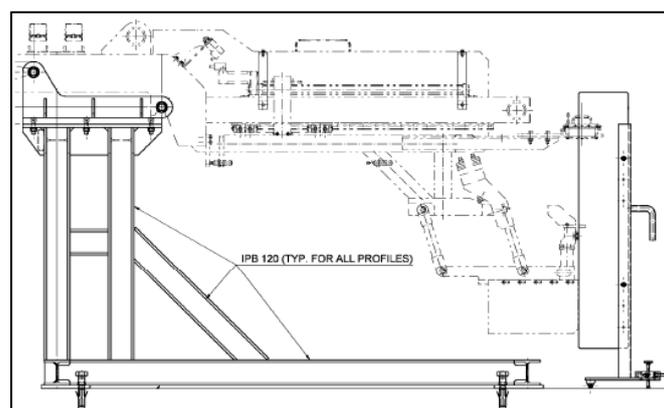
Figura 18. Ações do “Quick win”

A padronização da altura dos *baffles* foi identificada que ao longo do tempo, esse equipamento perdia a referência de altura e como era uma medida não controlada durante os eventos de manutenção, não se tinha a percepção do quanto isso poderia impactar na qualidade do produto final. Dessa forma, foi determinado um valor padrão do ajuste de altura e inserido esse ajuste no padrão de calibração e manutenção do equipamento conforme figura 19. Além dessa padronização foi instalada uma base fixa de calibração dos *baffles*, com uma periodicidade anual de topografia da mesma, para corrigir possíveis desvios de acordo com a figura 20.



Fonte: Primária.

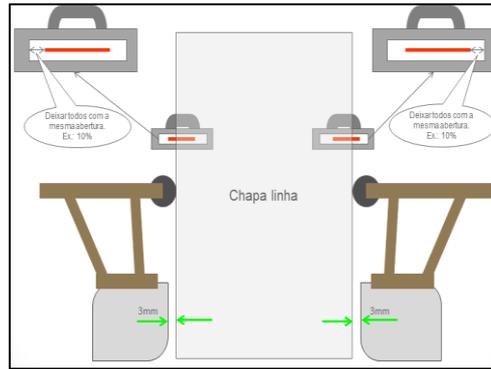
Figura 19. Padronização da altura dos baffles



Fonte: Primária.

Figura 20. Base fixa de calibração dos baffles

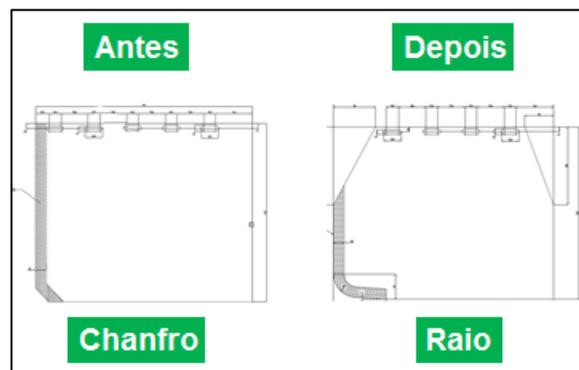
Foi padronizado o range dos sensores óticos do sistema de leitura dos *baffles*, o qual tem a função de ler as bordas da chapa e aproximar o *baffle*. Esse ajuste apresentou discrepância de um equipamento para o outro, visto que são três conjuntos utilizados. Esse valor do range foi padronizado junto com a equipe de manutenção, a qual já realizava esse tipo de serviço, porém sem um valor de referência.



Fonte: Primária.

Figura 21. Padronização dos sensores dos baffles

Outra possível causa mapeada na etapa do “Quick Win” foi o perfil da placa do *baffle*, que através de benchmark com outras plantas do grupo foi verificada a existência de outros tipos de perfil da placa. Foi analisada a importância de alteração desse perfil, visto que o perfil utilizado era o fornecido pelo fabricante do equipamento. Assim, foi alterado o perfil da placa para um perfil com raio e suavizando o escoamento do metal ainda líquido no momento do corte entre as navalhas de ar e o *baffle*.



