

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DA VARIABILIDADE
DO TEMPO DE CICLO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MINÉRIO DE FERRO**

Aline Efísio da Silva

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

Aprovada por:

Prof. José Geraldo Ferreira, M.Sc.

Prof. Eliane da Silva Christo, D.Sc.

Guilherme Zaghetto Miranda

JUIZ DE FORA, MG – BRASIL
NOVEMBRO – 2008

SILVA, ALINE EFÍSIO DA
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS
SIGMA PARA REDUÇÃO DA
VARIABILIDADE DO TEMPO DE CICLO DO
TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MINÉRIO
DE FERRO [Minas Gerais, 2008]

IX, 41 p. 29,7cm (EPD/UFJF,
Graduação, Engenharia de Produção, 2008)
Monografia – Universidade Federal de Juiz de
Fora, Departamento de Engenharia de
Produção

1. Variabilidade dos Tempos de Ciclo
 2. Qualidade
 3. Seis Sigma
- I. EPD/UFJF II. Título (série)

DEDICATÓRIA

*À minha família e ao meu namorado,
os amores da minha vida*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter proporcionado tudo em minha vida.

Ao José Geraldo, Eliane e Guilherme, por me orientarem no projeto de forma sábia e paciente.

Aos amigos de faculdade, pelas constantes trocas de conhecimentos.

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

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DA VARIABILIDADE DO TEMPO DE CICLO DO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE MINÉRIO DE FERRO

Aline Efísio da Silva

Novembro / 2008

Orientadores: José Geraldo Ferreira
Eliane da Silva Christo

Curso: Engenharia de Produção

Baseado na atual necessidade de aumento de competitividade por parte das empresas, incluindo qualidade, avanço de tecnologia e práticas de gestão, o presente estudo se propõe a identificar, analisar e propor planos de ação a respeito dos problemas ocorridos de não cumprimento dos tempos de trânsito estabelecidos de serviço de uma empresa de transporte ferroviário. A MRS Logística SA, atuante do setor de transporte ferroviário, possui, como um de seus serviços, o transporte de minério de ferro. Através do programa Seis Sigma busca-se solucionar problemas de atraso no transit time (tempo de viagem) desses trens de minério, através da integração de ferramentas de qualidade e de resolução do problema existente, no sentido de usar as informações obtidas a partir dessa união para a resolução de um ponto crítico da operação ferroviária. A partir da identificação das principais causas para o problema, serão desenvolvidos planos de ação, para que haja resolução ou diminuição do problema, aumento do nível de satisfação dos clientes, maior previsibilidade e confiabilidade do serviço, retorno monetário mínimo, e padronização da forma de resolução de problemas da companhia em questão.

Abstract of Thesis presented to UFJF as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Graduation of Engineering

APPLICATION OF SIX SIGMA METHODOLOGY FOR REDUCTION VARIABILITY OF THE
CYCLE TIME OF THE RAIL TRANSPORTATION OF IRON ORE

Aline Efísio da Silva

November/2008

Advisors: José Geraldo Ferreira
Eliane da Silva Christo

Department: Production Engineering

Based on the current need to increase competitiveness by firms, including quality, advanced technology and management practices, this study aims to identify, analyze and propose plans of action regarding the problems of failure to meet the deadlines set for a service of the railway. The MRS Logística SA, active in the sector of rail transport, has, as one of its services, the transportation of iron ore. Through Six Sigma program try to solve problems of delay in transit time (travel time) of these trains of ore, by integrating the tools of quality and resolution of the problem, to use information obtained from this union for the resolution of a critical point of the railway operation. From the identification of the main causes for the problem, action plans will be developed to allow for resolution of the problem or decrease, the level of customer satisfaction, greater predictability and reliability of service, return money minimum, and standardization of order problem-solving of the company in question.

Sumário

Capítulo I INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações Iniciais	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Justificativas	2
1.4 Condições de Contorno	2
1.5 Metodologia	2
Capítulo II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Definir (Identificar o problema)	5
2.2 Medir (Analisar o fenômeno).....	6
2.3 Analisar (Análise do Processo)	14
2.4 Melhorar (Estabelecimento do Plano de Ação)	15
2.5 Controlar (Verificação e Padronização dos Resultados)	16
Capítulo III DESCRIÇÃO	17
Capítulo IV APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA.....	20
4.1 Etapa Define (Definir).....	20
4.2 Etapa Measure (Medir)	23
4.3 Etapa Analyse (Analisar).....	37
Capítulo V CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

Índice de Figura

Figura 1: Símbolo do DMAIC.....	4
Figura 2: Comparação entre Quatro e Seis Sigma	5
Figura 3: Modelo de Diagrama de Árvore	7
Figura 4: Modelo de Gráfico de Pareto	7
Figura 5: Modelo de Gráfico de Controle	8
Figura 6: Modelo de Gráfico de Controle \bar{X}	9
Figura 7: Modelo de Gráfico de Controle AM	10
Figura 8: Modelo de Gráfico de Controle \bar{X}	11
Figura 9: Modelo de Gráfico de Controle R	11
Figura 10: Modelos de Histogramas que satisfazem aos limites de especificação	12
Figura 11: Modelos de Histogramas que não satisfazem aos limites de especificação.....	12
Figura 12: Modelo de Diagrama de Causa e Efeito	15
Figura 13: Mapa dos pontos de carga de minério.....	21
Figura 14: Tempos de Trânsito no trecho FLH a P1.07	22
Figura 15: Atividades do trecho FLH a P1.07	23
Figura 16: Cartas de Controle X – AM.....	25
Figura 17: Análise de Capacidade do Processo – Atv. Aguardar auxílio.....	25
Figura 18: Oportunidades nas variações – Aguardar e anexar auxílio	26
Figura 19: Gráficos de Controle X-AM para Ag. Pátio congestionado.....	27
Figura 20: Análises de capacidade do processo – Atv. Aguardar pátio congestionado.....	28
Figura 21: Oportunidades nas variações – Aguardar pátio congestionado	28
Figura 22: Gráficos de Controle X-AM para Cruzamento.....	29
Figura 23: Análises de capacidade do processo – Atv. Cruzamento	30
Figura 24 – Gráficos de Controle X-AM para Aguardar Falta de Equipagem.....	31
Figura 25: Análises de capacidade do processo – Aguardar Falta de Equipagem.....	32
Figura 26: Gráficos de Controle X-AM para Aguardar Circulação trem à frente.....	33
Figura 27: Análises de capacidade do processo – Aguardar Circulação Trem à frente	34
Figura 28: Critérios de Priorização	35
Figura 29: Identificação das metas específicas	35
Figura 30: Objetivos de Melhoria para Aguardar e Anexar auxílio	36
Figura 31: Objetivos de Melhoria para Aguardar pátio congestionado	36
Figura 32: Objetivos de Melhoria para Cruzamento.....	37

Índices de Tabelas

Tabela 1: Produção acumulada 2007/2008	20
Tabela 2: Análise de Investimento para a continuação do projeto	22
Tabela 3: Planos de Ação	38

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Considerando o setor de serviços como um todo, cada componente do mesmo possui uma parte tangível e outra intangível, que merecem tratamentos diferentes, dependendo de cada caso, segundo Las Casas (1994). O produto do transporte ferroviário, um serviço que depende de mercadorias, possui a parcela de intangibilidade maior que de tangibilidade, resultando em utilização de ferramentas específicas na execução de seu trabalho. A capacidade de prestação de serviços deve ser antecipada e há necessidade de certa padronização na execução, uma vez que a qualidade do serviço é instável, já que é influenciada pela alta variabilidade no processo, como avaria ou restrição de maquinário, falta inesperada de recursos, influências externas indesejadas na produção, etc. No entanto, existem, também, os problemas rotineiros que causam desvios de produção, sendo possíveis de serem solucionados a partir do momento em que são identificados. Para projetar aos clientes e acionistas uma imagem coerente da companhia, os fatores causadores de ineficiência devem ser estudados e solucionados.

A qualidade deve ser empregada nas empresas de forma sistemática, pois a mesma traz benefícios como revelação de satisfação do cliente, geração de novas idéias e produtos, diminuição de gastos, melhoria da forma de trabalho, motivação dos funcionários, e principalmente, retenção e formação de parcerias com os clientes, aumento de lucros e aumento de produtividade. Para isso, o trabalho de qualidade deve possuir as seguintes características: propósito (identificação dos objetivos e identificação do problema), planejamento (metodologia e cronograma), procedimentos (necessidade para a realização), processamento (execução do trabalho), análise e propagação (divulgação dos resultados). A qualidade, após esse processo, pode ser dimensionada através da confiabilidade do serviço, uma medida que avalia a probabilidade do processo conter imperfeições, e, para se ter a garantia da qualidade é necessário reduzir a dispersão, dispersão essa que gera problemas e defeitos. Para o aumento de produtividade (objeto de estudo), esses problemas e defeitos devem ser eliminados, através de planos de ação gerados pelas metas de melhoria.

O objetivo da MRS para os próximos anos é alcançar o topo da eficiência operacional. Diferenciais competitivos, reestruturação de processos existentes para conquista de novos clientes, investimento em pessoal e ampliação da participação no mercado de carga geral estão em pauta para fazer da MRS a melhor operadora logística ferroviária do país. (Fonte: www.mrs.com.br)

Dessa forma, há necessidade de ação conjunta entre os setores da empresa de forma a unir esforços focados em um bem comum para o atingimento das metas estabelecidas. Toda ação realizada influenciará (com maior ou menor grau) no contexto dos outros setores, e por isso a importância do cruzamento de informações.

1.2 Objetivos

O objetivo do trabalho é reduzir os níveis de variabilidade dos tempos de viagem (transit time) dos trens que transportam minério de ferro, através da utilização de ferramentas da qualidade, reduzindo, por consequência, a ineficiência do serviço prestado, e aumentando o nível de satisfação dos clientes.

1.3 Justificativas

A missão da empresa é descrita abaixo:

“Oferecer transporte de carga com foco na ferrovia, priorizando fluxos que gerem escala e relações a longo prazo, a preços competitivos e com previsibilidade, para agregar valor crescente ao negócio.”

Dessa forma, o estudo se propõe a aplicar ferramentas estatísticas analíticas de forma que o serviço de transporte seja aderente a missão da empresa, continuamente cumprido e aperfeiçoado, aumentando a previsibilidade, contribuindo, assim, para o crescimento da companhia, uma vez que agrega valor ao negócio.

1.4 Condições de Contorno

O estudo envolve a operação de um serviço prestado por uma empresa de transporte ferroviário. A empresa despense tecnologia, recursos humanos e conhecimento específico na realização da atividade e no aprimoramento de suas competências, de forma a garantir a confiabilidade dos clientes e fornecedores, além de aumentar seus níveis de eficiência, segurança e inovação.

Neste estudo o compromisso será aplicar a metodologia Seis Sigma para melhorar o transit time dos trens que transportam minério de ferro da origem até o pátio de P1.7, trecho de maior variabilidade do processo.

1.5 Metodologia

O projeto será gerenciado pelo DMAIC, um método de controle do processo, onde acontece, também, o uso de ferramentas de qualidade de forma que o objetivo do estudo seja alcançado.

O estudo se inicia com a identificação de prioridades, a partir da análise de rotina da empresa, configurando essa a etapa 1.

A etapa 2, a partir das prioridades identificadas, estabelece a meta geral, definindo o objetivo gerencial e o prazo para seu alcance.

As etapas 1 e 2 constituem na Definição do problema.

Parte-se para análise do fenômeno, a atividade de Mensurar, com as seguintes etapas:

A etapa 3 - Desdobramento do problema, identifica os problemas críticos a partir da estratificação do problema amplo.

A etapa 4 determina oportunidades nas variações, analisando a variabilidade do fenômeno que gera cada problema crítico.

Na etapa 5 há o estabelecimento das metas específicas, priorizando os problemas críticos e estabelecendo os objetivos de melhoria.

Posteriormente é feita a análise do processo, com as etapas descritas abaixo:

Na etapa 6, as causas potenciais de cada problema serão identificadas a partir do objetivo de melhoria para cada meta específica: reduzir variabilidade devido à causa especial, deslocar a média ou reduzir à variabilidade devido à causa comum.

Na etapa 7, as causas potenciais serão quantificadas e priorizadas para o alcance da meta geral, sendo que, na etapa 8, teste de medidas serão realizados e planos de ação serão elaborados.

Essa etapa 8 faz parte da atividade do estabelecimento do plano de ação, de Melhoria do processo, bem como a etapa 9, onde acontece a execução do plano.

O Controle é a última atividade e constitui a verificação na etapa 10, e a padronização ou ação corretiva na etapa 11.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (ESTADO DA ARTE)

Na fabricação de um produto, sempre há a presença de variabilidade, seja pelas condições de equipamentos empregados na produção ou pelos métodos operacionais utilizados, e como conseqüência são fabricados produtos defeituosos. Assim, para a redução do número de produtos não conformes, há necessidade de se reduzir a variabilidade do processo.

Existem dois tipos de causas para a variação na qualidade dos produtos de um processo, segundo Werkema (1995):

- Causas comuns ou Aleatórias e
- Causas especiais ou Assinaláveis.

As causas comuns resultam na variabilidade natural do processo (ainda que exista padronização no processo), enquanto as causas especiais acontecem inesperadamente e faz o nível de qualidade se deslocar. Ainda segundo Werkema (1995), quando, em um processo, somente causas comuns atuam, a variabilidade se mantém num nível estável chamado faixa característica do processo, e diz-se que o processo está sob controle estatístico. Ao contrário, quando causas especiais estão atuando, a variabilidade do processo é maior que a variabilidade normal e diz-se que o processo está fora de controle estatístico. Assim, a variabilidade pode ser reduzida por meio de duas ações:

- Eliminação de causas especiais;
- Redução de causas comuns.

O Seis Sigma é o método de redução da variabilidade do processo, com o objetivo de melhoria dos resultados operacionais da empresa, como conseqüência da redução dos custos ligados à produção de produtos não conformes, como desperdícios, retrabalho e insatisfação de clientes, por exemplo. A partir de uma meta definida, utiliza-se o programa para o atingimento dos objetivos através da ferramenta de gerenciamento de processos conhecida como DMAIC, cujo símbolo é mostrado na Figura 1.

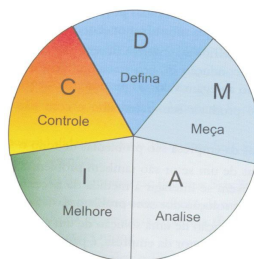


Figura 1: Símbolo do DMAIC

Fonte: Aguiar, 2002, p. 204.

O DMAIC consiste em cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Assim, o programa busca a melhoria de ineficiências através da melhoria da qualidade, aumento da satisfação dos clientes, aumento da lucratividade, redução de custos, redução de ciclo e melhoria da eficiência e da produtividade.

O Seis Sigma consiste em reduzir as não conformidades para 3,4 partes por milhão ou 99,99966% de conformidade na produção, significando estar bem próximo do “defeito zero”, e o esquema da Figura 2 ilustra a comparação entre a performance Quatro Sigma e a performance Seis Sigma.

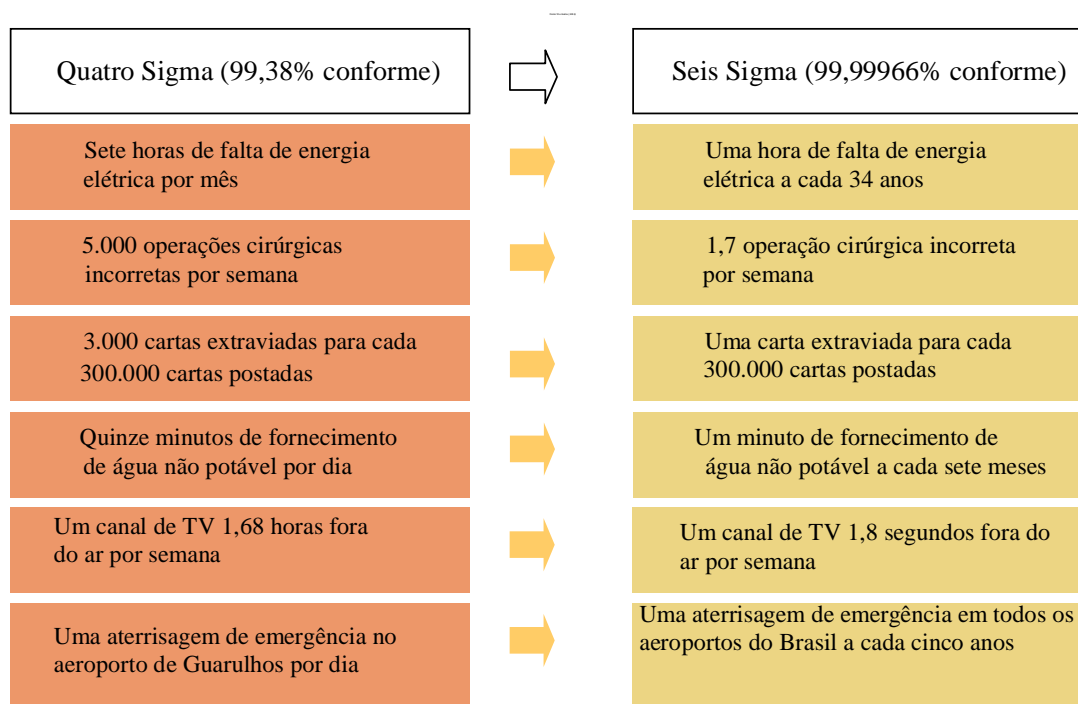


Figura 2: Comparação entre Quatro e Seis Sigma

Fonte: Werkema (2004)

O programa possui Fases Metodológicas, gerenciadas pelo DMAIC:

2.1 Definir (Identificar o problema)

2.1.1 Fase I: Identificação das prioridades

Os problemas prioritários devem ser selecionados para se trabalhar, de acordo com a formulação estratégica da empresa (onde se considera ambiente interno e externo da organização, ameaças e oportunidades) e os problemas crônicos provenientes da rotina da empresa, segundo Moreira et al. (2004).

2.1.2 Fase II: Estabelecimento da Meta Geral

A meta geral é definida através do objetivo gerencial, da definição de valor e de prazo. Assim, para que a meta geral esteja correta, ela deve possuir objetivo, valor e prazo. Por exemplo: Reduzir em 35% as perdas de produção da extrusora 1 até o fim do ano.

Moreira et al. (2004) afirma que o valor pode ser definido através da comparação do comportamento histórico e de valores encontrados em outras empresas ou setores afins, e o prazo deve ser definido a partir da estratégia da alta direção corporativa e da complexidade do problema envolvido.

Depois de definida a meta geral, quantifica-se o retorno, a validade do investimento e analisa-se se o problema está focado ou não. Se a meta estiver focada, inicia-se a Fase IV, em que se determinam as oportunidades das variações. Caso contrário, realiza-se o desdobramento do problema, como será descrito abaixo.

2.2 Medir (Analisar o fenômeno)

2.2.1 Fase III: Desdobramento do problema

Moreira et al. (2004) afirma que o objetivo dessa fase é desdobrar o problema em problemas menores, caso ainda não esteja, de forma a se identificar, o foco dos problemas críticos a serem atacados. Por exemplo, o problema amplo é: baixa produtividade da produção. Um problema crítico a ser trabalhado nesse caso, seria a baixa produtividade da extrusora 1 no turno da tarde.

Para essa fase, há necessidade de estratificar o problema geral, em critérios como tempo, local, tipo e outros de acordo com o objeto em questão. Após essa estratificação, priorizar os problemas através de gráficos de colunas ou gráfico de Pareto (Figura 4), e identificar os problemas críticos que serão trabalhados nas futuras análises. A junção dos gráficos de Pareto permite a construção de um Diagrama de Árvore (Figura 3), para melhor visualização e identificação desses problemas críticos. Como exemplo, a Figura 3 ilustra um Diagrama de Perdas de Produção para uma empresa fictícia do transporte ferroviário chamada XYZ.

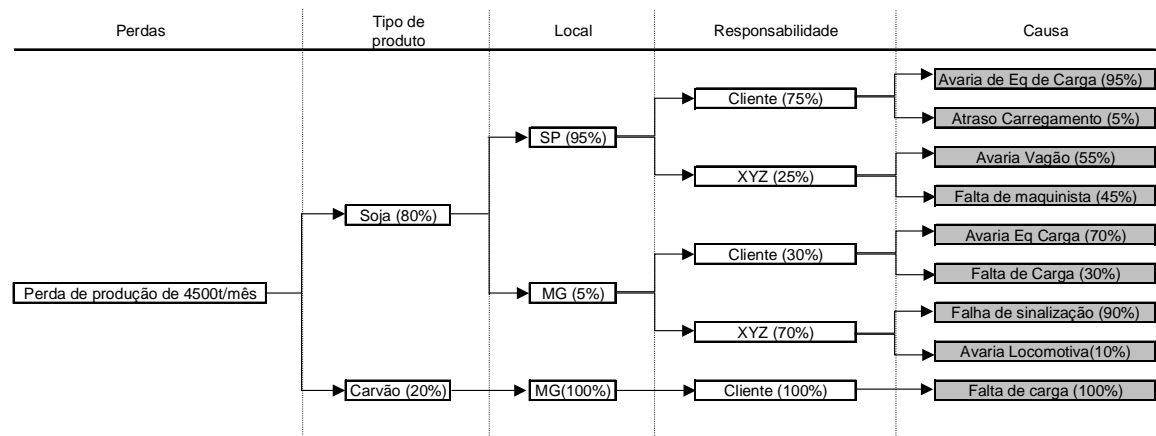


Figura 3: Modelo de Diagrama de Árvore

Fonte: o autor

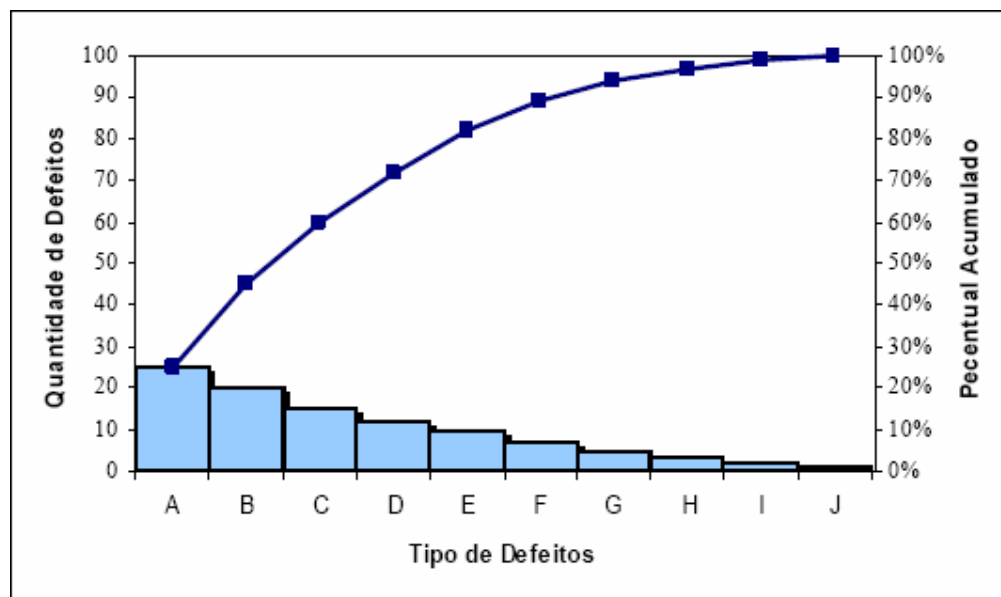


Figura 4: Modelo de Gráfico de Pareto

Fonte: Sashkin e kiser, 1994, p.162.

