

# Modelo operacional de circulação das locomotivas de auxílio durante manutenção com interrupção de circulação

Gilberto Lúcio da Silva Junior<sup>1\*</sup>, Caio Almeida Arêas Reis<sup>1</sup>, Gustavo Nascimento Tavares<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gerência Geral de Planejamento Circulação e Controle Operacional, MRS Logística S.A., Avenida Brasil 2001, 36060-010, Juiz de Fora, Minas Gerais

e-mail: gilberto.lucio@mrs.com.br, caio.reis@mrs.com.br, gustavo.nt85@gmail.com

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma operação alternativa para trens cuja finalidade é o transporte de locomotivas auxiliares durante os dias de manutenção. Essas locomotivas são utilizadas para reforço de tração em trens carregados nas áreas de grande declive. A solução foi desenhada seguindo as fases do método DMAIC em um projeto Lean Six Sigma visando redução de custos e melhorias de processos. O tema foi escolhido em função da necessidade de maior eficiência e gestão operacional de material rodante e manutenção da sustentabilidade através da otimização de recursos. Primeiramente, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre Lean Manufacturing aplicado em setores de serviços e Six Sigma com método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Por fim, o método foi aplicado passo a passo na MRS Logística S.A. O resultado mostra uma economia financeira mensurável de cerca de 2 milhões de reais por ano, além de um ganho ambiental decorrente da redução da emissão de gases de efeito estufa devido à maior eficiência de combustível evitando a queima de 245 mil litros de óleo diesel por ano e um ganho qualitativo de processo.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT), “o transporte ferroviário apresenta como vantagem a sua capacidade, principalmente quando necessário percorrer longas distâncias.” [1]. Ainda, se destaca por seus custos ambientais e sociais reduzidos em comparação com o modo rodoviário, além do nível de segurança superior, em função do menor risco de acidentes envolvendo terceiros ou os próprios ativos. Em um ambiente cada vez mais competitivo, as organizações estão sempre focando em novas ideias, metodologias e ferramentas capazes de oferecerem respostas rápidas e custos otimizados, atendendo às necessidades dos clientes.

Para Falconi “um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente” [2]. Para isto, encontrar soluções que aumentem a produtividade, garantam a qualidade e

reduzam os custos nos seus processos produtivos torna-se fundamental.

Na busca por mais qualidade nas organizações, “o modelo Seis Sigma vem se mostrando uma ferramenta importante na condução de negócios, pois possui uma forma particular, uma metodologia própria de tornar uma empresa extremamente boa naquilo que faz, atingindo ótimos níveis de qualidade.” [3].

Para o modelo econômico brasileiro atual, principalmente de exportação de commodities, o modo ferroviário se encaixa perfeitamente, pois as principais cargas movimentadas por trem são os grãos, minério de ferro, contêineres, produtos siderúrgicos, entre outros. “O problema consiste no fato de que a malha ferroviária brasileira não cria novos polos de desenvolvimento socioeconômico, havendo, portanto, uma concentração das vias férreas na ligação entre os centros econômicos das regiões centro e sul para os portos.” [4].

Para isso, é necessário que haja uma melhoria contínua em seus processos e a

metodologia Seis Sigma, visa justamente a melhoria de processos existentes e tem como objetivo final proporcionar ganhos financeiros, sejam eles através de custos evitados ou do próprio aumento de eficiência organizacional em toda a sua cadeia produtiva.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho é apresentar a metodologia em questão e algumas de suas ferramentas através da aplicação na MRS Logística S.A, com a finalidade de definir uma alternativa para a circulação dos trens que levam locomotivas para reforço de tração de trens carregados. Foram considerados no estudo fatores como a redução do consumo de diesel, melhoria da produtividade dos maquinistas, postergação da manutenção de componentes relacionados à quilometragem e diesel, redução do ciclo das locomotivas e melhoria no processo de programação da gestão de auxílio.

