APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PROJETO SIX SIGMA PARA TRATAMENTO DE PONTO CRÍTICO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Sabrina Marçal Veloso

MONOGRAFIA SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DE CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PRODUÇÃO.

Aprovada por:

_____

Prof. Jane Azevedo da Silva, M.Sc

_____

Prof. Rodrigo Martins Brum

_____

Eng. José Geraldo Ferreira, M.Sc.

JUIZ DE FORA, MG - BRASIL

JANEIRO DE 2007

VELOSO, SABRINA MARÇAL
Aplicação da metodologia six sigma
em ponto crítico de transporte ferroviário
[Minas Gerais] 2007
VI, 71p. 29,7 cm (UFJF, Engenharia
de Produção, 2007)
TCC - Universidade Federal de Juiz de
Fora, UFJF
1. Metodologia Six Sigma

Agradecimentos

À Deus pela luz nos momentos de dificuldade e por fomentar minha persistência em continuar e chegar ao fim de mais uma etapa.

À minha família pela compreensão, amor e dedicação concedidos a todo o momento.

Aos amigos e colegas de faculdade pelo companheirismo e aprendizado conjunto.

À minha orientadora Jane Azevedo da Silva pelos ensinamentos.

Aos colegas de trabalho por tornarem o ambiente propício ao meu aprendizado e crescimento profissional fundamentais para a execução deste trabalho.

Resumo da monografia apresentada à Coordenação de Curso de Engenharia de Produção como parte dos requisitos necessários para a graduação em Engenharia Produção.

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE PROJETO SIX SIGMA PARA TRATAMENTO DE PONTO CRÍTICO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Sabrina Marçal Veloso

Janeiro/2007

Orientadores: Jane Azevedo da Silva
Rodrigo Martins Brum

Curso: Engenharia de Produção

O tema do trabalho envolve a aplicação de ferramentas da qualidade (com foco nas ferramentas estatísticas) integradas à metodologia de projetos Six Sigma. O escopo do estudo engloba uma empresa de grande porte no ramo de transporte ferroviário. A justificativa do tema é encontrada nas necessidades derivadas do cenário atual de globalização e concorrência e na eficiência comprovada da metodologia a ser aplicada no alcance desses objetivos. O objetivo central do trabalho era o tratamento de um ponto crítico do sistema ferroviário através da metodologia six sigma, segundo sua potencialidade de ganho e retorno para a empresa estudada. Nos resultados obtidos encontram-se os pontos centrais do desdobramento a serem atacados para a solução do problema selecionado e as considerações para a aplicabilidade da metodologia no contexto do estudo.

Palavras Chaves: ferrovia, eficiência, ferramentas de qualidade

Abstract of Graduation Final Project presented to Production Engineering Department as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Bachelor in Production Engineering.

APPLICATION OF SIX SIGMA PROJECT METHODOLOGY TO TREATMENT OF DOT CRITICAL OF THE RAILROAD TRANSPORTATION

Sabrina Marçal Veloso

January /2007

Advisors: Jane Azevedo da Silva
Rodrigo Martins Brum

Department: Production Engineering

The motif of the work involves the quality´s tools application (with emphasis on statistics tools) integrated at the Six Sigma projects methodology. The target from the study comprises a big company at the railroad transportation branch. The reason from the motif is encountered at the necessities derived from the scenario of globalization and competition and at the efficiency evidenced from the methodology that will be apply to reach de objective. The central objective is the analysis of the critic points from the system railroad by the six sigma methodology, second your potentiality of gained and recurrence for the company studied; On the results obtained are the central points of the stratify to be attacked for the problem selected solution and the deliberations for applicability from methodology into the argument of the study.

Key words: railway, efficiency, quality tools

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 : INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (ESTADO DA ARTE).....2

2.1 Gerenciamento pelas Diretrizes 2
2.2 Projetos Six Sigma: O Método 4
2.3 Ferramentas da Qualidade 8

CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO.....19

3.1 Modal Ferroviário 19
3.2 A empresa de aplicação do método: MRS LOGÍSTICA S.....21
3.3 Metodologia proposta.....23

CAPÍTULO IV : O PROJETO.....25

4.1 Fase 1: Seleção da Oportunidade e Contextualização da Oportunidade selecionada.....25
4.2 ***Fase 2: Justificativa da Seleção da Oportunidade****.....28*
4.3 Fase 3: Estabelecimento da Meta Geral.....29
4.4 Fase 4 : Desdobramento do Problema.....36

CAPÍTULO V : ANÁLISE, DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....66

CAPÍTULO VI : CONSIDERAÇÕES FINAIS.....69

BIBLIOGRAFIA. 70

Capítulo I
INTRODUÇÃO

No atual cenário do mundo globalizado a capacidade de respostas às mudanças em tempo, custos adequados e de atendimento às necessidades de clientes são os fatores que determinam o insucesso ou sucesso de uma empresa.

Através da necessidade por partes das empresas de se inserirem nesse perfil para garantia de sobrevivência alguns modelos de gestão foram criados. Nesse contexto, o Gerenciamento pelas Diretrizes (GPD) vem se destacando nos últimos anos por alinhar o tratamento das ineficiências do sistema, empecilhos para seu desenvolvimento e crescimento, ao planejamento estratégico da organização, o que faz com que a empresa aumente sua eficiência direcionada por seus objetivos estratégicos evitando desvios entre metas e resultados.

Inserida no cenário do GPD, a metodologia de conduta de projetos do programa Six Sigma, apresenta-se como uma forte aliada por meio de suas etapas de contemplação e ferramentas de qualidade, destacando-se as estatísticas, e, principalmente da concentração da redução da variabilidade do processo como meio para a obtenção da eficiência produtiva.

A variabilidade do processo revela a ineficiência do sistema, à medida que ilustra a concentração de esforços em atividade que não agregam valor ao objetivo final, retrabalhos, desperdícios ou ineficácias, fatores estes que impactam negativamente na previsibilidade e confiabilidade do sistema produtivo, pontos chave da competitividade, e na política de crescimento e melhoria contínua.

O objetivo do trabalho em questão está inserida nesse contexto, no momento em que sua proposta consiste na promoção de melhoria das ineficiências de um ponto crítico selecionado, após a identificação dos pontos críticos do processo de transporte ferroviário, através de redução de falhas, erros, desperdícios e retrabalhos, com a aplicação da metodologia de projetos Six Sigma.

O trabalho envolve todas as análises deste ponto crítico pertencente ao processo produtivo de uma concessionária ferroviária de grande porte, a MRS Logística S.A a serem descritos no Capítulo III.

A justificativa do trabalho é baseada na necessidade de promoção de melhorias alinhadas ao plano estratégico das organizações, para a permanência e sucesso no mercado, e nos resultados positivos apresentados pela metodologia Six Sigma nesse contexto.

O trabalho teve início com a identificação de pontos críticos do processo de transporte ferroviário e seleção, através de critérios como visibilidades e potencialidade de ganho, de um ponto crítico trabalhado pela metodologia.

As etapas subseqüentes foram correspondentes à metodologia dos projetos Six Sigma para solução de problemas e promoção de melhorias no processo, e de avaliação e contextualização da aplicabilidade desta no estudo proposto.

A análise dos dados foi realizada com auxílio do software estatístico MINITAB.

Capítulo II
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (ESTADO DA ARTE)

2.1 Gerenciamento pelas Diretrizes

2.1.1 Conceitos

O Gerenciamento pelas Diretrizes (GPD), ou *Hoshin Karin*, e "*Policy Deployment*", como é denominado no Japão e nos Estados Unidos respectivamente, trata-se de um sistema de gestão alinhado ao planejamento estratégico da organização para o alcance das metas de sobrevivência estabelecidas.

"A palavra *Hoshin* é composta de dois caracteres chineses: *ho* e *shin*; *ho* significa método ou estrutura, e *shin*, agulha brilhante ou bússola. Considerados juntamente, formam a palavra *hoshin*, que significa uma metodologia para estabelecer a direção estratégica. (AKAO, 1997)".

A definição de TRIBUS do sistema como um método utilizado para se ter certeza que todos na organização estão trabalhando em prol de um mesmo propósito, destaca dois importantes pilares desse sistema de gestão: o alinhamento estratégico, mencionado anteriormente, e a imprescindibilidade do envolvimento dos diferentes níveis hierárquicos da organização com as metas e estratégias de alcance traçadas, além do entendimento por parte dos integrantes desses diferentes níveis, da inter-relação existente entre suas funções e as metas e estratégias.

CAMPOS define o sistema como "um sistema administrativo praticado por todas as pessoas da empresa, que visa garantir a sobrevivência da mesma à competição internacional"

AGUIAR, SILVA demarca o Gerenciamento pelas diretrizes como "um sistema de gestão dirigido para solucionar problemas (atingir metas) que são fundamentais para a permanência das empresas no mercado".

Essas definições além de reforçarem a inclusão organizacional em sua totalidade, abordam essa forma de gerenciamento como de vital para a manutenção da corporação no mercado.

2.1.2 Histórico

Segundo TURRIONI, o *"Hoshin Kanri"* foi, provavelmente, desenvolvido a partir da proposta de Drucker (1987), a Administração por Objetivos (APO), surgindo da prática de organizações ganhadoras do Prêmio Deming antes de 1962, no intuito de buscar a adaptação da APO à pratica da Gestão pela Qualidade Total.

Dessa forma, o Gerenciamento pelas Diretrizes teria tido sua origem no movimento da qualidade, mais especificamente, no *Statistic Control Quality* e, na forma prática, desenvolvida por autores e empresas japonesas na integração de esforços nos planos

operacionais, táticos e estratégicos, no contexto do *Total Quality Control*, surgindo assim como um sistema de gestão flexível e com respostas rápidas às constantes mudanças do ambiente.

A partir de 1975 o *"Hoshin Kanri"* já era amplamente difundido no Japão e que sua aplicação começou a crescer nos EUA a partir de 1980.

No Brasil, o principal propagador dessa abordagem foi o Professor Vicente Falconi Campos, da Fundação Christiano Ottoni.

2.1.3 Bases de Sustentação

O GPD, segundo CAMPOS, é constituído por dois sistemas:

- Gerenciamento Interfuncional: responsável pelo alinhamento estratégico, cuida da solução de problemas prioritários da alta administração através do desdobramento das diretrizes e seu controle interfuncional.
- Gerenciamento Funcional: cuida da manutenção e melhoria contínua das operações da organização.

No Gerenciamento pelas Diretrizes, através da integração das necessidades da empresa e mercado, assim como de suas projeções, define-se o plano estratégico da organização e, a partir daí, inicia-se a definição das metas de longo, médio e curto prazo.

As metas de sobrevivência da empresa, ou metas anuais, vão se desdobrando em metas mais específicas e são direcionadas aos departamentos afins e com coerentes indicadores de controle.

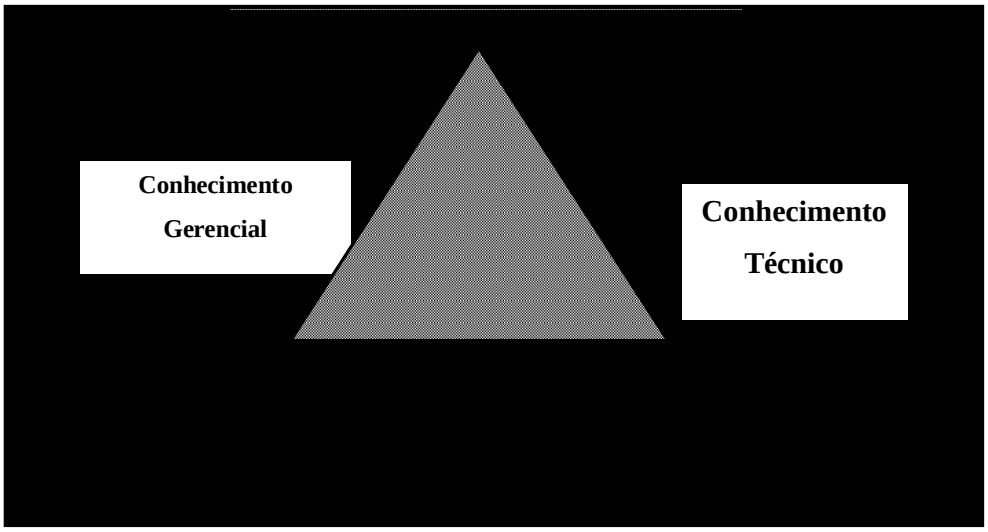
De acordo com os princípios do GPD, estas metas devem ser desdobradas de forma que o alcance destas acarretem no conseqüente alcance das metas de sobrevivência.

De acordo com AGUIAR, SILVA as metas mais específicas, desdobradas ou não, para serem atingidas necessitam de ações de manutenção dos resultados atuais e/ou de melhoria dos produtos e processos existentes e/ou d inovação para obtenção de novos produtos e processos (nova tecnologia). E que, para tanto, para se atingirem as metas de sobrevivência da empresa, será necessário utilizar o PDCA ou qualquer outro modelo gerencial, voltado para as seguintes formas de gerenciamento:

- Manutenção da Qualidade: cujo objetivo é dar previsibilidade aos resultados da empresa;
- Melhoria da Qualidade: para obter melhoria contínua dos resultados da empresa com os processos existentes;
- Planejamento da Qualidade ou Inovação: necessário para promover mudanças radicais nos produtos e processos existentes;

AGUILAR, SILVA defende ainda, a utilização do tripé PDCA, Ferramenta da Qualidade (estatística ou não) e Conhecimento Técnico para alcance das metas de sobrevivência, além da proporção de um ambiente favorável através da Liderança.

Tripé para alcance das Metas de Sobrevivência



O giro do PDCA no GPD dependerá da forma de gerenciamento em questão: manutenção, melhoria ou planejamento da qualidade e compatível com o método DEMAIC, a ser explicado na metodologia Six Sigma.

2.2 Projetos Six Sigma: O Método

2.2.1 Definição

O Six Sigma é um programa com foco na satisfação do cliente que visa à redução dos custos gerados pela variabilidade do processo. A redução dessa variabilidade pode ser mais bem expressada em termos financeiros ou em unidades defeituosas, através da taxa de no máximo, 3.4 falhas por milhão.

2.2.2 Histórico Six Sigma

A história da metodologia Six Sigma teve início na Motorola, quando o presidente, Bob Galvin, ciente que a sobrevivência da organização estava ameaçada, por problemas de ineficiência interna de qualidade e lucratividade, comuns à maioria das empresas, e ao analisar os resultados alcançados pela empresa HP após 10 anos de esforços em ações de melhorias, principalmente com o programa de melhoramento “10X” solicita a seus colaboradores, que busquem metodologias para implementar melhorias, suprindo gastos e melhorando os processos (WATSON, 2000, p. 82-86).

O engenheiro Bill Smith, responsável pela pesquisa da vida útil de um determinado produto e pela coleta de informações sobre a freqüência com que era reparado durante o processo

de fabricação, em 1985 apresentou um trabalho concluído que, se os defeitos fossem detectados e corrigidos durante o processo de fabricação, seria estatisticamente improvável que novos erros surgissem nos testes finais do produto (MARSHALL JÚNIOR, 2004, p. 113-114).

Conforme Ramos (2004, p.4), este grupo não criou nada de novo ou diferente, apenas basearam-se nas metodologias anteriores da qualidade, como Qualidade Total, Garantia da qualidade, Gerenciamento de processos etc., verificando o que era de fato eficaz e inseriram tudo em uma metodologia coerente e muito lógica. Segundo Greg Watson, ex-presidente da Sociedade Americana da Qualidade, com esta metodologia a empresa consegue atingir novos níveis de qualidade e produtividade nunca vistos anteriormente.

Conforme Werkema (2002, p. 18), o Six Sigma, tem início em 1987 na Motorola, e após receber o Prêmio Nacional da Qualidade Malcom Baldrige em 1988, passou a ser conhecido como o programa responsável pelo sucesso da empresa, proporcionado entre o final de 1980 e o início de 1990, ganhos de US$2,2 bilhões, e em 1997 tem início no Brasil com o Grupo Brasmotor.

Entretanto, a empresa que mais se tornou evidente na mídia, devido à implantação do programa, foi a GE, através do seu mais famoso CEO, Jack Welch, evidenciada na aplicação do Six Sigma, por ter sido a primeira a utilizar a metodologia não apenas no setor produtivo, mas também nas áreas meio, onde aparecem os chamados, projetos transacionais (PANDE et al., 2001, p. 47-51).

São casos de sucesso de implantação do Six Sigma, a Allied Signal que iniciou a implantação em 1994, reduzindo seus custos em 2 bilhões e cresceu 1998 / 12% e em 1999 / 14%, para o presidente Jack Welch da GE, foi a mais importante iniciativa já empreendida, pois em 1999 economizou US$ 1,5 bilhão, ABB / EUA tem economizado US$ 700 mil / a. a., Polaroid tem adicionado 6% de lucratividade a.a. e a Motorola estima-se que tem economizado em 10 anos, US$ 11 bilhões (ROTANDARO et al., 2002, p. 20).

2.2.3 Pilares do Six Sigma

A busca pela melhoria e satisfação dos clientes é o tratamento de cada problema através de projetos, com uma metodologia fundamentada e direcionada, voltados para sua solução.

A execução desses problemas, porém requer uma avaliação de impacto nos objetivos estratégico e uma análise de viabilidade segundo os potenciais de ganho.

Six Sigma segue uma metodologia lógica, através da utilização do método DMAIC (sigla das iniciais das palavras Definir, Medir, Analisar, Aprimorar e Controlar em inglês), consistindo das seguintes etapas:

- Definir: Etapa em que são analisados os requisitos do cliente e as necessidades do negócio, para a identificação dos processos críticos que definirão a escolha dos projetos que serão desenvolvidos.
- Medir - Etapa em que são aplicadas as ferramentas estatísticas que medem o desempenho dos processos, permitindo a visualização do estado atual dos mesmos, para a definição das metas de aprimoramento. Esta etapa é fundamental para que, no futuro, possamos saber se obtivemos sucesso nos projetos de aprimoramento.
- Analisar - Etapa em que são aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem descobrir a causa-raiz dos problemas apresentados. Esta etapa é crítica, pois define qual é a causa, para que atuemos nela e, não, nas suas conseqüências.
- Aprimorar - Etapa em que são aplicadas as ferramentas estatísticas que permitem aprimorar o processo. Aqui, começa realmente o aperfeiçoamento dos processos, eliminando os erros ou desenvolvendo novas soluções.
- Controlar - Etapa em que são aplicadas ferramentas estatísticas, possibilitando que os aprimoramentos obtidos sejam mantidos na organização e se transformem em novos padrões.

Cabe ressaltar que no estudo em questão, por motivos culturais em projetos desse escopo na organização de aplicação, o modelo gerencial a ser utilizado será o PDCA e não o DMAIC.

Essa opção, porém, não ocasionará alteração alguma na metodologia uma vez que as etapas do PDCA possuem conformidades com as etapas do DMAIC.

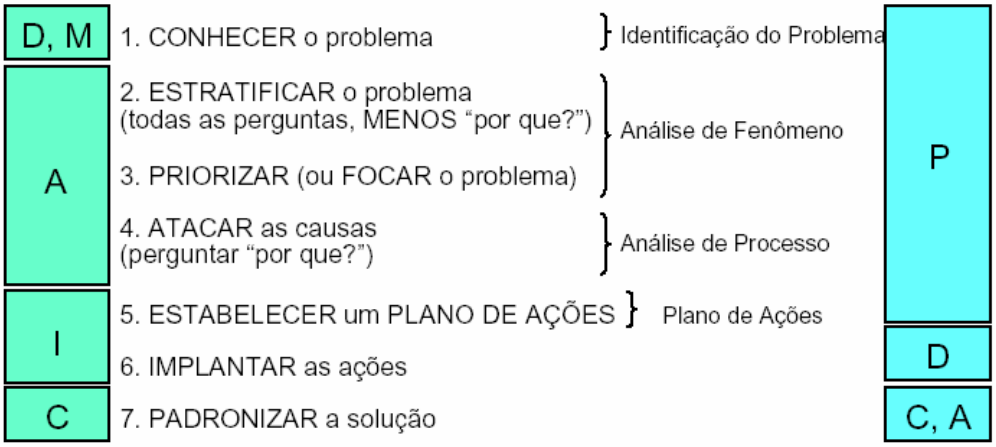
As etapas dos PDCA podem ser assim resumidas:

- P (*Plan* = Planejar): Definir o que queremos, planejar o que será feito, estabelecer metas e definir os métodos que permitirão atingir as metas propostas.
- D (Do = Executar): Tomar iniciativa, educar, treinar, implementar, executar o planejado conforme as metas e métodos definidos.
- C (*Check* = Verificar): Verificar os resultados que se está obtendo, verificar continuamente os trabalhos para ver se estão sendo executados conforme planejados.
- A (*Action* = Agir): Fazer correções de rotas se for necessário, tomar ações corretivas ou de melhoria, caso tenha sido constatada na fase anterior a necessidade de corrigir ou melhorar processos.

No caso de desenvolvimento de um Sistema de Informação, esta atividade pode corresponder aos ajustes, implementações e continuidade do sistema.

2.2.4 Correlação entre o DMAIC e o PDCA

Correlação entre o DMAIC e o PDCA



Em um acompanhamento de 10 projetos Six sigma em uma organização, fornecedora da cadeia automotiva, CAMPOS, MARCOS SIQUEIRA lista em seu artigo "Seis Sigma - Presente e Futuro" a freqüência de utilização de cada técnica.

Freqüência de utilização da ferramentas no Six Sigma

Ferramenta	Nº de vezes usada
Mapeamento de processos	10
Diagrama de causa e efeito	10
Matriz de causa e efeito	8
FMEA	4
Gráfico box plot	9
Diagrama de Pareto	7
Histograma	3
Análise de capacidade	6
Análise do sistema de medição para	4
Análise do sistema de medição para	2
Técnicas de previsão (forecast)	1
Estudo e gráfico multi vari	6
Teste de hipóteses para médias	7
Teste de hipóteses para variâncias	7
Teste de hipóteses para medianas	1
Análise de variância - ANOVA	1
Correlação e regressão linear simples ou	4
Experimento fatorial fracionário	2
Experimento fatorial completo	3
Experimentos de misturas	1
Simulação discreta de eventos	2
Gráficos de controle por variáveis	5
Gráficos de controle por atributos	1
Pré-controle	1

Plano de controle	4
Dispositivo à prova de falhas	2

As técnicas estatísticas são pilares para o desenvolvimento de todos os projetos Six Sigma e algumas ferramentas vão se destacando quando a utilidade e aplicação no segmento do projeto.