No Diagrama de árvore, os problemas críticos foram identificados, e os mesmos encontram-se destacados. Assim, as análises posteriores serão realizadas sobre esses problemas estratificados encontrados.

2.2.2 Fase IV: Determinação de Oportunidades nas Variações

Segundo Moreira et al. (2004) o objetivo dessa fase é avaliar a variabilidade do fenômeno que gera cada problema crítico, identificando oportunidade nas variações. O procedimento consiste em, depois de confirmada a possibilidade de cada problema crítico ser medido numa escala quantitativa, construir cartas de controle, a fim de se identificar qual

tipo de variação está presente no problema, ou seja, se o problema é devido a causa comum ou causa especial. Um gráfico de controle consiste em:

- Uma linha média (LM);
- Limite inferior de controle (LIC – abaixo da LM) e Limite superior de controle (LSC – acima da LM);
- Valores da variável a ser analisada plotados no gráfico,

E tem o formato de acordo com a Figura 5:

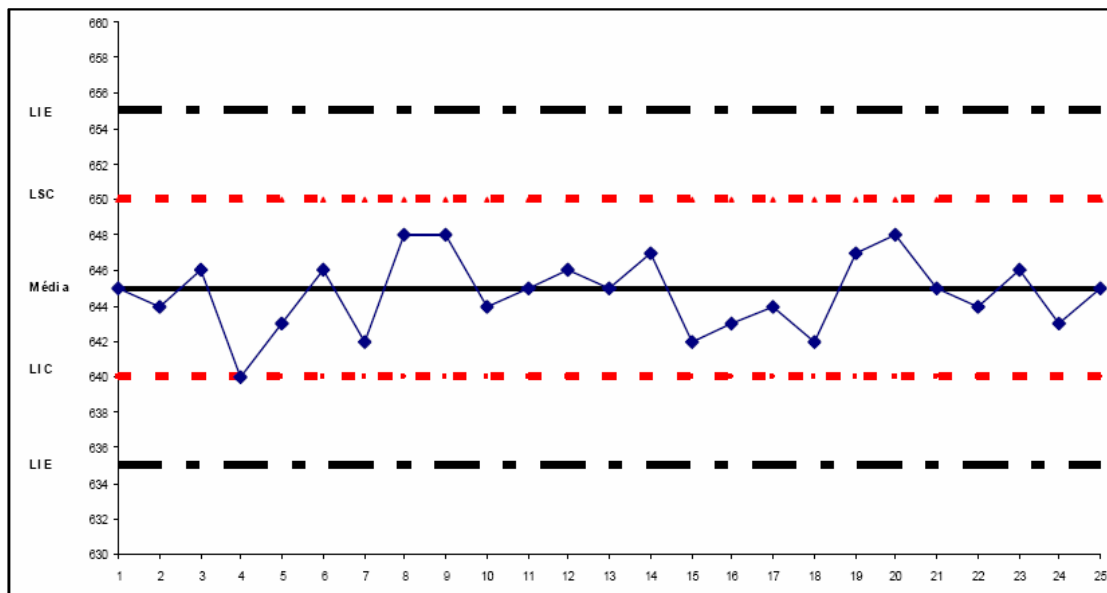


Figura 5: Modelo de Gráfico de Controle

Fonte: Sachkin e Kiser, 1994, p. 160

A partir da análise de um gráfico, considera-se o processo fora de controle se possuir alguns dos pontos abaixo, segundo Silva (2006):

- Pontos fora dos limites de controle;
- Periodicidade (repetição de tendência para cima ou para baixo, em intervalos com a mesma amplitude);
- Seqüência (vários pontos consecutivos aparecem em apenas em um dos lados da média);
- Tendência (movimento contínuo, podendo se ascendente ou descendente, dos pontos);
- Aproximação dos limites de controle;
- Aproximação da Linha Média;

Segundo Moreira et al. (2004), para amostras de tamanho um ($n=1$), são construídos gráficos X-AM, gráficos para medidas individuais, que devem ser analisados juntos, e os

dados devem possuir uma distribuição normal. Caso não sigam essa distribuição, deve-se determinar os limites de controle dos gráficos X e AM com base na verdadeira distribuição dos dados ou transformar a variável original em uma nova variável que seja aproximadamente normal e então reconstruir os gráficos com base nos novos valores. Os gráficos X-AM são construídos quando toda unidade produzida é avaliada ou quando a taxa de produção é baixa, não permitindo $n > 1$ para que sejam realizadas as análises. Para a construção desses gráficos utiliza-se:

$$\text{Gráfico } \bar{X}: LSC = \bar{x} + 3AM / d_2 \quad \text{eq. (1)}$$

$$LM = \bar{x} \quad \text{eq. (2)}$$

$$LIC = \bar{x} - 3AM / d_2 \quad \text{eq. (3)}$$

$$\text{Gráfico } AM: LSC = D_4 AM \quad \text{eq. (4)}$$

$$LM = AM \quad \text{eq. (5)}$$

$$LIC = D_3 AM \quad \text{eq. (6)}$$

Onde, D_3 , D_4 e d_2 são constantes tabeladas em função do tamanho n das amostras, \bar{x} é a média da amostra, e AM é a amplitude móvel média.

Modelos de Gráficos $\bar{X} - AM$ são mostrados na Figuras 6 e 7:

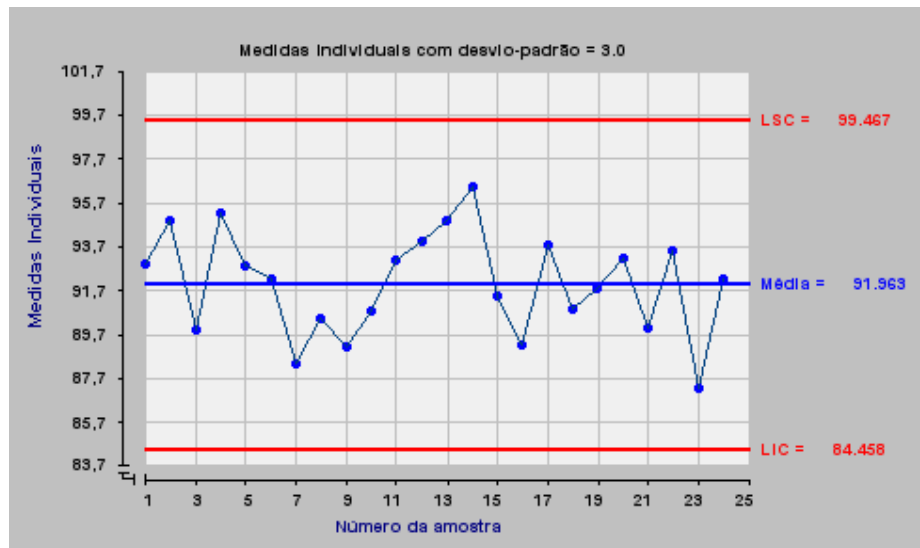


Figura 6: Modelo de Gráfico de Controle \bar{X}

Fonte: UFV (2008)

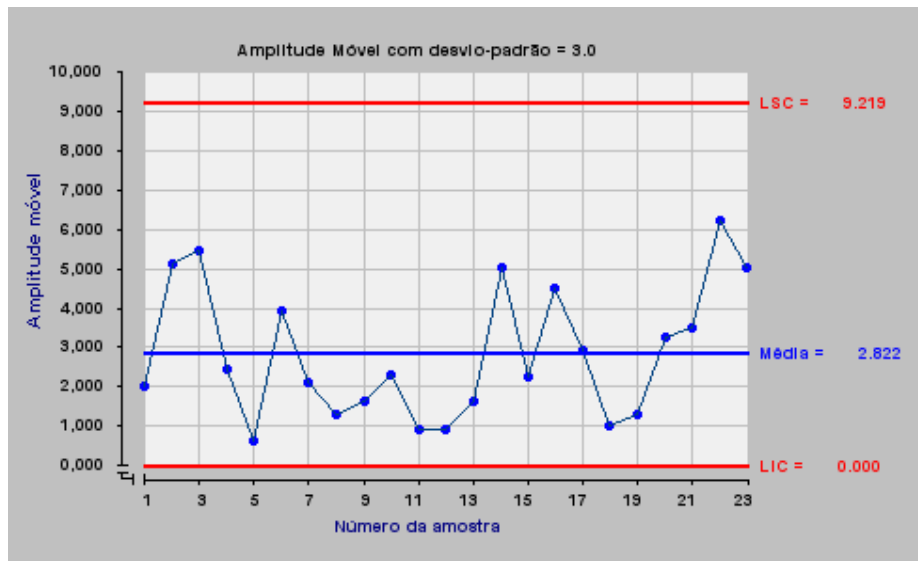


Figura 7: Modelo de Gráfico de Controle AM

Fonte: UFV (2008)

Quando cada ponto for a média de várias observações constroem-se gráficos X-R, a serem analisados juntos, com as seguintes fórmulas:

$$\text{Gráfico } \bar{X}: LSC = \bar{x} + A_2R \quad \text{eq. (7)}$$

$$LM = \bar{x} \quad \text{eq. (8)}$$

$$LIC = \bar{x} - A_2R \quad \text{eq. (9)}$$

$$\text{Gráfico } R: LSC = D_4R \quad \text{eq. (10)}$$

$$LM = R \quad \text{eq. (11)}$$

$$LIC = D_3R \quad \text{eq. (12)}$$

Onde, D_3 , D_4 , A_2 e A_3 são constantes tabeladas em função do tamanho n das amostras, \bar{x} é a média das amostras e R é a amplitude (diferença entre o maior e o menor valor) média.

As figuras 8 e 9 ilustram os gráficos $\bar{X} - R$.

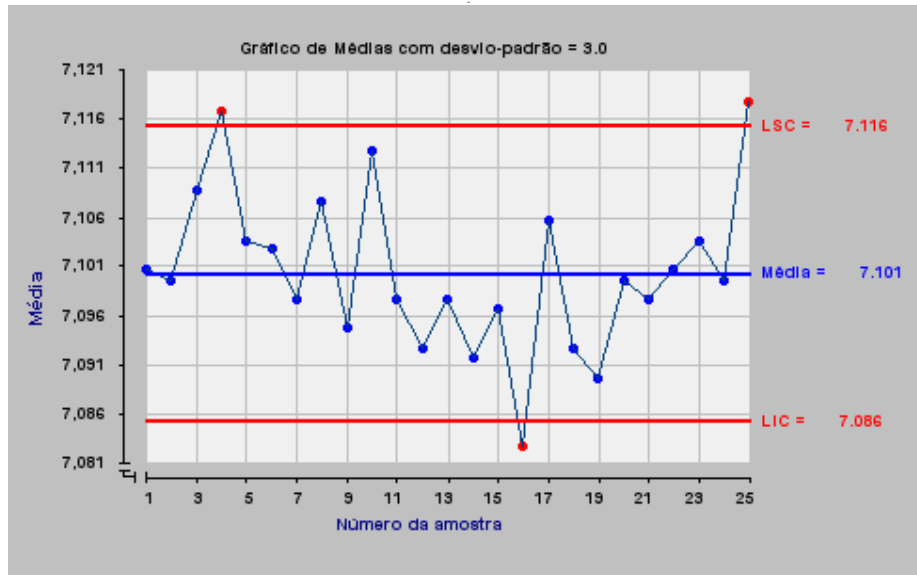


Figura 8: Modelo de Gráfico de Controle \bar{X}

Fonte: UFV (2008)

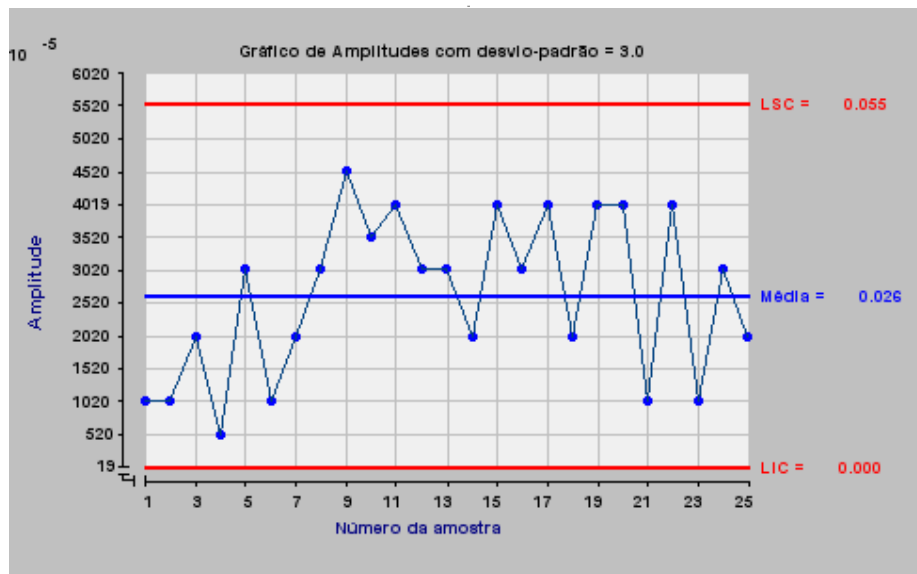


Figura 9: Modelo de Gráfico de Controle R

Fonte: UFV (2008)

Segundo Moreira et al. (2004), após a análise de variação por meio de cartas de controle, levanta-se os Limites de Especificação (valores desejados pelos consumidores finais do produto), podendo ser identificado através de entrevistas com clientes, concorrentes ou estudos teóricos sobre o objeto em questão. Com os limites identificados, é feita a análise do atendimento a essas especificações por meio de histogramas com limites e índices, como no exemplo abaixo:

a) Casos em que o histograma satisfaz às especificações (Figura 10)

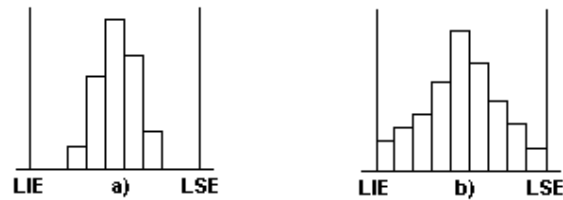


Figura 10: Modelos de Histogramas que satisfazem aos limites de especificação
 Fonte: www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info44/44.html

b) Dados em que o histograma não atende aos limites de especificação (Figura 11)

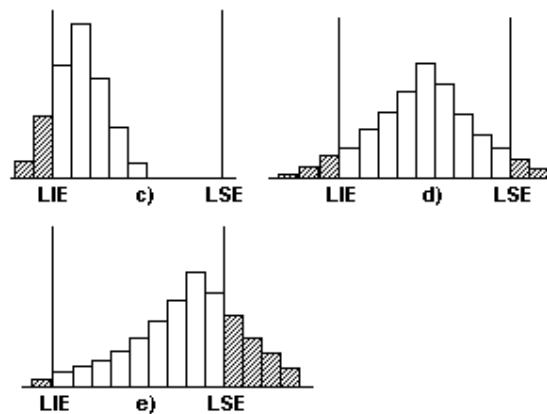


Figura 11: Modelos de Histogramas que não satisfazem aos limites de especificação
 Fonte: www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info44/44.html

Segundo Slack(2002), “a capacidade do processo é a medida da aceitabilidade da variação do processo”. Werkema(1995) considera os índices de capacidade informam se o processo é ou não capaz de fabricar produtos que atendam às especificações dos clientes, tantos internos, quanto externos. Assim, a medida de capacidade é dada abaixo:

$$C_p = (LSE - LIE) / 6s \quad \text{eq. (13)}$$

Onde: LSE = limite superior de especificação

LIE = limite inferior de especificação

s = desvio padrão da variabilidade do processo

Quando $C_p > 1$, o processo é considerado capaz e se $C_p < 1$, o processo não é considerado capaz. Quando a média da variação não está sob o ponto médio da faixa de especificação, utilizam-se índices de capacidade unilateral, onde se considera o deslocamento da média e é dado por:

$$C_{pk} = \min(lui, lus) \quad \text{eq. (14)}$$

onde,

$$lus \text{ (Índice unilateral superior)} = (LSE - \bar{X})/3s$$

$$lui \text{ (Índice unilateral inferior)} = (\bar{X} - LIE)/3s$$

$$\bar{X} = \text{média do processo}$$

Os índices C_p e C_{pk} trabalham com a faixa de variação natural, ou seja, com o desvio padrão natural do processo, considerando somente a presença de causas comuns. Entretanto, surge a necessidade de serem estudados índices que consideram a presença de causas comuns e especiais, ou seja, que considerem a variação total do processo. Esses índices são P_p e P_{pk} e são mostrados nas fórmulas seguintes:

$$P_p = (LSE - LIE)/6s_{overall} \quad \text{eq. (15)}$$

$$P_{pk} = \min(lui, lus) \quad \text{eq. (16)}$$

Onde

$$lus \text{ (Índice unilateral superior)} = (LSE - \bar{X})/3s_{overall}$$

$$lui \text{ (Índice unilateral inferior)} = (\bar{X} - LIE)/3s_{overall}$$

$$\bar{X} = \text{média do processo}$$

A diferença entre os índices citados é que C_p e C_{pk} consideram que existem somente causas comuns de variação, enquanto P_p e P_{pk} consideram a presença, também, de causas especiais. C_p e P_p consideram que a média está centrada, enquanto C_{pk} e P_{pk} não parte do pressuposto da centralização da média. Assim, o índice P_{pk} não faz qualquer suposição a respeito da média e das fontes de variação, sendo então, o melhor índice para avaliar o desempenho atual do processo.

É possível fazer uma análise consistente do processo a partir da análise dos índices acima descritos. Se $C_{pk} \gg P_{pk}$, a ação de eliminar causas especiais gera grande melhoria. Caso $P_p = P_{pk}$, a média está centrada, e se $P_p \gg P_{pk}$ centralizar a média gera grande

melhoria. Por fim, se $C_p \gg P_{pk}$, centralizar e / ou eliminar causas especiais gera grande melhoria.

Segundo Slack(2002), a qualidade Sigma foi um termo criado na Motorola e indica o número de desvios padrão entre a média e as especificações. Assim, o Seis Sigma busca a redução da variação de forma que seis desvios-padrão (6σ) caibam dentro dos limites de especificação do cliente através das oportunidades de melhoria, que são estabelecidas através de pelo menos três tipos de problemas: grande variabilidade devido à causas comuns, grande variabilidade devido à causas especiais e média deslocada em relação ao valor nominal.

2.2.3 Fase V: Estabelecimento das metas específicas

Essa fase possui como objetivo priorizar problemas focos e estabelecer metas específicas. A prioridade se dá através da análise do impacto do problema crítico no problema geral (índice de Criticidade, encontrado na Fase III), facilidade de atuação em cada problema específico (índice de facilidade, encontrada na Fase IV), e o poder de decisão do responsável pelo atingimento da meta (índice de autoridade). A partir da prioridade definida, são estabelecidas as metas específicas tendo os princípios de objetivo, valor e prazo, sendo que o objetivo podendo ser redução das causas especiais, deslocamento da média e redução das causa comuns, de acordo com Moreira et al. (2004).

2.3 Analisar (Análise do Processo)

2.3.1 Fase VI: Identificação das Causas Potenciais de cada problema

Segundo Moreira et al. (2004), nessa fase são levantados qualitativamente os possíveis fatores causadores de cada problema específico, que geram um resultado indesejável ao processo. As ações para identificação das causas são descritas abaixo dependendo do objetivo de melhoria:

- Se o objetivo for reduzir a variabilidade devido à causa especial, identifica-se a causa especial e o fator gerador para a mesma;
- Se o objetivo for deslocar a média ou reduzir a variabilidade devido à causas comuns, determinar qualitativamente os possíveis fatores causais.

Para a detecção da ocorrência de causas especiais, caso ainda não haja informações, deve-se monitorar o indicador por meio de carta de controle, onde são registradas as falhas ocorridas por tipo de problema.

No caso do fator gerador para o problema não ter sido identificado, parte-se para a realização de brainstorming / causa-e-efeito, para a realização dessa atividade conforme Moreira et al. (2004).