## **2. O LEAN MANUFACTURING NO SETOR DE SERVIÇOS**

“O conceito de *Lean Manufacturing* baseia-se na eliminação de desperdícios e elementos sem valor agregado com objetivo de reduzir custos.” [5]. “Perdas ou desperdícios são atividades que geram custo e não agregam valor ao produto, portanto devem ser eliminados.” [6]. Segundo Werkema, “a essência do *Lean Manufacturing* está na redução dos sete tipos de desperdícios ou perdas: por superprodução, por espera, por transporte, por processo, pela fabricação de produtos defeituosos, por estoque e por movimento.” [7].

Para que os objetivos dos princípios enxutos sejam alcançados, diversas ferramentas devem ser aplicadas. Womack e Jones, afirmam que “os princípios enxutos podem ser aplicados em empresas de serviços e que não devem focar apenas na qualidade, preço e abrangência de canais, mas sim no entendimento da visão dos consumidores em relação ao processo de consumo e que apesar de necessitar de algumas adaptações para aplicação em serviços por conta da variabilidade dos seus processos, a aplicação de conceitos enxutos neste setor objetiva a configuração dos processos e atividades evitando assim os desperdícios”. [8].

“Dentro da filosofia de *Lean Manufacturing*, existe o conceito de desperdício que pode ser

considerado como qualquer atividade que não agrega valor e deve ser, de alguma forma, eliminada.” [9]. Sendo assim, “é importante identificar e diferenciar as atividades que são essenciais e agregam valor para o consumidor final daquelas que são apenas desperdício; isto porque ao eliminar estas atividades é possível aumentar a produtividade e melhorar a prestação de serviço ou qualidade do produto final.” [10].

## **3. O SEIS SIGMA**

A metodologia Seis Sigma é uma ferramenta que vem sendo utilizada por grandes organizações na busca pela melhoria de processos e redução de custos. De acordo com Rodrigues, “os conceitos iniciais, originaram-se no séc XIX, quando o matemático e físico alemão Carl Frederick Gauss, através de estudos de eventos ocorridos na natureza, desenvolveu o conceito de variabilidade, valor que pode ser medido matematicamente pelo desvio padrão e é representado simbolicamente pela letra ( $\sigma$ )” [11].

No final dos anos 80, o engenheiro Bill Smith, propôs a aplicação desses conceitos que, tinham como objetivo “alcançar, como limite para a tolerância de um processo, seis desvios padrão (seis sigma —  $6\sigma$ ) do ponto central” [11] e com isso “reduzir a taxa de falhas em seus produtos. Inicialmente consistia na contagem de defeitos nos produtos e na gestão da variação e a melhoria sistemática de todos os processos.” [12].

O Seis Sigma atua também como uma ferramenta de melhoria contínua de processos, visando a redução da variabilidade, dos custos e dos desperdícios. “A melhoria contínua tem como suporte o controle e a otimização dos processos e foi a base para a Metodologia da Gestão da Qualidade Total.” [11].

“O Seis Sigma é uma estratégia que visa o aumento da satisfação dos clientes e de resultados pela redução da variabilidade, e conseqüentemente dos defeitos. Tem-se mostrado a ferramenta mais poderosa e eficiente para a redução drástica de falhas, permitindo o aprimoramento de processos de forma estruturada, consistente e duradoura, pois analisa os problemas sob o ponto de vista

científico, com uso intensivo de análise de dados.” [13].

#### 4. O DMAIC

Como descreve Werkema, “esse modelo é a base dos projetos *Six Sigma* e exige uma rigorosa disciplina, que garante uma sequência ordenada, lógica e eficaz no gerenciamento dos projetos através das suas cinco etapas: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar).” [14].

##### 4.1 *Define* (Definir)

O início dessa etapa do DMAIC, é marcado pela elaboração do Contrato do Projeto (“*Project Charter*”), que é a formalização do compromisso entre a gestão da empresa e a equipe *Lean Six Sigma*. “Através da avaliação do histórico do problema e apresentação de possíveis restrições e suposições, a equipe de trabalho é formada e é definido o cronograma preliminar do projeto.” [14].