2.3 Ferramentas da Qualidade

Um dos grandes fatores de sucesso do programa Six Sigma, destacados pelos estudiosos da área, são as ferramentas de qualidade, estatísticas ou não, aplicadas nas etapas que compreendem os projetos.

Neste item serão sucintamente descritas as ferramentas de utilização.

2.3.1 Ferramentas Básicas da Qualidade

a) Apresentação em Histograma ou Gráfico de Ramos e Folhas

O histograma e o Gráfico de folhas tratam-se duas fundamentais ferramentas para análise do comportamento de variáveis de estudo, principalmente quando a dispersão e tendência são critérios importantes na análise.

Segue abaixo uma ilustração de ambas:

Histograma

Gráfico de Ramo e Folhas

0	1 2 3 5 6
1	2 5 6
2	3 6 8
3	6 7 8 9
4	4 6 7 9
5	2 3 5 8
6	4 6 9
7	2 5
8	1
9	2

b) Folha de Controle

“A folha de controle é uma ferramenta de grande utilidade na coleta de dados. Trata-se de um documento para registro de falhas orientadas no tempo, e torna-se extremamente valiosa na pesquisa de tendências e de outros padrões significativos, (MONTGOMERY,DOGLAS C, 2004)”

Segundo MONTGOMERY ao se planejar uma folha de controle deve-se especificar claramente o tipo de dados a serem coletados, o número da parte ou operação, a data, o analista, e quaisquer outras informações úteis ao diagnóstico da causa de um fraco desempenho.

Folha de Controle

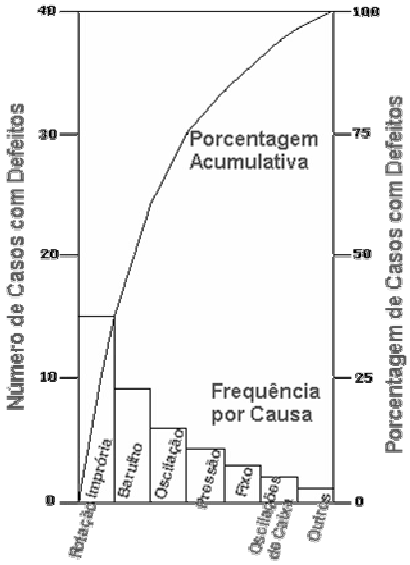
Folha de Verificação

Problema	Ocorrências				
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Falta de Papel					
Falta de Toner					
Cópias muito claras					
Separador não funciona					
Alimentador de documentos					
Alimentação de transparências					
Outros: A copiadora parou					
Painel confuso					
Copiadora sem energia					

c) Diagrama de Pareto

“É simplesmente uma distribuição de freqüências (ou histograma) de dados atributos, organizados por categoria (MONTGOMERY, DOGLAS C, 2004)”.

Diagrama de Pareto



Este método é utilizado para dividir um problema grande em vários problemas menores. Ele parte do princípio de Pareto que defende que os problemas são causados por muitas causas triviais, ou seja, que contribuem pouco para a existência dos problemas, e os poucos vitais, que são os grandes responsáveis pelos problemas. Desta forma, separando-se os problemas em vitais e triviais pode-se priorizar a ação corretiva.

Dessa forma, o gráfico de Pareto identifica e disponibiliza em ordem decrescente os defeitos mais freqüentes e não os mais relevantes, por esse motivo aconselha-se um esquema de ponderação à contagem das freqüências.

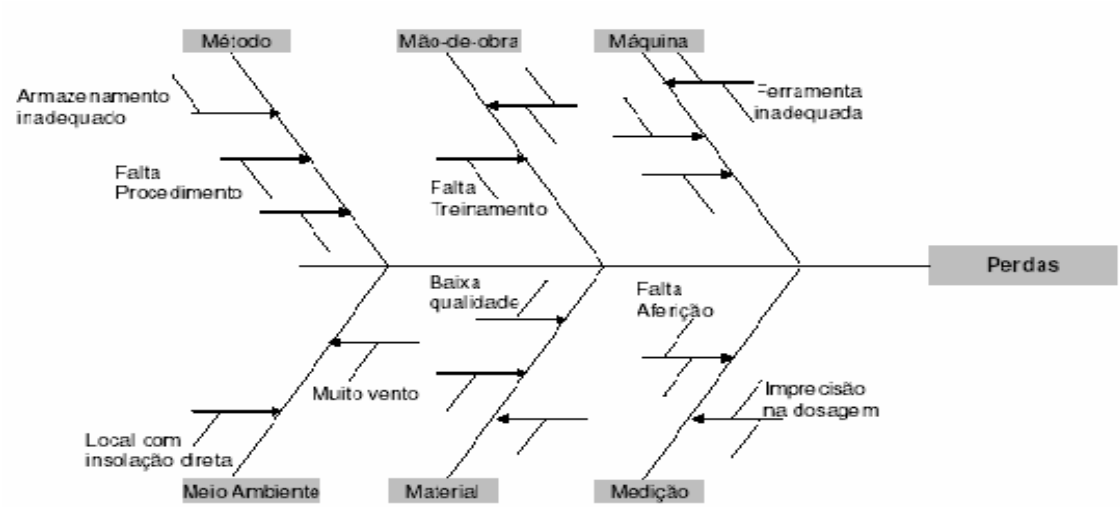
Segundo MONTGOMERY o gráfico de Pareto é uma das ferramentas mais úteis dentre as sete ferramentas, sendo suas aplicações limitadas à melhoria da qualidade apenas pela ingenuidade do analista.

d) Diagrama de Causa e Efeito

Também denominado espinha-de-peixe ou diagrama de Ishikawa, é utilizado para a ilustração da relação causa e efeito de uma característica da qualidade detectada.

Sua aplicação mais útil é identificada quando, dada a detecção de um defeito, não se sabe ao certo as causas deste efeito indesejável e objetiva-se a eliminação de causas potenciais.

Diagrama de Causa-Efeito



MONTGOMERY destaca que a análise de causa-efeito é uma ferramenta muito poderosa e, quando muito detalhada, pode servir um eficiente auxiliar para localizar e reparar defeitos.

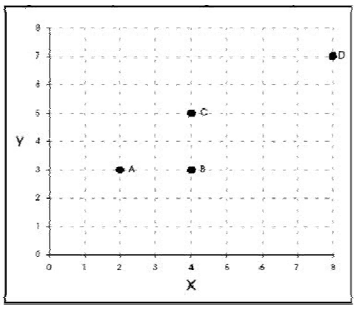
e) Diagrama de concentração de defeitos

"Trata-se de uma figura da unidade mostrando todas as vistas relevantes. O diagrama é analisado para determinar se a localização dos defeitos na unidade fornece alguma informação relevante quanto às causas potenciais dos defeitos (MONTGOMERY, DOGLAS C, 2004)".

f) Diagrama de Dispersão

Segundo MONTGOMERY o diagrama de dispersão é utilizado para a identificação de causas relacionais entre duas variáveis. Trata-se da plotagem cartesiana x,y para posteriores análises de correlação. Nos casos de utilização aconselha-se o experimento planejado para a verificação da causalidade.

Diagrama de Dispersão



g) Gráficos de Controle

O gráfico de controle é uma ferramenta utilizada para a análise da estabilidade do processo em estudo.

Através dele consegue-se distinguir variações devidas às causas assinaláveis ou especiais das variações casuais inerentes ao processo.

Variações casuais são aqueles que se repetem aleatoriamente dentro de limites previsíveis, já as especiais necessitam de tratamento especial. É necessário, então, identificar, investigar e colocar sob controle alguns fatores que afetam o processo.

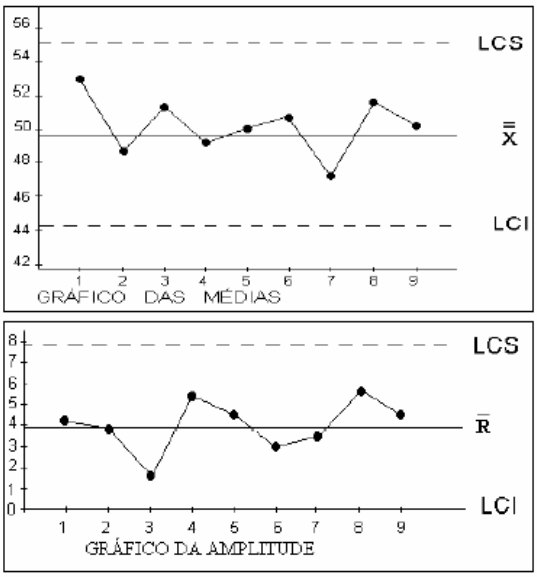
Existe uma variedade de gráficos de controle entendendo a sua aplicação a todos os tipos de características mensuráveis de um processo.

A utilização dos gráficos de controle está condicionada aos seguintes pressupostos:

- Independência das observações;
- Distribuição normal das variáveis observadas.

Seguem abaixo os tipos de gráfico de controle mais comumente usados:

Gráfico de Controle de Média e Amplitude



2.3.2 As Sete Ferramentas Gerenciais

a) Diagrama de Afinidades

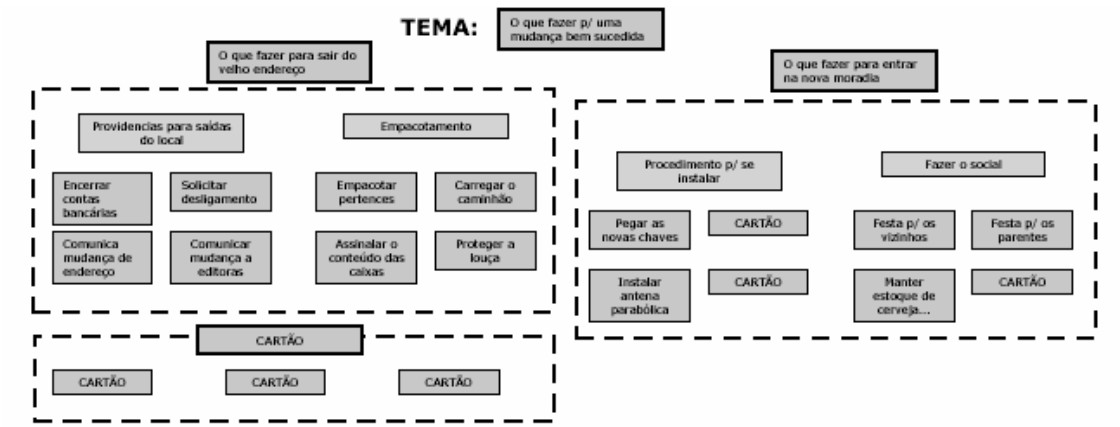
É um método que utiliza um processo de *brainstorming* para o estabelecimento da afinidade entre dados verbais, parciais e fragmentados para o estabelecimento da compreensão de problemas mais amplos.

Etapas de construção:

- **Decisão sobre o problema:** Seleção do ponto sobre o qual deseja-se trabalhar.

- **Coleta de dados:** Coleta dos dados verbais relacionados ao problema, geralmente realizado através de brainstorming, brainwriting, pesquisas e entrevistas.
- **Preparação de cartões de dados:** Aloca-se cada dado coletado em um respectivo cartão.
- **Agrupamento de cartões:** Busca-se semelhanças entre os cartões e faz-se o agrupamento segundo as semelhanças.
- **Preparação dos cartões de afinidade:** Leitura e correção dos cartões de dados e posteriormente, rotulação de cada grupo de cartão através do cartão de afinidade, que resume a característica-chave do grupo.
- **Agrupamento dos cartões de afinidades e dos cartões de dados:** Aloca-se o cartão de afinidade junto aos cartões de dados agrupados

Diagrama de Afinidades



b) Diagrama de Relações

É um método utilizado largamente utilizado em Engenharia Econômica e volta-se para o atendimento a problemas mais complexos.

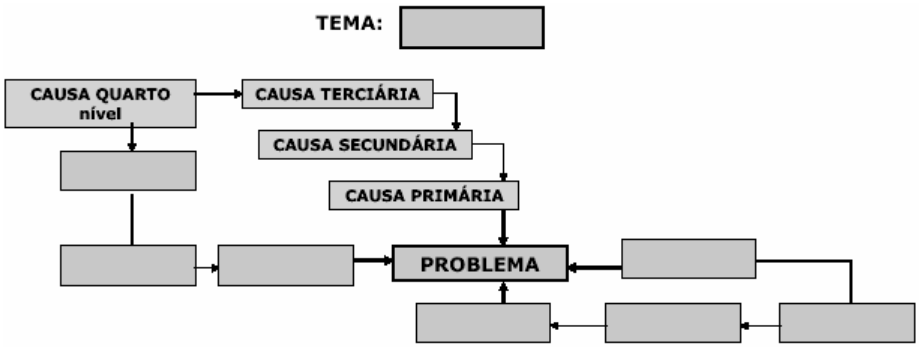
O Diagrama é utilizado para destacar os elementos chave para o alcance de um objetivo.

Etapas de construção:

- **Descrição do problema:** Prepara-se um quadro, com a descrição do problema a ser tratado em seu centro.
- **Preparação dos cartões de causa:** Escreve-se no quadro as causas potenciais do problema.
- **Distribuição dos cartões:** Agrupa-se os cartões similares.

- **Distribuição dos cartões de acordo com sua causa-efeito:** liga-se as causas ao problema agrupadamente segundo o nível (intensidade) de relação com o problema.
- **Determinação das relações entre cartões:**Analisa-se globalmente o diagrama e verifica a conformidade entre as causas e efeito estabelecida.

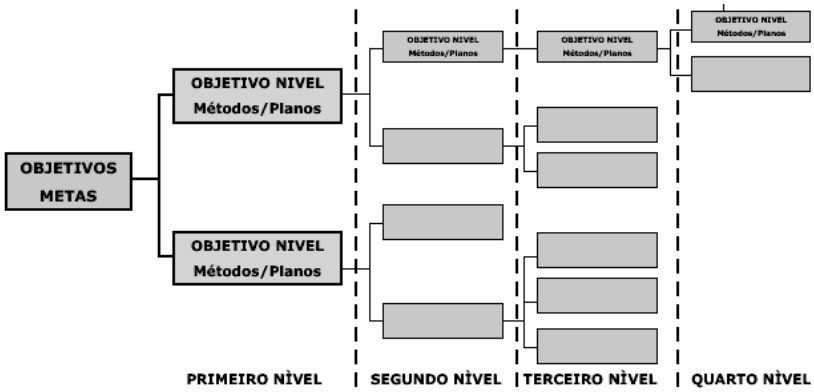
Diagrama de Relações



c) Diagrama em Árvore (Sistemático)

Trata-se de um relacionamento hierárquico entre os “quês” e como, conforme mostrado na figura abaixo:

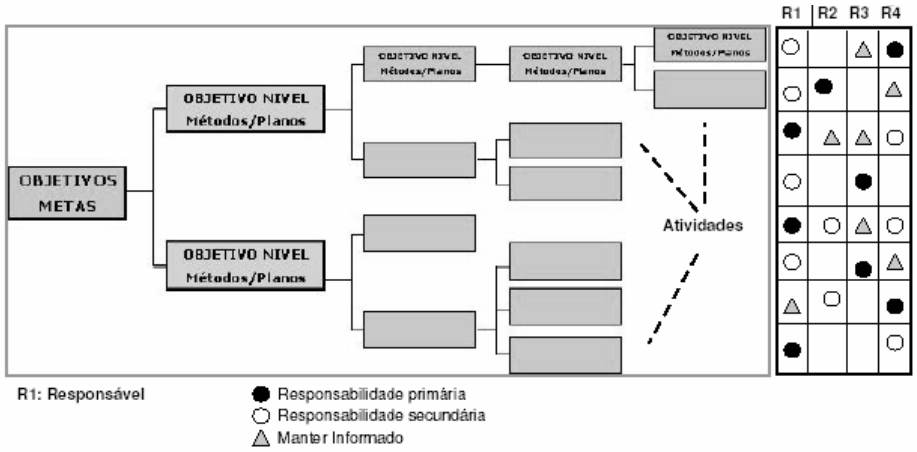
Diagrama em árvore



d) Diagrama em Matriz

Um diagrama de matriz é utilizado para estabelecer as relações existentes entre as características de um produto ou processo.

Diagrama em matriz



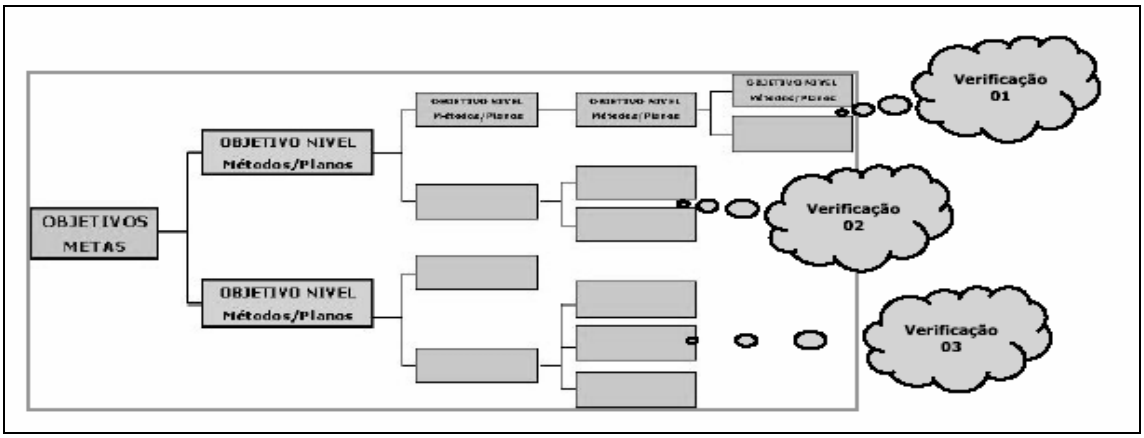
e) Análise dos Dados da Matriz

Consiste de uma metodologia matemática para análise da intensidade de relação entre as características da matriz.

f) Análise PDPC (Process Decision Program Chart)

Consiste em elaborar planos de gerência com notas de verificações nas etapas do problema.

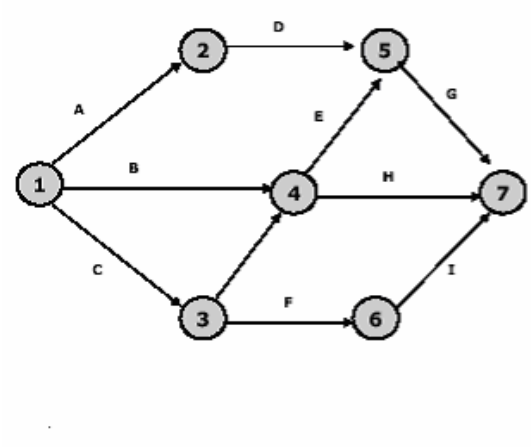
Análise PDPC



g) Diagramas em Setas

Consiste na visualização seqüencial de um plano de melhoria de produto ou processo, onde são mostradas as relações de precedência entre atividades para o alcance do resultado desejado.

Diagrama em Setas



ATIVIDADE	PRECEDENCIA	DURAÇÃO
A	--	8
B	--	8
C	--	15
D	A	10
E	B,C	8
F	C	12
G	D,E	17
H	B,C	10
I	F	12

2.3.3 Planejamento de experimentos (DOE)

"DOE (*Design of Experiment*) é um método usado para testar e otimizar o desempenho

de um processo, produto, serviço ou solução. O DOE usa intensivamente as técnicas de significância estatística, correlação, regressão, para ajudá-lo a entender sobre o comportamento de um produto ou processo exposto a várias condições. O que existe de exclusivo no DOE é a oportunidade que ele proporciona para controlar e planejar as variáveis usando uma experiência, ao contrário da simples observação e acumulação de eventos do mundo real na forma conhecida como "observação empírica".

O DOE tem inúmeras aplicações potenciais em uma organização Six Sigma. O DOE pode proporcionar:

- Avaliação de sistemas de Voz de Cliente, para encontrar a melhor combinação de métodos que produzem feedback válido sem aborrecer os clientes.
- Avaliação de fatores para identificar a causa-raiz "vital "de um problema ou defeito.
- Condução ou teste de combinações de soluções possíveis para encontrar a estratégia de melhoria ótima.
- Avaliação de projetos, produtos ou serviços para identificar problemas potenciais e reduzir defeitos "(PANDE, NEUMAN,CAVANAGH - 1999).

Para um bom planejamento de experimento NETO, SCARMÍNIO, BRUNS sugerem as seguintes etapas:

- Conhecimento e exposição do problema
- Escolha dos fatores e níveis
- Seleção das respostas
- Escolha do Projeto de Experimento
- Realização do Experimento
- Análise dos Resultados
- Conclusões e Recomendações
- Replicagem
- Aleatorização

“As pessoas normalmente se lembram de estatística quando se vêem diante de uma grande quantidade de informações. A atividade estatística mais importante não é a análise de dados, e sim o planejamento dos experimentos em que esses dados serão obtidos. Quando isso não é feito de forma apropriada, o resultado muitas vezes é uma montanha de números estéreis da qual estatístico algum conseguiria arrancar quaisquer conclusões” (NETO, SCARMÍNIO, BRUNS - 1995).

Capítulo III
DESCRIÇÃO

O objeto do Trabalho de Conclusão de Curso trata-se da aplicação, em uma empresa do setor de transporte ferroviário, da metodologia utilizada em projetos Six Sigma.

A metodologia é contextualizada no âmbito teórico do trabalho pelo Gerenciamento pelas Diretrizes e a utilização de Ferramentas da Qualidade (com foco maior nas ferramentas estatísticas).

Pertenceu ao escopo do trabalho a análise de pontos críticos do sistema ferroviário e a seleção de um ponto crítico a ser trabalhado pela metodologia, assim como se fez necessário durante a confecção do trabalho a análise da viabilidade da execução das etapas Do, Check and Action em seu escopo.

A análise e seleção do problema fizeram-se necessários devido a uma série de fatores a serem considerados para determinarem o sucesso de um projeto Six Sigma. Esses fatores envolvem a necessidade de alinhamento entre o problema e as metas estratégicas da empresa, a disponibilidade de dados confiáveis das variáveis envolvidas, a potencialidade de atuação da equipe de trabalho no âmbito do problema,

além de considerar também critérios como visibilidade e principalmente, o real potencial de ganho.