O Diagrama de Causa e Efeito, ilustrado na Figura 12, segundo Werkema (1995), é “utilizado para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado”. O mesmo é empregado em sessões de brainstorming, com a participação dos envolvidos no processo.

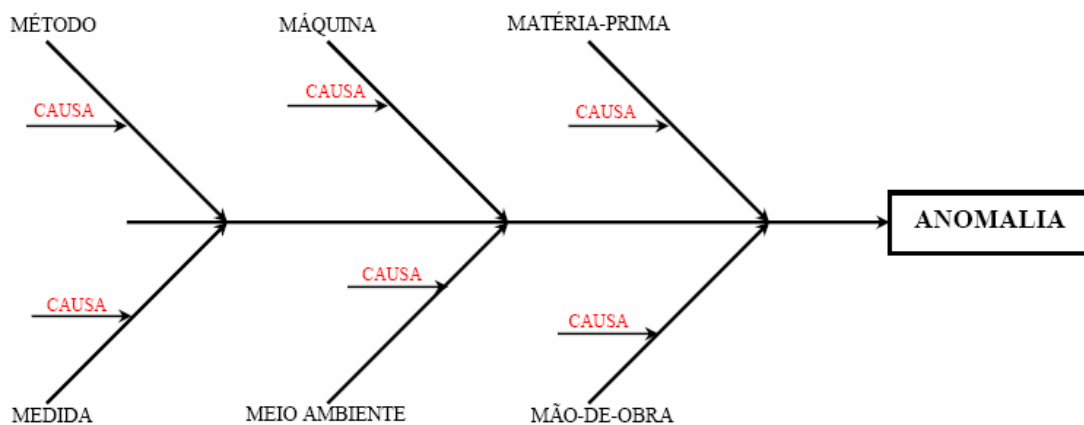


Figura 12: Modelo de Diagrama de Causa e Efeito

Fonte: adaptado, Ishikawa, 1993, p. 64.

2.3.2 Fase VII: Quantificação e Priorização das Causas Potenciais

Nessa fase, o objetivo é priorizar os causadores dos problemas e quantificar a relação causa-e-efeito. Para problemas de deslocamento de média, a atividade consiste em especificar, tecnicamente, os possíveis fatores causais, e avaliar se os mesmos são quantitativos. Verificar, ainda, o deslocamento por meios de cartas de controle, histograma e medidas descritivas, avaliando o impacto do fator causal no deslocamento da média. Para problemas de variabilidade devido à causas comuns, deve-se priorizar os fatores causais geradores do problema, segundo Moreira et al. (2004)

2.4 Melhorar (Estabelecimento do Plano de Ação)

2.4.1 Fase VIII: Teste de Medidas e Elaboração do Plano de Ação

Para os objetivos de redução de variabilidade (tanto devido às causas especiais ou comuns), bem como de deslocamento de média, deve-se definir medidas para redução de variabilidade, ou adotar níveis apropriados dos fatores causais, determinando condições de

operação apropriadas para os parâmetros do processo. A partir daí, elaborar planos de ação para a meta definida considerando viabilidade e retorno, conforme afirma Moreira et al. (2004).

2.4.2 Fase IX: Executar Plano de Ação

Nessa fase, ainda segundo Moreira et al. (2004), o plano de ação definido anteriormente deve ser executado após o treinamento de pessoas envolvidas no processo.

2.5 Controlar (Verificação e Padronização dos Resultados)

2.5.1 Fase X: Verificação

Conforme Moreira et al. (2004), essa é a fase de verificação dos resultados, onde se faz a comparação entre o planejado e o realizado. Analisa-se a realização da meta geral, e em caso contrário, volta-se à Fase II (Estabelecimento da meta geral), e das metas específicas, onde, caso não haja a aderência entre planejado e realizado, volta-se a Fase V (Estabelecimento das Metas Específicas).

2.5.2 Fase XI: Ações a serem executadas

Em caso de alcance de todas as metas, padroniza-se o processo, e em caso contrário, estabelece ações corretivas a serem tomadas, como afirma Moreira et al. (2004).

CAPÍTULO III

DESCRIÇÃO

A MRS logística S.A. é a concessionária da malha regional sudeste da RFFSA, que compreende os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, atuante no mercado desde 1996. Com sede em Juiz de Fora (MG), a empresa faz o transporte e distribuição de cargas através de 1643 km em uma região que concentra 65% do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro e onde estão instaladas os maiores complexos industriais do país. A malha da MRS possui acesso, ainda, a importantes portos do Brasil, como Sepetiba e Santos (o mais importante da América Latina). A carteira de produtos inclui minérios, produtos siderúrgicos acabados, cimentos, bauxita, produtos agrícolas e contêineres, e a empresa está focada na logística integrada, implicando em multimodalidade. (www.mrs.com.br)

O transporte ferroviário de cargas é dividido em 2 ramos: Heavy Haul e Carga Geral. Os trens de Carga Geral possuem vários tipos de carga, e uma formação possui várias origens e destinos. Os trens de Heavy Haul se configuram nos chamados trens unitários, que possuem mesmo produto e cliente compondo a formação do trem e tempos de ciclo pré-estabelecidos. Ciclo, conceitualmente, é o tempo gasto para sair de um ponto e voltar no mesmo.

Um ciclo subdivide-se nas seguintes etapas:

1) Carga

1.1) Antes da Carga MRS (ACM)

Tempo acumulado entre a chegada dos vagões ao terminal de carga e a disponibilização dos mesmos ao cliente.

1.2) Antes da Carga Cliente (ACC)

Tempo acumulado entre a disponibilização dos vagões ao cliente e início da carga efetiva.

1.3) Carga (CAR)

Tempo de carga efetiva, tempo entre a entrada do vagão no terminal e disponibilização dos mesmos carregados.

1.4) Depois da Carga MRS (DCM)

Tempo acumulado entre o recebimento dos vagões carregados pela MRS até a partida do trem.

2) Transit Time Carregado (TTC)

Tempo entre a saída do terminal dos vagões e a chegada do trem no local de destino, no terminal de descarga. Nessa etapa está incluída a Viagem Carregado Cliente (VCC), que corresponde ao tempo que o trem ficou parado em algum pátio localizado no percurso do transit time cuja responsabilidade seja do cliente.

3) Descarga

3.1) Antes da Descarga MRS (ADM)

Tempo acumulado entre a chegada dos vagões carregados ao local de destino (ponto de descarga) e a disponibilização dos mesmos ao cliente.

3.2) Antes da Descarga Cliente (ADC)

Tempo entre a disponibilização dos vagões carregados ao cliente e o início da descarga efetiva.

3.3) Descarga efetiva (DES)

Tempo entre a entrada dos vagões carregados ao terminal de descarga e a saída dos mesmos vazios.

3.4) Depois da Descarga MRS (DDM)

Tempo entre o recebimento dos vagões vazios e a partida do trem do terminal.

4) Transit Time Vazio

Tempo entre a saída dos vagões vazios do terminal de descarga e a chegada dos mesmos ao terminal de carga, quando então inicia-se um novo ciclo. Nessa etapa está incluída a Viagem Vazio Cliente (VVC), que corresponde ao tempo que o trem ficou parado entre a origem e destino por responsabilidade do cliente.

Na MRS, esses tempos de ciclo, pré-estabelecidos, são considerados para efeitos de dimensionamento de produção e capacidade de atendimento ao cliente. A capacidade mensal de transporte de cada trem unitário é dada abaixo:

Capacidade da composição = capacidade de volume do trem * n^o de viagens realizadas durante o mês

Onde a capacidade de volume da composição depende do número e do volume dos vagões, e sendo,

N° de viagens realizadas durante o mês = N° de dias do mês / Ciclo

Através dessa capacidade de transporte, os acordos com os clientes são feitos, onde se disponibilizam uma capacidade de carregamento determinada para o mesmo, de acordo com viabilidade de recursos, estratégia da empresa e demanda, como abaixo:

Capacidade Mensal para Cliente X = n° trens disponibilizados * capacidade da composição

Como se pode perceber, quando o tempo do ciclo aumenta, o n° de viagens a serem realizadas durante o mês diminui, diminuindo, também, o volume a ser transportado no mês em questão. Assim, os acordos feitos com os clientes não são cumpridos e o proposto não é realizado, implicando em efeitos comerciais e operacionais indesejáveis.

O trabalho se justifica no momento em que há necessidade de mudança no panorama da operação, com a máxima aproximação entre o ciclo proposto e o ciclo realizado, de forma a atender os objetivos estratégicos da empresa, garantindo um melhor nível de serviço.

O presente estudo vem, através de ferramentas estatísticas e descritivas de qualidade, analisar os fatores que causam atrasos no transit time dos trens de minério da origem (a ser definida) até o pátio de P1.07, principal pátio da MRS (onde todos os trens executam atividades programadas), de forma a ser feito um levantamento dos principais fatos geradores de problemas, para posterior confecção de planos de ação, cujo objetivo é minimizar o impacto desses fatores na operação da empresa em questão.

CAPÍTULO IV

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA

4.1 Etapa Define (Definir)

O minério de ferro é o principal produto transportado pela MRS Logística, representando aproximadamente 74% do volume produzido até junho / 2008, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Produção acumulada 2007/2008

Produção Anual em Milhares Toneladas (2007/2008)			
MERCADORIA	2008		2007
	Junho	até Junho	até Junho
AÇÚCAR	264,8	1.047,1	730,7
AREIA	126,5	707,7	685,4
BAUXITA	222,3	1.014,1	721,1
CARVÃO / COQUE	316,8	1.637,5	1.791,0
CELULOSE	66,2	411,5	426,0
CIMENTO	151,2	895,0	827,0
CONTAINER	135,5	724,8	552,2
ENXOFRE	70,1	430,5	380,6
ESCORIA ALTO FORNO	26,5	124,0	257,3
FOSFATOS	79,4	505,3	609,1
GUSA E SUCATA	200,9	1.145,9	725,1
MADEIRA	26,4	125,5	81,8
MIN. FERRO INT.EXP.	8.677,1	48.773,0	43.561,6
PROD.SID. INT.EXP.	520,4	3.166,7	3.408,7
PRODUTOS QUÍMICOS	21,9	186,5	201,0
SAL	15,2	78,1	79,7
SOJA/FARELO DE SOJA/MILHO	906,2	4.557,0	3.098,1
TUBOS	17,2	90,6	107,4
OUTROS	103,5	593,7	714,5
TOTAL GERAL	11.948,1	66.214,5	58.958,3

Fonte: MRS (2008)

Esses dados mostram que, toda tomada de decisão que viabilize algum tipo de melhoria no transporte do minério produzirá grandes efeitos para a empresa, tornando-a mais eficiente e possibilitando o aumento do volume produzido, tornando a companhia mais lucrativa.

Nos últimos meses foi percebido um aumento de perdas e atrasos no ciclo devido a problemas nas proximidades dos pontos de carga, e, através de análises estatísticas será definido o trecho a ser estudado. O mapa da região é mostrado na Figura 13.



Figura 13: Mapa dos pontos de carga de minério

Fonte: MRS (2008)

Etapa I – Identificação das Prioridades

Através do cenário atual, percebe-se uma ineficiência no trecho do ponto de carga FLH (Olhos D'Água) ao pátio de P1.07, local de parada obrigatória para os trens de minério, onde são realizadas atividades programadas, como retirada de auxílio (locomotiva anexada na cauda do trem para empurrá-lo em trechos íngremes), manobras de locomotivas, circulação no pátio, inspeção das locomotivas, abastecimento de óleo(graxas)/diesel/água/areia, troca de equipagem, teste de ar/freio, anexação do auxílio P1.07 a Bom Jardim e partida do pátio.

O projeto foi escolhido por estar de acordo com os objetivos da qualidade e com a missão da empresa, cuja meta é atingir um nível ótimo de previsibilidade e aderência à programação.

Etapa II – Estabelecimento da Meta Geral

A performance de um trecho é considerada ineficiente quando o valor de seu trânsito está acima do padrão pré-estabelecido pela MRS. Portanto, o objetivo é diminuir o tempo de circulação dos trens originados em FLH até o pátio de P1.07, uma vez que foi observado que nos últimos meses houve uma variabilidade dos tempos médios no trecho, cujos valores estiveram acima do tempo padrão, como ilustrado na Figura 14.

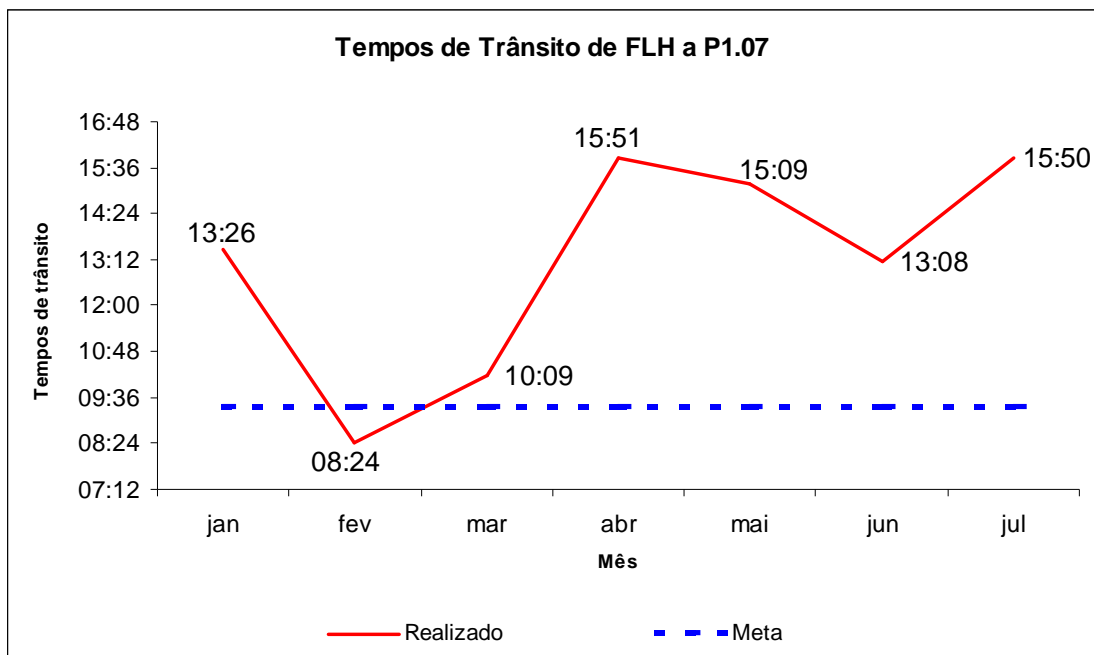


Figura 14: Tempos de Trânsito no trecho FLH a P1.07

Fonte: o autor

A redução proposta a ser realizada no tempo médio de trânsito é de 13:08h para 09:22h, padrão estabelecido por equipe responsável da MRS Logística SA. O projeto se justifica a partir de análises de retornos financeiros realizados com base em valores médios já utilizados para cálculos de despesas gastas devido à 1h de parada de trem não programada (THP – trem hora parado). A perda devido às paradas dos trens são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2: Análise de Investimento para a continuação do projeto

Análise de Investimento	
Média de atraso no trânsito (por trem)	03:46
R\$ / THP	R\$ 1.290,00
R\$ / Trem	R\$ 4.859,00
Nº trens atrasados (6 meses)	443
Perda (Acumulado 6 meses)	R\$ 2.152.537,00

Fonte: o autor

A meta geral, dessa forma é definida da seguinte forma:

“Reduzir o tempo de trânsito de 13:08h para 09:22h (28,68%) dos trens de minério originados em FLH (Olhos D`Água) no trecho FLH / P1.07, até 31/12/08.”

O problema, porém, não está focado, e identificação e análise de dados serão necessárias para focar o problema adequadamente.

4.2 Etapa Measure (Medir)

Etapa III – Desdobramento do problema

O alto tempo de trânsito no trecho pode ser desdobrado nas atividades que o trem realiza nos pátios intermediários do trecho em questão. Para isso, gráficos de Pareto são utilizados de forma a melhorar a visualização e identificação das principais causas do problema. Para as análises foram utilizados dados de janeiro/2008 a julho/2008, que representam bem a situação da malha ferroviária atualmente.

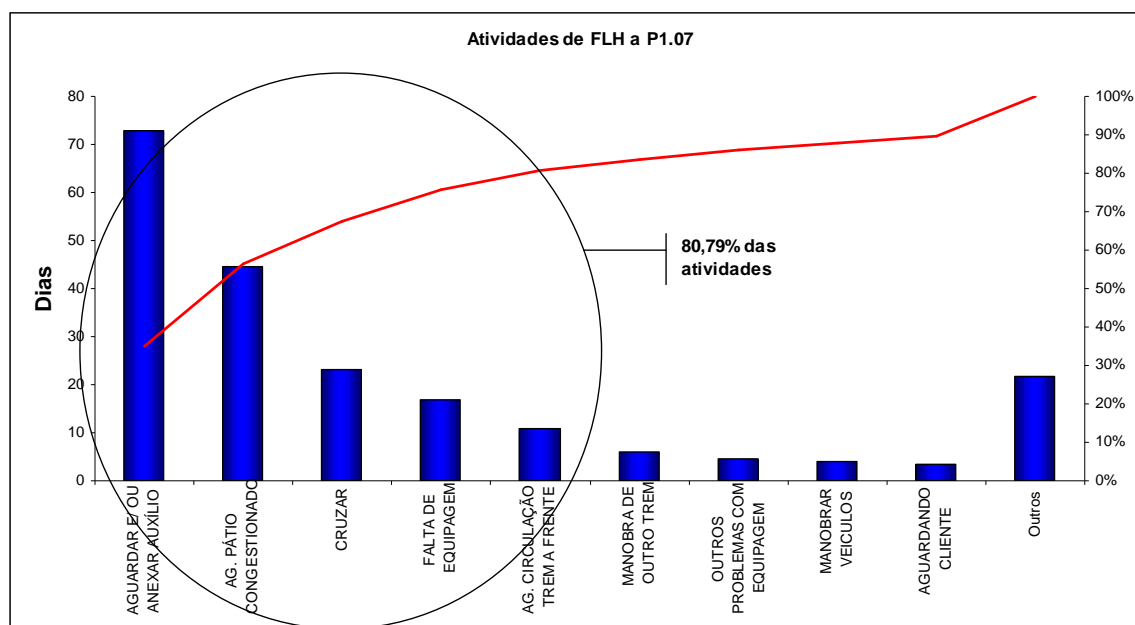


Figura 15: Atividades do trecho FLH a P1.07

Fonte: o autor

O destaque da figura indica que 80,79% das atividades no trecho são devido à paradas por: Aguardar e Anexar auxílio, Aguardar pátio congestionado, Cruzamento, Falta de Equipagem e Circulação de Trem à Frente. Dessa forma, melhorando mais de 80% dos tempos das atividades, atinge-se o objetivo inicial de melhoria de 28,68% dos tempos de trânsito no trecho.

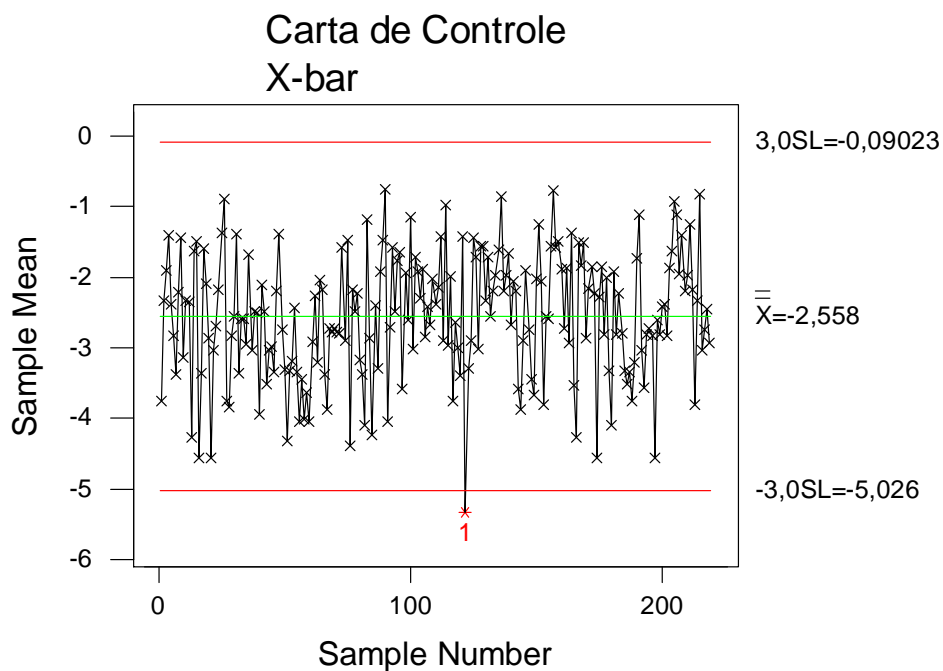
Etapa IV – Determinação das oportunidades nas variações

As atividades a serem estudadas são as descritas na etapa III, e para cada uma delas será estudado as oportunidades nas variações encontradas no processo.

Atividade 1 – Aguardar e Anexar Auxílio de Tração

Auxílio, por definição, é uma ou mais locomotivas, inseridas normalmente na cauda dos trens pesados, com a finalidade de empurrar a composição em rampas íngremes, auxiliando-a na subida.

Através do teste de normalidade, realizado em software estatístico, foi constatado que os dados disponíveis não seguiam uma distribuição normal, e para isso, foi necessária uma transformação dos mesmos de forma a serem feitas as análises posteriores. Gráficos de Controle foram construídos para verificação do processo e mostrados na Figura 16.