Nesta etapa os objetivos são: definir o problema ou tema do projeto; identificar e descrever o processo principal do problema; ouvir os clientes envolvidos no processo; definir o escopo do projeto; estipular uma meta em termos financeiros; estabelecer as responsabilidades; definir cronograma e elaborar o Contrato de Projeto. Algumas ferramentas utilizadas nessa etapa são:

- *VOC (Voice of the Customers)*: A Voz do Cliente é uma ferramenta que possibilita ouvir os clientes envolvidos nos processos, com o objetivo de entender suas percepções, mapear suas necessidades e suas expectativas e de posse dessas informações, transformá-las em Críticas para o Processo ou em condições Críticas para a Qualidade, as quais devem estar em concordância com o problema do projeto e auxiliam na definição do principal processo envolvido no projeto.” [15].
- *Matriz Dentro-Fora*: Essa ferramenta nada mais é do que o escopo do projeto, ou seja, o que será considerado e o que não será considerado durante o estudo.
- *Diagrama SIPOC*: O SIPOC é uma ferramenta que resume as entradas (*Inputs*) e saídas (*Outputs*) de um ou mais

processos em forma de tabela. A sigla SIPOC significa *suppliers* (fornecedores), *inputs* (entradas), *process* (processo), *outputs* (saídas) e *customers* (clientes).

É preciso que seja definido ao menos uma meta para o projeto, pois esse será o principal direcional de onde se espera chegar. Além disso, as metas devem estar sempre alinhadas com os objetivos da organização, para que os ganhos reflitam na geração de valor ao processo e aos clientes.

##### 4.2 *Measure* (Medir)

O objetivo dessa etapa é analisar quantitativamente os dados, avaliar as causas potenciais no processo mapeado e definir os focos do projeto. Moreira et al. afirma que “o objetivo dessa fase é desdobrar o problema em problemas menores, caso ainda não esteja, de forma a se identificar, o foco dos problemas críticos a serem atacados.” [16].

“A equipe de projeto deverá decidir entre coletar novos dados ou usar dados já existentes na empresa. Realiza-se o Plano de Coleta de Dados e com os dados obtidos, a equipe deverá analisar estatisticamente o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários.” [14].

Uma das ferramentas utilizadas nessa etapa é o Histograma, que segundo Rodrigues, “Tem como objetivo facilitar, por meio do agrupamento de dados, a medição e visualização da variabilidade dos dados em um determinado evento.” [11].

##### 4.3 *Analyze* (Analisar)

As análises podem ser gráficas ou analíticas e o diagrama de causa e efeito é uma das ferramentas gráficas cujo objetivo é organizar o raciocínio e a lógica do problema que está sendo estudado. O “*brainstorming* e o diagrama de causa e efeito, juntos geram dados que serão utilizados na criação de outras ferramentas, a saber matriz esforço x impacto, que em seguida apresentarão dados para construção do plano de ação da etapa de melhoria.” [15].

##### 4.4 *Improve* (Melhorar)

O objetivo dessa etapa é gerar as saídas da fase anterior: propor soluções, avaliar os

riscos de implementação e executar o plano de ação. Essa fase é a responsável pela implantação das soluções encontradas através da aplicação das demais etapas.

“Faz-se a análise das ideias e soluções, priorizando as potenciais, avaliando e minimizando seus riscos. A partir de então, as soluções são testadas em pequena escala e analisadas, caso necessite de ajustes ou melhorias para a implementação das soluções em larga escala.” [14]. Algumas ferramentas utilizadas nessa fase são:

- *Benchmarking*: “tem como objetivo conhecer ações e recolher informações sobre referenciais de excelência, buscando benefícios como: identificar as melhores práticas no mercado, aumentar o desempenho relativo ao mercado, obter informações para apoiar processos de criação de valor e buscar vantagens competitivas.” [11].

- *5W2H*: Essa ferramenta é um plano de ação simples, porém muito eficaz e é elaborada através das 5 perguntas que formam o acrônimo 5W2H ( *What* (o que será feito?) / *Why* (por que será feito?) / *Where* (onde será feito?) / *When* (quando será feito?) / *Who* (por quem será feito?) / *How* (como será feito?) / *How much* (quanto vai custar?).