Já a análise posteriori de viabilidade de execução das demais etapas do ciclo no período disponível se justifica pelo desconhecimento do ponto crítico a ser tratado. Somente a partir da seleção do problema poder-se-á analisar o prazo requerido para o alcance das metas específicas desdobradas e concluir se as etapas de execução do plano de ação, verificação de resultados e de ações a serem executadas poderão ser realizada em tempo hábil.

3.1 Modal Ferroviário

A capacidade de transportar grandes volumes de carga com considerável eficiência energética é a característica marcante do modal ferroviário. Esta característica é ainda mais vantajosa quando as distâncias envolvidas no transporte são médias ou grandes, dado que os principais custos deste transporte são fixos, o que faz também com que os custos de transporte por tonelada/quilômetro reduzam à medida em que aumenta o número de unidades de transporte.

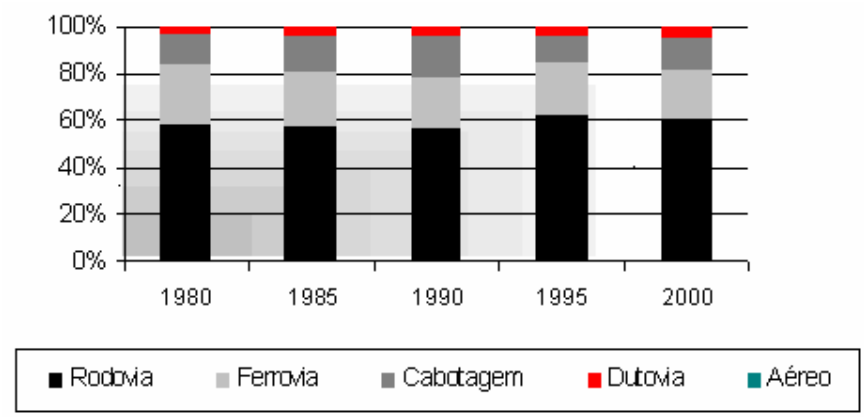
O modal ferroviário apresenta ainda, maior segurança, em relação ao modal rodoviário, com menor índice de acidentes e menor incidência de furtos e roubos e um frete mais baixo.

Uma limitação do transporte ferroviário é o maior tempo de viagem que quando comparado com o rodoviário o que faz com que o cliente mantenha um maior estoque nas extremidades, embora essa modalidade também possa ser utilizada temporariamente como armazéns, além da baixa flexibilidade de acesso. Mediante a essa limitação, as concessionárias ferroviárias vêm cada vez mais buscando a prática da multi e intermodalidade.

As típicas cargas do modal ferroviário são basicamente: produtos Siderúrgicos, Grãos, Minério de Ferro; Cimento e Cal; Adubos e Fertilizantes; Derivados de Petróleo; Calcário; Carvão Mineral e Clinquer; Contêineres.

No Brasil, o modal ferroviário apresentou uma fase de estagnação durante décadas, explicado por fatores tais como ausência de investimento estatal e o acintoso privilégio ao modal rodoviário.

Gráfico da distribuição dos transporte de cargas



Posteriormente, com a privatização do setor uma série de diretrizes vem sendo avaliada e desenvolvida. Essas diretrizes levam em consideração:

- Redução dos custos de transporte
- Aumento de Flexibilidade de transporte (Intermodalidade)
- Aumento da segurança e confiabilidade do transporte ferroviário
- Aumento da eficiência.
- Controle e otimização de terminais
- Automação
- Melhoria de equipamentos e ativos
- Melhoria de Via Permanente

Segundo CUNHA CLAUDIO B., no tutorial *Network Models in Railroad Planning and Scheduling*, a maior diferença do modal ferroviário em detrimento dos outros modais de transporte é a responsabilidade de construção, operação e manutenção de toda a estrutura física relacionada às suas respectivas operações. Isso envolve a via permanente, por onde os trens se movem; os pátios e terminais, onde os trens são formados, os vagões são carregados e descarregados, onde ocorrem as paradas e despachos dos trens; e a sinalização.

Somam-se a esses, outros fatores competitivos comuns aos demais modais, tais como, necessidade de confiabilidade e eficiência de entrega, redução de custos e previsibilidade e obtém-se uma infinidade de variáveis nas tomadas de decisões de curto, médio e longo prazo e em uma série de indicadores de controle de desempenho para as organizações desse setor.

É preciso que tais variáveis sejam medidas, controladas e melhoradas de forma alinhada entre elas e ao plano estratégico da empresa. É nesse contexto que se insere a aplicabilidade deste trabalho.

3.2 A empresa de aplicação do método: MRS LOGÍSTICA S. A.

A MRS Logística é uma concessionária responsável pelo controle, operação e monitoramento da Malha Sudeste da Rede Ferroviária Federal desde 1996.

A malha compreende 1674 km de via permanente interligando os estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, ficando a concessionária responsável assim, pelo transporte e distribuição de cargas em uma região que concentra aproximadamente 65% do PIB Nacional.

Malha ferroviária sob responsabilidade da MRS Logística

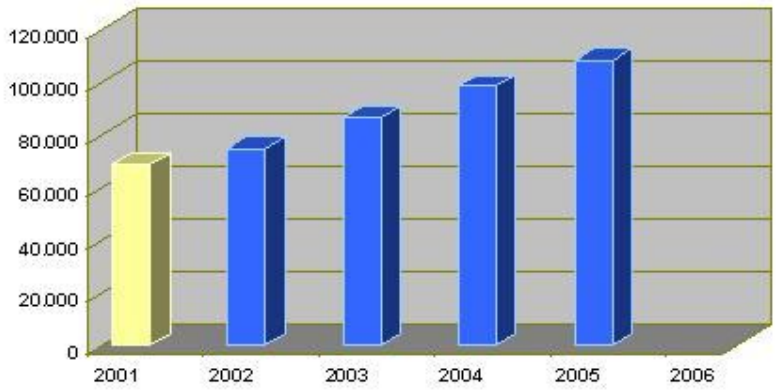
Os principais portos de acesso da MRS Logísticas são o Porto de Santos; Porto de Sepetiba; Porto de Guaíba e o Porto do Rio de Janeiro.

O mix de produtos da empresa é subdividido em duas classes: o *heavy-haul*, transportado através de trens unitários (mesmo produto e cliente compondo a formação do trem) devido aos grandes volumes das cargas demandadas, e a carga geral, composta por vários tipos de carga que atendem a vários segmentos de mercados possuindo assim diferentes origens e destino para a mesma formação do trem.

Os segmentos de mercados atendidos pelo mix de produtos são: mineração, siderurgia (aços, metalurgia); construção; químico; papel; comoditties; automotivo; além de contêineres, embarcadores e operadores logísticos.

O aumento da demanda desses segmentos pelos produtos que compõem o mix aliada ao constante aperfeiçoamento das rotinas da empresa vêm trazendo resultados expressivos para a companhia conforme mostra a figura abaixo:

Crescimento em produção MRS Logística



Fonte: www.mrs.com.br dados atualizados em 10/07/2006

Em realização à metodologia proposta pelo trabalho, Six sigma, é importante contextualizar que a MRS atualmente, através de um instituto especializado no método, proporcionou o treinamento Green Belt para uma equipe de colaboradores que estão implementando na empresa o método para a certificação destes como Green Belts. Percebe-se dessa forma que, a consciência e apoio interno necessários para a realização de um projeto six sigma já estão sendo cultivados e expandidos na empresa pela alta direção.

3.3 Metodologia proposta

Segue abaixo a descrição da metodologia proposta para o projeto, na conclusão da monografia encontram-se as considerações realizadas dada a aplicação da metodologia no trabalho.

O projeto tem início, como sugerido pela metodologia, com a identificação, pela fase inicial da etapa P (Plan), Identificação das Oportunidades, do ponto crítico a ser tratado.

Nessa fase, em uma sessão de brainstorming, os problemas potenciais foram identificados e posteriormente selecionado, segundo os critérios explicitados anteriormente, para a determinação do problema foco do trabalho.

A segunda fase do trabalho, Identificação das Prioridades, abrange o estabelecimento de forma mensurável da meta geral do problema, e a verificação da viabilidade de resolução do problema mediante a estimativa dos ganhos potenciais.

Para o estabelecimento da meta geral são definidos o objetivo gerencial, o valor da meta e o prazo para seu alcance.

O objetivo gerencial é definido através de um indicador-chave do problema mensurado em escala numérica e com a indicação do sentido desejado.

A definição do valor da meta é estabelecida através de análises de gráfico seqüencial e de pesquisas benchmark internas ou externas. Já a fixação do prazo é realizada de

forma coerente com a complexidade do problema e o plano estratégico da empresa. Daí pode-se obter uma melhor percepção da necessidade de conhecimento do problema para a análise de viabilidade de execução das etapas *Do*, *Check* and *Action* relatadas anteriormente.

Após essas definições parte-se para a quantificação do retorno econômico e a análise de viabilidade do investimento. Dada a positividade desta será analisado se o problema está focado ou não.

A fase 3, Desdobramento do Problema, consiste na divisão do problema amplo em problemas menores, a fim de identificar os problemas críticos a serem atacados. Enfim, tratar-se-á da estratificação do problema geral segundo critérios a serem determinados segundo a sensibilidade e conhecimentos técnicos relacionados ao problema selecionado.

Na fase 4 serão determinadas as oportunidades de ganho obtidas nas variações de cada problema desdobrado e na fase 5 serão estabelecidas as metas especificas para estes.

Ressalta-se a necessidade de desdobrar o problema e quantificar as metas específicas de maneira correta e coerente para que a meta geral possa ser alcançada.

Na Identificação das causas potenciais de cada problema desdobrado, Fase 6, serão investigadas as causas potenciais para cada problema desdobrado, com o objetivo de identificar as causas mais relevantes no surgimento do problema.

Na fase 7 essas causas potenciais serão quantificadas e priorizadas para o alcance da meta geral através do plano de ação, que será elaborado na fase 8, posteriormente ao teste de medidas.

As fases 9, 10 e 11 tratarão respectivamente das etapas Do, Check and Action e serão realizadas somente se passarem de forma positiva pela análise de viabilidade de sua execução.

Capítulo IV
O PROJETO

4.1 Fase 1: Seleção da Oportunidade e Contextualização da Oportunidade selecionada

4.1.1 Seleção da Oportunidade

A fase inicial do projeto consistiu na identificação de problemas potenciais a serem tratados pela metodologia e na posterior seleção de um problema a ser tratado.

Foram identificados inicialmente quatro problemas potenciais relacionados às metas empresariais e que ainda não estavam recebendo tratamento especial, a serem ilustrados na tabela abaixo:

Matriz seleção do problema

PROBLEMA	DEFINIÇÃO	DIAGNÓSTICO DE SELEÇÃO
Falta de padronização na formação dos trens de carga geral	Ausência de um padrão para o estabelecimento da ordem dos vagões a comporem os trens implicando em tempos de manobra com variabilidade.	• Ausência de indicadores e dados relacionados para o tratamento do problema na metodologia.
On time de chegada dos trens de Carga Geral de Minas Gerais	Redução do número de trens de carga Geral que saem de pátio de MG e que chegam atrasados nos pátios destino	• Baixo Potencial de ganho
Variabilidade no peso das cargas dos trens de minério	Inexistência de Controle das cargas que circulam nos vagões dos trens de Heavy-haull.	• Ausência de Dados • Baixo potencial de atuação
Variabilidade dos ciclos de Heavy-haul	Alta variabilidade nas etapas dos ciclos dos trens de Heavy-Haul gerando índices variáveis de eficiência.	• PROBLEMA SELECIONADO

4.1.2 Contextualização da Oportunidade Selecionada

Apesar de ser mais regular que os ciclos dos trens de carga geral, o ciclo dos trens de *Heavy Haul* apresenta uma variabilidade considerável em seus tempos de performance. As metas de desempenhos em determinados momentos são facilmente superadas, e em outros nem sequer são atingidas mostrando a ineficiência do processo.

Identificou-se então como oportunidade, a melhoria da eficiência dos ciclos *Heavy Haul* através da metodologia.

Foram verificados superficialmente os critérios de seleção tais como alinhamento estratégico, potencial de ganho e possibilidade de intervenção no problema e o problema potencial foi selecionado para tratamento segundo a metodologia.

As justificativas da seleção serão mais bem exploradas no próximo tópico (Fase 2: Justificativa da seleção da oportunidade).

a) Ciclo *Heavy Haul*

O ciclo é definido como o processo que tem início em uma etapa anterior ao carregamento dos vagões e término quanto estes vagões, após serem descarregados, atingem novamente este ponto inicial.

As etapas que compõem o ciclo o ciclo *Heavy-haul* e suas respectivas definições seguem abaixo:

- **Antes da Carga MRS (ACM)**

Tempo acumulado desde a chegada do vagão vazio no pátio de destino até a entrega ou disponibilização deste para o cliente.

- **Antes da Carga Cliente (ACC)**

Tempo acumulado desde a disponibilização do vagão vazio para o cliente até a entrada do vagão para o cliente.

- **Carga (CAR)**

Tempo acumulado desde a entrada do vagão no terminal do cliente, até a disponibilização carregado.

- **Depois da Carga MRS (DCM)**

Tempo acumulado desde o recebimento pela MRS do vagão carregado até a partida do vagão carregado.

- **Vagão Carregado Cliente (VCC)**

Tempo de viagem em que o vagão carregado ficou parado em algum pátio antes do pátio de destino do fluxo e que a responsabilidade é do cliente.

Obs.: O tempo em que o vagão ficou parado e que a responsabilidade seja da MRS, é adicionado ao Tempo de Transit-Time Carregado (TTC)

- **Transit Time Carregado (TTC)**

Tempo acumulado desde a partida do vagão carregado do pátio de origem ou do Pátio de Intercâmbio até a chegada do vagão no pátio de destino (pátio de entrega ao cliente).

- **Antes da Descarga MRS (ADM)**

Tempo acumulado desde a chegada do vagão carregado no pátio de destino, até a disponibilização, entrega ou retirada deste para o cliente.

- **Antes da Descarga Cliente (ADC)**

Tempo acumulado desde a disponibilização do vagão carregado para o cliente até a entrada deste no terminal do cliente.

- **Descarga (DES)**

Tempo acumulado desde a entrada do vagão carregado no terminal do cliente até o momento em que o vagão fique à disposição da MRS.

- **Depois da Descarga MRS (DDM)**

Tempo acumulado desde o momento em que o vagão fica à disposição da MRS até a partida deste carregado ou vazio.

- **Transit Time Vazio (TTV)**

É o tempo acumulado desde a partida do vagão vazio do pátio de origem ou no Pátio de

Intercâmbio até a chegada do vagão no pátio de destino (pátio de entrega ao cliente).

- **Vagão Vazio Cliente (VVC)**

Tempo de viagem em que o vagão vazio ficou parado em algum pátio antes do pátio de destino do fluxo e que a responsabilidade é do cliente.

Obs: O tempo em que o vagão ficou parado e que a responsabilidade seja da MRS, será adicionado ao Tempo de Transit-Time Vazio (TTV)

b) Cálculo da Eficiência do Ciclo

Os tempos de ciclo são variáveis de extrema importância para a companhia pelo fato de impactar diretamente na eficiência produtiva do processo, tida como uma das metas de sobrevivência.

Nesse contexto, cada fluxo de atendimento possui uma estimativa de ciclo ótimo de realização e uma meta fixada para a eficiência produtiva do conjunto dos fluxos. O conjunto de fluxos para a designação da meta de eficiência é formado pela identidade dos clientes atendidos pelos fluxos.

Ressalta-se que o conceito de fluxo na empresa envolve uma série de variáveis que, neste trabalho, serão contempladas apenas pelas variáveis cliente, ponto de carga (origem) e ponto de descarga (destino).

Para uma melhor explicação do cálculo da eficiência demonstrar-se-á o cálculo da eficiência do grupo de fluxos escolhido para aplicação do trabalho, o grupo de fluxos do Cliente COSIPA.

c) Fluxos Cosipa

O cliente Cosipa possui cinco fluxos descritos através das variáveis de contemplação na tabela abaixo:

Relação de fluxos da COSIPA

Fluxo	Ponto de carga (Pátio)	Ponto de descarga (Pátio)
1	Casa de Pedra (MG) – FCR	São Bento (SP) - FST

2	Casa de Pedra (MG) – FCR	Piaçaguera (SP) - IPG
3	Sarzedo (MG) – FSO	Piaçaguera (SP) - IPG
4	Otávio Dapievi (MG) - FOO	Piaçaguera (SP) - IPG
5	Pires (MG) - FPY	Piaçaguera (SP) - IPG

A performance dos fluxos 2,3,4 e 5 são controladas de forma conjunta através de média dos tempos levantado para cada fluxo, já o fluxo 1 tem sua performance calculada de maneira individual.

O desempenho de cada fluxo é levantado através dos dados cadastrados no sistema da empresa e posteriormente é calculada a média semanal dos tempos de performance.

Dessa maneira obtém-se a performance do Fluxo1, denominado aqui por Piaçaguera (ponto de descarga), e do “Fluxo”2, conjunto de fluxos destino São Bento.

A eficiência é calculada então pela ponderação da produção dos fluxos pela performance.

A meta atual para os fluxos da Cosipa é 80% do ótimo global.

Ressalta-se que este ótimo global é variável uma vez que é derivado das ponderações dos fluxos pertencentes à COSIPA, e tenderá para o tempo ótimo do fluxo de maior produção.

4.2 Fase 2: Justificativa da Seleção da Oportunidade

4.2.1 Justificativas

A oportunidade selecionada pode ser definida como: melhoria da eficiência dos ciclos heavy haul para os fluxos do cliente Cosipa e tal escolha se deveu a uma série de justificativas, as quais se encontram listadas abaixo:

- Importância dos fluxos de Heavy Haul para a companhia, uma vez que estes representam 70% de seu mix de transporte.
- Grandes oportunidades de melhorias nos ciclos Heavy Haul (justificativa esta baseada no empirismo);
- As melhorias proporcionadas aos ciclos de heavy haul são diretamente convertidas em aumento de produção e conseqüentemente em aumento no retorno financeiro. Essa conversão se dá de forma direta devido ao fato de a eficiência e capacidade de

produção poderem ser considerados os únicos fatores restritivos ao aumento do lucro operacional, já que a demanda a priori não apresenta limitações;

- Disponibilidade de dados relacionados ao problema com o horizonte de tempo e confiabilidade inicialmente suficientes para as análises estatísticas;
- Possibilidade de realização do projeto visando o alcance da meta no prazo sugerido pela metodologia (6 a 8 meses).

4.2.2 Critérios para atendimento e não atendimento à meta

Para o tratamento do problema selecionado foram considerados dentro da meta os trens que completam o ciclo dentro da eficiência meta, ou seja, os trens que completam o seu ciclo, no mínimo, com 80% de eficiência em relação ao ciclo ótimo estabelecido. Os trens que não atingem essa eficiência, conseqüentemente, foram considerados fora da meta.

Na companhia atualmente, não existe um indicador para o gerenciamento do número de trens que atingem a meta, o indicador utilizado é a eficiência média do ciclo. No trabalho, para melhor desdobramento do problema, foi criado um indicador paralelo que mediu a porcentagem de trens que atingem a meta.

Classificou-se então como trens eficientes, os trens que cumpriam o ciclo como uma eficiência global igual ou superior à meta de 80%, e analogamente, como trens ineficientes, os trens que fechavam o ciclo com uma eficiência inferior a este valor.

4.3 Fase 3: Estabelecimento da Meta Geral

4.3.1 Objetivo Gerencial Relacionado Ao Problema

O objetivo gerencial relacionado ao problema selecionado é a eficiência produtiva.

Cabe ressaltar, porém que apesar do indicador eficiência ser monitorado a todo instante no projeto, para efeito de desdobramento do problema e das metas, o percentual de trens eficientes/ineficientes foi o adotado como indicador, pois se optou em focar nos trens atrasados para a melhoria da eficiência global.

Fez-se essa opção uma vez que era de conhecimento a existência da grande variabilidade existente entre as performances de ciclo, o que fazia com que a média da eficiência global atendesse a meta 80% e escondesse as ineficiências significativas existentes em várias performances de ciclos.

Dessa forma então, seria menos dispendioso focar (desdobramento e ação) nas causas que geravam a ineficiência global.

4.3.2 Intervalo de tempo considerado para auxílio à definição da meta a ser alcançada

Os dados históricos relacionados à eficiência dos trens estão disponíveis desde janeiro de 2003, porém foram somente utilizados os dados de julho a outubro de 2006 com o objetivo de se evitar que as ações de melhoria tomadas assim como os ruídos existentes (acidentes, interferências) nesse período (2003 a junho de2006) interferissem na análise.

4.3.3 Comportamento da eficiência dos trens no período de referência

Ao analisar o comportamento atual do Ciclo da Cosipa, referente ao período citado anteriormente, pôde-se observar alguns pontos merecedores de destaque.

- Estatísticas Descritivas

Variável	Count	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Eficiência	192	0,83	0,01	0,16	0,26	0,76	0,82	0,93	1,27

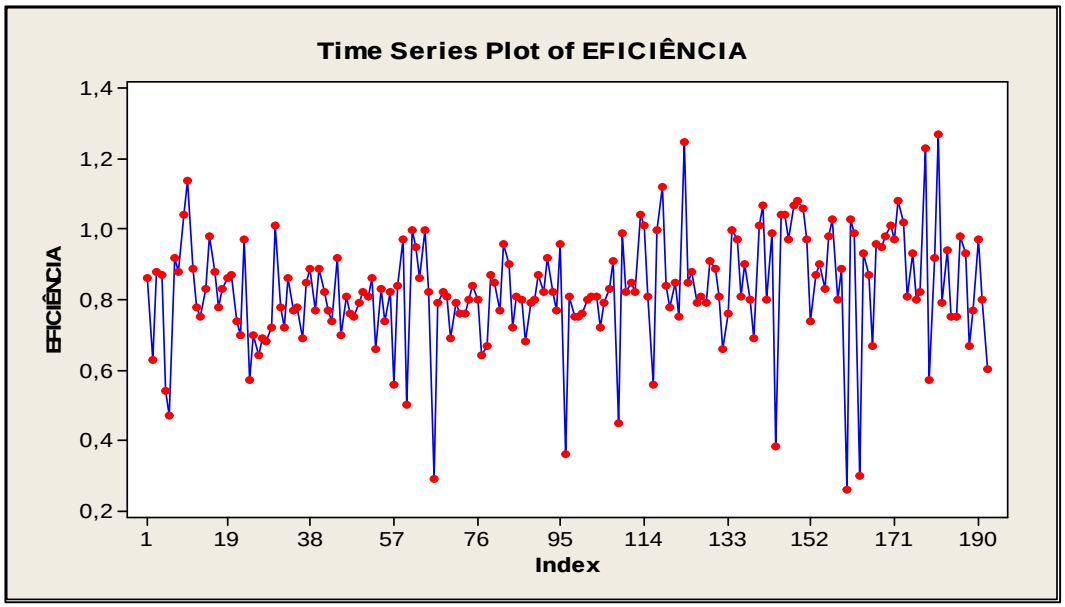
Iniciando-se pelas estatísticas descritivas, a variabilidade presente no processo pode ser observada por meio do coeficiente de variação global de 19,27%, ou seja, as eficiências variam em relação à eficiência média em 19,27%.