Carta de Controle AM

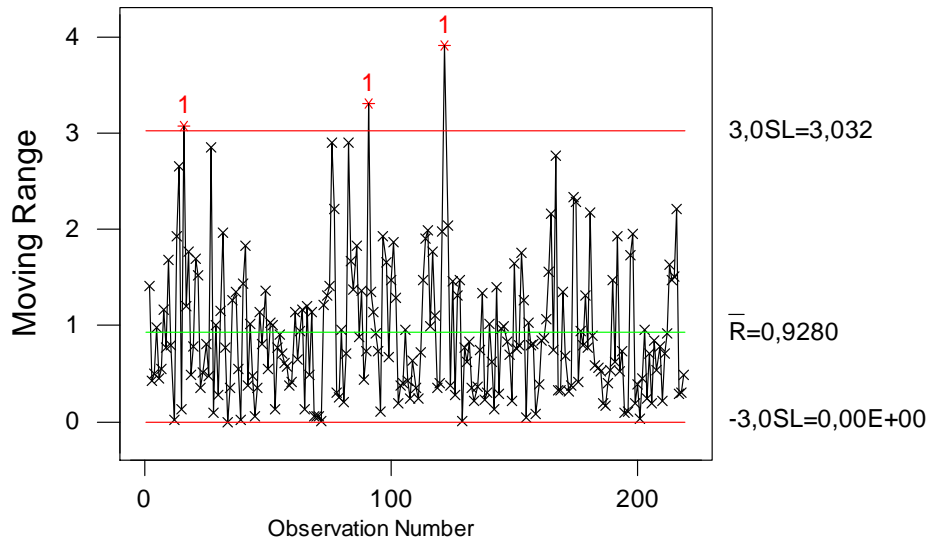


Figura 16: Cartas de Controle X – AM

Fonte: o autor

Por análises dos gráficos percebe-se que o processo possui variação por causas especiais (pontos fora dos limites de controle), além das causas comuns, inerentes ao processo. O Histograma dos dados é disposto na Figura 17.

Process Capability Analysis for In

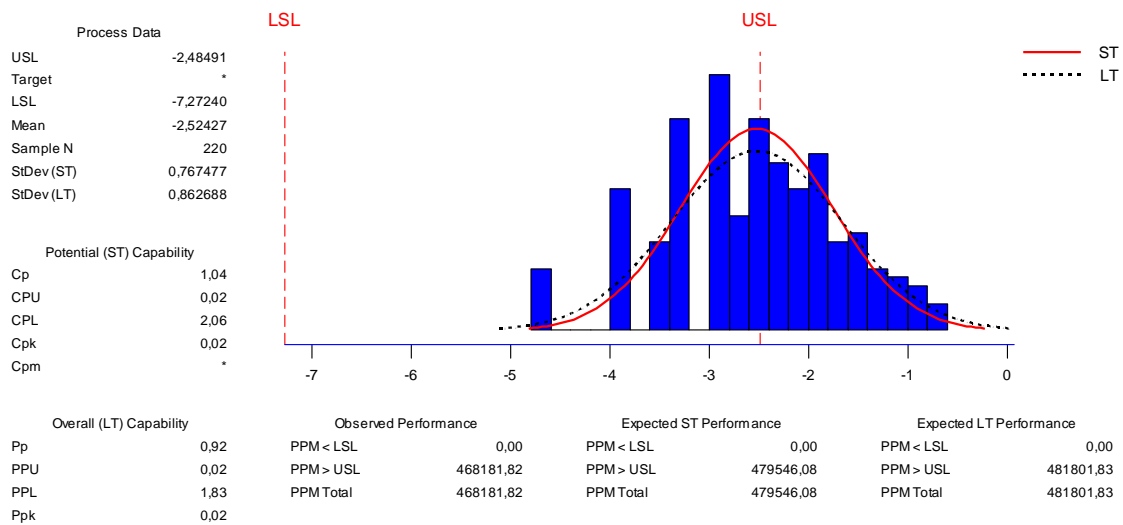


Figura 17: Análise de Capacidade do Processo – Atv. Aguardar auxílio

Fonte: o autor

Os cálculos foram feitos considerando 00:00h e 02:00 como limites inferior e superior de especificação respectivamente.

Os índices C_p e C_{pk} representam o desempenho dos tempos da atividade Aguardar e anexar auxílio, considerando o deslocamento da média e a presença de somente causas comuns. Os índices P_p e P_{pk} , no entanto, consideram, também, a presença de causas especiais. Pelo índice P_{pk} , nota-se que os tempos de atividade não estão atendendo às especificações, pois o índice é menor que $P_{pk} < 1$. A média não está centrada, fato comprovado pela diferença entre os valores de P_p e P_{pk} . A escala Sigma (número de desvios padrão entre a média e as especificações) é de 0,7. Portanto, a oportunidade encontrada na variação foi de centralizar a média, e eliminar as causas especiais, ainda que isso não tenha efeito grande na melhoria do processo, pois a redução produtos não conformes passará dos atuais 481.801,83 ppm (partes por milhão) para 479.546,08 ppm (redução de 0,46%). A eliminação de causas comuns não é possível, pois $C_p > 1$, o que significa que, estando a média centrada, os dados se encontram dentro dos limites de especificação, tendo menor variabilidade devido às mesmas. No entanto, simulando uma centralização da média junto com a eliminação de causas especiais o valor inicial de não conformidade cai à 2821,24 ppm (0,28% de não conformidade), reduzindo em 99,41% o número de trens que ultrapassaram o tempo padrão. A Figura 18 ilustra as oportunidades nas variações.

Percentual fora da faixa				
Atividade	Atual	Sem causa especial	Sem causa especial e média centralizada	Sem causa especial, média centralizada e reduzindo variação de causas comuns.
Ag. Auxílio	48,18%	47,95%	0,28%	0,28%

Figura 18: Oportunidades nas variações – Aguardar e anexar auxílio

Fonte: o autor

Atividade 2 – Aguardar Pátio Congestionado

Para a análise das atividades denominadas Aguardar pátio congestionado, os tempos de limites de especificação superiores e inferiores foram considerados como sendo 00:00h e 01:00h, devido à atual situação da malha e à falta de capacidade do pátio P1.07, causa de congestionamento no tráfego. Para análise do processo, gráficos de controle X-AM foram construídos e mostrados na Figura 19. Deve-se ressaltar que os dados foram transformados pela função $\ln(x)$, pois os dados iniciais não possuíam uma distribuição normal, fato evidenciado através do teste de normalidade.

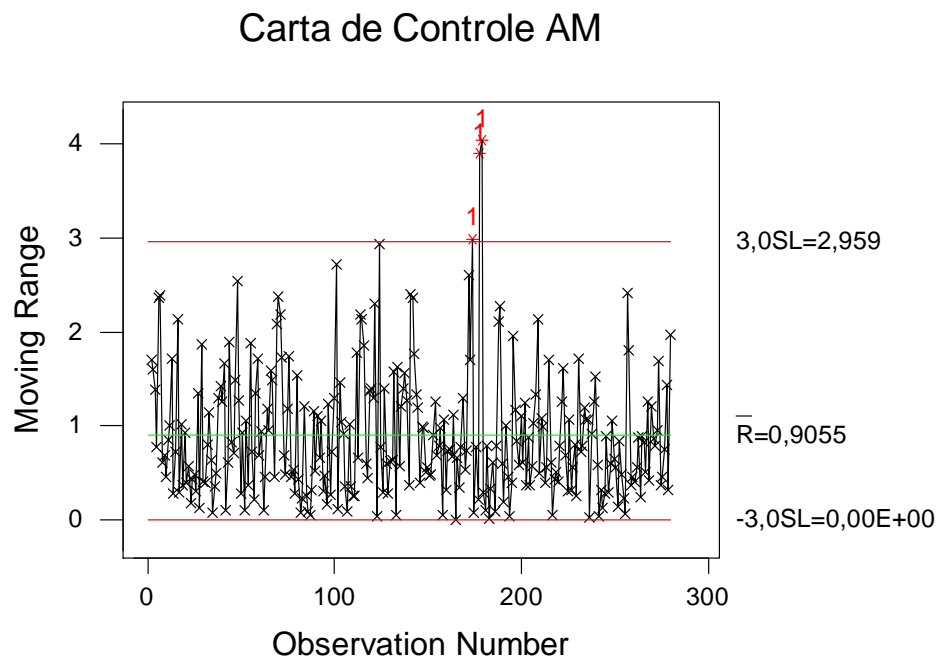
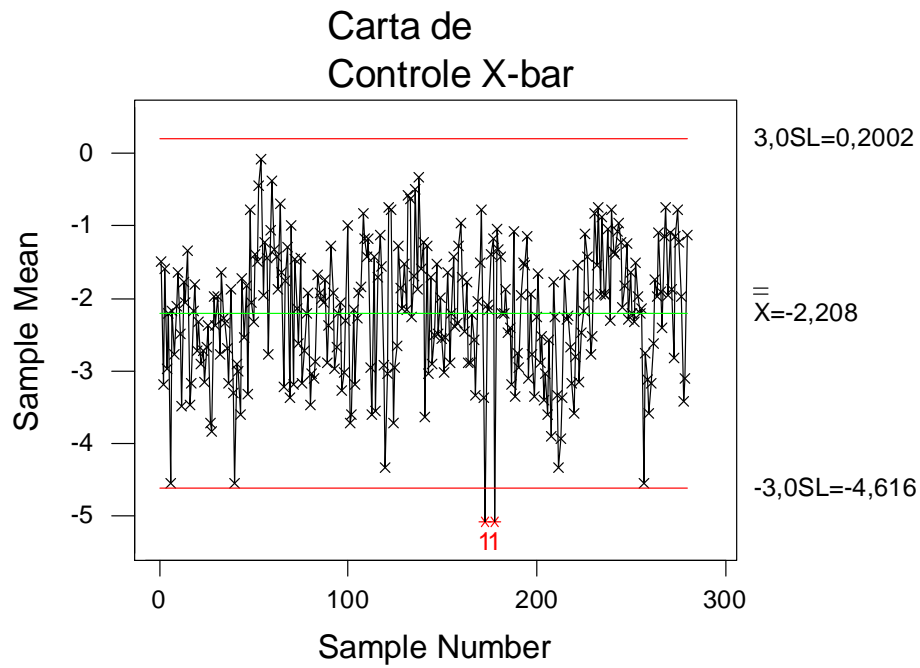


Figura 19: Gráficos de Controle X-AM para Ag. Pátio congestionado

Fonte: o autor

Pelos gráficos de controle, percebe-se a presença de causas especiais para o processo, devido aos pontos fora dos limites de controle. Parte-se, então para a análise de capacidade dos dados, mostrado na Figura 20.

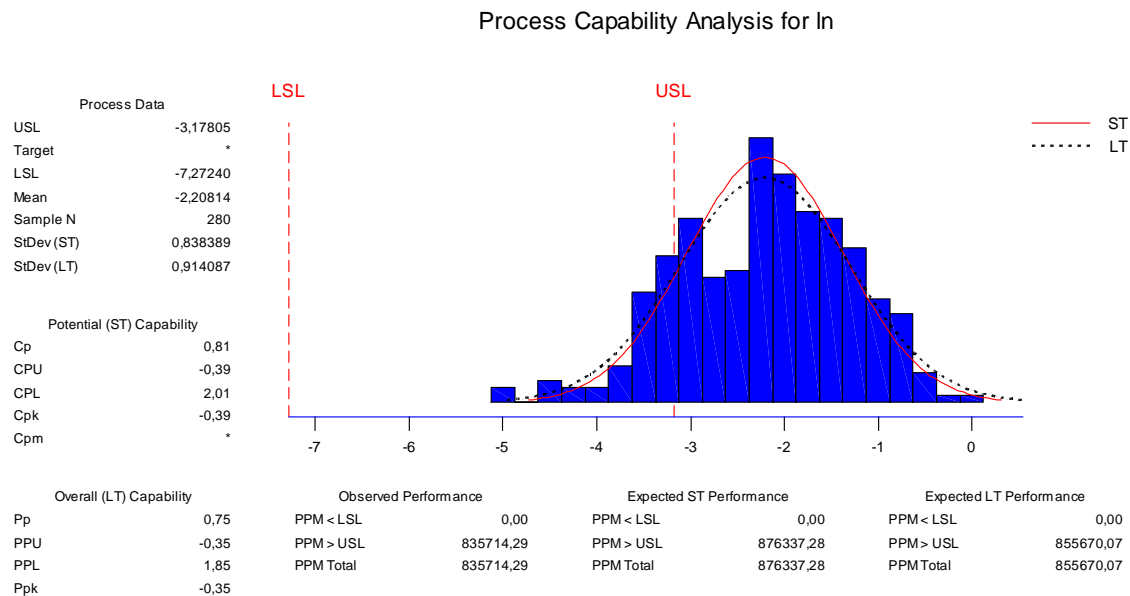


Figura 20: Análises de capacidade do processo – Atv. Aguardar pátio congestionado

Fonte: o autor

Pelos índices dispostos nos indicadores, nota-se que o processo não está atendendo aos limites de especificação estabelecidos, pois $P_{pk} < 1$. Assim, as oportunidades nas variações se dão através da centralização da média e da eliminação de causas comuns. Na Figura 21, são mostradas as oportunidades e os valores encontrados caso ações corretas sejam tomadas.

Atividade	Percentual fora da faixa	
	Atual	Sem causa especial e média centralizada
Pátio Congestionado	85,56%	0,42%

Figura 21: Oportunidades nas variações – Aguardar pátio congestionado

Fonte: o autor

Com a eliminação de causas especiais, tem-se uma redução de 99,08 % dos tempos não conformes, que estejam fora dos limites de especificação, para a realização da atividade em questão.

Atividade 3 – Cruzamento

A atividade de cruzamento significa uma composição ter a circulação parada dentro de um pátio para que outro trem possa continuar a trajetória, isso em caso de linha singela – linha única com sentido de movimento dos dois lados. Gráficos de Controle são mostrados na Figura 22 para análise dos tipos de variação que ocorre no processo. Esses dados, porém foram transformados pela função $\ln(x)$ visto que a distribuição original não era normal, fato descoberto através do teste normalidade.

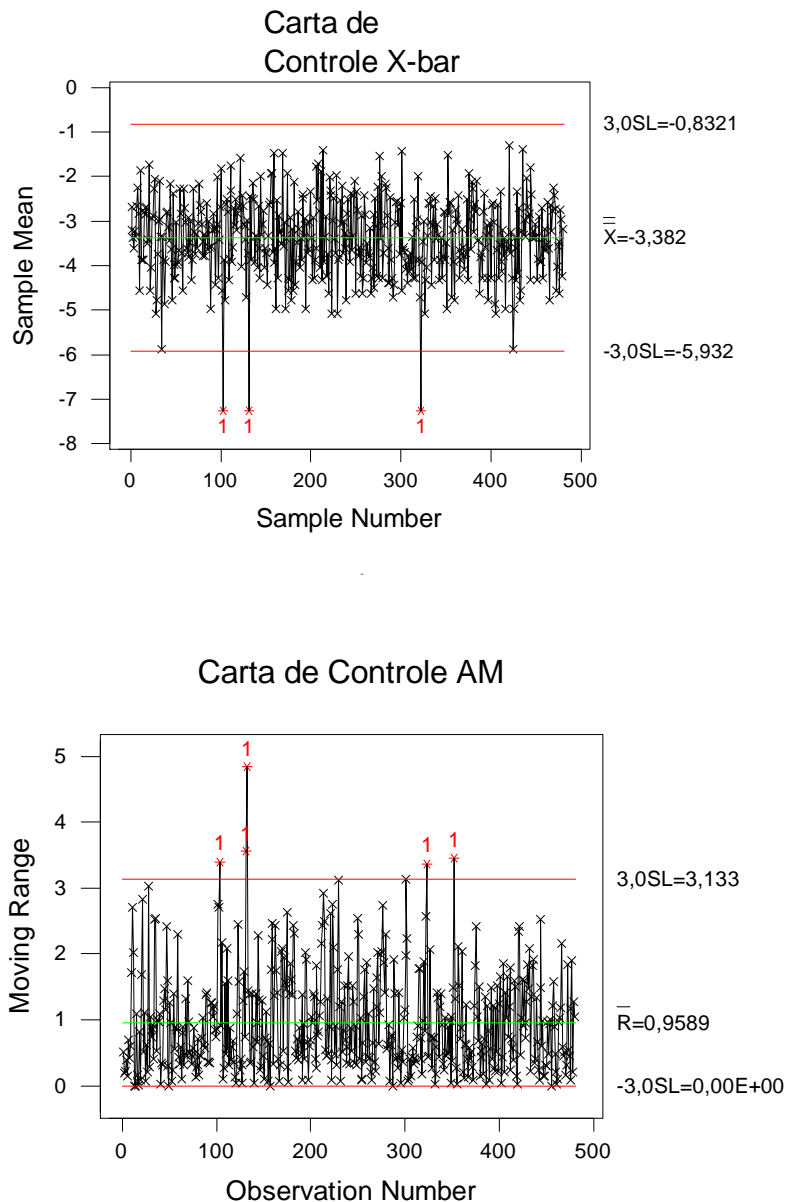


Figura 22: Gráficos de Controle X-AM para Cruzamento

Fonte: o autor

O processo da atividade cruzamento possui causas comuns e especiais, visto pelos pontos fora dos limites de controle nos gráficos acima. A análise do processo é mostrada na

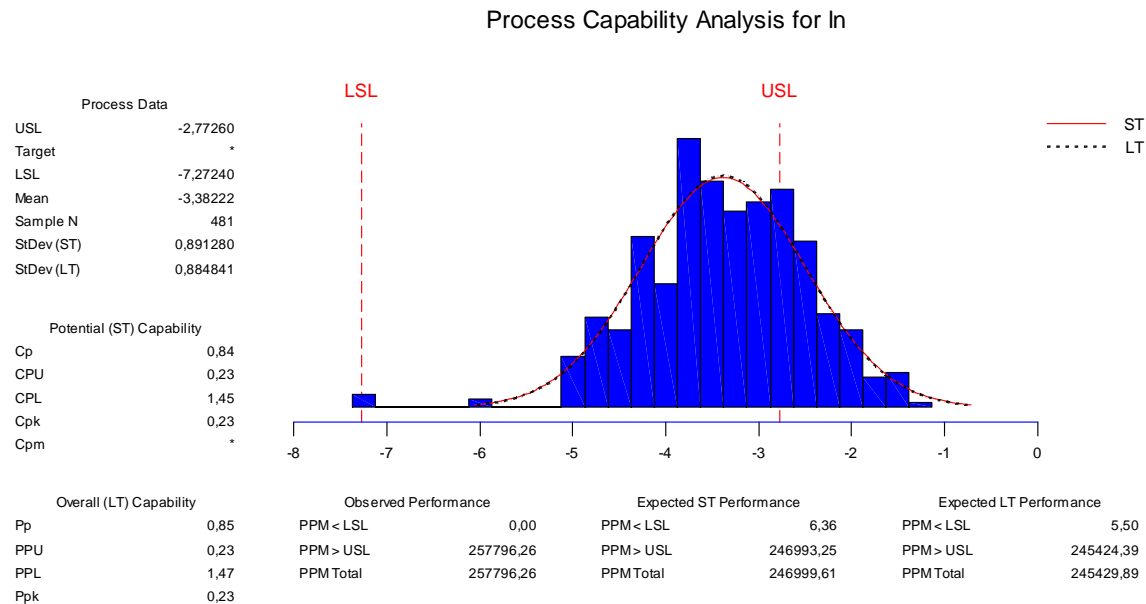


Figura 23.

Figura 23: Análises de capacidade do processo – Atv. Cruzamento

Fonte: o autor

Para os índices, foram considerados como limites de especificação 0:00h para limite inferior e 01:30h para limite superior. O processo também não atende às especificações, visto que seus índices (C_p e P_p) são menores que 1. A média está deslocada, e causas comuns devem ser combatidas para que o processo fique estável. Atualmente a escala Sigma é de 1,15, o que significa não conformidade em 245.426,33ppm (24,54%). Com a centralização da média esse número cai para 4.273ppm (0,42%), significando uma redução de 98,25% do número de não conformidade.