#### 4.5 Control (Controlar)

Essa fase tem como objetivo medir os resultados alcançados e definir mecanismos que garantam a sustentabilidade das melhorias implementadas. “Em caso satisfatório, a próxima ação é padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas e transmitir os novos padrões a todos os envolvidos no processo. Na sequência, define e implementa um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta.” [14]

“Nesta etapa, é confirmada a implantação da melhoria, a resolução do problema, a validação dos benefícios alcançados, as alterações necessárias aos procedimentos e instruções de trabalho, a implementação de ferramentas de controle e, por fim, a auditoria do processo e o monitoramento do desempenho.” [17]. Uma das ferramentas

utilizadas nessa fase é o diário de bordo, que serve para mapear possíveis problemas do processo.

## 5. ESTUDO DE CASO

A MRS Logística S.A, objeto desse estudo, tem o minério de ferro e o carvão mineral como principais produtos transportados. O fluxo de circulação dos trens é realizado em dois corredores, sendo o corredor A utilizado para os carregados e o corredor B para os vazios.

O modelo de circulação dos trens carregados, dado o peso por eixo e o perfil da malha, necessita de reforço de tração em alguns pontos específicos, sendo este feito a partir da anexação de uma locomotiva adicional que permanece na composição até o pátio onde não se faz mais necessária. Neste local as locomotivas de auxílio são acumuladas para a formação dos trens do tipo “W”, composição formada somente por locomotivas para o retorno, pelo contrafluxo do corredor dos trens carregados, aos pátios de anexação conforme Figura 1 a seguir.

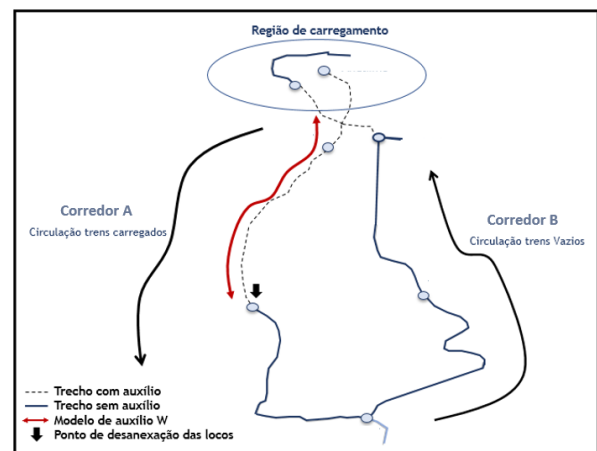


Fig 1: Modelo de operação dos trens W

Em função do modelo de manutenção preventiva da via permanente, existe a necessidade de interrupção temporária planejada da circulação dos trens em pontos predeterminados a partir dos níveis de ocupação da malha previstos nos planos de transporte. Esta interrupção é conhecida como *blackout* e quando ocorre no corredor A, as locomotivas que deveriam ser acumuladas no pátio de desanexação, são obrigadas a circular nas composições carregadas até outro pátio, realizar baldeio de trens e então circular pelo corredor B rebocadas nos trens vazios, conforme Figura 2 a seguir. Essa

operação, denominada “V’ção”, aumenta a distância percorrida em 344km por locomotiva, além de gerar um peso morto nas composições vazias, aumentando o esforço de tração durante a circulação.

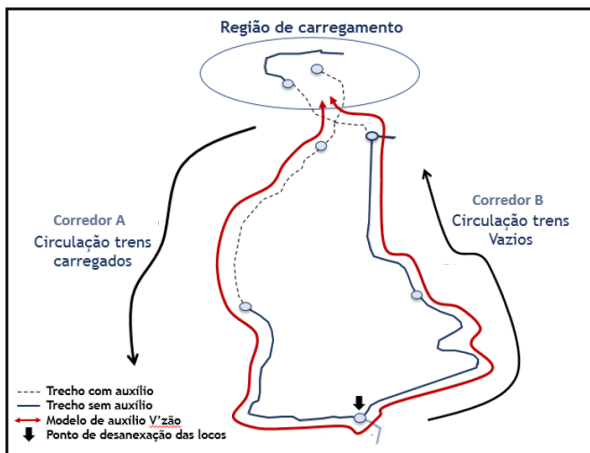


Fig 2: Modelo de operação dos trens Vzão

Nesse contexto, foi proposto um novo modelo de operação para o retorno das locomotivas de auxílio onde estas poderiam aguardar em pontos pré-estabelecidos, em que existam linhas paralelas e que seriam possíveis suportar a manutenção e o aguardo para a retomada da circulação. Para a implantação do projeto, foi utilizado o modelo DMAIC tendo como objetivos a redução do consumo de diesel, melhoria da produtividade dos maquinistas, postergação da manutenção de componentes relacionados à quilometragem e diesel, redução do ciclo das locomotivas e melhoria no processo de programação da gestão de auxílio. A implantação de cada uma das etapas será apresentada a seguir.