Ressalta-se também a ocorrência de ineficiências no processo em determinados períodos, com registro de eficiência mínima de 26% a serem confrontadas com os máximos índices de eficiência registrados, de até mesmo 127%.

OBS: Esses índices de eficiências discrepantes provavelmente são decorrentes de atividades realizadas fora do padrão estabelecido para o calculo da eficiência máxima, contudo, na presente fase, esses outliers não foram desconsiderados, estes foram analisados (justificados e tratados) na fase 3 do projeto através das cartas de controle.

A mediana do ciclo global é aproximadamente 82% de eficiência e o valor do primeiro quartil é de 76%, fato esse que comprova que apesar da eficiência média ser 83%, 50% dos trens possuem uma eficiência inferior à 82% (valor bem próximo ao valor meta) e 25% dos trens estão abaixo de 76% da eficiência, demonstrando assim o grande potencial de melhoria e justificando o foco inicial nos trens que apresentam ineficiência global, uma vez que estes apresentam uma parcela significativa perante o número de trens total.

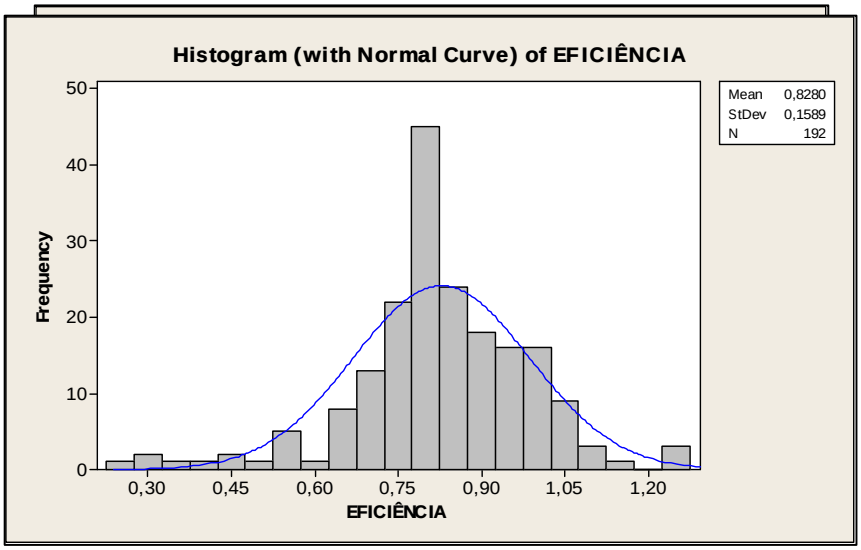
- Série Temporal



Analisando o gráfico não se encontrou nenhuma medida de tendência ou "vício" do processo.

Os valores oscilam de forma instável em torno da eficiência média, apresentando valores de discrepância consideráveis, conforme mencionado anteriormente.

- Box Plot e Histograma

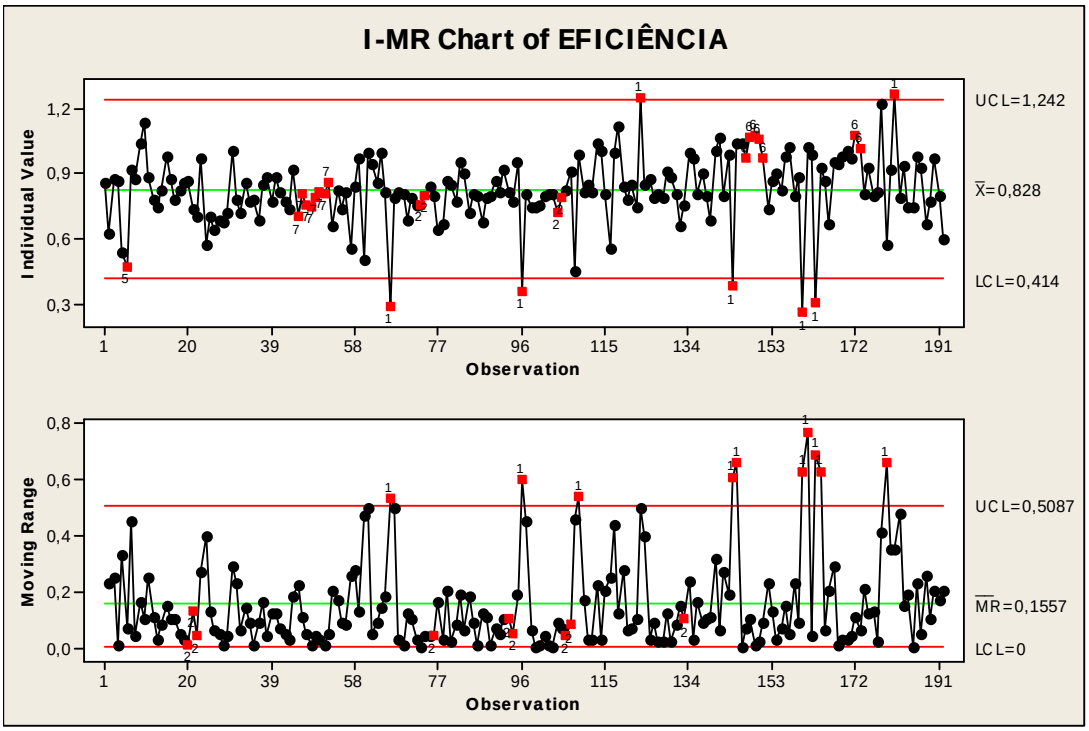


O diagrama de Box-Plot e o histograma sugeriram novamente a presença de *outliers* que como mencionado anteriormente não foram tratados neste momento.

O tratamento desses outliers não se deu nesta fase, pois estes tratam-se, na maioria das vezes, de tempos reais, ou seja, não se tratam de erros no sistema de medição, e apresentam-se como pontos de picos de eficiência e ineficiências reais, gerados normalmente por procedimentos não padrão na execução do ciclo, mas que devem ser acompanhados no controle da eficiência.

O tratamento dos outliers, no estudo, limitou-se então às suas respectivas justificativas e quanto à eliminação, esta só foi efetivada quando a justificativa era condizente ao erro do sistema de medição.

- Cartas de controle:



Analisando a carta de controle "Moving Range" pode-se constatar que existem várias observações especiais.

Ao analisar a carta de controle "Individual Value" percebe-se também o descontrole do processo em determinados pontos.

Esses pontos são superficialmente justificados pela variabilidade do processo de transporte de cargas baseados em toneladas fixas de transporte. Isto significa dizer que como o transporte não é determinado por horários fixos de partida e chegada a serem cumpridos e sim pelo carregamento e descarregamento total da composição para que o ciclo se complete, este está intrinsecamente sob efeito da variabilidade das

etapas de ciclo a serem cumpridas. Fato este que sugere um desdobramento futuro por etapas de ciclo.

Devem ser investigadas causas como: ocorrência de acidentes; problemas de via permanente, eletro-eletrônica ou no material rodante.

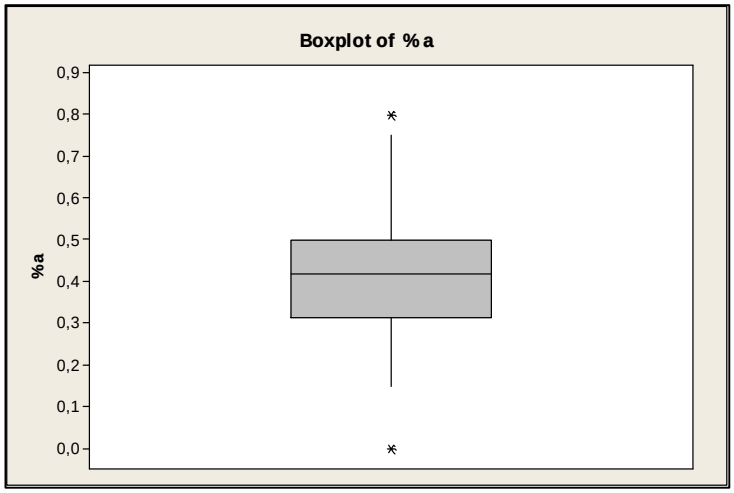
4.3.4 Comportamento histórico do indicador de ineficiência dos trens:

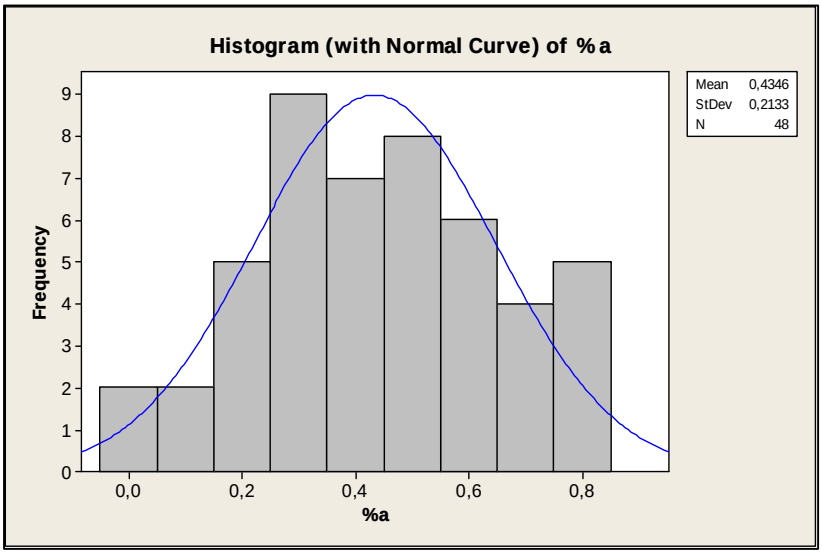
Abaixo seguem as análises referentes ao indicador de percentual de trens ineficientes para o fluxo da Cosipa.

O horizonte da análise é semanal e correspondente ao mesmo período de análise do comportamento histórico da eficiência.

- Estatística descritiva, Box plot e Hstograma

Variable	Count	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Nº Trens ineficientes	16	0,39	0,05	0,20	0%	32%	42%	50%	80%





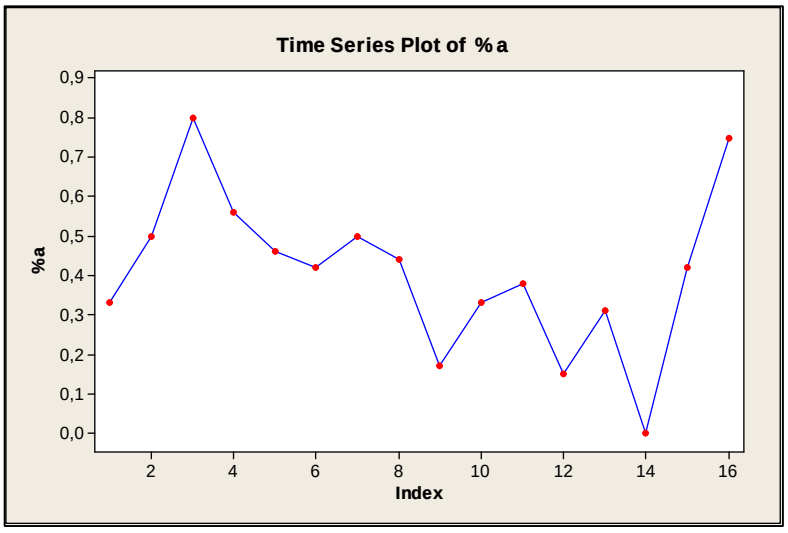
As estatísticas descritivas sugerem que em média 39% dos trens apresentam ineficiência global, não alcançando, portanto a meta de 80% sobre o tempo padrão ótimo estabelecido.

O 1º Quartil retrata ainda que em 75% das semanas avaliadas o percentual de trens ineficientes apresentou-se superior à 32% e, a mediana, em 50% das semanas superiores à 42%.

Estas estatísticas reforçam que o foco no indicador de percentual de trens com ineficiência global é uma perspectiva que pode se apresentar como uma forma menos dispendiosa de se aumentar a eficiência global uma vez que este indicador apresentou valores significativos.

Na análise do diagrama de Box Plot e do histograma percebe-se que sobre a perspectiva deste indicador, para um mesmo universo de dados, a presença de outliers é bem menos significativa.

- Série Temporal



Analisando a série histórica dos eventos do percentual de trens ineficientes observa-se que existe uma variabilidade considerável em torno da média 0,39, com pico de máximo e mínimo iguais à 0,80 e 0,00 respectivamente.

Não é observada nenhuma tendência no horizonte de tempo total e nenhum vício do processo.

A análise do histórico do problema não sugeriu que o problema pudesse estar ligado ao comportamento de outro indicador.

4.3.5 Estabelecimento da meta geral:

O critério inicial utilizado para o estabelecimento da meta foi o valor *benchmark* do histórico considerado. Porém, com o registro de semana com 0% dos trens ineficientes, o que, em termos de meta, é impraticável, o valor adotado mediante a análise da série histórica foi 20%.

O prazo estabelecido para o alcance da meta é de 8 meses, conforme sugerido pela metodologia e utilização de critério para a seleção do problema.

Meta Geral estabelecida: Redução de 39% para 20% no número de trens ineficientes dos fluxos do cliente Cosipa num prazo de 8 meses.

4.3.6 Análise de viabilidade de investimento na solução do problema:

Para a análise da viabilidade de investimento para o alcance da meta realizou-se o seguinte cálculo:

Partiu-se da eficiência média encontrada de 0.83 e da conseqüente perda média de 0,17 para um percentual de trens atrasados igual a 390, e partiu-se da premissa que, para um percentual de 20% de atraso a eficiência e perda média seriam de 0,913 e 0,087 o que acarretaria um aumento de produção e um retorno financeiro devido à redução do ciclo em função do aumento da eficiência média global.

Demonstração:

Ciclo Médio Atual (dia) – p/ eficiência média de 83%	4,2
Produção atual mensal – p/ eficiência média de 83%	575.855
Novo ciclo – p/ eficiência média 91,3%	3,83
Nova Produção Mensal - p/ eficiência média 91,3%	631.359
Ganho de produção Anual (TU)	666.049
Retorno Financeiro	R$ 13.320.983

O problema, porém ainda não está focado, tornando-se necessário então uma série de desdobramentos para que se pudesse chegar em um foco estratégico, visando um esforço menos dispendioso para o alcance da meta.
O desdobramento realizado pode ser verificado na fase a seguir.

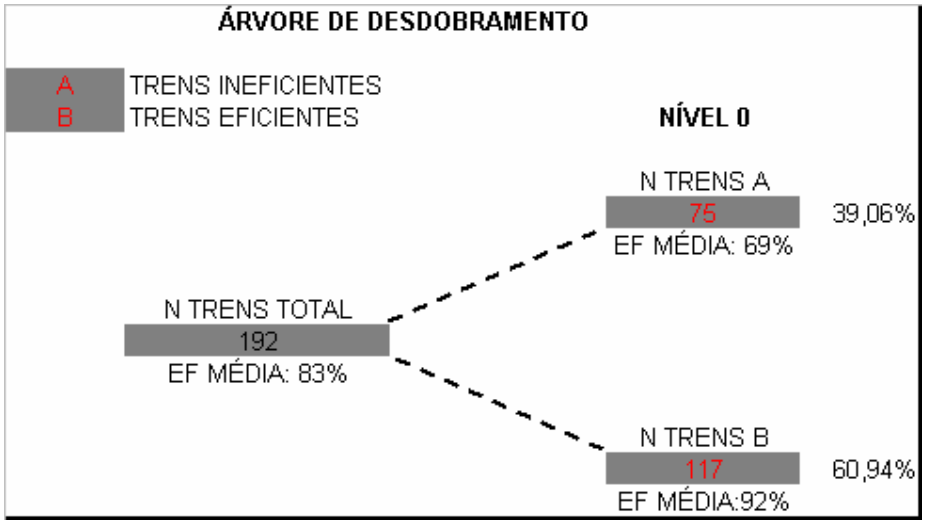
4.4 Fase 4 : Desdobramento do Problema

Para o desdobramento do problema, conforme explicado anteriormente, foi utilizado o indicador de número de trens ineficientes tendo-se visto que estes apresentaram estatísticas que demonstraram que um foco dados no tratamento destes é mais eficiente e menos dispendioso que focar em trens que já apresentam uma boa eficiência global, e por isso ter sido incorporado na meta geral do projeto.
De qualquer forma será também apresentado o comportamento da eficiência para este número de trens desdobrado, uma vez que a eficiência está intimamente ligada ao problema da meta geral, tornando muitas vezes difícil no trabalho a separação do tratamento destes dois problemas: percentual de trens ineficientes e eficiência global.
Para tanto no desdobramento foram fornecidos indicadores do número de trens eficientes/ineficientes, para que se buscasse o foco de trens ineficientes no estabelecimento das metas específicas como forma de melhor alcançar a meta geral.
O problema foi desdobrado inicialmente pelos destinos do fluxo Cosipa (São Bento – FST e Piaçaguera –IPG) e posteriormente pelas etapas de ciclo (etapas de carregamento, transit times e descarregamento).
As ferramentas utilizadas foram os diagramas de Pareto e Bar Chart. Para o acompanhamento da eficiência utilizou-se das estatísticas descritivas, diagramas de Box-plot, histogramas e cartas de controle.
Os dados históricos utilizados para o desdobramento são correspondentes dados de análise do comportamento histórico: julho a outubro/2006.

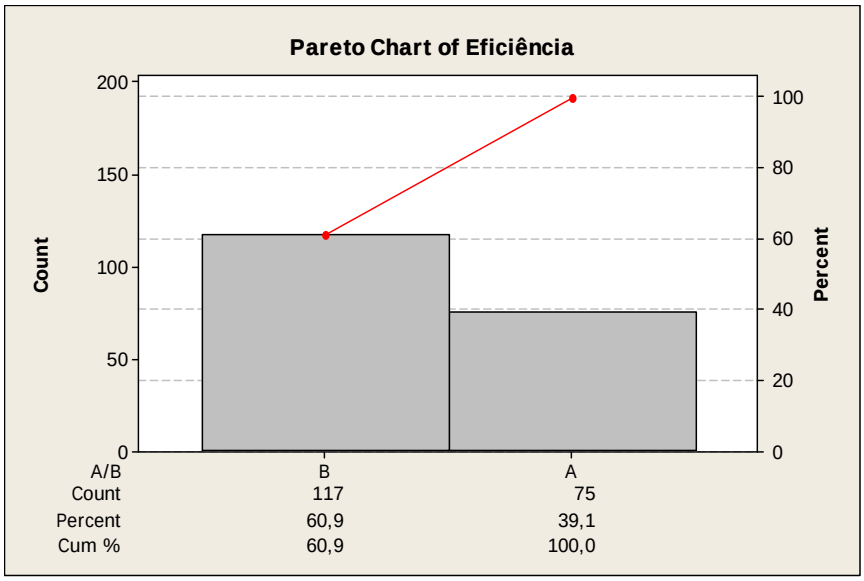
4.4.1 Desdobramento (Resultado):

- **Nível 0: Trens Ineficientes (A) x Trens Eficientes (B)**

Ao desdobrar os trens em ineficientes e eficientes chegou-se aos seguintes resultados:



- Pareto



Comportamento da eficiência media dos trens ineficientes (A) e eficientes (B):

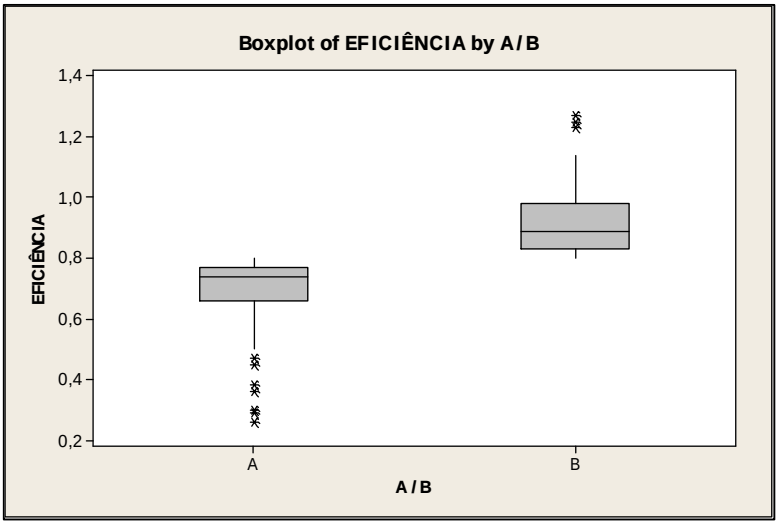
- Estatísticas descritivas / Diagrama de Box-Plot e Histograma :

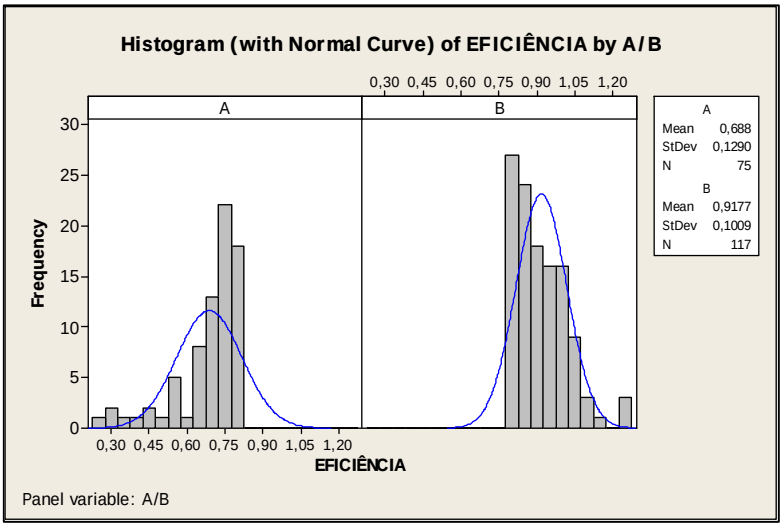
Variable	A/B	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Eficiência	A	75	75	0	0,69	0,01	0,13	0,26	0,66	0,74	0,77	0,80
Eficiência	B	117	117	0	0,92	0,01	0,10	0,80	0,83	0,89	0,98	1,27

A média para a eficiência dos trens ineficientes é de 69% e de 92% para os trens eficientes.