Atividade 4 – Aguardar Falta de Equipagem

Equipagem é uma ou duas pessoas responsável pela operação do trem. A atividade Aguardar Falta de Equipagem deveria ter ocorrência zero, porém, considerando o cenário atual do número insuficiente de maquinistas disponíveis para as operações será considerado como valor de limite superior de controle o tempo de 01:00h. Para visualização do processo, gráficos de controle X-AM serão mostrados na Figura 24. Ressalta-se, porém, que os dados foram transformados para as análises seguintes, pois a distribuição não seguia a curvatura normal (percebido pelo teste de normalidade)

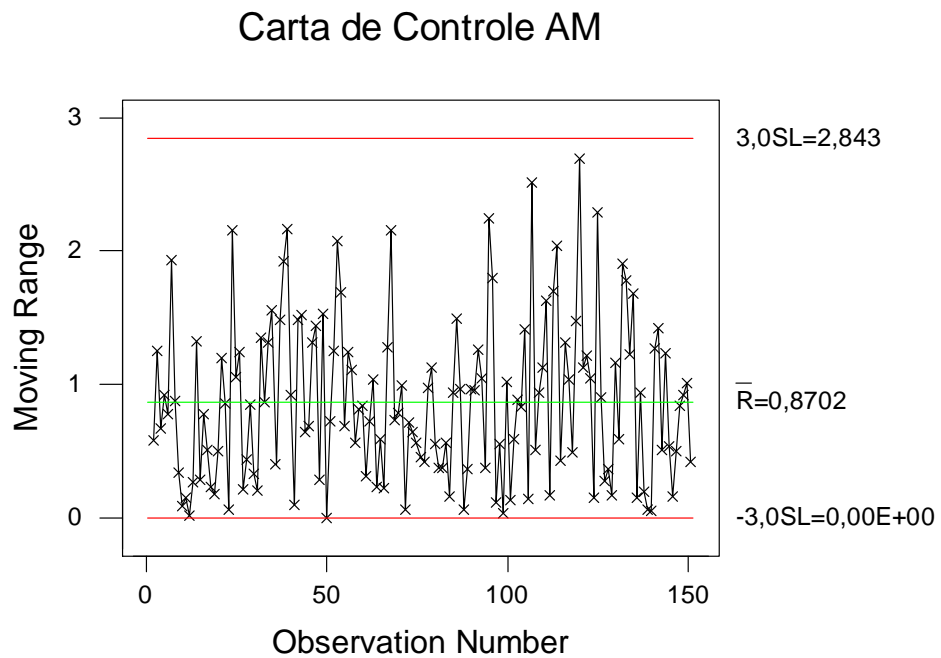
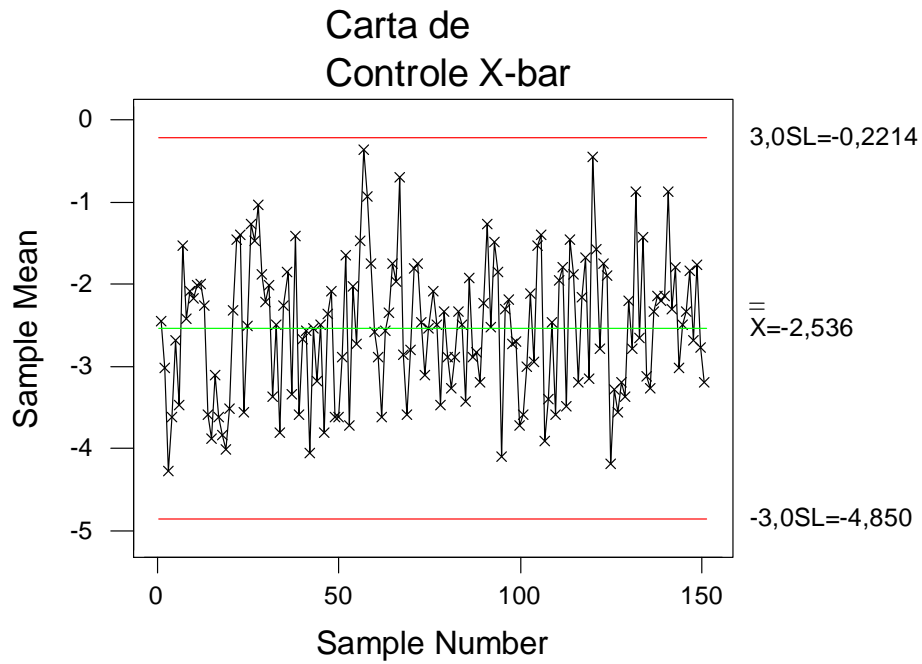


Figura 24 – Gráficos de Controle X-AM para Aguardar Falta de Equipagem

Fonte: o autor

Os gráficos indicam que não existem causas especiais atuando no processo, somente causas comuns. A análise da capacidade do processo é mostrada na Figura 25.

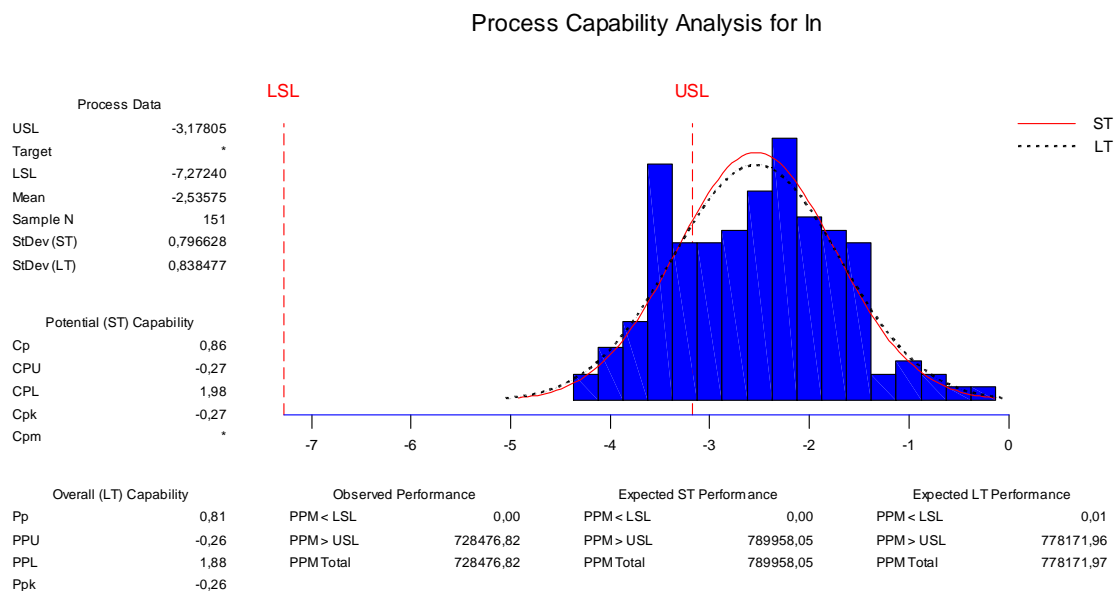


Figura 25: Análises de capacidade do processo – Aguardar Falta de Equipagem

Fonte: o autor

A análise indica que o processo não atende às especificações, possuindo sua média deslocada. O resultado dele é o número de itens não conformes, que chega à 778.171,97 ppm. Simulando uma centralização da média esse índice cairia para aproximadamente 3400 ppm de itens defeituosos, reduzindo em 99,29% o número de não conformidades.

Atividade 5 – Aguardar Circulação de Trem à frente

A atividade Aguardar Circulação de trem à frente, quando por algum motivo o fluxo de trens não segue sua velocidade normal, também deveria ter padrão zero. Devido ao cenário atual, para limites de tolerância será considerado o valor de 01:00h, e para análises do processo os gráficos de controle X – AM são mostrados na Figura 26. Para todas as análises posteriores, os dados foram transformados em uma distribuição normal, pois esse é o pressuposto para a construção de cartas de controle.

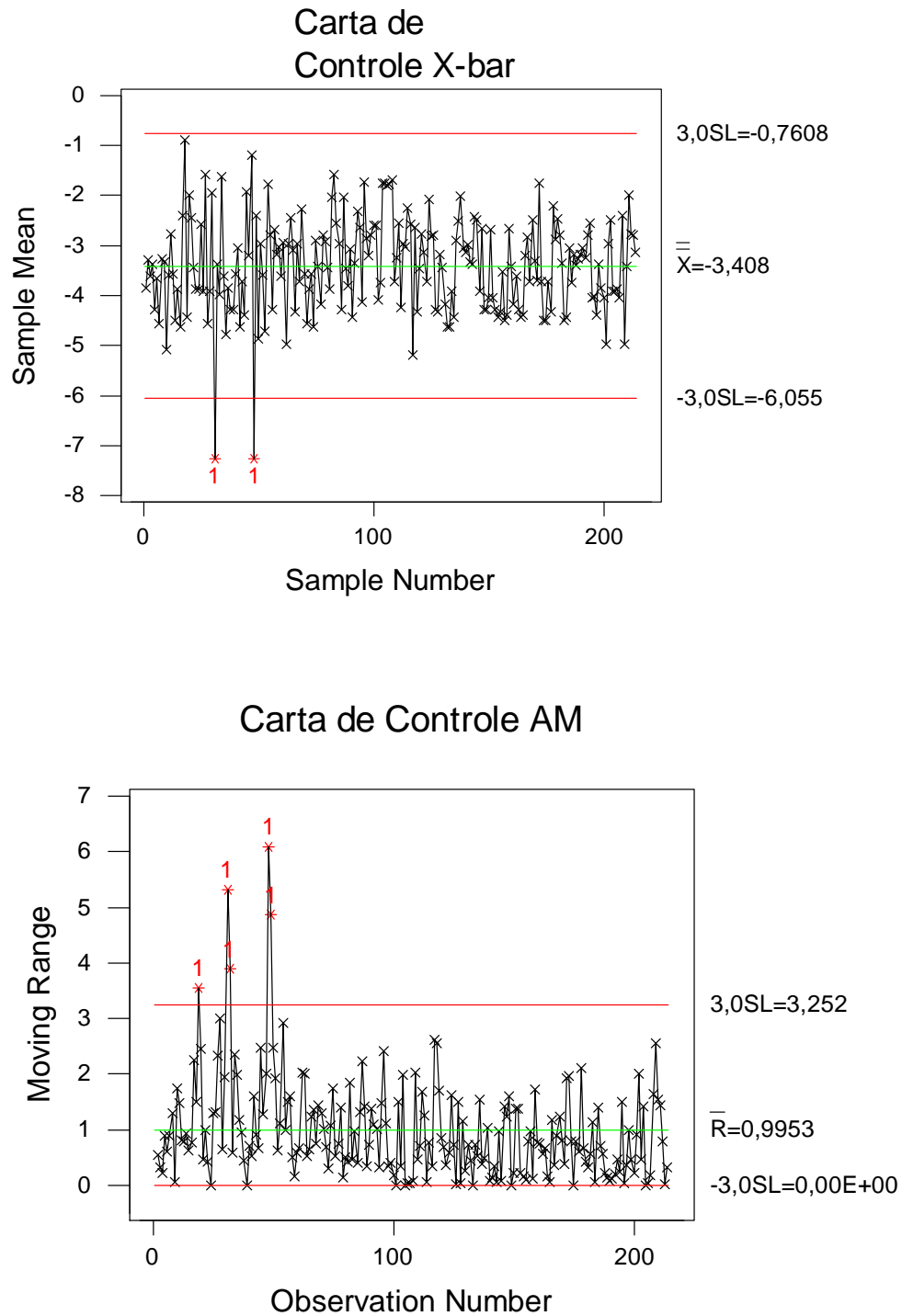


Figura 26: Gráficos de Controle X-AM para Aguardar Circulação trem à frente

Fonte: o autor

O processo possui, entre suas causas, àquelas chamadas de especiais, pois, pelos gráficos percebemos pontos fora dos limites de controle. Para melhor verificação das oportunidades de ganho nas variações, a análise da capacidade do processo foi realizada, e mostrada na Figura 27.

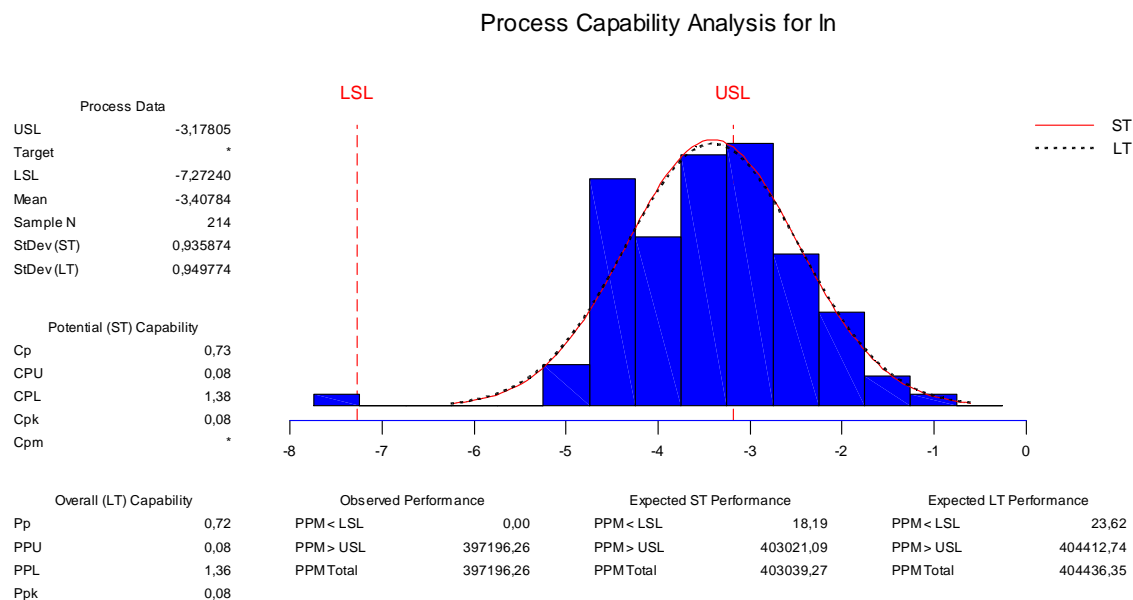


Figura 27: Análises de capacidade do processo – Aguardar Circulação Trem à frente

Fonte: o autor

O processo possui sua média deslocada, comprovada pelo fato de $P_p = 0,72 > P_{pk} = 0,08$. Os índices de não conformidades chegam à 404.436,35 ppm (40,44%), e simulando uma centralização da média, tem-se que os itens que não estão de acordo com as especificações, caem à 49852,81ppm, ou seja, são reduzidos em 87,67%. Considerar, ainda, a redução de causas comuns.

Para maiores informações adicionais sobre as análises, consultar o Mapa de Raciocínio, no Anexo 1.

Etapa V – Estabelecimento das metas específicas

Essa fase é destinada a priorizar os problemas focos e estabelecer metas específicas. Os critérios de prioridade a ser estabelecido envolve o índice de criticidade (impacto de cada problema no problema geral), índice de facilidade (facilidade de atuar em cada problema crítico) e o índice de autoridade (poder de decisão do responsável pela meta). O índice de autoridade foi considerado igual para todos os problemas envolvidos, pois nenhum deles se situa na área de atuação do responsável. A Figura 28 a seguir ilustra a decisão de priorização dos problemas.

Determinação do índice de Prioridade					
Atividade	Índice de Criticidade	Índice de Facilidade	Índice de Autoridade	Índice de Prioridade	Priorização
Aguardar e Anexar Auxílio de Tração	34,95%	99,41%	50%	184,36%	1
Aguardar Pátio Congestionado	21,39%	99,08%	50%	170,47%	2
Cruzamento	11,14%	98,25%	50%	159,39%	3
Aguardar Falta de Equipagem	8,13%	99,29%	50%	157,42%	4
Aguardar Circulação de Trem à frente	5,18%	87,67%	50%	142,85%	5

Figura 28: Critérios de Priorização

Fonte: o autor

Os índices de Facilidade foram os utilizados na etapa anterior, que indica a melhoria no processo com a centralização da média. Esses índices foram calculados através de simulações realizadas em softwares estatísticos.

A tabela sugere que aguardar e Anexar auxílio de tração, aguardar pátio congestionado, cruzamento, aguardar falta de equipagem e aguardar circulação de trem à frente, sejam, nessa ordem, os problemas prioritários para o combate ao problema inicial.

A meta geral é reduzir o tempo de trânsito do trecho FLH a P1.07 de 13:08h, em média, para 09:22. Isso corresponde à uma redução de 28,68% do tempo de circulação do trecho ou 0,16 dias. Abaixo, a tabela ilustra formas de se fazer essa redução total de 0,16 através das principais atividades identificadas.

Atividade	Potencial de Redução	80% do potencial	Média do tempo da atv.	Redução	Redução Acumulada
Aguardar e Anexar Auxílio de Tração	99,41%	79,53%	0,08	0,06	0,06
Aguardar Pátio Congestionado	99,08%	79,26%	0,11	0,09	0,15
Cruzamento	98,25%	78,60%	0,03	0,02	0,17
Aguardar Falta de Equipagem	99,29%	79,43%	0,08	0,06	0,24
Aguardar Circulação de Trem à frente	87,67%	70,14%	0,03	0,02	0,26

Figura 29: Identificação das metas específicas

Fonte: o autor

Considerando fazer uma redução de 80% do potencial já determinado na fase anterior, a redução de 0,16 dia se dá na redução acumulada da terceira atividade. Isso significa que, para o alcance da meta geral, deve-se combater as 3 primeiras atividades da tabela, e as metas específicas ficam assim definidas:

- Reduzir em 79, 53% o tempo da atividade Aguardar e Anexar auxílio;
- Reduzir em 79, 26% o tempo da atividade Aguardar pátio congestionado;
- Reduzir em 78,60% o tempo da atividade Cruzamento;

Para a primeira meta específica, tem-se que o valor atual das atividades corresponde a 34,94%. Com uma redução de 79,53%, meta para a atividade se torna 7,15%. Com os valores atuais, a meta é estabelecida, pois de acordo com o já demonstrado, a centralização da média traria a média para 0,28%. A figura 30 mostra os objetivos de melhoria para a atividade de Aguardar e Anexar auxílio.

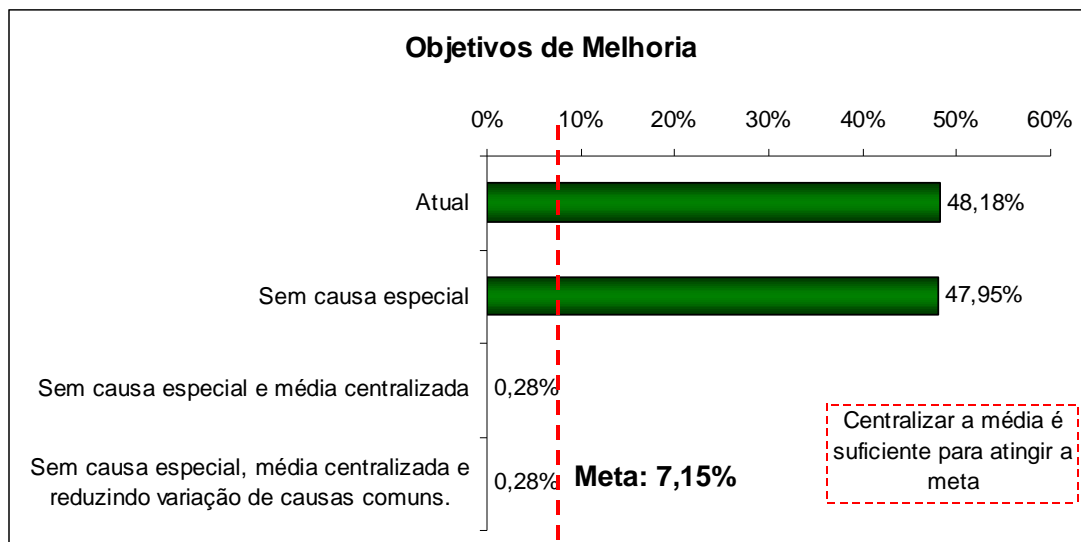


Figura 30: Objetivos de Melhoria para Aguardar e Anexar auxílio

Fonte: o autor

Para a meta específica 2, tem-se que o percentual atual da atividade Aguardar pátio congestionado é de 21,39%. Reduzindo-se 79,26% desse valor (de acordo com a meta específica), o índice de não conformidades esperado será de 4,43%. Porém, na etapa anterior, já havia sido calculado esse índice caso a média fosse centralizada e causa especiais eliminadas, que ficaria em 0,42%. Ou seja, através da centralização da média é possível atingir a meta especificada anteriormente. Um esquema dos objetivos de melhoria é demonstrado na Figura 31.

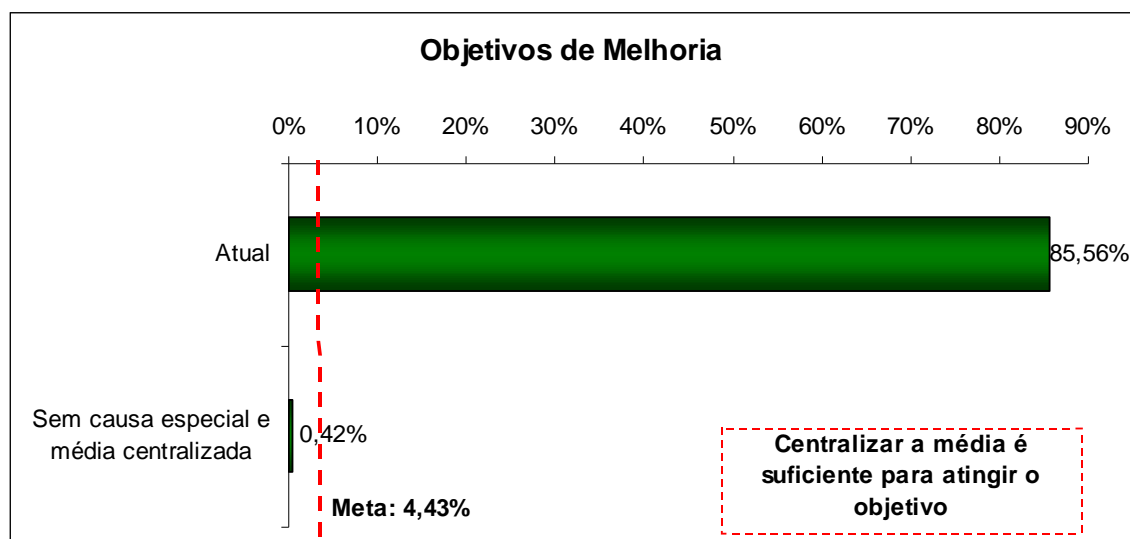


Figura 31: Objetivos de Melhoria para Aguardar pátio congestionado

Fonte: o autor

Para a terceira meta específica, redução dos tempos da atividade Cruzamento, cuja participação atual é de 11,14%, a meta definida de redução em 78,60% é conseguida pela centralização da média, como visto na Figura 32.