### 5.1 Define (Definir)

A primeira etapa do projeto buscou avaliar o comportamento histórico e suas restrições, definindo o problema e o tema, além de ouvir os clientes envolvidos no processo, definir o escopo, identificar e descrever o processo principal do problema, estipular a meta em termos financeiros, estabelecer as responsabilidades, definir o cronograma e com base em todas essas informações elaborar o *Project Charter*.

O VOC foi construído através de *brainstorming* realizado com as áreas, transformando os direcionadores em indicadores qualitativos e quantitativos a fim de buscar soluções para atender à necessidade inicialmente proposta, que era a

redução no consumo de diesel das locomotivas auxiliares. A figura 3 a seguir mostra o VOC resultante do processo.

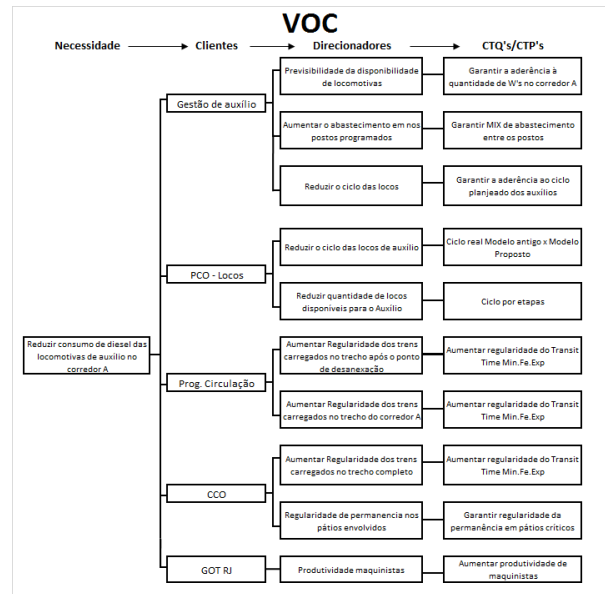


Fig 3: VOC

Além disso, foi elaborada a matriz dentro-fora, que buscou direcionar o projeto, delimitando o esforço aplicado às condições inerentes ao processo. Essa ferramenta se mostrou muito importante no que diz respeito à abrangência do estudo. Também foi feito o SIPOC, que visou entender e mapear todas as etapas, as entradas e saídas, os fornecedores e clientes do modelo de programação das locomotivas auxiliares, auxiliando nas percepções de valor que um novo modelo poderia trazer ao processo. A figura 4 a seguir mostra o resultado desse mapeamento.

S	I	P	O	C
Gestão HRT	Necessidade de carga dos clientes	Planejar a carga	Grade de produção	Formação de trens Programação de Equipagens
Prog Circulação de Trens	Grade de Produção	Planejar Circulação dos trens vazios	Programação de circulação	Gestão HRT Formação de trens Programação de Equipagens
Formação de trens	Programação de circulação	Programar Máquinas de auxílio	Programação de W's de auxílio	Prog Circulação de Trens Programação de Equipagens Estações
Estações	Programação de W's de auxílio	Formar os W's de auxílio	W's de auxílio	Programação de Equipagens Prog Circulação de Trens
Programação de Equipagens	W's de auxílio	Alocar equipe para circular com os W's	W's de auxílio Equipados	Prog Circulação de Trens Formação de Trens CCO
CCO	W's de auxílio Equipados	Realizar a circulação das Máquinas de auxílio	Trens carregados com necessidade de auxílio	Gestão HRT Formação de trens Programação de Equipagens
Maquinistas	Trens carregados com necessidade de auxílio	Anexar os auxílios aos trens programados	Trens carregados com auxílios anexados	CCO Formação de Trens Prog Circulação de Trens Programação de Equipagens
Prog Circulação de Trens	Necessidade de descarga dos clientes	Planejar Circulação dos trens carregados	Programação de circulação	CCO Formação de Trens Prog Circulação de Trens Programação de Equipagens
Formação de trens	Programação de circulação	Programação de retorno das locos de auxílio	W's de auxílio e Vzões	CCO Prog Circulação de Trens Programação de Equipagens