Um ponto importante de ser ressaltado é a estatística do 3º Quartil dos trens B que é equivalente à uma eficiência iguala à 98%, o que significa dizer que 25% dos trens B possuem uma eficiência global igual ou superior à 98% sendo o máximo 127% sobre o padrão ótimo estabelecido.

Isso pode ser um indício de que o padrão ótimo estabelecido pode estar ‘frouxo”. Caso essa suposição se confirme, torna-se necessária a nova reformulação dos tempo ótimos padrão e uma nova análise da eficiência.

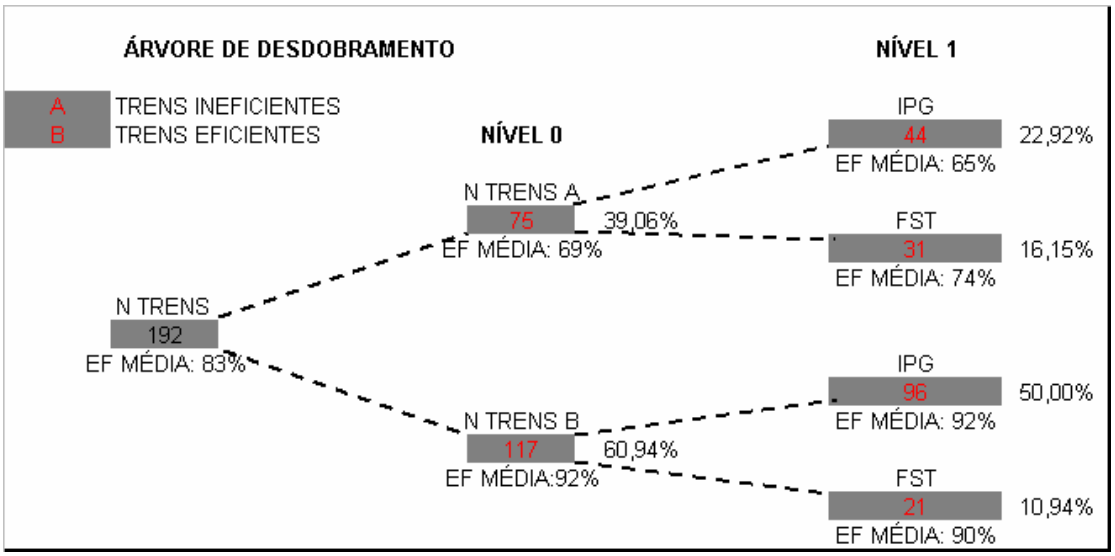




Os diagrama de Box-Plot e os histogramas desdobrados mostram a variabilidade existente nos processos dos trens A e B e um número maior de outliers verificados para os trens A.

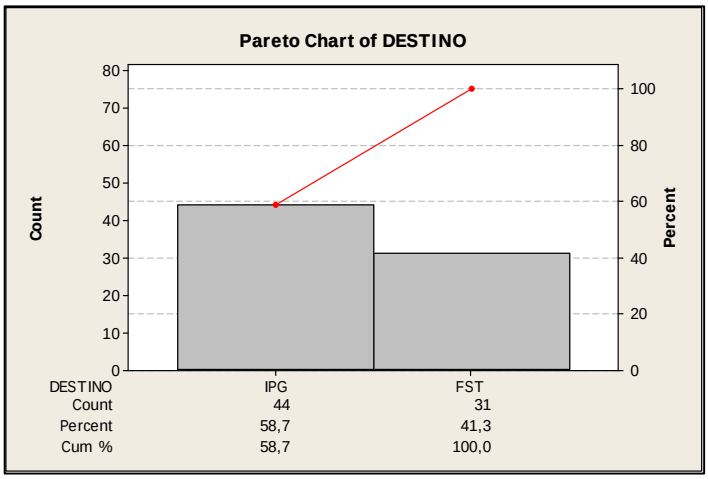
- **Desdobramento por destino: Nível 1: Trens destino IPG x Trens destino FST**

Ao desdobrar os trens por destino chegou-se aos seguintes resultados:

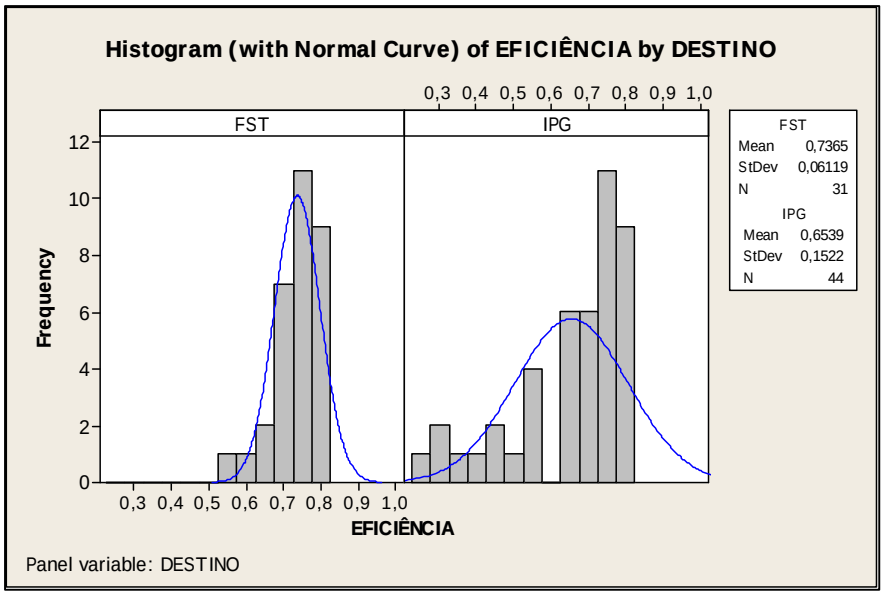


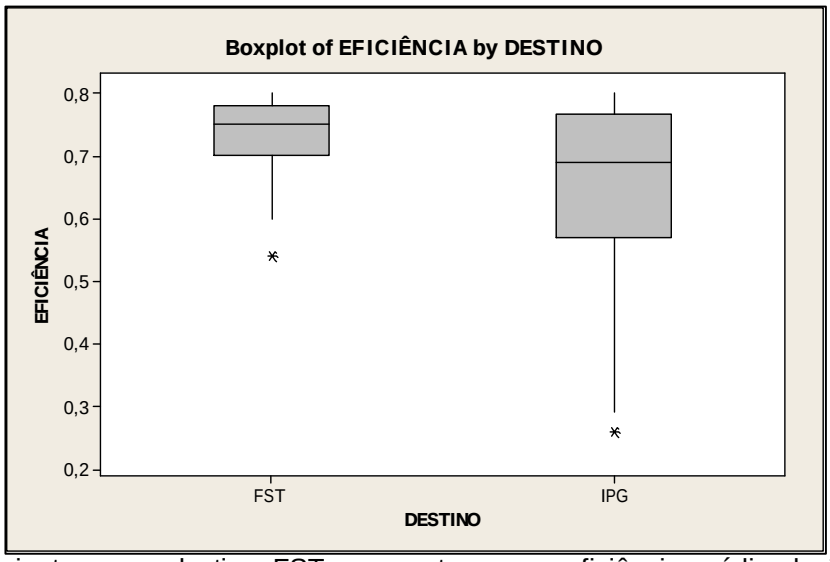
- Comportamento da eficiência desdobrada por destino

  - Trens A



Variable	FST/IPG	Count	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Eficiência	FST	31	0,74	0,01	0,06	0,54	0,70	0,75	0,78	0,80
Eficiência	IPG	44	0,65	0,02	0,15	0,26	0,57	0,69	0,77	0,80





Os trens ineficientes com destino FST apresentam uma eficiência média de 74%, superior à média global dos trens ineficientes (69%) e representam 16,15% dos trens totais.

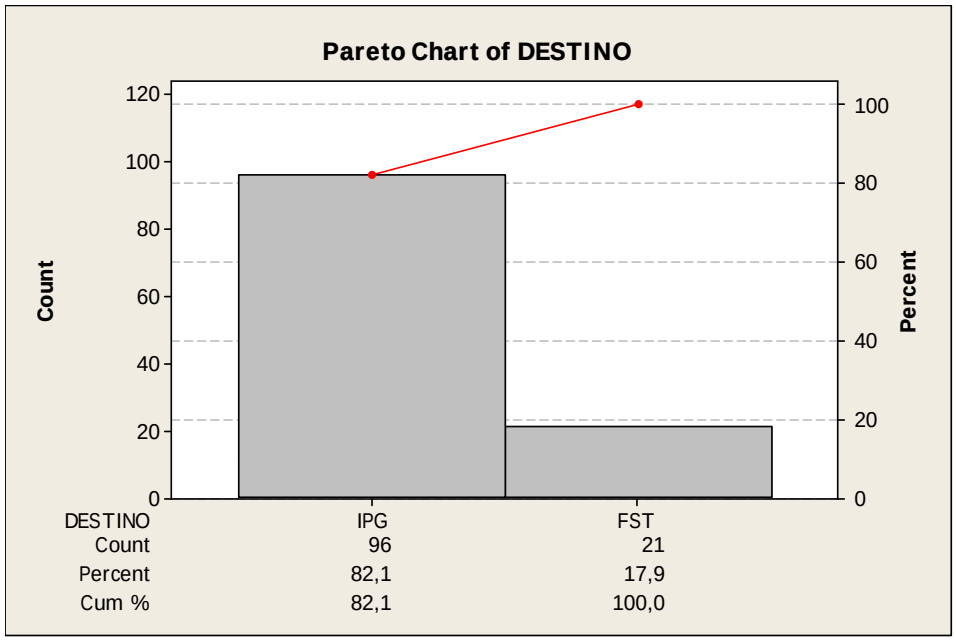
Já os trens ineficientes com destino IPG apresentam uma eficiência média global de 65% e representam 22,92% dos trens global, mostrando, portanto um foco mais

interessante de melhoria dado sua inferioridade de eficiência global média e maior representatividade em número de trens ineficientes.

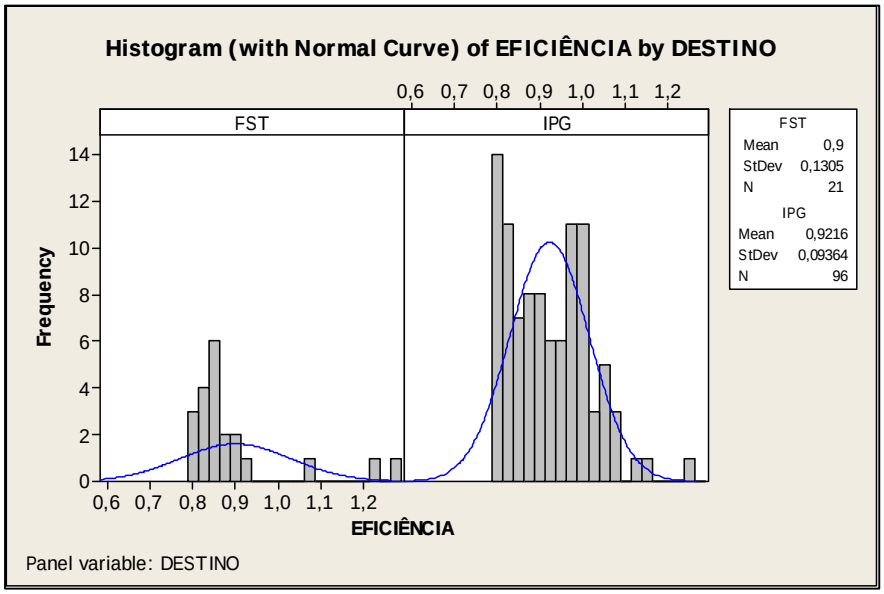
Além disso o valor do desvio padrão para os dados de IPG é o triplo do apontado para FSAT, demonstrando assim a maior variabilidade do processo em IPG. Esta maior variabilidade pode ser explicada qualitativamente pelas maiores interferências às quais o fluxo IPG está exposto. Estas interferências serão explicadas posteriormente.

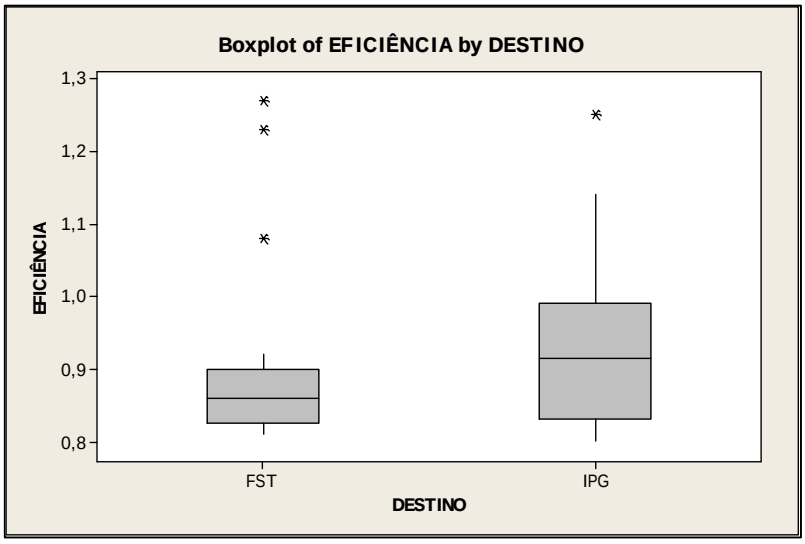
Existe apenas um *outlier* para cada um dos destinos.

- Trens B



Variable	FST/IPG	Count	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Eficiência	FST	21	0,90	0,03	0,13	0,81	0,83	0,86	0,90	1,27
Eficiência	IPG	96	0,92	0,01	0,09	0,80	0,83	0,92	0,99	1,25



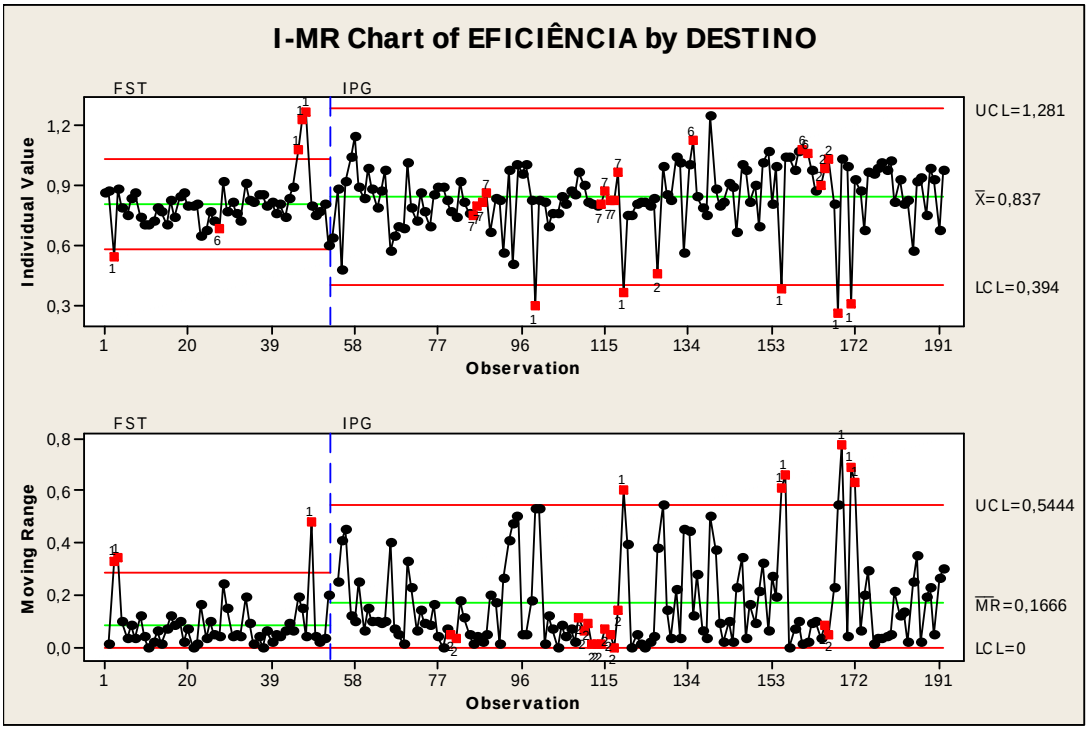


Já na análise dos trens eficientes, a situação é invertida, os trens com destino IPG demonstram uma melhor performance quando comparados com os de destino FST.

Com uma eficiência média de 92% para IPG e 90% para FST, além dos maiores valores para a mediana e 3º Quartil apresentadas também por IPG.

Porém neste caso, as performances IPG apresentam um percentual maior de ocorrência.

Esse fato, maior número de trens eficientes em IPG, no entanto é previsível pelo fato da demanda de IPG ser bem mais significativa que a demanda de FST e, portanto não se trata de uma reflexão da maior eficiência de IPG.



Ao observar o gráfico de controle da eficiência global desdobrado pelos destinos IPG e FST verifica-se inicialmente a diferença existente entre os limites de controle.

O destino IPG apresenta uma variabilidade maior quando comparado com FST, apresentando limite de controle superior mais alto que o de FST e o inferior mais baIxo, na carta de controle X.

Um dos fatores responsáveis pela maior variabilidade do processo com destino à IPG, é o fato do ciclo para este destino ser maior, estando este então, sob efeito de mais causas que possam intervir no processo de maneira a aumentar sua variabilidade de processo.

Um ponto que se destaca como de forte influência na maior variabilidade dos ciclos IPG é a necessidade de, durante o tempo de percurso do trem, transitar em um trecho não pertencente a malha ferroviária da MRS Logística, estando este sobre gerenciamento da a CPTM (Companhia Paulista de Trens Metropolitanos).

Para este trecho existem faixas de horários determinadas em contrato pelas duas empresas, em que é permitida a circulação dos trens da MRS e, no caso da perda dessa faixa, os trens precisam aguardar a faixa de horário seguinte para que possa prosseguir para seu destino.

Como pode ser visto então, este é um fator que aumenta a variabilidade do ciclo, através do aumento do tempo de ciclo de maneira discrepante, uma vez que o tempo

de esperar a faixa seguinte pode ser muito grande, e conseqüentemente do aumento da ineficiência.

A eficiência dos dois ciclos apresenta-se fora de controle, sobre efeito de causas assinaláveis e, apesar de possuírem limites de controle diferentes, apresentam valores de média muito próximos e acima do limite de especificação (0,80).

- **Desdobramento por etapas: Nível 2: Etapas de ciclo (ACM, CAR, DCM, TTC, ADM, DES, DDM, TTV)**

A partir do desdobramento de trens ineficientes por destino desdobrou-se os atrasos em etapas de ciclo utilizando-se do seguinte critério:

Dadas as ineficiências de cada etapa, buscou-se na análise avaliar a quantidade de eventos de ineficiência ocorridos para cada etapa que, quando resolvida, ou seja, tratada de forma a alcançar a meta de eficiência determinada para a respectiva etapa, proporcionasse ao ciclo a eficiência global. Em outras palavras, este desdobramento visou buscar em quais etapas estavam concentradas as reais causas da perda da eficiência global.

Essa forma de desdobramento foi selecionada para que se obtivesse um foco de atuação para a redução do número de trens ineficientes em etapas que realmente contribuem para a determinação da ineficiência do ciclo, evitando assim, investimentos dispendiosos em etapas que, ou já apresentam performances eficientes ou que, mesmo não possuindo, dado o investimento para a eficiência desta, em nada contribuiriam para a eficiência global.

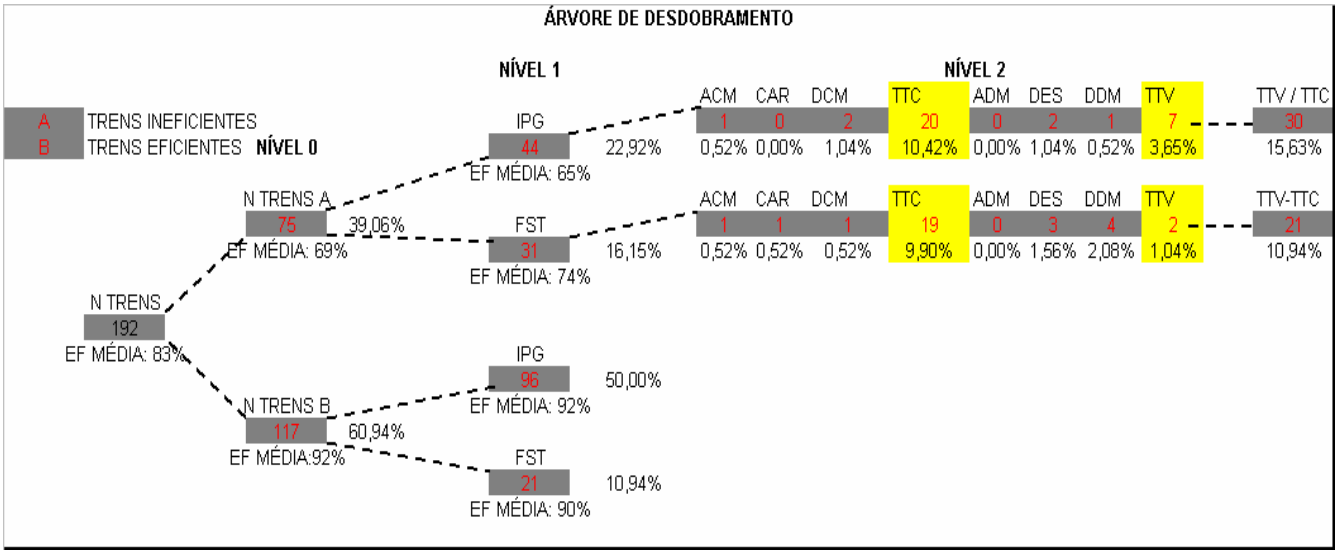
Outra perspectiva do desdobramento por etapas é a caracterização dos locais e tipos de investimentos a serem feitos para o alcance da eficiência global, pois de acordo coma as etapas tidas como críticas pelo desdobramento já se tem uma pré-visualização de onde e de que forma estes investimentos deverão ser aplicados.