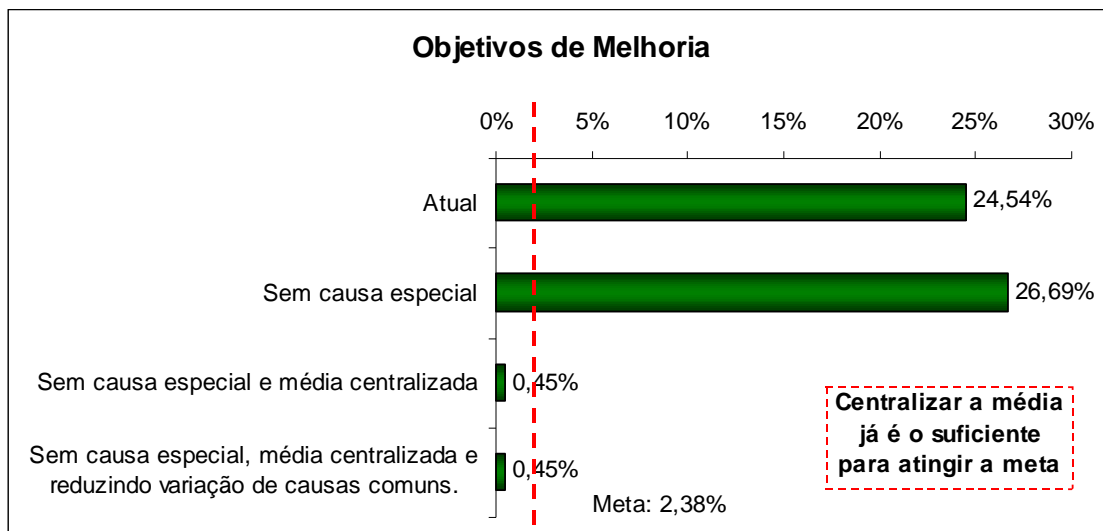


Figura 32: Objetivos de Melhoria para Cruzamento

Fonte: o autor

4.3 Etapa Analyse (Analisar)

Etapa VI – Identificação das Causas Potenciais de cada problema

A operação da MRS Logística trabalha com a anexação de locomotivas de auxílio na cauda dos trens em trechos com rampas elevadas, ajudando a empurrá-los em sentido ascendente. Essas locomotivas são utilizadas exclusivamente para esse serviço, retornando ao início da rampa assim que tenham terminado de empurrar uma determinada composição, para empurrar a próxima. Porém, é utilizada somente 1 locomotiva de auxílio no trecho em questão, ou seja, os trens posteriores ficam aguardando o retorno do auxílio para prosseguir viagem. Considerando o aumento do volume de trens, 1 máquina de auxílio não é suficiente para dar cadência no fluxo.

Maior causa da atividade de Aguardar pátio congestionado são os trens que esperam a liberação para o pátio de P1.07. O pátio em questão é parada obrigatória para os trens que circulam na região. Cada composição possui um programa de atividade no pátio que envolve: retirada de auxílio, manobras de locomotivas, circulação no pátio, inspeção das locomotivas, abastecimento de óleo(graxas)/diesel/água/areia, troca de equipagem, teste de ar/freio, anexação do auxílio P1.7 a Bom Jardim e partida do pátio. Estudos recentes mostram o P1.7 como um pátio sem capacidade para a crescente demanda, e estudos de viabilização de investimentos e/ou melhorias na programação da circulação dos trens são

necessários para o cumprimento do tempo padrão e melhor adequação da malha aos novos cenários. Assim, uma causa potencial para os tempos com médias deslocadas dessa atividade se deve à permanência de cada trem no pátio.

A atividade de cruzamento envolve a parada de um trem para circulação de outro, em caso de linha singela. Os tempos encontrados para essa atividade no trecho em questão podem ser justificados pelos aumentos de volumes transportados pela empresa, já que o trecho é rota de muitos carregamentos, e a estrutura física e/ou otimização da circulação não sofreu alteração de acordo com esse aumento.

Etapa VII – Quantificação e priorização das causas potenciais

Entre as possíveis causas potenciais, a prioridade é para a melhoria da utilização da capacidade do pátio de P1.07, pois a mesma influencia em toda a circulação de FLH a P1.07. Isso significa que atividades não programadas ocorrem a partir do momento que o pátio em questão se torne um gargalo no processo. Filas de trens são formadas e o cumprimento da programação de trânsito fica comprometida no decorrer do tempo.

Etapa VIII –Elaboração do plano de ação

Para o atingimento da meta, ações deverão ser tomadas de forma a atingir o objetivo. Através do levantamento das principais causas.

Tabela 3: Planos de Ação

Problema	Plano de Ação
Ag. e Anexar auxílio	Alocação de mais recursos para auxílio
Ag. Pátio congestionado	Estudo de Capacidade do pátio P1.07
Cruzamento	Estudo de melhoria da programação de cruzamento

Fonte: o autor

A alocação de mais recursos para o auxílio deverá ser avaliada junto com o Centro de Controle de Operações e com a equipe de Disponibilidade de Ativos, de forma a não serem prejudicadas a circulação de outros trechos devido à essa realocação.

Nos estudos de capacidade do P1.07 deverão ser considerados o volume de trens que passam pelo pátio, as atividades programadas para cada trem e a capacidade atual. Integrando essas 3 variáveis, deve-se chegar à uma definição sobre as próximas ações a serem tomadas, seja investimento em infra estrutura, melhoria da utilização do pátio ou melhoria no fluxo das composições de forma a não terem filas.

Deve-se focar, ainda, no melhor planejamento dos cruzamentos de forma a minimizá-los e tornar o transporte ferroviário mais previsível e com melhor aderência à programação.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A MRS nos últimos anos vem crescendo à níveis significativos, e o aumento do volume transportado gera alguns problemas que a companhia precisa resolver para a perpetuação de seu negócio e a para a manutenção da qualidade do serviço prestado. No trecho estudado existem várias atividades não previstas como conseqüência da ineficiência de alguma atividade ou circulação em outro trecho.

Eliminá-las ou reduzi-las à um nível considerado satisfatório é vital para a alta rentabilidade (devido è eliminação de despesas), e à boa percepção do clientes internos e externos quanto ao serviço prestado.

É necessário que todo o nível gerencial da companhia esteja alinhada e comprometida com os objetivos estratégicos e que esteja disposta a criar e executar planos de ação para o alcance das metas, ainda que algumas delas demandem um alto investimento e tempo, pois somente com esse comprometimento é que ocorre a melhoria contínua do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, S. *Integração de Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma*. 1 ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002

ISHIKAWA, K. *Controle de Qualidade Total*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1993

JURAN, J.M., GRYNA, F.M. *Controle de Qualidade: componentes básicos da função qualidade*. 1 ed. São Paulo: McGraw-Hill/Makron, 1991

LAS CASAS, A. L. *Qualidade Total em Serviços: conceitos, exercícios, casos práticos*. 1 ed. São Paulo: Atlas, 1994

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

SASHKIN, M., KISER, K. J. *Gestão da Qualidade Total na Prática*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994

SILVA, J.A. *Apostila de Controle da Qualidade*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2006

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2000

WERKEMA, M.C.C. *As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos*. 4 ed. Belo Horizonte: QFCO. 1995

WERKEMA, M.C.C. *Criando a cultura Seis Sigma*. v. 1. Rio de Janeiro: Werkema Editora, 2004

Site da Universidade Federal de Viçosa - www.ufv.br - Acessado em julho / 2008

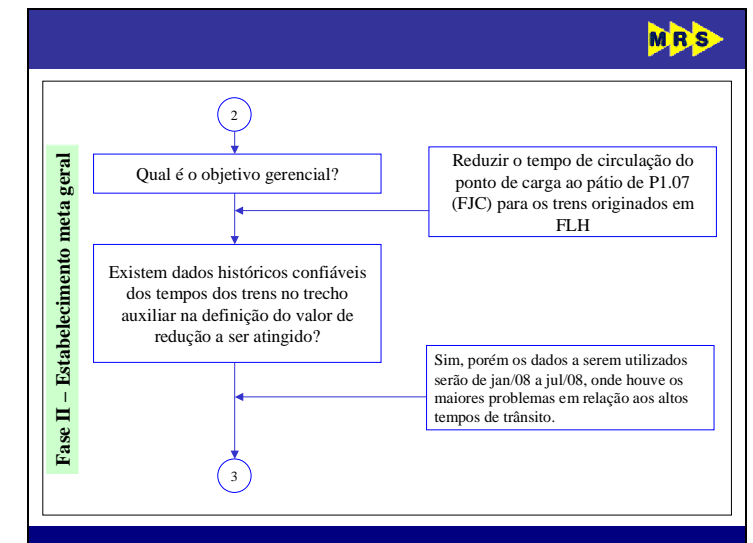
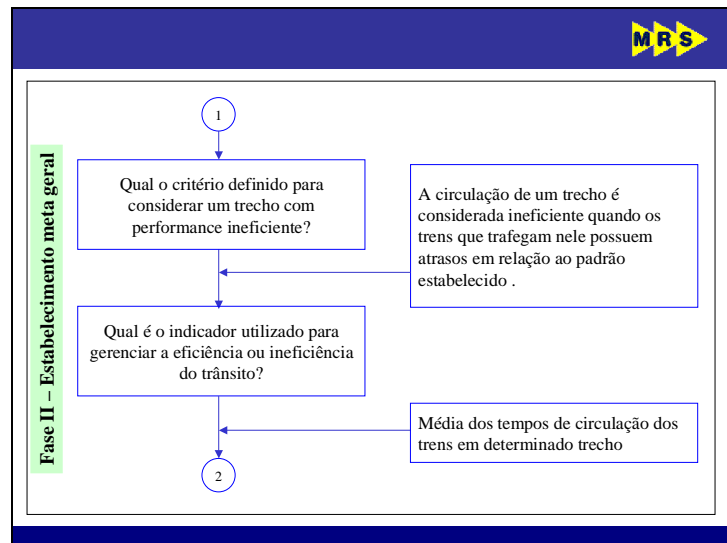
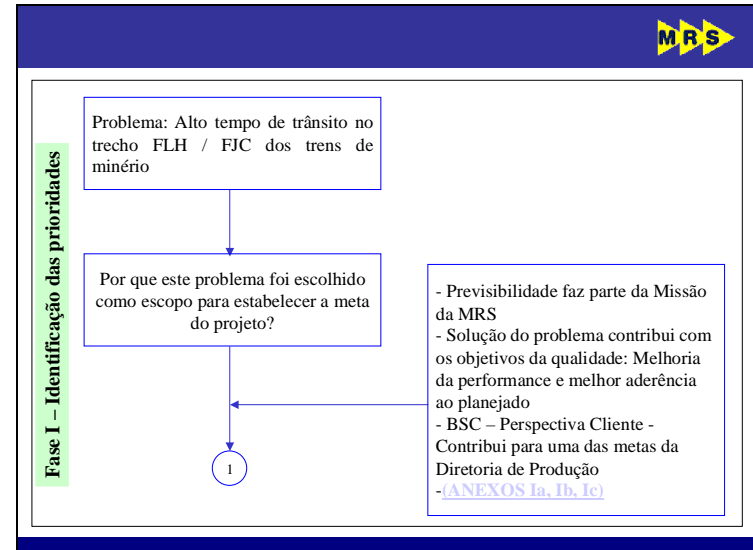
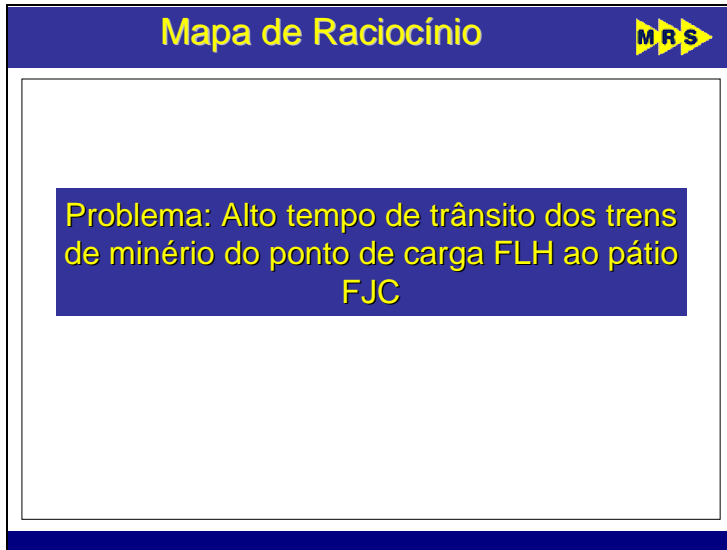
Site do Datalyzer:

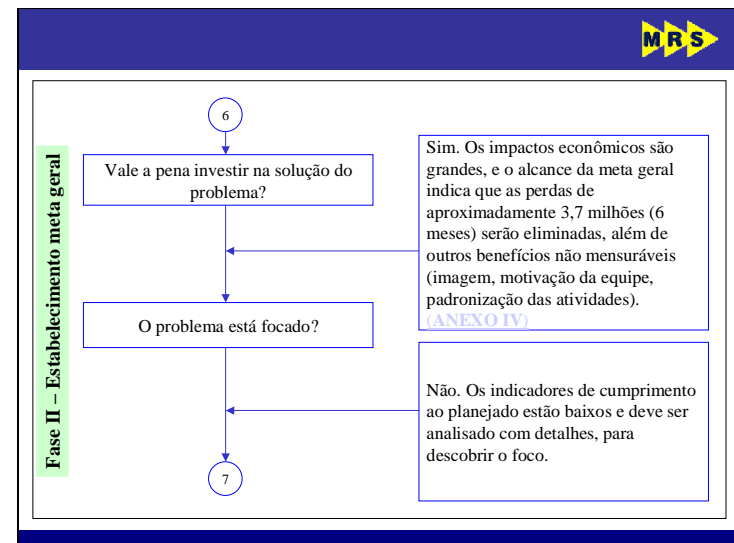
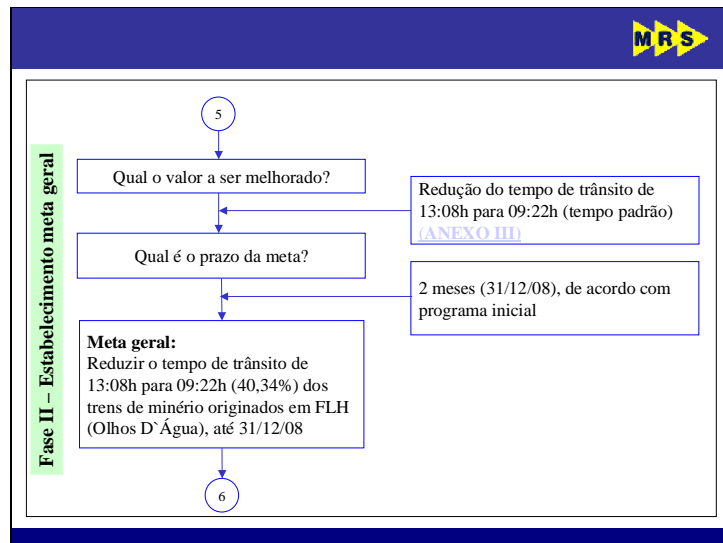
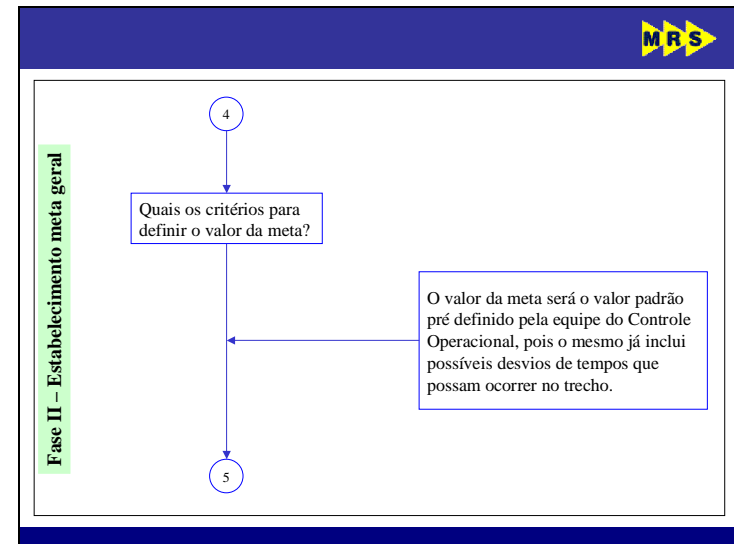
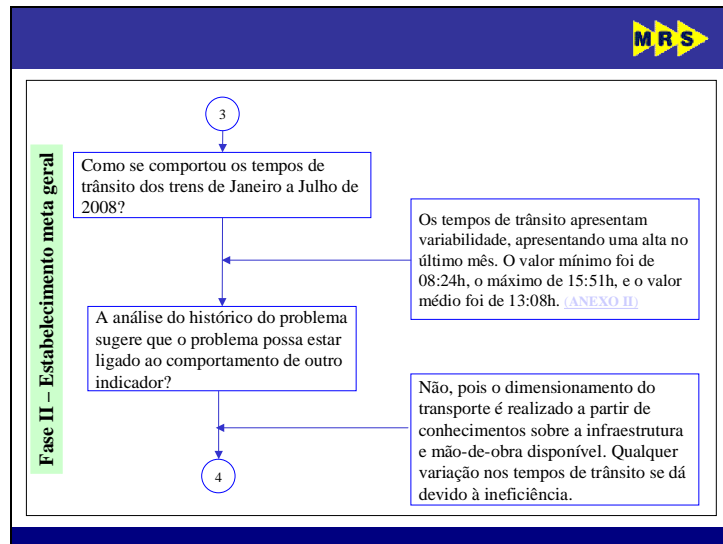
www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info44/44.html

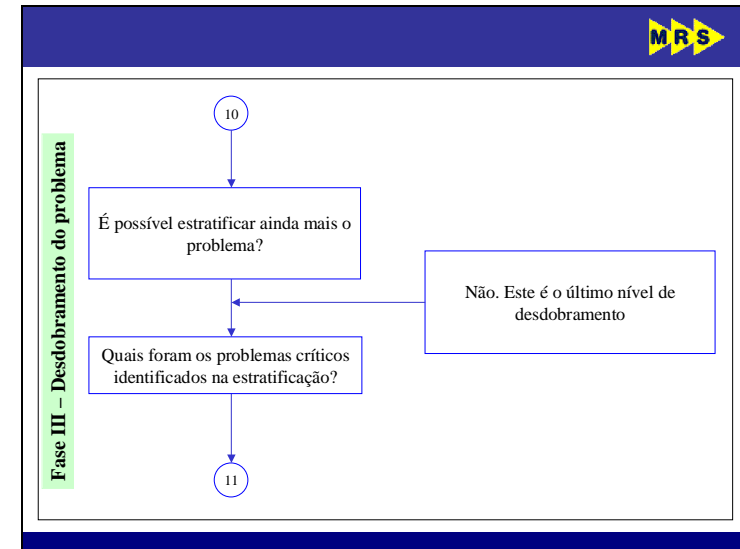
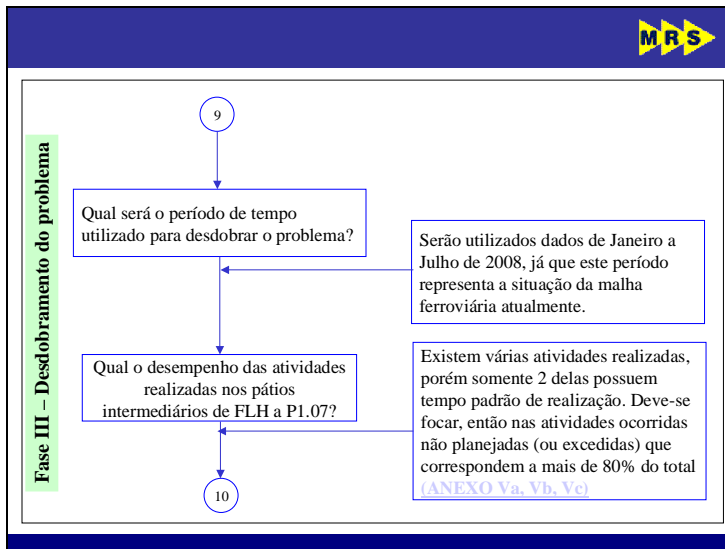
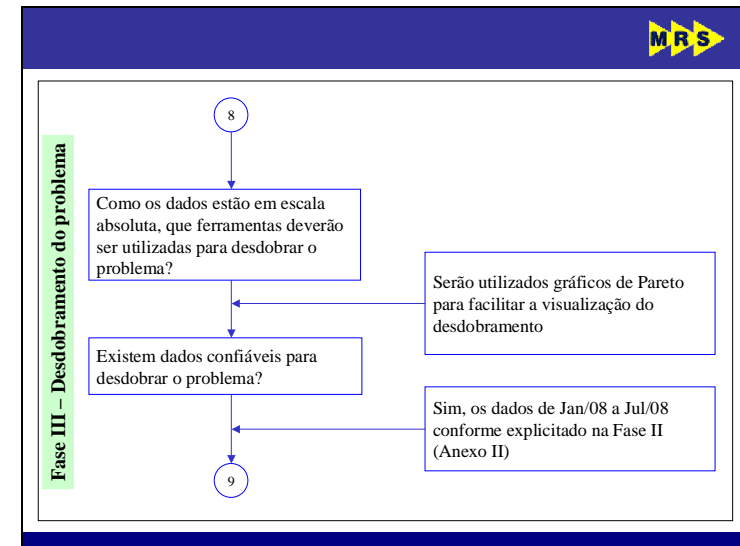
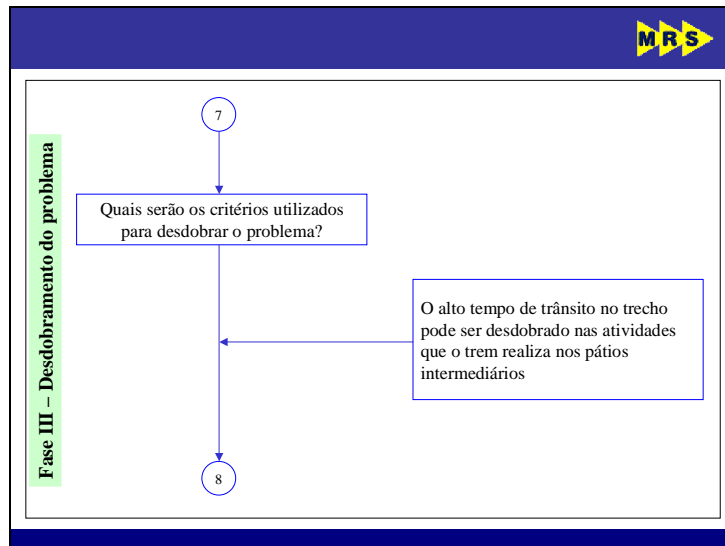
Acessado em julho / 2008