Fig 4: SIPOC

Por fim, de posse de todas as informações iniciais, foi confeccionado o *Project Charter*,

sendo possível, dessa forma, direcionar as demais etapas, visto que os objetivos propostos já estavam bem definidos. A figura 5 a seguir apresenta o *Project Charter*.

PROJECT CHARTER		COMPORTAMENTO HISTÓRICO	
Projeto:	Válto Zero	Devido à necessidade de circulação de locomotivas para auxílio e uma baixa performance na circulação de trens pelo corredor A, foi implantado um modelo de Válto. Esse modelo perpetua até os dias atuais, no entanto tivemos uma evolução significativa nos processos de circulação de trens, o que gerou a pergunta: Porque continuamos a realizar da mesma forma?	
Responsável:	Gilberto Lucio de Silva Junior	Data:	13/05
<b>DESCRIÇÃO</b>			
Eliminar a circulação das locomotivas de auxílio no corredor A em dias de blackout.			
<b>OBJETIVOS GERAIS</b>		<b>ESCOPO</b>	
Redução de Custos		Dentro	Fora
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>		<b>CRONOGRAMA</b>	
-Reduzir consumo de Diesel nas locomotivas de auxílio	-Reduzir consumo de Diesel das Locomotivas	-Regularidade de trens	18/06
-Reduzir o custo com equipamentos	-Reduzir a necessidade de equipamentos	-Impactos à via permanente nas programações de intervalo	01/07 a 01/08
-Reduzir o custo de manutenção	-Ciclo das locomotivas no modelo proposto		01/08 a 15/08
-Operação mais limpa frente ao que é praticado			15/08 a 01/09
-Atividade de restrição de destino das labores para carga			01/09 a 18/09
<b>RESTRIÇÃO</b>		<b>RESUMO</b>	
Estudo realizado com limite de produção de 31 trens/dia no corredor A		Impacto do projeto	
		Redução no consumo de Diesel em locais de Auxílio	
		Impacto financeiro potencial R\$ 2.038.338,56	

Fig 5: Project Charter

## 5.2 Measure (Medir)

Nessa etapa, foram utilizados dados disponíveis na MRS Logística S.A para medir a aderência ao tempo planejado de paradas dos trens no pátio programado para o baldeio de trens e o ciclo das locomotivas, comparando com o modelo proposto, com intuito de entender os possíveis impactos com a aplicação do novo modelo.

Foi possível observar que existiam muitas amostras fora dos padrões estabelecidos, reflexo da demora na manobra das locomotivas no pátio programado para baldeio. Após a retirada da necessidade dessas manobras, em função do novo modelo de auxílio, a aderência ao tempo planejado melhorou consideravelmente.

O comportamento melhorou frente ao que era realizado, reduzindo inclusive o ciclo planejado das locomotivas, o que faz com que a necessidade de locomotivas nesse fluxo também reduzisse, confirmando então a hipótese apresentada como solução.

## 5.3 Analyze (Analisar)

Uma das ferramentas utilizadas nessa etapa, foi o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Espinha de Peixe. O objetivo foi organizar o raciocínio, a lógica do problema e de forma preventiva, mapear as possíveis causas que poderiam gerar falta de auxílio para os trens carregados.

A construção dessa ferramenta, foi elaborada em conjunto com as áreas envolvidas no processo, através das observações na execução do novo modelo, buscando um mapeamento preventivo de possíveis falhas e suas causas. A figura 6 a seguir apresenta o diagrama.