Fonte: Primária.

Figura 22. Perfil da placa dos baffles

A quarta causa encontrada foi o possível desalinhamento entre as navalhas de ar no momento da montagem das mesmas em linha, visto que essa montagem era realizada pelas equipes operacionais. Foi então instalado um pino guia abaixo da base de fixação das navalhas e uma fenda na base fixa, montando um sistema “*pokayoke*”. Mitigando assim, uma possível montagem incorreta.



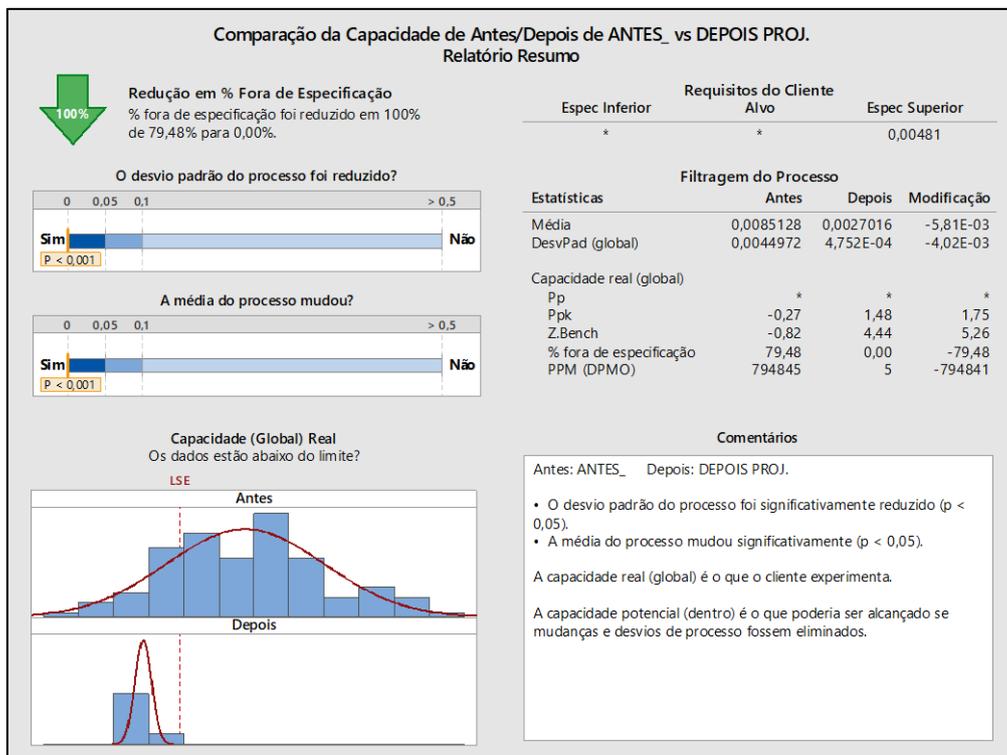
Fonte: Primária.

Figura 23. Pino de alinhamento entre as navalhas de ar

4.3.1 Confirmação do projeto

Após realizadas as melhorias indicadas nas fases anteriores, foram obtidos os valores dos meses de out/18 a maio/19, sendo esses após a implementação das ações e melhorias. Foi então, realizada uma inferência aleatória desses valores nos dados para 50 amostras, no intuito de criarmos dados o suficiente para realizar as comparações do antes de depois.

Conforme dados da figura 24, observa-se que o processo melhorou significativamente, com uma redução de 100% da especificação, o nível sigma do processo passou de 0,68 para 5,94, elevando o processo a níveis de excelências. A média amostral passou de 0,0085 para 0,0027, uma queda significativa para o processo e o desvio padrão reduziu drasticamente.



Fonte: Minitab 18.