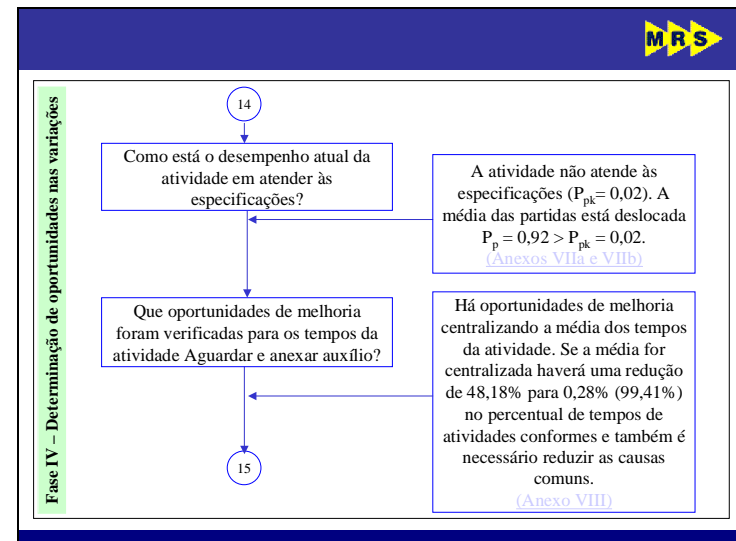
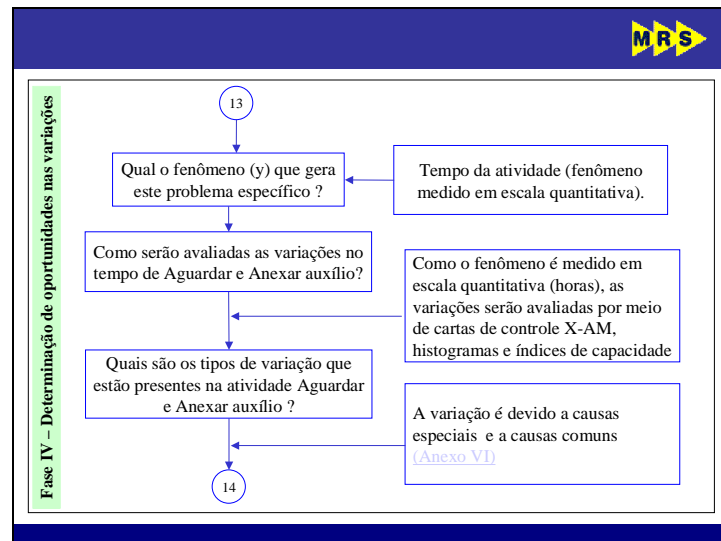
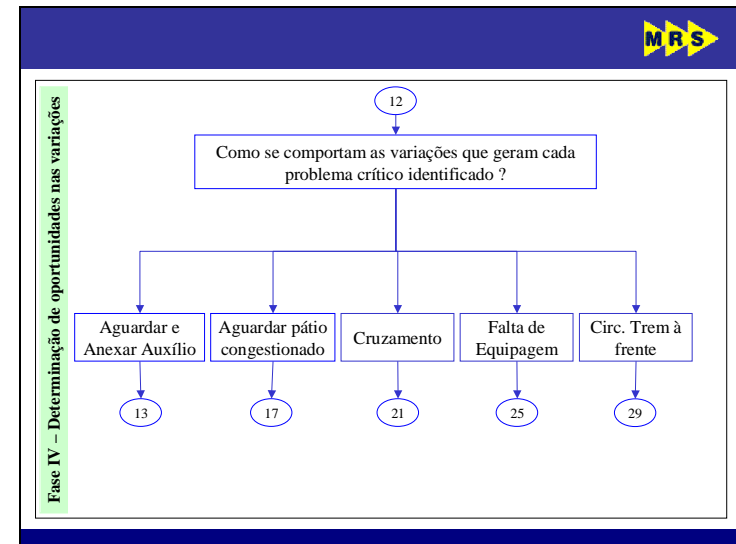
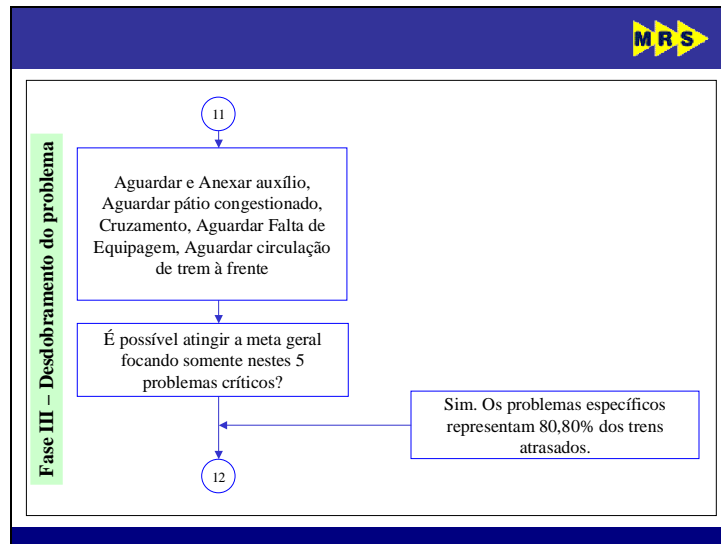
ANEXO I

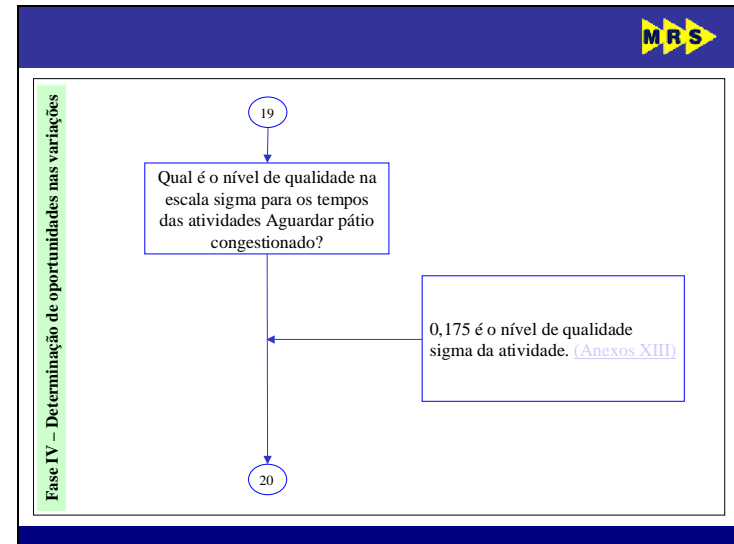
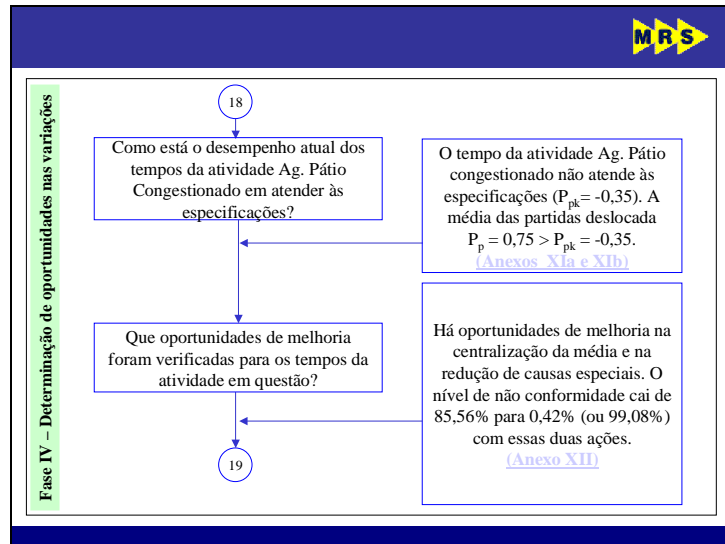
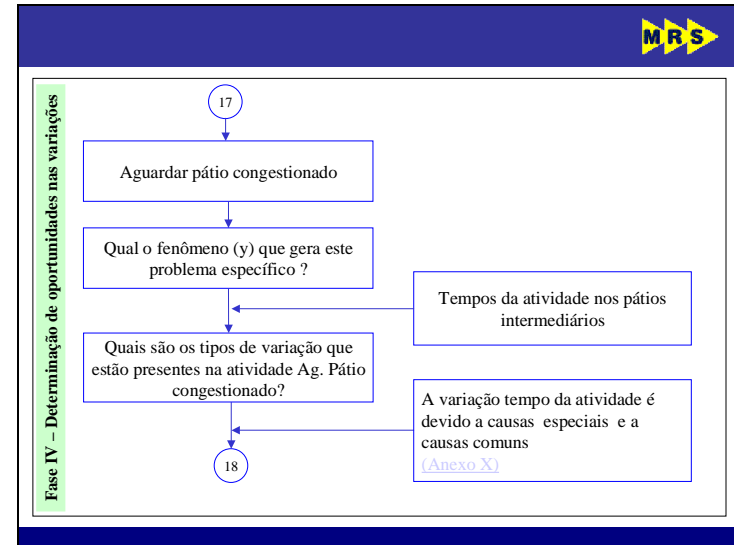
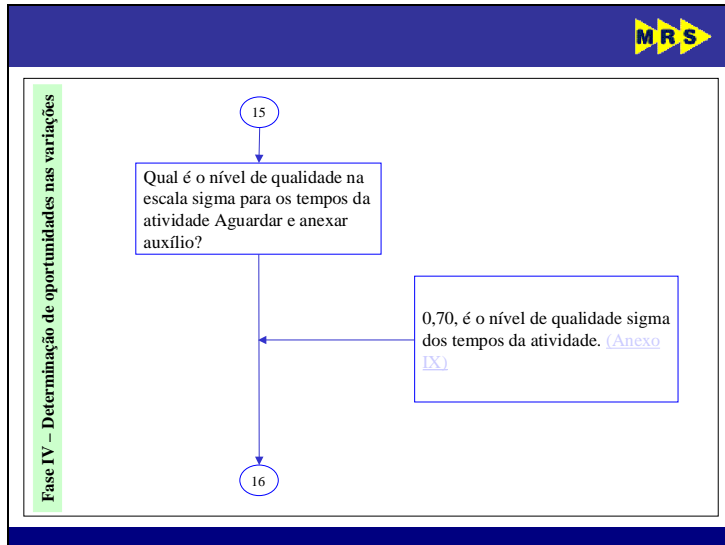
MAPA DE RACIOCÍNIO

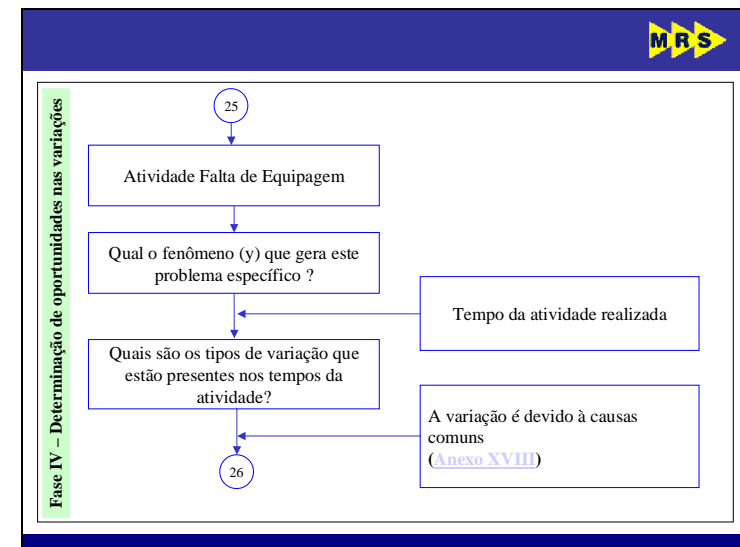
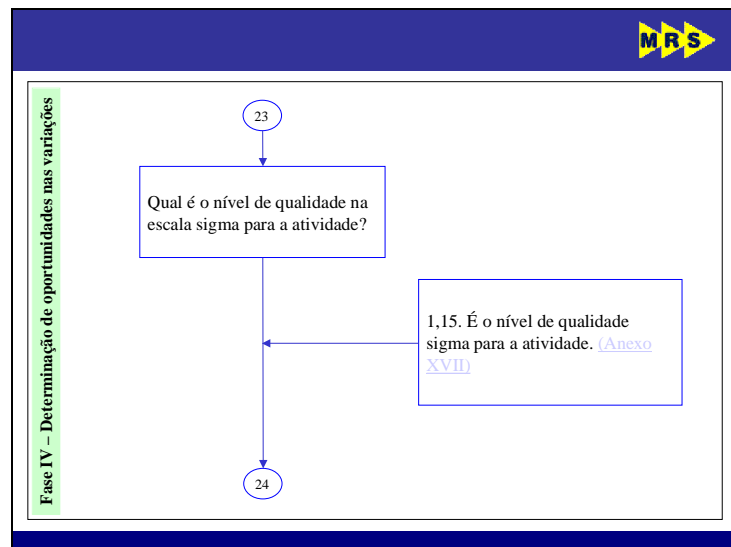
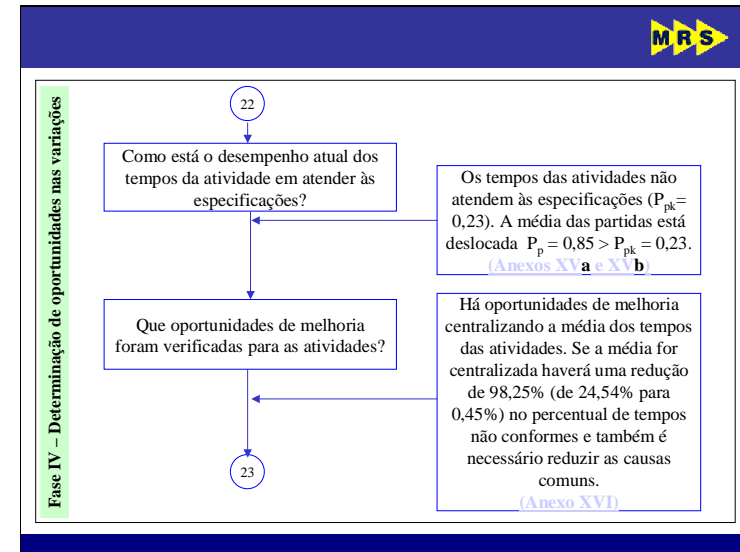
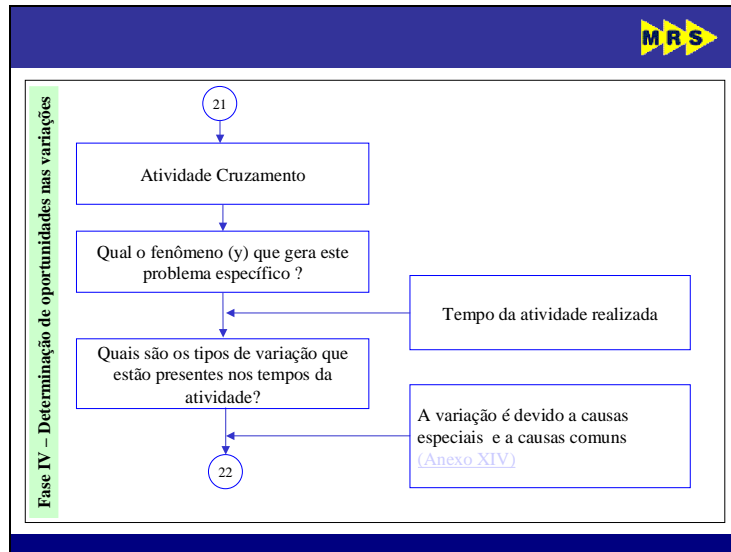


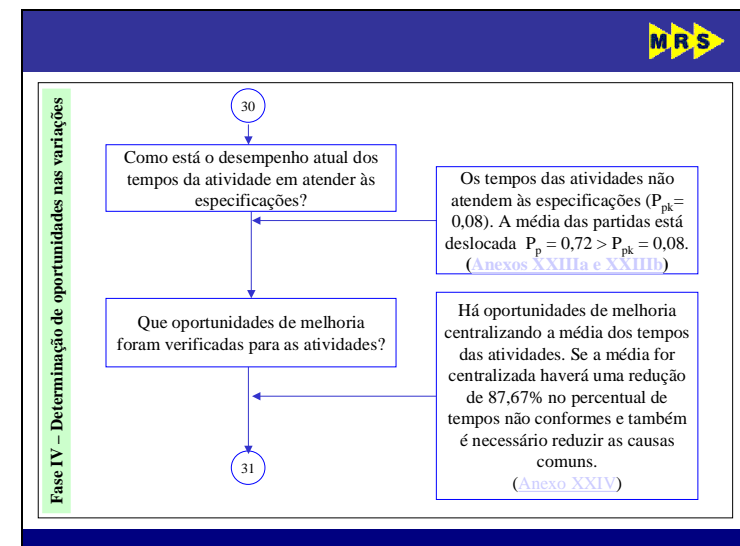
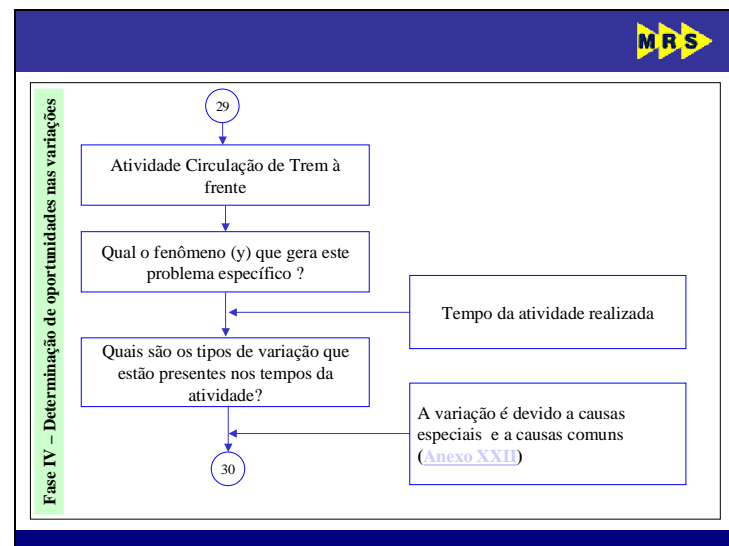
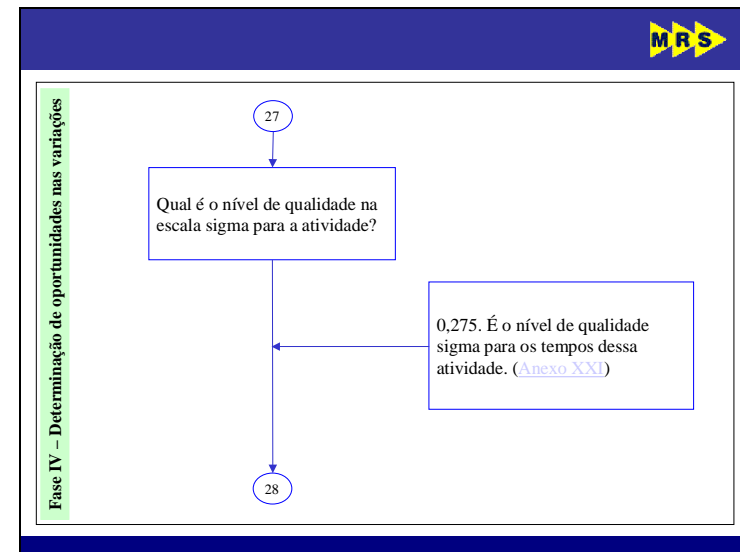
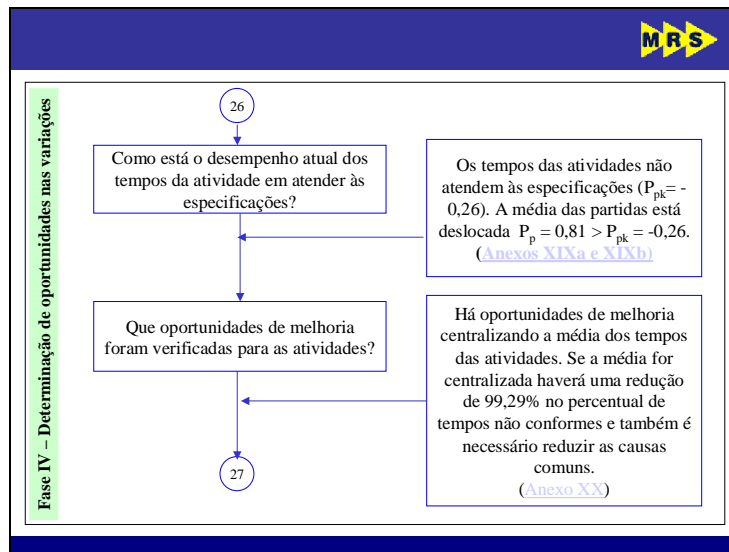