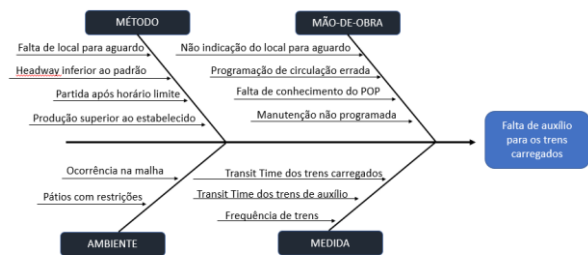


Fig 6: Diagrama de Ishikawa do projeto

## 5.4 Improve (Melhorar)

Com o objetivo de gerar as saídas da fase anterior, propondo soluções e avaliando os riscos de implementação, essa fase foi responsável por colocar em prática as soluções encontradas durante as demais etapas e realizar os ajustes e melhorias quando necessários.

No decorrer dos testes, pôde-se observar que em algumas vezes o local de aguardo prejudicou a manutenção, visto que havia uma manutenção programada para o local, mas a ocupação do trecho pelo trem de auxílio, inviabilizava os trabalhos.

Com base nesse problema identificado, foi realizado um *benchmarking* com área da manutenção, no qual foi possível desenhar um modelo em que mitigasse a falha nesse processo de planejamento do ponto de aguardo, como retrata a figura 7 abaixo.



Fig 7: Benchmarking

## 5.5 Control (Controlar)

Durante essa fase, o objetivo foi medir os resultados alcançados e definir mecanismos que garantissem a sustentabilidade das melhorias implementadas. A implementação de ferramentas de controle (indicadores), auditorias do processo, e o monitoramento do desempenho, se mostraram fundamentais para efetivação da mudança, visto que o

comportamento melhorou os indicadores de abastecimento apresentado na figura 8, permanência no pátio apresentado na figura 9 e *transit time* apresentado na figura 10.

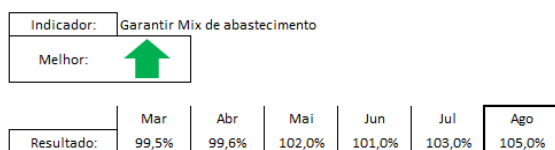


Fig 8: Indicador de abastecimento

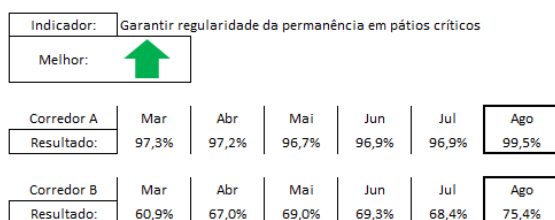


Fig 9: Indicador de permanência no pátio

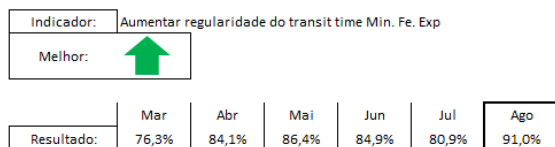


Fig 10: Indicador de *transit time*

Um diário de bordo também foi disponibilizado, com a finalidade de mapear possíveis problemas do processo. Além disso, foi realizada a construção de um POP (procedimento operacional padrão), objetivando a gestão do conhecimento para todas as áreas envolvidas no processo contendo as informações sobre: I-Objetivo; II-Aplicação; III-Insumos; IV-Siglas; V-Definições; VI-Procedimentos; VII-Registros; VIII-Histórico de revisões; IX-Referências e X-Anexos.

A capacidade do processo que visa a aderência ao tempo planejado de permanência dos trens em um dos pátios críticos para operação objeto desse estudo melhorou significativamente, conforme pode-se observar na figura 11 a seguir. A redução do % fora de especificação chegou aos 99%, saindo de 6,21% para 0,04%, o que gerou uma maior confiabilidade na aderência ao *transit time* planejado.

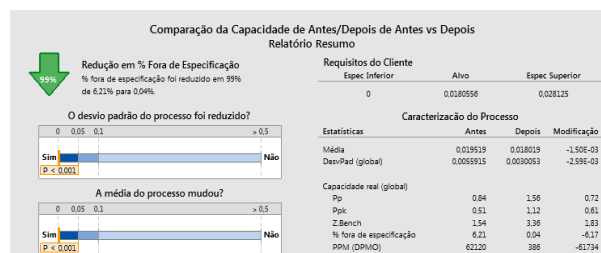


Fig 11: Comparativo da capacidade

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou o estudo, a construção e a aplicação de um projeto *Lean Six Sigma*, por meio da realização de um estudo de caso, com o objetivo de definir um novo modelo operacional, em dias de manutenção, para o retorno das locomotivas de auxílio aos trens carregados. Por meio do desenvolvimento deste estudo, foi possível a implantação de um novo modelo que gerou a redução nos custos operacionais envolvidos de aproximadamente R\$ 2,05 Mi por ano.