Por exemplo, se detectada como críticas as etapas de carregamento, ACM (antes da carga), CAR (carga) e DCM (depois da carga), já se presume os tipos de investimento a serem realizados nos terminais de carga para aumento da eficiência, tais como: melhor padronização das operações, melhor utilização das linhas dos terminais e do dispositivo de carregamento, gerenciamento das filas dos terminais de carga, entre outros. Caso detectado, porém a criticidade em uma dessas etapas, seria necessário ainda, um dedobramento por origem do ciclo, para que se detectasse os pontos de carga críticos para a eficiência global e centrasse nele(s) os investimento para a redução das ineficiências.

Já para as etapas de trânsito, TTV (transit time vazio) e TTC (transit time carregado), seria necessário um desdobramento para avaliar se as perdas se dão nas etapas em

que o trem se encontra circulando ou nas etapas em que param nos pátios para a realização de atividades, e posteriormente em que locais da malha se dão estas perdas maiores. Para as etapas de descarga a análise é análoga às etapas de carregamento, porém o desdobramento por destino não seria necessário por já ter sido realizado previamente.

Os resultados encontrados com o desdobramento encontram-se na árvore de



desdobramento abaixo:

Conforme observado na figura acima se pode observar que as etapas de maior relevância para o tratamento da ineficiência são as etapas de trânsito.

Do percentual de 39,06% de atraso 26,57% encontram como causa principal a ineficiência nas etapas de trânsito. O que equivale dizer que se eliminados todos os trens com ineficiência nestas etapas o percentual de trens com ineficiência global reduziria para 12,49% ou seja, teria uma redução de aproximadamente 68% dos trens ineficientes total

Para alcançar o valor da meta de 20% de trens ineficientes seria necessário então eliminar 71% dos trens com ineficiência nas etapas de trânsito.

Esse resultado da criticidade dos tempos de trânsito para a eficiência dos trens já era esperado, não tanto pela ineficiência da etapa, mas sim pelo fato destas etapas se apresentarem como as maiores etapas do processo (vide quadro dos tempos ótimos e meta para cada etapa), impactando assim, mais fortemente na eficiência global.

DESTINO IPG		
	Ótimo	Meta 80%
ACM	0:30	0:37
CAR	3:30	4:22
DCM	0:35	0:43
TTC	46:31	58:08
ADM	0:30	0:37
DES	7:00	8:45
DDM	2:00	2:30
TTV	35:25	44:16

DESTINO FST		
	ÓTIMO	Meta 80%
ACM	0:45	0:56
CAR	2:30	3:07
DCM	1:20	1:40
TTC	21:10	26:27
ADM	0:30	0:37
DES	6:00	7:30
DDM	1:20	1:40
TTV	24:27	30:33

Cabe ressaltar que nessa etapa do projeto, para acompanhamento da eficiência em cada etapa, os outliers já se encontravam em um nível do desdobramento que já permitiam seu tratamento sem causar prejuízo às análises seguintes.

Os outliers, porém só foram eliminados em casos que se verificavam erro óbvio do sistema de medição da duração das etapas, uma vez que os tempos não poderiam corresponder à realidade do evento, dada a impossibilidade da prática da etapa no tempo medido, acarretando em uma eficiência alta e irreal. Os demais outliers foram mantidos na análise.

Abaixo serão apresentadas as estatísticas descritivas de cada etapa com outliers e a seguir uma análise do acompanhamento da eficiência em cada etapa do ciclo sem os outliers.

- **Estatísticas descritivas e Box Plot com outliers:**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
ACM	191	191	0	7,2	3,18	43,99	0,07	0,54	1	2	600

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
DCM	191	183	8	3,597	0,704	9,524	0,03	0,39	0,71	1,45	80

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
CAR	191	185	6	1,046	0,0615	0,8358	0,39	0,71	0,88	1,075	7,47

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
ADM	191	187	4	2,37	0,266	3,636	0,13	0,64	1,2	3	30

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
DES	191	188	3	1,833	0,109	1,499	0,14	1	1,515	2,21	12

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
DDM	191	190	1	1,802	0,412	5,675	0,02	0,565	0,86	1,33	60

As estatísticas de eficiência das etapas sem a retirada proposta anteriormente dos outliers sugerem valores de eficiência média, desvio da média e desvio padrão impraticáveis para uma análise da eficiência, como pode ser verificado nas estatísticas acima.

Para as etapas de TTC e TTV não foram verificados outliers do tipo proposto para o tratamento, o que valida a análise mais adiante dessas etapas e os dados da eficiência global, haja visto que a essência dela é calculada a partir destes tempos de trânsito.

- **Análise da eficiência por etapas sem outliers:**
- **ACM, DCM, ADM e DDM**

As etapas de Carregamento ACM, DCM, ADM e DCM se comportam de forma muito similar.

Podendo-se destacar as seguintes características:

- **Características analisadas através das estatísticas descritivas e diagrama Box-plot:**

Os outliers ainda existentes na amostra dos dados, porém agora com tempos reais de ocorrência, e a estatística do terceiro quartil evidenciam que nestas etapas pelo menos em 25% dos eventos a eficiência foi superior à 100%, ou seja , conseguiu-se realizar a atividade em um tempo menor que o padrão ótimo estabelecido.

Existe uma justificativa que explica essa ocorrência, esses eventos podem ter ocorrido em não conformidade com os padrões utilizados para o estabelecimento do tempo ótimo de performance, porém não podem ser descartados na análise por apresentarem um percentual significativo de ocorrência e poderem indicar na análise um novo padrão de práticas otimizadas e a necessidade de revisão do padrão otimizado.

Este fator pode de fato, comprometer a análise da eficiência global, dado o registro de uma ocorrência significativa desses eventos nas etapas de referência.

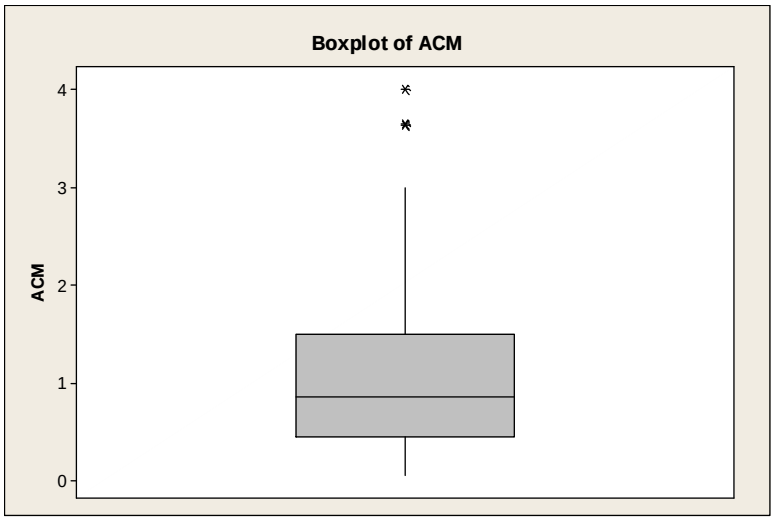
O percentual de trens ineficientes encontrados nas etapas em questão foi significativo e a eficiência da etapa é muitas vezes crítica, haja visto à ocorrência de pelo menos 25% de eventos com eficiência igual ou abaixo de 55%.

Essas etapas, porém apresentam um tempo muito curto de duração não se mostrando como um foco atraente para a solução do número de trens ineficientes.

Seguem abaixo os quadros de estatísticas descritivas e diagramas Box-plot para cada etapa (ACM, DCM, ADM e DDM)

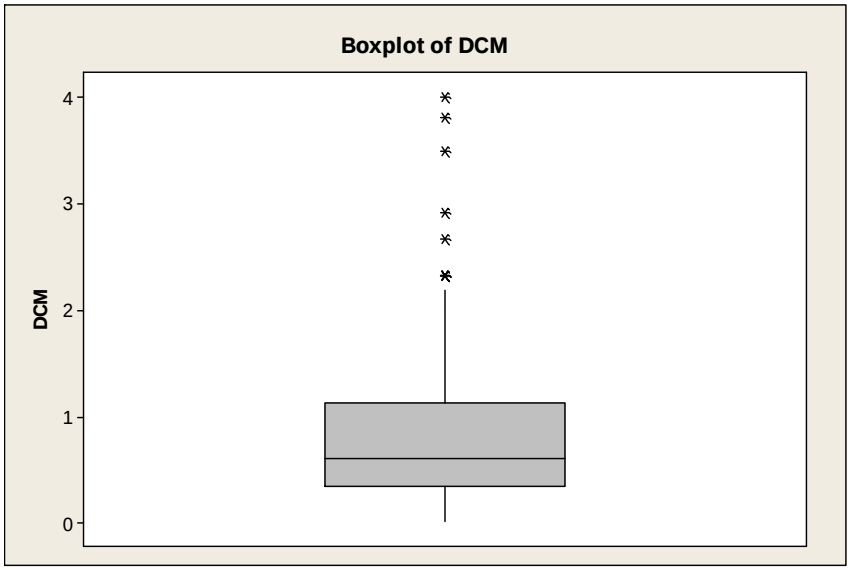
- **ACM**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
ACM	164	164	0,00	1,05	0,06	0,77	0,07	0,5	0,86	1,50	4,00



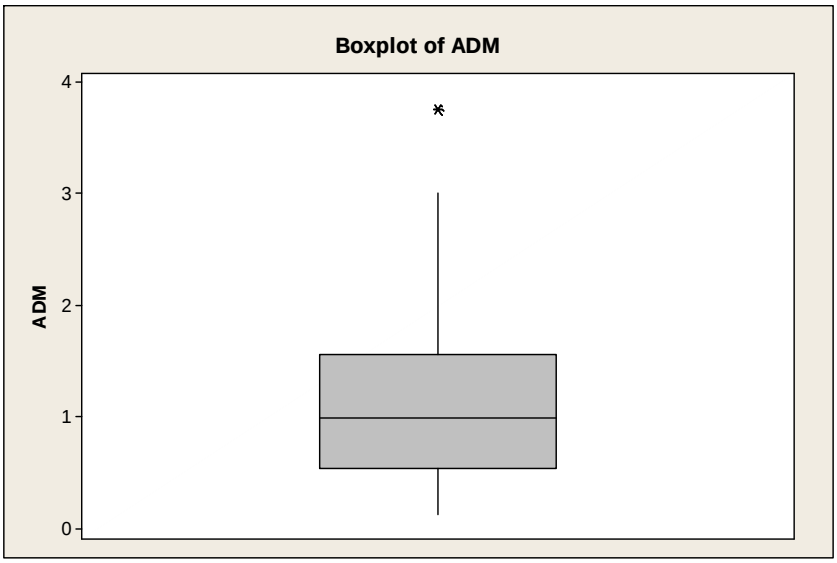
- **DCM**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
DCM	163,00	163,00	0,00	0,86	0,06	0,72	0,03	0,36	0,61	1,14	4,00



- **ADM**

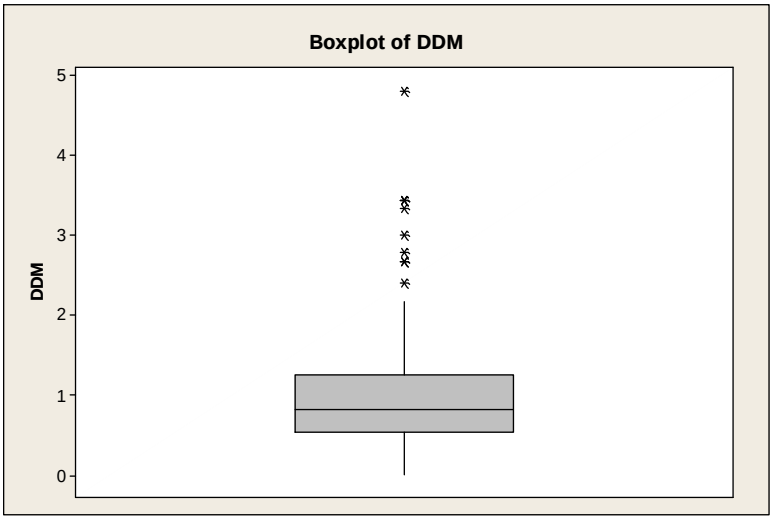
Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
ADM	156,00	156,00	0,00	1,24	0,07	0,87	0,13	0,55	1,00	1,56	3,75



- **DDM**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
DDM	184,00	184,00	0,00	0,99	0,05	0,71	0,02	0,55	0,83	1,26	4,80

- **Características analisadas através das cartas de controle:**

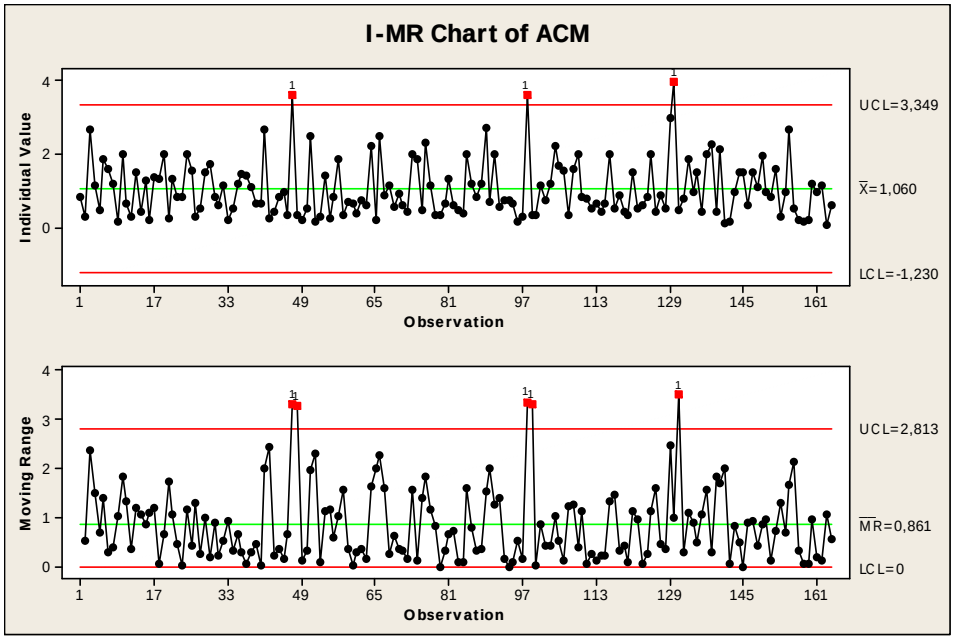


O processo das etapas analisado apresenta-se sobre efeito de causas especiais em determinados momentos e percebe-se essas causas especiais consideradas se devem ao registro de uma eficiência muito alta. Nos demais momentos o processo se mostra controlado e variando aleatoriamente em torno da média de eficiência, que se

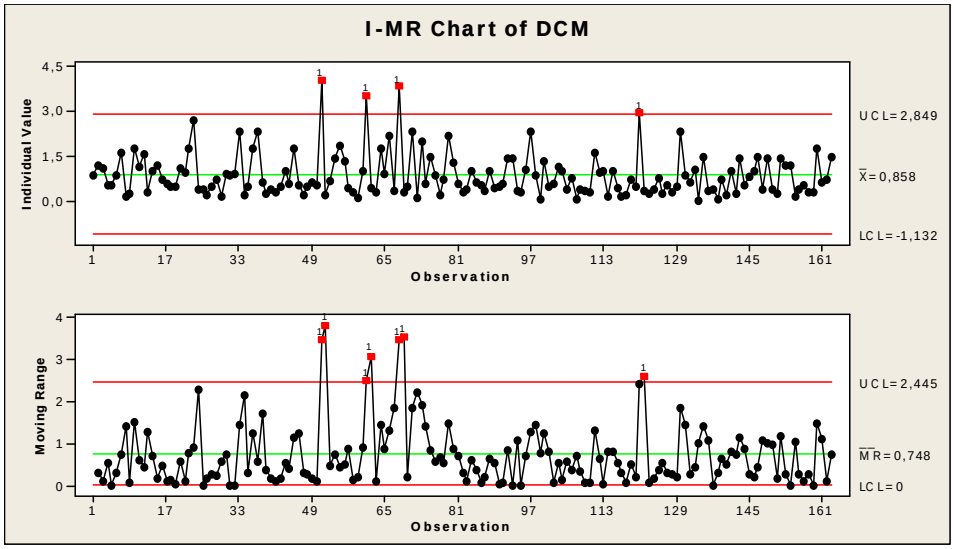
apresenta sempre maior que o limite de especificação (0.80). Essas duas observações podem se tratar dos indícios da não ocorrência do padrão de performance utilizado para determinação do ótimo.

Seguem abaixo as cartas de controle das etapas em questão

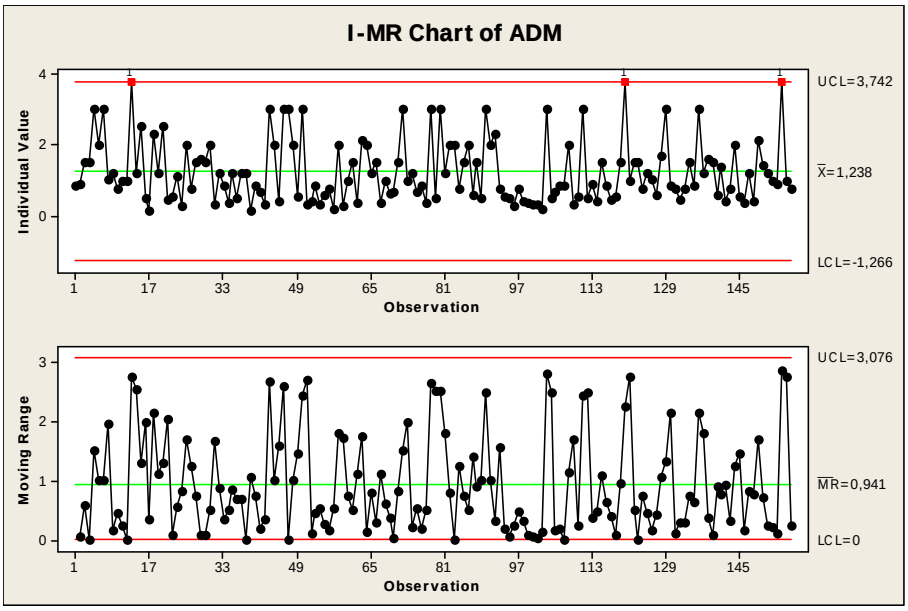
- **ACM**



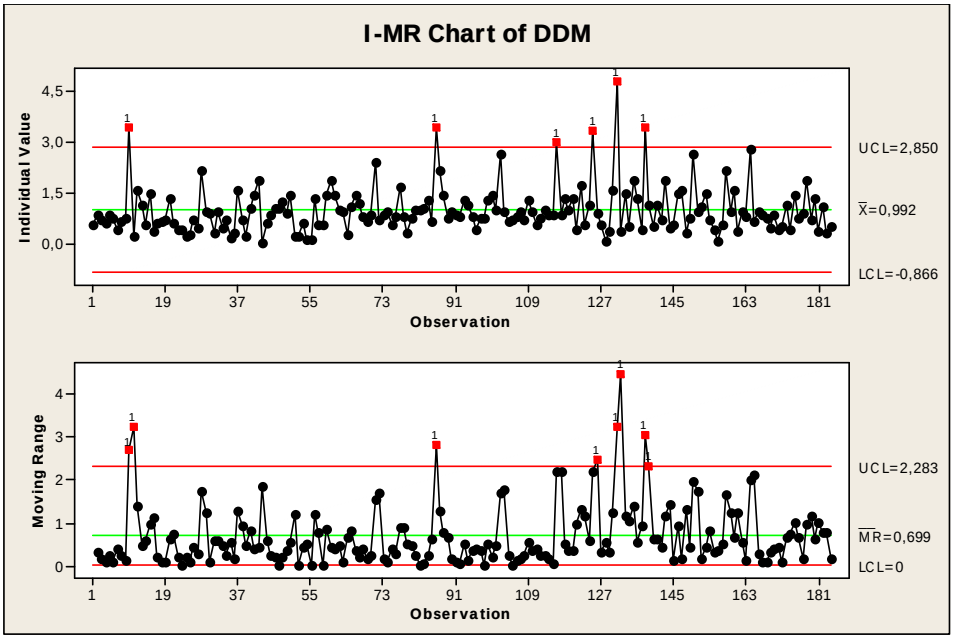
- **DCM**



- **ADM**



- **DDM**



- **CAR e DES**

  - **Características analisadas através das estatísticas descritivas e diagrama Box-plot:**

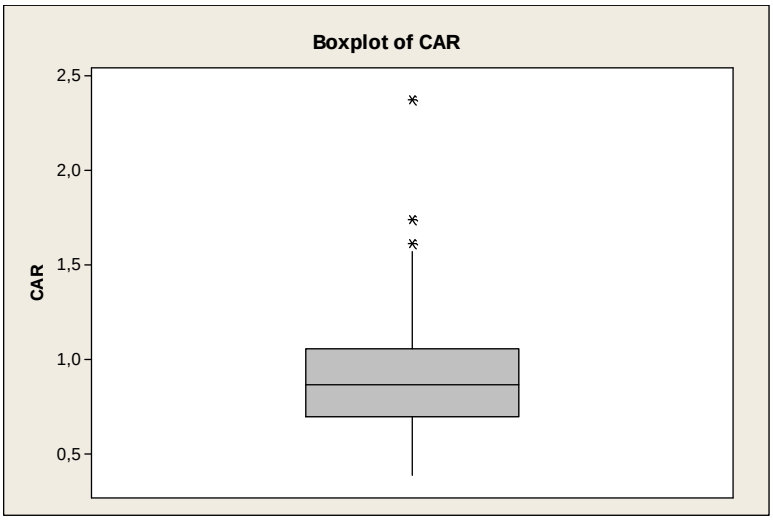
Para a etapa de carregamento os *outliers* ainda existentes na amostra dos dados, assim como nas etapas descritas anteriormente, também evidenciam juntamente com o terceiro quartil que pelo menos em 25% dos eventos a eficiência foi superior à 100%. Já na etapa de descarga fica claro através do 1º Quartil que em 75% dos casos a eficiência é maior que 99% atingindo o máximo de 400%. Nessa etapa, porém é encontrada uma justificativa para esta alta eficiência, uma vez que o tempo ótimo padrão é o tempo de contrato acordado em contrato com cliente para que ele faça a descarga em seu terminal, ficando a MRS assim, com a possibilidade somente de exigir o retorno deste tempo máximo. Em muitos eventos, porém, o cliente realiza o carregamento em tempos abaixo do tempo máximo permitido, gerando estes altos índices de eficiência.