Figura 24. Capabilidade do processo antes e depois

4.4 Controlar

Nesta etapa do projeto é fundamental que todas as ações estabelecidas se mantenham sustentáveis. A implantação das ferramentas de controle, as confirmações e auditorias de processo e o monitoramento do desempenho são essenciais para manter um bom desempenho. Com isso foi desenvolvido um plano de controle com os respectivos responsáveis e frequência.

PLANO DE CONTROLE

Processo:	Revestimento Galva 2	Data original:	01/10/2018
Responsável:	Fernando Carvalho	Última revisão:	-
Contato:	(47) 3233-2239 - 99951-2636		

Item a controlar	Forma de controle	Frequência	Responsável	Plano de Reação
Volume de bloqueio por tonelagem produzida	Carta de controle	Mensal	Samuel Sorato	Verificar os desvios
Controle de alinhamento da altura dos baffles	Confirmação de processo	Semanal	Fernando Carvalho	Auditoria
Controle na calibração dos sensores dos baffles	Confirmação de processo	Semanal	Fernando Carvalho	Auditoria
Controle na camada de revestimento	Graficos	Mensal	Tiago Fernandes	Verificar os desvios
Perfil da placa dos baffles	Confirmação de processo	Semanal	Fernando Carvalho	Auditoria
Posicionamento do rolo corretor	Confirmação de processo	Semanal	Tiago Fernandes	Verificar os desvios
Alinhamento das navalhas de ar em linha	Padronização	Mensal	Fernando Carvalho	Auditoria
Alinhamento das navalhas de ar na oficina	Padronização	Semanal	Fernando Carvalho	Auditoria

Fonte: Primária.

Figura 25. Plano de controle

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente projeto propôs a utilização do método *Lean Seis Sigma* através das fases do DMAIC para a melhoria da redução dos defeitos de qualidade *buildup* e excesso de revestimento nas bordas da chapa na linha da Galvanização 2 da ArcelorMittal Vega, localizada no município de São Francisco do Sul – SC.

Na busca do sucesso do projeto foram definidas algumas etapas como: a descrição do problema, que teve como propósito a redução das desclassificações de produto acabado, visando aumentar os índices de qualidade; criado um KPI a ser alcançado e bem definido pela tonelada de material bloqueado pelo volume de material produzido; e o escopo, que descreve onde será a área de atuação do projeto, que nesse caso esta se referindo a região do pote de revestimento da linha da Galvanização 2, englobando os três produtos produzidos nessa linha de Galvanização.

Com as ferramentas utilizadas pelo LSS pode-se verificar a variabilidade do processo através da capacidade identificando possíveis melhorias. Foram utilizadas essas ferramentas como um guia na busca da redução das variabilidades do processo, alcançando ótimos resultados.

Esse método pode ser utilizado em várias áreas industriais como também da área administrativa, pois tem uma gama enorme de ferramentas a serem exploradas pelos usuários, podendo adaptar cada uma em seu próprio processo.

REFERÊNCIAS

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. **Gestão de projetos através do DMAIC**: um estudo de caso na indústria automotiva. Produção Online, Universidade Federal do Paraná. V. 11. Nº 01: março de 2011.

DONADEL, D. C. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens**. São Paulo, 2008.

INGETEAM. Technical Specification: Galvanizing line n°2 ArcelorMittal Vega Aços Planos Brasil. Zamudio, Espanha, jan. 2008.

SANTOS, Daniel. **Projeto Lean Seis Sigma**: entrevista [Outubro 2018]. Entrevistador: Fernando de Carvalho. São Francisco do Sul: UNIVILLE – SC, 2018. Entrevista concedida ao Projeto Lean Seis Sigma da AM Vega.

SETA Desenvolvimento Gerencial; **TREINAMENTO LSS BLACK BELT UPGRADE** (80 HORAS); Vitória ES, 2018.

VOITTO; LEAN X SEIS SIGMA: qual a diferença; Disponível em <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/lean-seis-sigma>>. Acessado dia 01/06/2019