O novo modelo, proporcionou ainda ganhos qualitativos referentes às manutenções realizadas no pátio programado para baldeio, eliminando as manutenções noturnas em dias de manutenção no trecho da malha utilizado para os trens carregados, além da diminuição dos impactos ambientais devido à redução na emissão de gases de efeito estufa referentes à maior eficiência no consumo de diesel, evitando a queima em aproximadamente 245mil / L / ano.

Por fim, diante dos resultados alcançados e oportunidades identificadas, algumas recomendações para a continuação do trabalho podem ser relacionadas:

- Manter as aplicações das duas últimas etapas do método DMAIC (Improve e Control), dando continuidade ao modelo já implantado e captando novos ganhos;
- Identificação de modelos semelhantes realizados na concessionária para replicação do projeto;
- Implementação de indicadores para acompanhar os efeitos que as variações de produção podem causar ao modelo implantado, visto que o modelo foi todo embasado nas premissas atuais, gerando um teto de capacidade que, em algum momento, poderá ser revisitado.

## 7. AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos à Deus por nossas vidas, de nossas famílias e amigos. Agradecemos também à MRS Logística por nos proporcionar a oportunidade de aplicação desse estudo apresentado. Aos nossos líderes da Gerência Geral de Planejamento Circulação e Controle Operacional pelo apoio e pela confiança depositada em nós. Aos colegas de trabalho que direta ou indiretamente fizeram parte desse projeto, demonstrando grande dedicação e vontade em fazer acontecer. Por fim, ao professor e amigo Daniel Gomes de Paula pelos ensinamentos sobre a metodologia Lean Six Sigma, sendo capaz de criar engajamento e motivação em aplicar os conhecimentos compartilhados durante do curso ministrado no SENAI MG (Unidade Juiz de Fora).

## 8. REFERÊNCIAS

[1] CNT – Confederação Nacional do Transporte. O sistema ferroviário brasileiro, Brasília, Brasil, 2013.

[2] CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: Controle da Qualidade Total: No Estilo Japonês. Nova Lima – MG: INDG TECNOLOGIA E SERVIÇOS LTDA, 1992.

[3] ROTONDARO, R. G. Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2008.

[4] Falcão, V. A. A importância do transporte ferroviário de cargas para a economia brasileira e suas reais perspectivas de crescimento, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil, 2013.

[5] OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

[6] ANTUNES, J. Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

[7] WERKEMA, C. Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean

Manufacturing. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2010.

[8] Womack, P., & Jones, T. (2005). Lean Consumption. Harvard Business Review, 83: 58-68.

[9] Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 3ª Ed.

[10] PALADINI, E. P. Perspectiva estratégica da qualidade. In: Carvalho, M. M.; Paladini, E. P. (Coords.). Gestão da Qualidade: Teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, p.23-84, 2005.

[11] Rodrigues, M. V. Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistemas de Qualidade Seis Sigma. Rio de Janeiro Grupo GEN, 09/2015. 9788595155824. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155824/>. Acesso em: 18 Mai 2020.

[12] CORONADO, R.B., Antony, J. Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in Organizations. The TQM Magazine, v.14, pp. 92-99, no.2, 2002.

[13] SIQUEIRA, M.A. Campos Causa & Efeito: Retorno em dose dupla. Boletim Siqueira Campos ano XII - nº 24, Pág 1-2. Porto Alegre, 2009.

[14] WERKEMA, Cristina. Criando a cultura lean seis sigma. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

[15] WERKEMA, Maria Cristina Catarino. Criando a cultura Seis Sigma. Nova Lima: Werkema, 2004.

[16] MOREIRA, A.C.V.B., DARÉ, C.T., RODRIGUES, M.D.F. et al. Green Belts Industrial. v. 6. Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2004.

[17] MATOS, J.L. Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC. Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.