O percentual de trens ineficientes na etapa de carregamento é alto enquanto que para a etapa de descarga esse número não é tão expressivo. Dessa forma, a etapa de descarga, que poderia apresentar um potencial de ganho para a eficiência total devido à sua maior duração , quando comparada à demais etapas de carregamento (ACM, CAR, DCM) e descarga (ADM, DDM), não se mostrou como um ponto estratégico para o foco do tratamento do problema, já que apresentou uma alta eficiência na maior parte dos eventos. Já a etapa de carga, mesmo apresentando uma eficiência mais crítica, trata-se uma etapa muito curta e com baixo grau de contribuição para a eficiência global.

Seguem abaixo os quadros de estatísticas descritivas e diagramas Box-plot para cada etapa (CAR E DES)

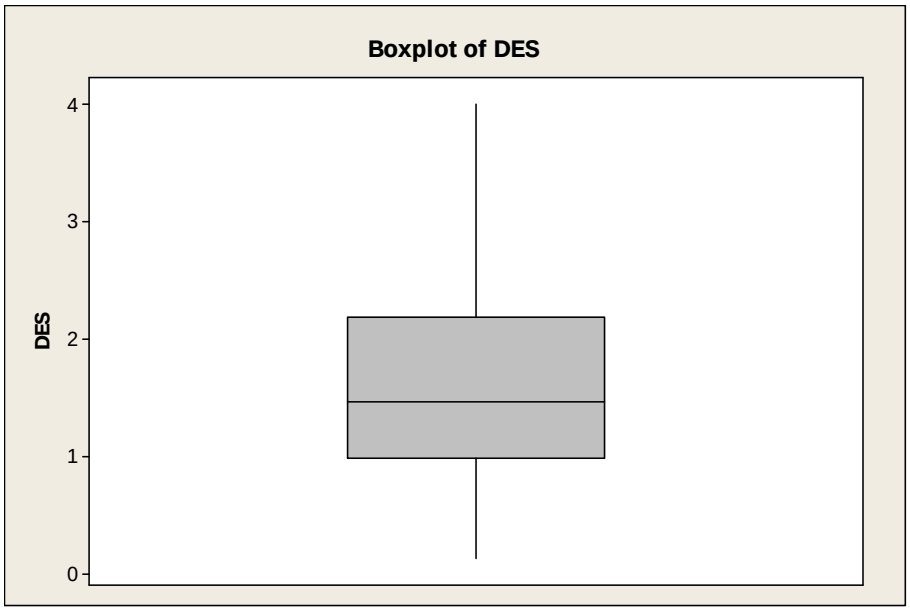
- **CAR**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
CAR	180,00	180,00	0,00	0,92	0,02	0,29	0,39	0,70	0,87	1,06	2,37



- **DES**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
DES	184,00	184,00	0,00	1,66	0,06	0,88	0,14	0,99	1,48	2,20	4,00



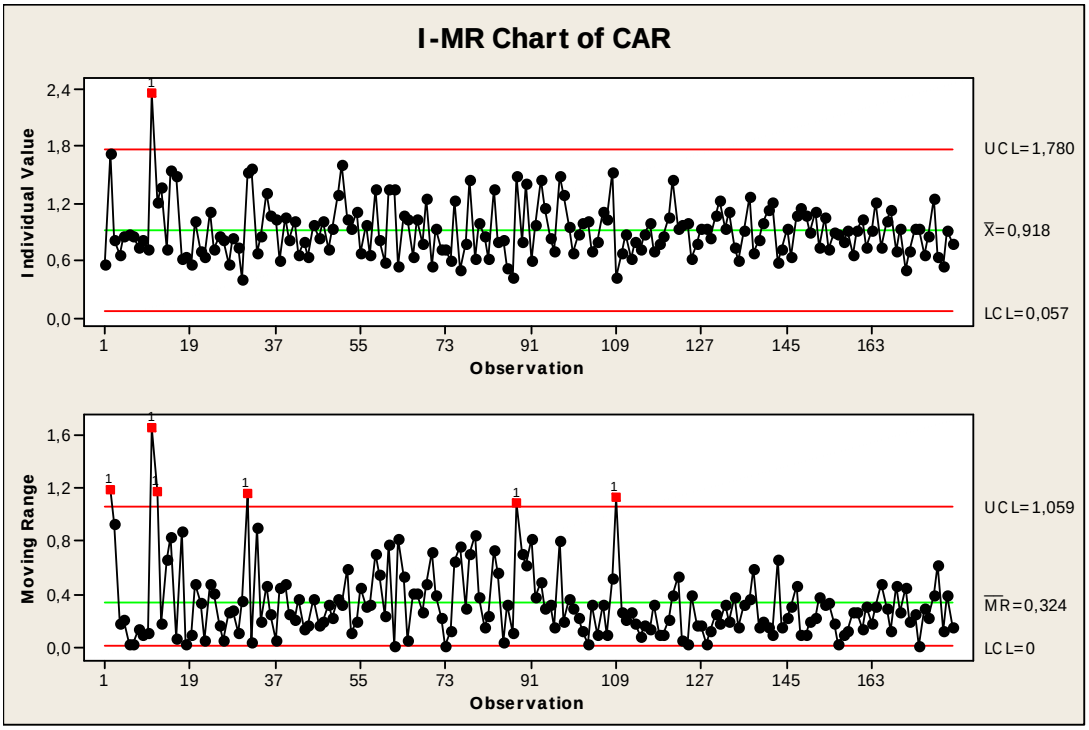
- **Características analisadas através das cartas de controle:**

As causas especiais também são registradas nas etapas de Carga e Descarga nas cartas de controle MR, já nas cartas de controle X, há registro de somente uma observação fora de conrole na etapa de carga, enquanto que na etapa de descarga

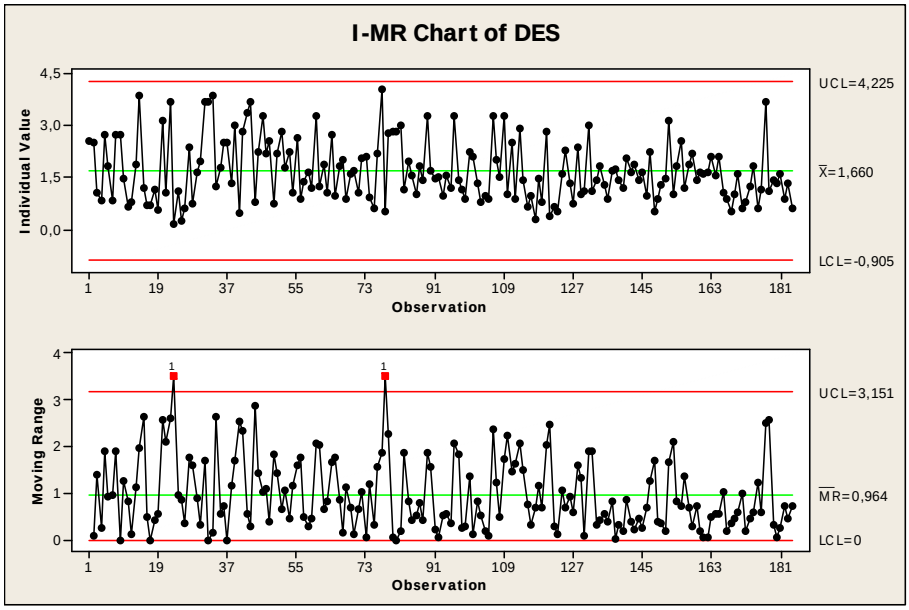
não existe verificação alguma de causas especiais, o que também não garante o controle do processo uma vez que as cartas MR estão sob efeito de causas especiais.

Seguem abaixo as cartas de controle das etapas em questão:

- **CAR**



- **DES**



- **TTC E TTV**

Podendo-se destacar as seguintes características:

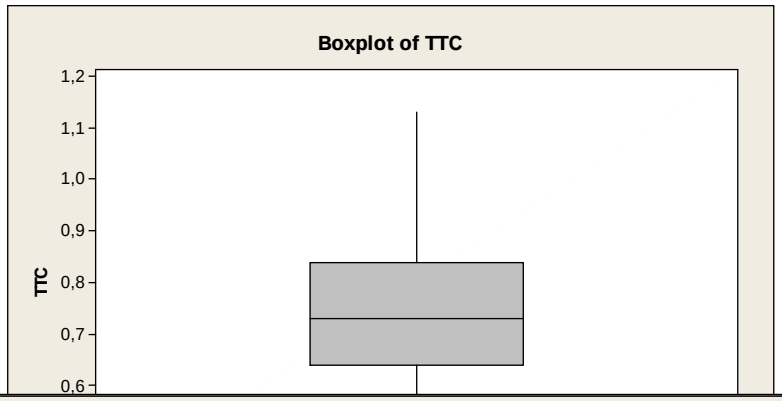
- **Características analisadas através das estatísticas descritivas e diagrama de Box-plot:**

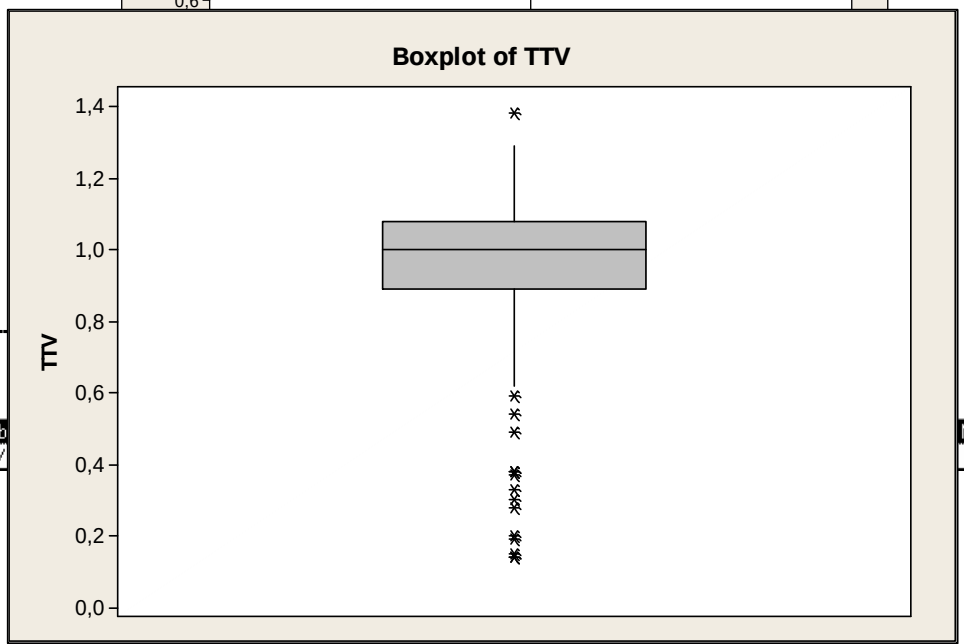
Nos transit time carregado não se verifica presença de outlier, a eficiência média é aproximadamente 74% e o 3º Quartil não apresenta uma eficiência muito alta como nos demais casos. Existe apenas o registro da eficiência máxima de 114%.

Já nos transit times vazios aparecem pela primeira vez, registros de outliers com valores de eficiências muito baixas. Esta etapa apresenta também uma variabilidade superior à etapa de TTC, e como as anteriores, também as estatísticas dessa etapa apresentam uma incoerência entre o padrão do ótimo estabelecido e o praticado, uma vez que existem muitos registros de eficiência superior a 100%.

- **TTC**

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1_1	Median	Q3	Maximum
TTC	191	187	4	0,7424	0,0102	0,139	0,45	0,64	0,73	0,84	1,13



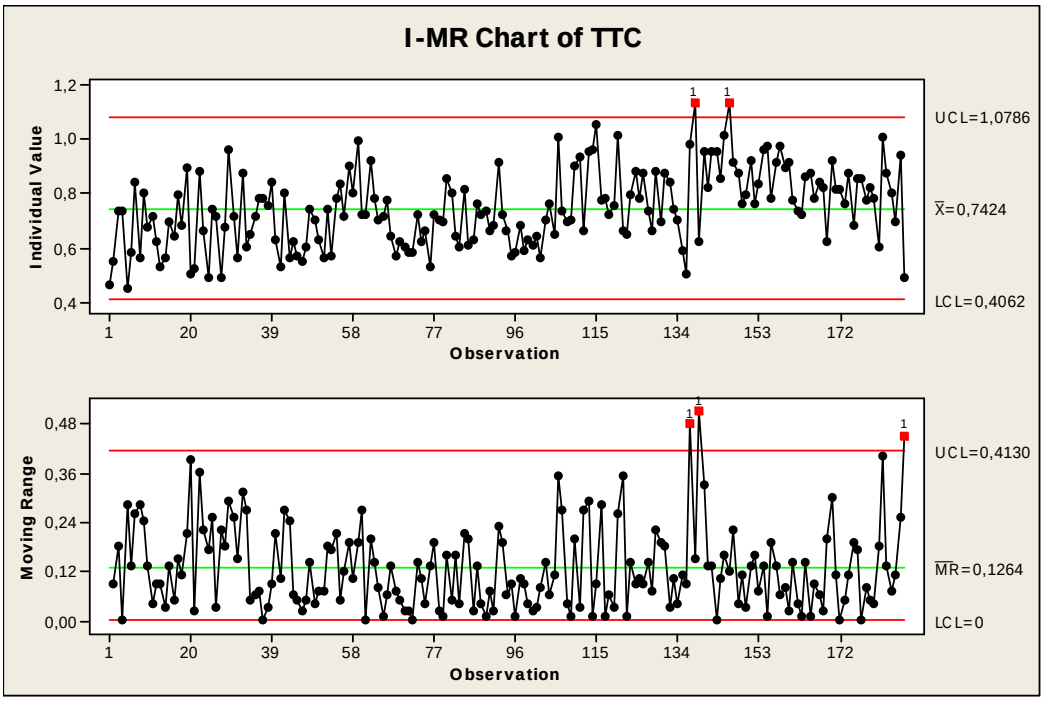


- **T**

Variab											Maximum
TTV											1,38

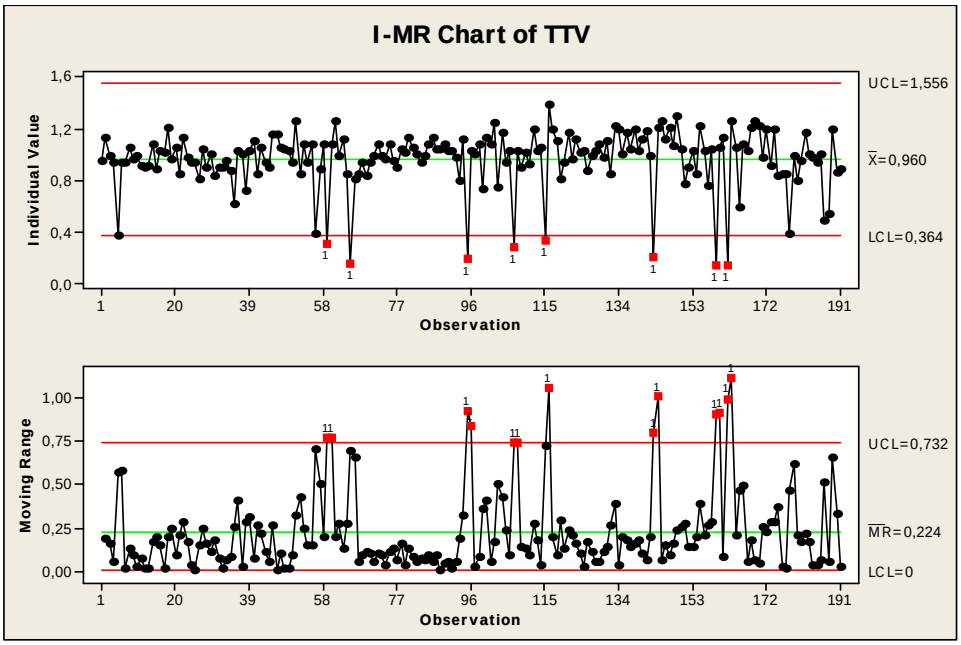
As cartas de controle revelam que os processo não estão sob controle, com ênfase no processo de transit time vazio, que apresentou observações fora de controle.

- **TTC**



- **TTV**

Visto que o foco sugerido pela estratificação do problema foi os tempos de trânsito dos trens ineficientes para os destinos IPG e FST, será apresentado abaixo o



comportamento da eficiência destes processos.

- **TTV E TTC dos trens ineficientes destino FST**

- **TTC**

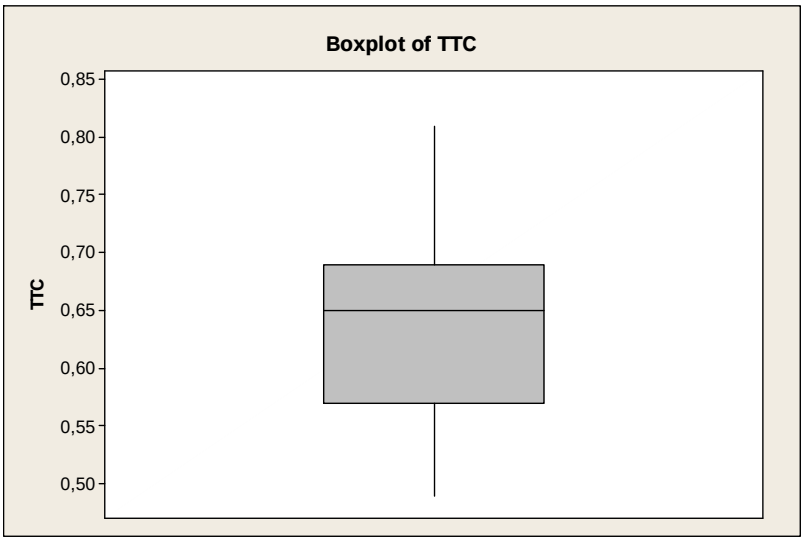
Analisando os trens ineficientes com destino à FST percebe-se que os trens quase que em sua totalidade apresentam ineficiência no transit time carregado.

Através das estatísticas descritivas percebe-se que a eficiência média é de apenas 64% com um baixo desvio padrão, 0,09, eficiência mínima de 49% e máxima de 81%.

Estes números comprovam que o transit time carregado é uma etapa crítica na eficiência dos trens do fluxo Cosipa e que apresenta um impacto direto na eficiência global.

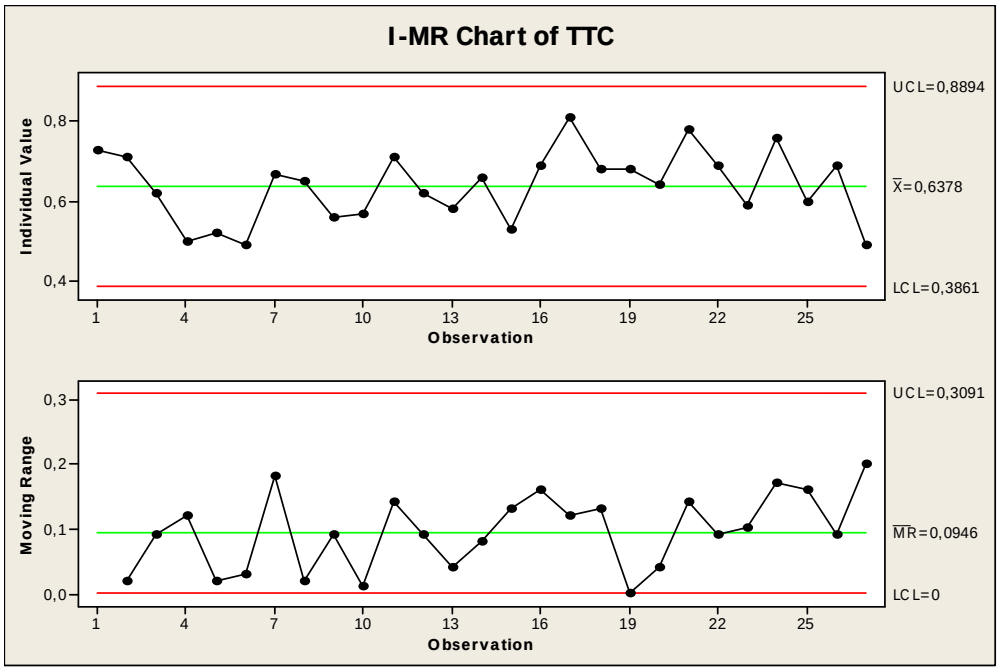
Não se registra existência de outliers nos dados desta etapa.

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
TTC	27,00	27,00	0,00	0,64	0,02	0,09	0,49	0,57	0,65	0,69	0,81



As cartas de controle revelam o controle do processo em torno da média de 64% de eficiência e entre os limites superior e inferior de controle de 89% e 39% respectivamente.

Esses dados mostram que ao focar neste problema deverá se tratar o problema de forma a aumentar a capacidade do processo, uma vez que este se apresenta sob controle, porém com uma eficiência média abaixo do limite de especificação (0,80).



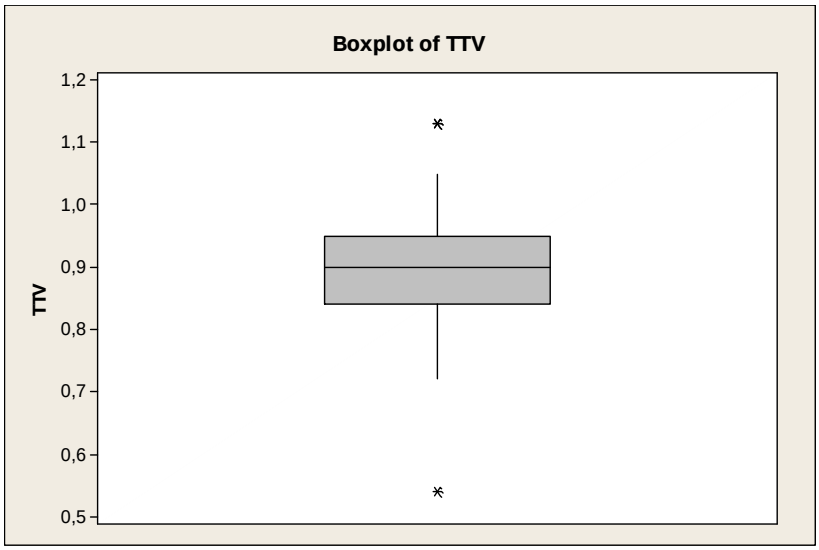
- **TTV**

Já a etapa de transit time vazio dos trens ineficientes destino FST apresenta um número menor de trens com ineficiência (menos de 25%) nesta etapa.

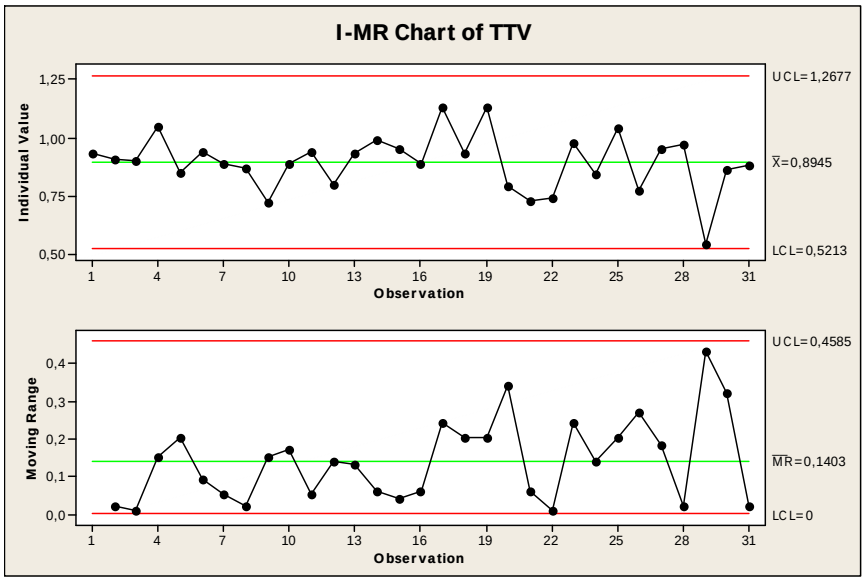
A eficiência média desta etapa é de aproximadamente 89%, com desvio-padrão de 0,12, ocorrência máxima e mínima de eficiência de 1,13 e 54%, respectivamente.

Essas estatísticas mostram que o TTV é uma etapa menos estratégica para se focar o problema, porém essa etapa também deverá ser contemplada para o alcance da meta geral.

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
TTV	31,00	31,00	0,00	0,89	0,02	0,12	0,54	0,84	0,90	0,95	1,13



As cartas de controle do TTV também mostram o controle do processo, neste caso, porém a média está situada acima do limite de especificação (0,80).



▪ **TTV E TTC dos trens ineficientes destino IPG**

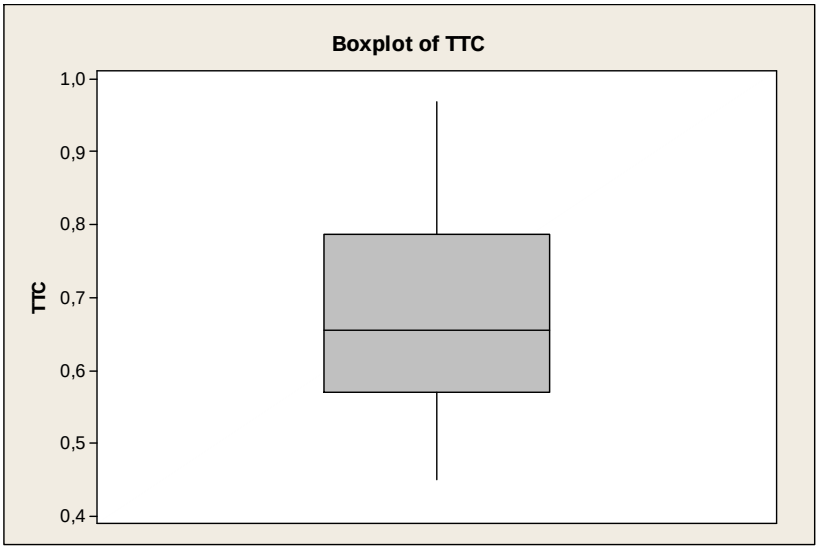
- **TTC**

A análise dos trens ineficientes com destino IPG mostra que pouco mais de 75% dos trens apresenta ineficiência no transit time carregado.

Através das estatísticas descritivas percebe-se que a eficiência média é de apenas 64% A eficiência média dos trens é de 68%, com um desvio padrão de 0.14, eficiência mínima de 57% e máxima de 97%.

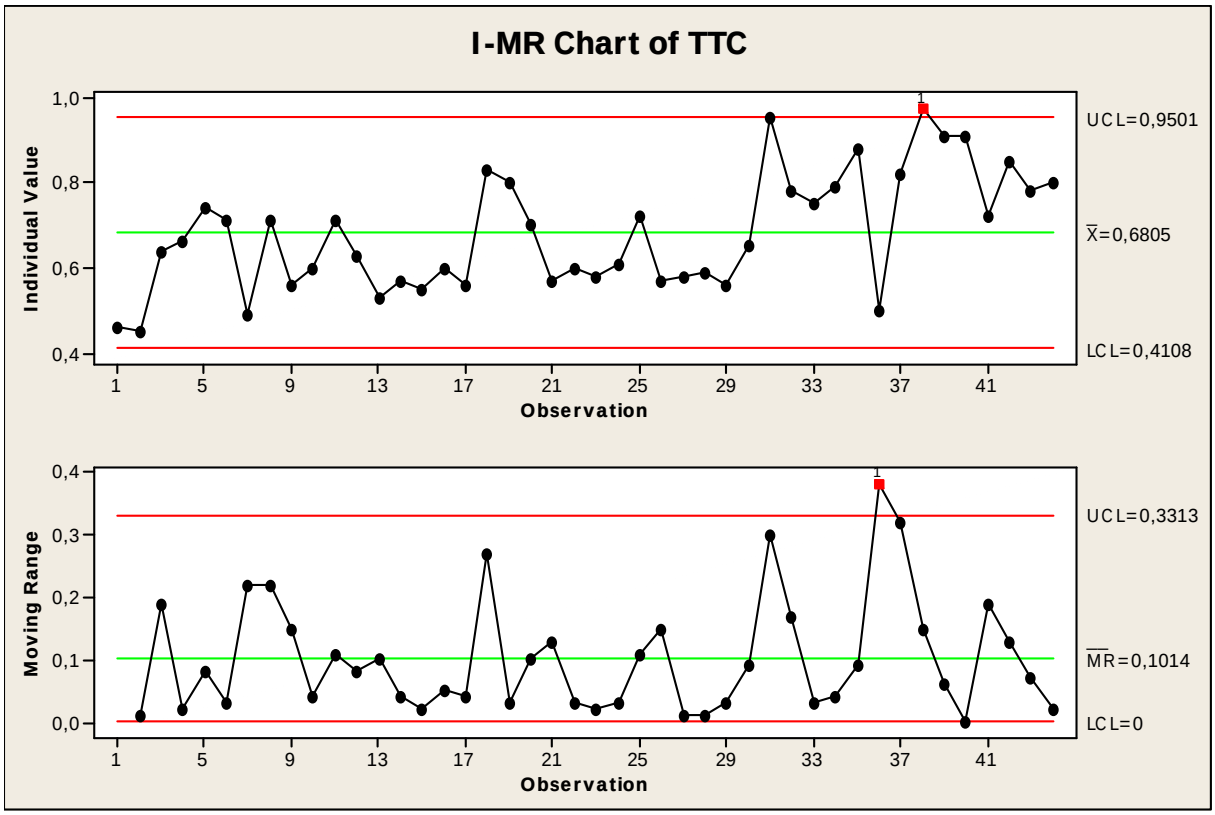
Com esses resultados observa-se também a conveniência de incluir esta etapa no tratamento do problema contemplado na meta geral. Principalmente pelo fato desta etapa ser a mais expressiva do ciclo.

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
TTC	44,00	44,00	0,00	0,68	0,02	0,14	0,45	0,57	0,66	0,79	0,97



As cartas de controle apontam uma observação fora de controle, porém mostra também o processo sobre controle na maior parte dos eventos, ao redor da média 68% e entre os limites de controle inferior e superior, 41% e 95% repectivamente.

Assim como o transit time carregado destino FST Transit time carregado IPG necessita de um aumento na eficiência geral da etapa visto que a eficiência média é menor eu o limite de especificação 0,8.



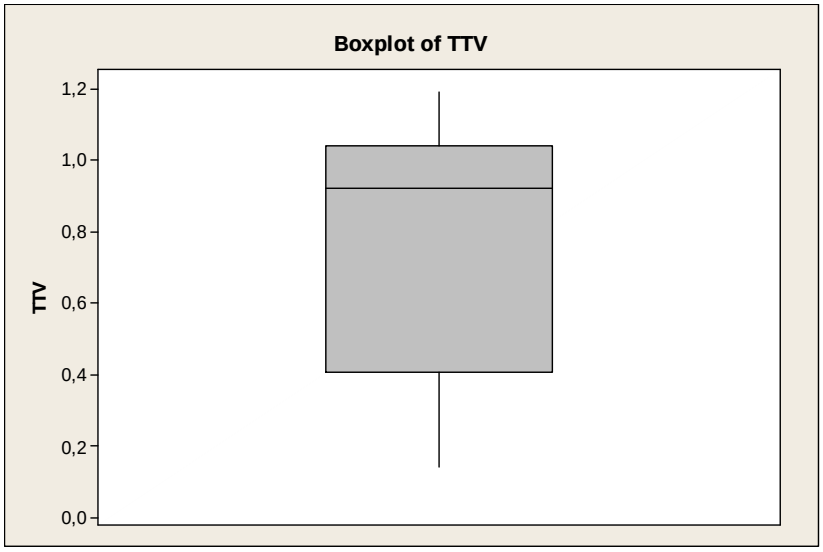
- **TTV**

A análise da eficiência do transit time vazio destino para os trens com destino à IPG apontam uma eficiência média de 78%, com desvio padrão de 0,05, e ocorrência mínima de 14% de eficiência e máxima de 119%.

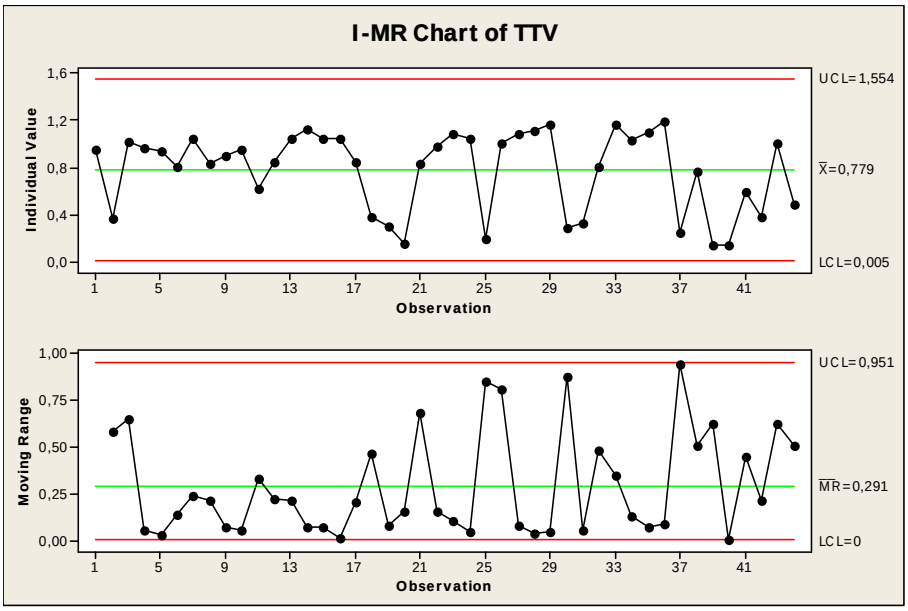
A proporção de trens ineficientes nesta etapa é menor que na etapa de transit time carregado.

Porém, assim como a etapa de transit time vazio com os trens destino FST, essa etapa também será incluída na abordagem do problema para o alcance da meta geral.

Variable	Count	N	N*	Mean	SE	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
TTV	44,00	44,00	0,00	0,78	0,05	0,34	0,14	0,41	0,92	1,04	1,19



As cartas de controle mostram o processo sob controle na maior parte dos eventos, ao redor da média 78% e entre os limites de controle inferior e superior, 5% e 115% respectivamente.



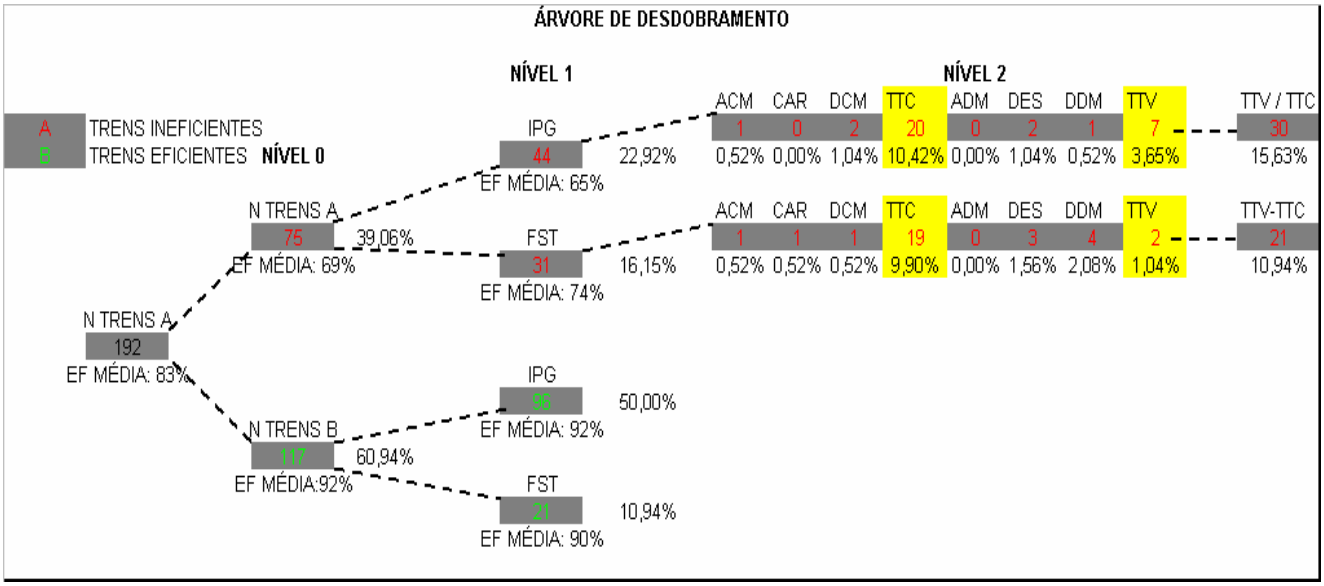
Capítulo V

ANÁLISE, DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O primeiro ponto conclusivo da monografia é a necessidade de criação e acompanhamento de um indicador para o número de trens ineficientes e para as perdas geradas por este assim como seu impacto na eficiência global.

Pôde-se perceber durante as análises estatísticas que o acompanhamento da eficiência somente pela média global não é indicado, pois a média não retrata a eficiência real do sistema, já que este se encontra sob efeito de uma variabilidade expressiva, podendo assim encobrir grandes e/ou até tendenciosas perdas realizadas.

Outro resultado importante gerado pelo projeto foi encontrado através da estratificação do problema, onde identificou-se como pontos críticos para a solução do problema e alcance da meta geral as ineficiências registradas nos transit times vazios e carregados dos trens com destino FST e IPG.



Conforme mencionado anteriormente esse resultado já era empiricamente esperado, uma vez que essas atividades se apresentam como as mais expressivas do ciclo, em relação aos seus respectivos tempos de duração e ao número de atividades contempladas.

Esse nível de desdobramento, porém, não é suficiente para determinação das causas potenciais do problema tratado pela metodologia. Para que as reais causas sejam encontradas são necessários ainda outros níveis de estratificações para localização dessas causas.

Seguem abaixo os desdobramentos sugeridos para a estratificação e alcance do(s) problema(s) raiz(es) da ineficiência dos trens.

Níveis desdobrados			Outros desdobramentos necessários para alcance do foco do problema			
Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Nível 6
Eficiência dos trens	Destinos	Etapas de Ciclo referente às	Sub-etapas de ciclo referente às perdas de eficiência	Trecho referente às perdas de eficiência	Tipo de Atividades referente às perdas de eficiência	Atividades referente às perdas de eficiência
-Trens A (Ineficientes) -Trens B (Eficientes)	-IPG -FST	-ACM -CAR -DCM -TTC -ADM -DES -DDM -TTV	- Tempo de Circulação - Atividades em pátios		- Atividades Padrão (contempladas no desenho do - Atividades Não-Padrão	

O próximo nível do desdobramento seria a divisão das perdas em perdas de circulação e perdas por atividades em pátios da malha. Posteriormente deveriam ser verificados os trechos da malha em que essas perdas ocorrem, e no caso de as perdas maiores acontecerem nas atividades de pátio é recomendável ainda a verificação das atividades responsáveis pela baixa performance dos trens e se estas perdas são referentes à baixa eficiência nas atividades padrão ou se foram geradas na realização de atividades não padrão. No último nível deveriam ainda ser verificadas, as atividades responsáveis pelas perdas de eficiência.

Para a realização desse desdobramento, porém requer-se uma base histórica de dados para tratamento do problema muito maior que a utilizada, visto que esta não se encontra com uma amostra suficiente de eventos que satisfaça o desdobramento mencionado.

Ao verificar a imprescindibilidade dessa base histórica esbarra-se na questão de que as bases que envolvem um intervalo superior a quatro meses não são muito indicadas para realização de análises desse processo, uma vez que várias atuações já ocorreram sobre elas, interferindo assim nos resultados extraídos dessa amostra.

Ao se chegar nesse ponto depara-se com a opção de dois caminhos para continuidade do projeto:

1. Prosseguimento da metodologia com esse nível de desdobramento.
2. Análise e tratamento necessários das bases históricas superiores a 4 meses para a utilização dessas na estratificação do problema e posterior prosseguimento na metodologia proposta com o foco desejável para o problema.

A opção pelo caminho 1 implica na atuação no problema sem o foco desejável e recomendado para o alcance da meta geral, resultando em um tratamento superficial e podendo comprometer os ganhos estimados na análise de viabilidade.

Já a opção pelo caminho 2, dados os corretos e precisos tratamentos e análises para a utilização da base histórica requerida, não apresenta nenhuma perda nos resultados finais, no que tange a precisão dos dados e foco do problema abordado, porém apresenta perdas de retrabalho e aumento no tempo dedicado ao projeto. Essas perdas porém podem ser consideradas pequenas quando comparadas com as perdas geradas no caminho 1.

Outro ponto que fortalece a não opção pelo caminho 1 é o fato de ter se detectado no projeto uma incoerência entre os padrões utilizados para o estabelecimento do ótimo e os padrões de performance do sistema atuando e impactando nos valores da eficiência global. Fazendo-se necessária assim uma revisão desses padrões otimizados e estabelecimento de durações ótimas para sua realização.

Essa incoerência não foi suficiente para invalidar o resultado principal do estudo que é a necessidade de foco nos tempos de trânsito dos fluxos, porém causa influência direta no estabelecimento das metas específicas, uma vez que o número de trens com ineficiência global pode ser maior, aumentando assim o número de três a serem tratados no desdobramento.

Capítulo VI
CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais do trabalho abordam as ações a serem tomadas para a continuidade do projeto, com foco nas ações para a obtenção precisa do foco do problema na fase 3 de desdobramento:

1. **Revisão dos conceitos de padrões otimizados de cada etapa dos ciclos.**

Os padrões de realização das atividades de forma otimizada devem ser revisados. Deve ser descrito nessa etapa como é o padrão operacional otimizado para etapa dos ciclos.

2. **Cálculo da duração otimizada das etapas como os novos padrões otimizados.**

Após a determinação dos padrões operacionais das etapas de ciclos devem ser calculados os tempos ótimos para a realização desses padrões. Uma metodologia indicada para a obtenção desses tempos ótimos é o estudo de tempos e movimentos.

3. **Cálculo de eficiência a partir dos novos tempos ótimos de ciclo**

Com os novos tempos ótimos de ciclo, recalcula-se a eficiência a partir desses novos índices, no horizonte de tempo requerido pelo estudo: 8 à 10 meses. Este cálculo pode ser realizado com os dados antigos de performance, não se fazendo necessário aguardar novos eventos para a aquisição da base requerida.

4. **Tratamento da base histórica requerida**

Com a base histórica no horizonte de tempo requerido para o desdobramento do problema realiza-se as análises de alterações e tendências dos padrões de performance da eficiência durante os períodos contemplados, para que a base possa ser utilizada nos desdobramento sem ocasionar distorções nos resultados.

5. **Continuidade da metodologia proposta**

Com a aquisição da base necessária para o desdobramento segue-se a metodologia proposta pelo trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGUIAR, SILVIO **Integração das ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**, Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial (EDG), 2002

CAMPOS, VICENTE F. **Gerenciamento pelas diretrizes**, *Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1996*

CAMPOS, VICENTE F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**, Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial (EDG), *1998*

Crescimento em produção MRS Logística disponível em: <http://www.mrs.com.br/>. Acesso em: julho de 2006

Ferramentas da Qualidade. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/>. Acesso em: junho de 2006.

FRANCO, P. C. F. Metodologia Qualidade Seis Sigma: Uma Abordagem Gerencial de Implantação em Organizações de Manufatura. Taubaté, 2001.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, George C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003

NETO, Benício de Barros; SCARMÍNIO, Ieda Spacino; BRUNS, Roy Edward **– Planejamento e Otimização de Experimento.** editora da Unicamp, São Paulo, 1995.

OHFUJI, T.; MICHITERU, O; AKAO, Y. **Método de desdobramento da qualidade.** Belo Horizonte, (1997).

PANDE P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma,** Qualitymark ed, 1999.

SILVA, J. A. **Apostila de controle da qualidade**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2004.

TURRIONI, J. B. et al. **"Hoshin Kanri - uma análise da implementação em operações de manufatura no Brasil"**, *XIX ENEGEP*, Rio de Janeiro: UFRJ & PUC-RJ, (1999).

Utilização das ferramentas estatísticas em projetos Six Sigma Disponível em: <http://www.siqueiracampos.com/art_jan_03.htm>. Acesso em: julho de 2006.