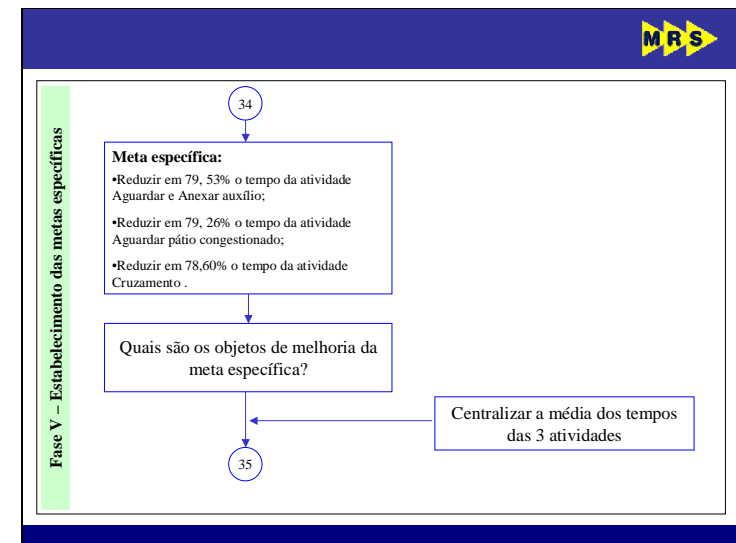
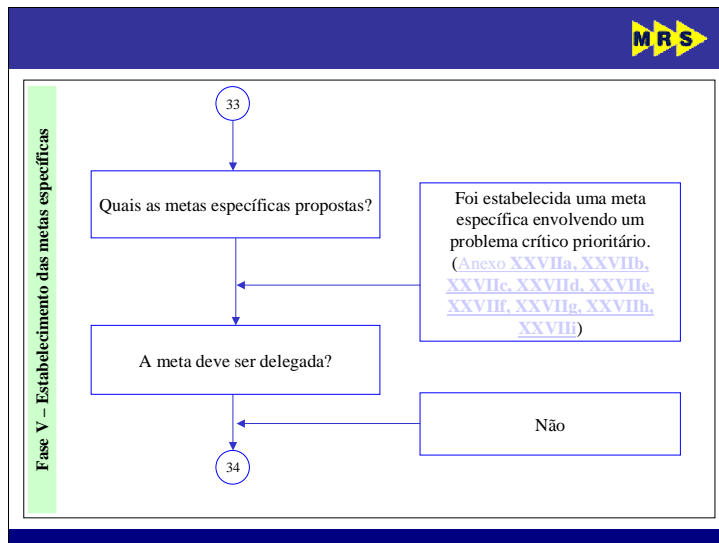
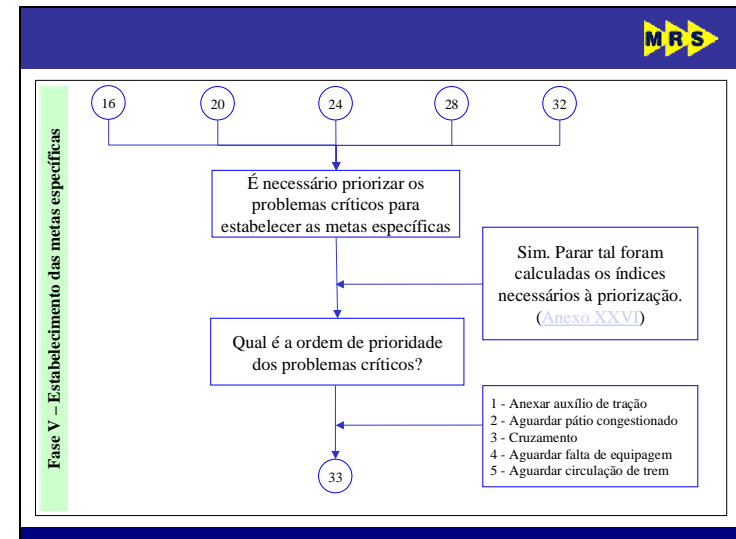
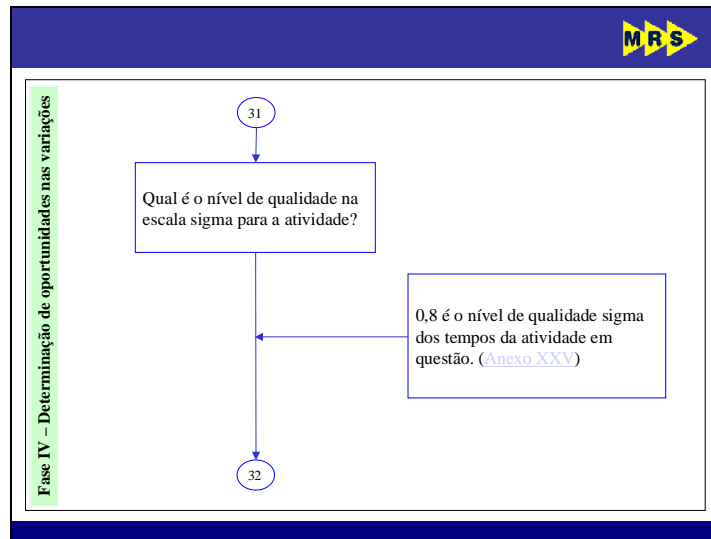


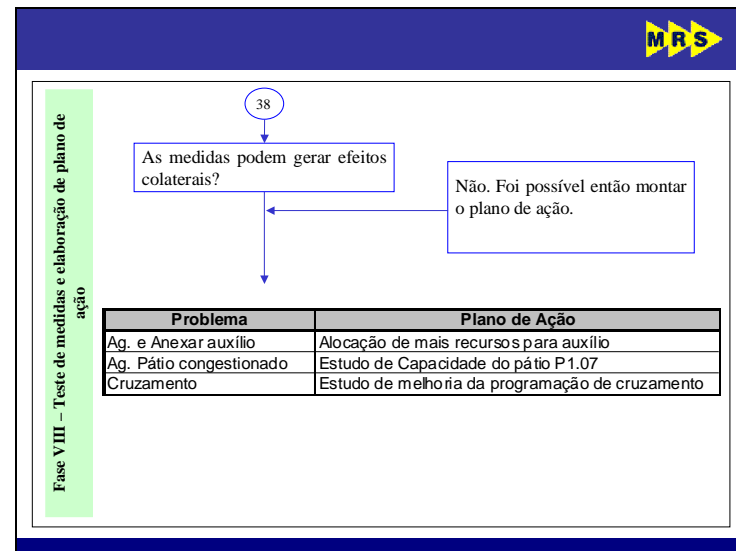
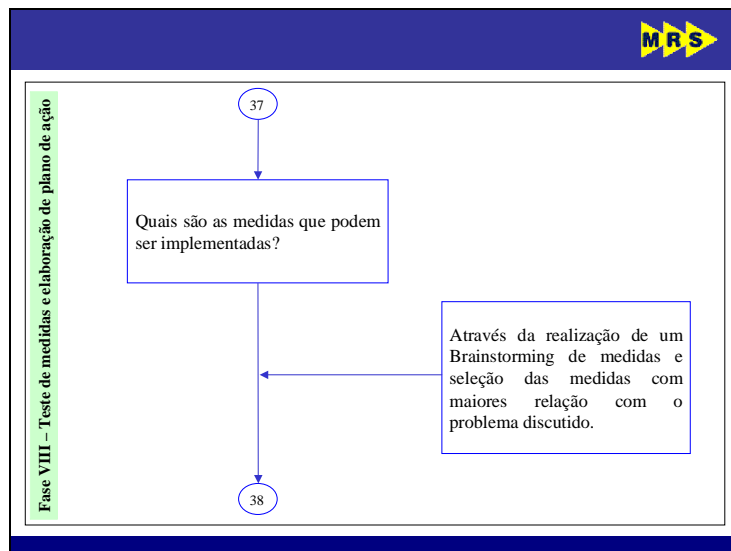
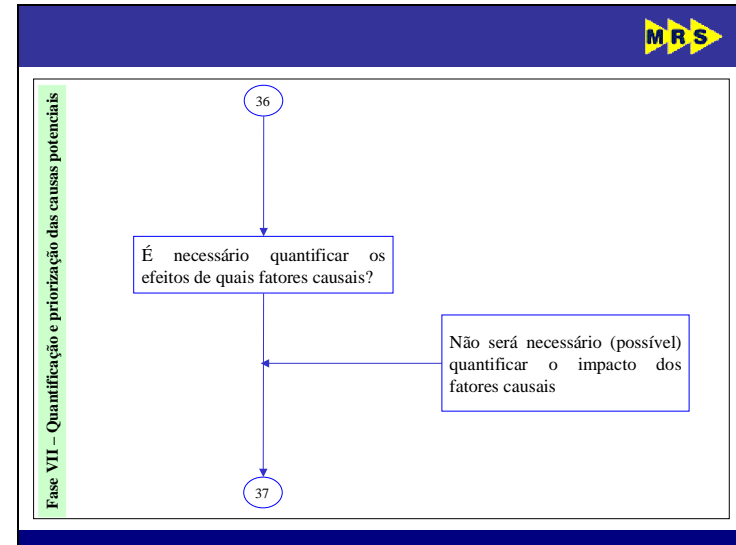
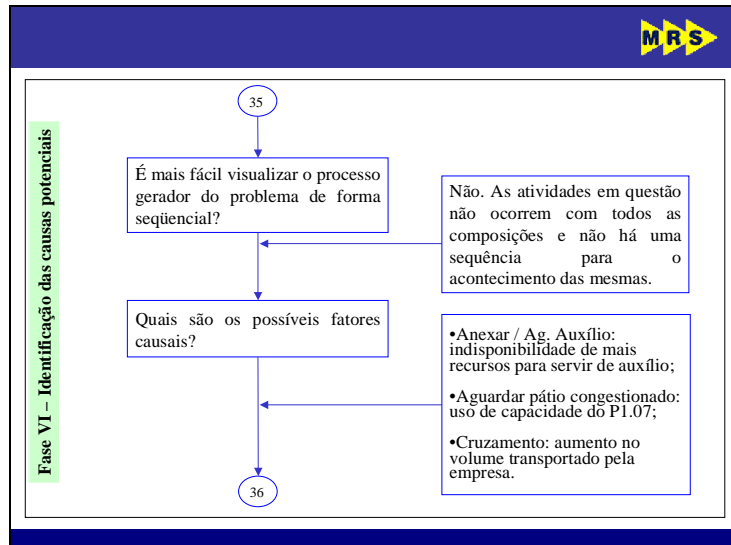


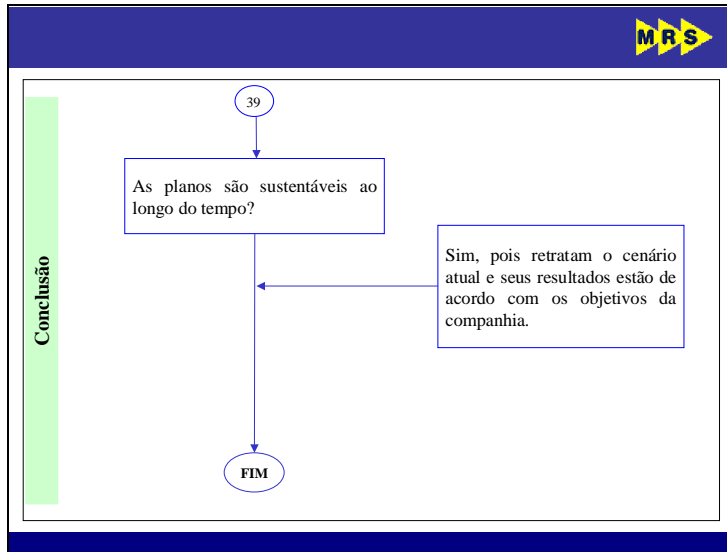












ANEXO Ia

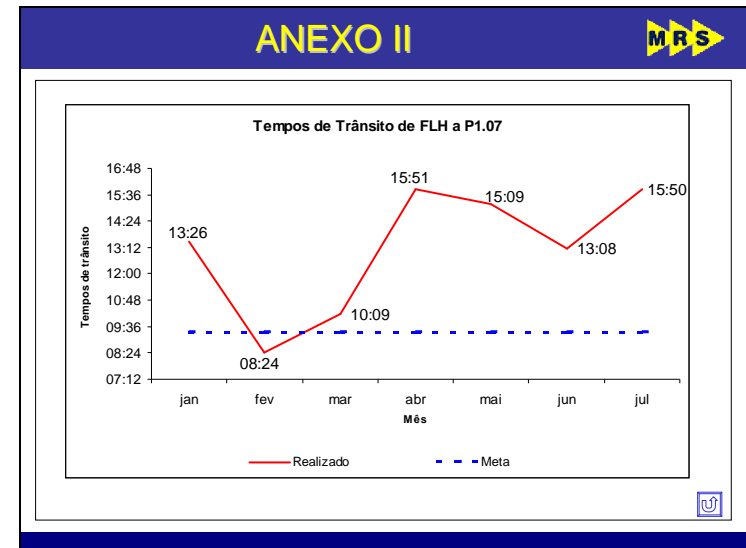
MISSÃO:

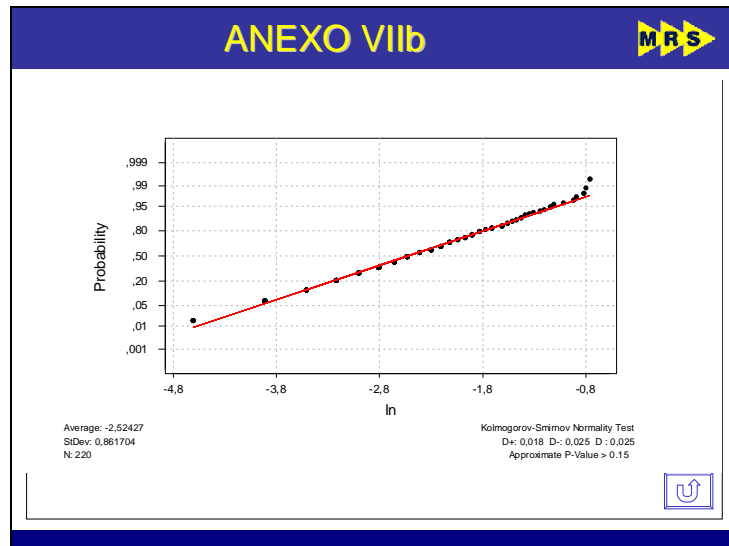
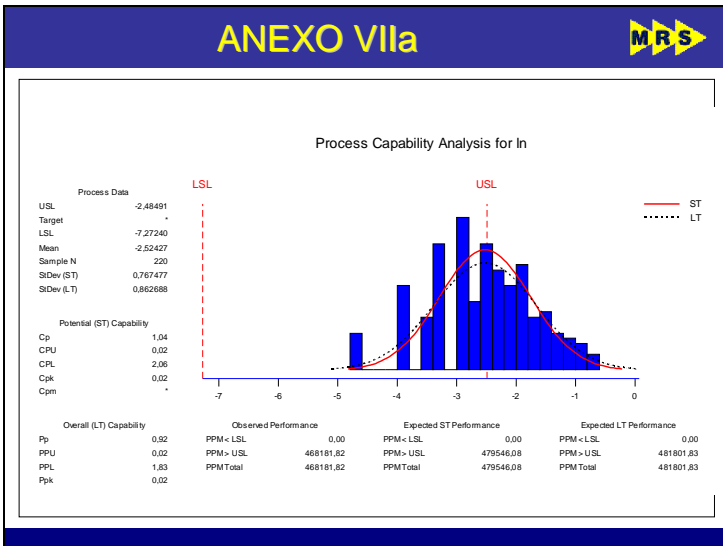
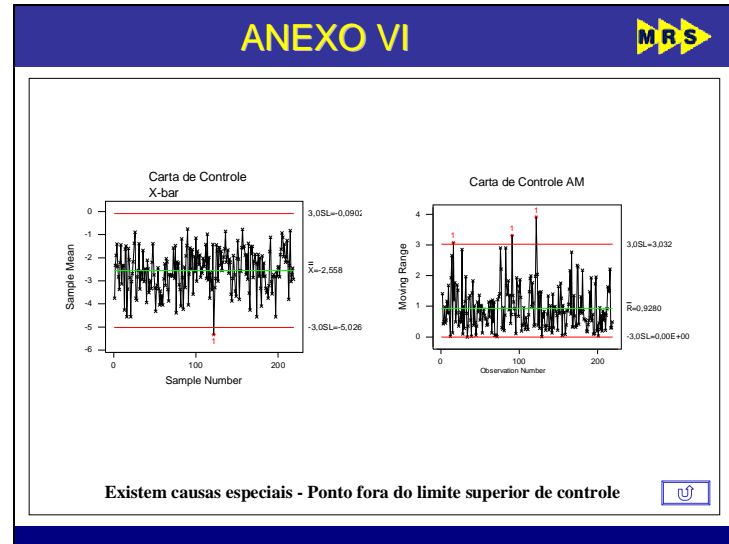
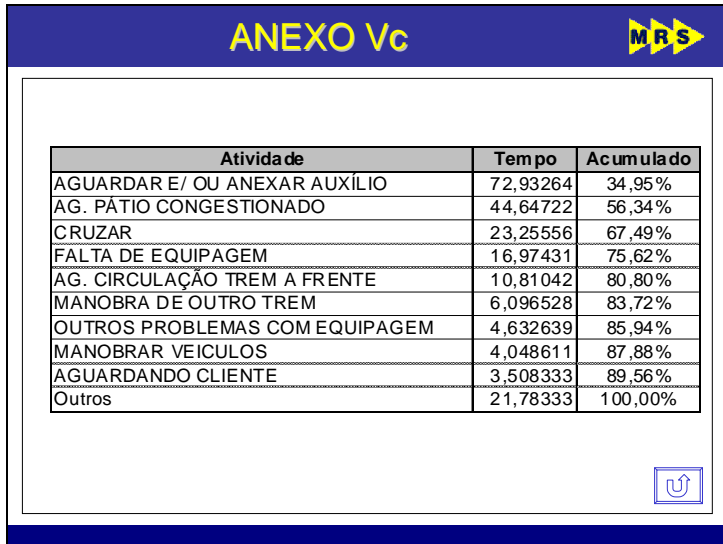
"Oferecer transporte de carga com foco na ferrovia, priorizando fluxos que gerem escala e relações de longo prazo, a preços competitivos e **com previsibilidade**, para agregar valor crescente ao negócio."

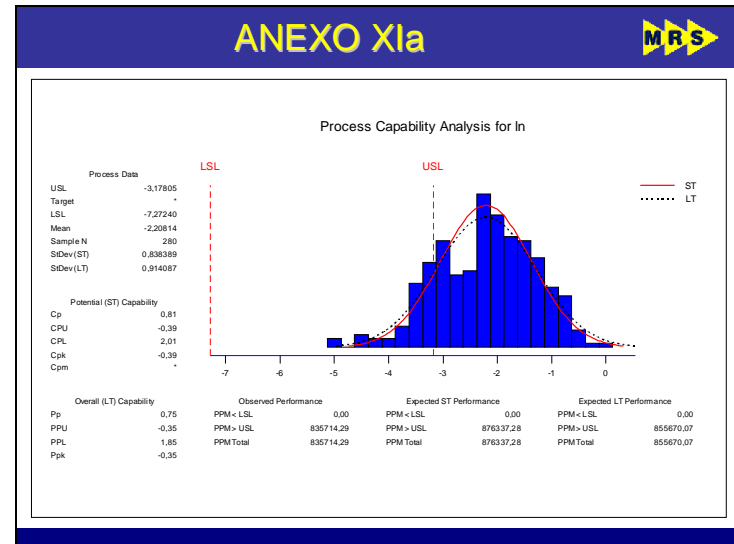
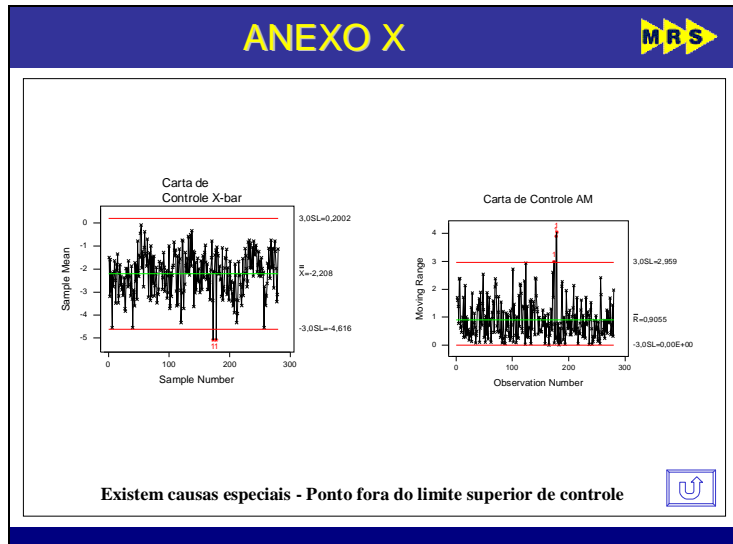
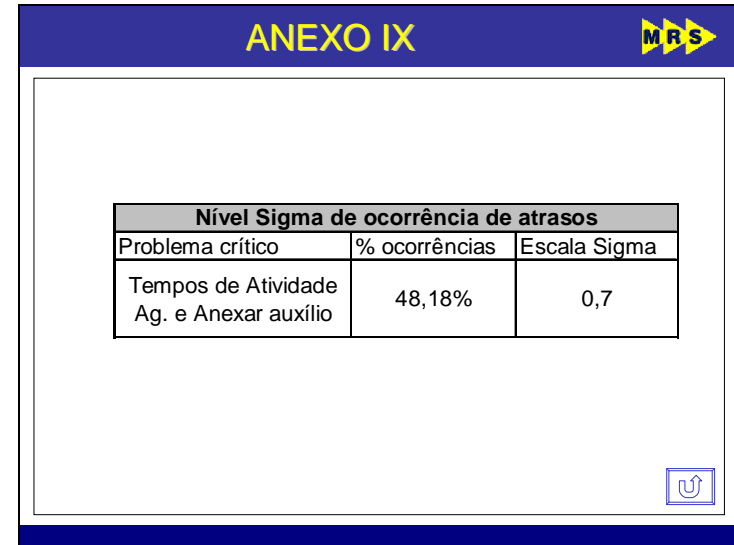
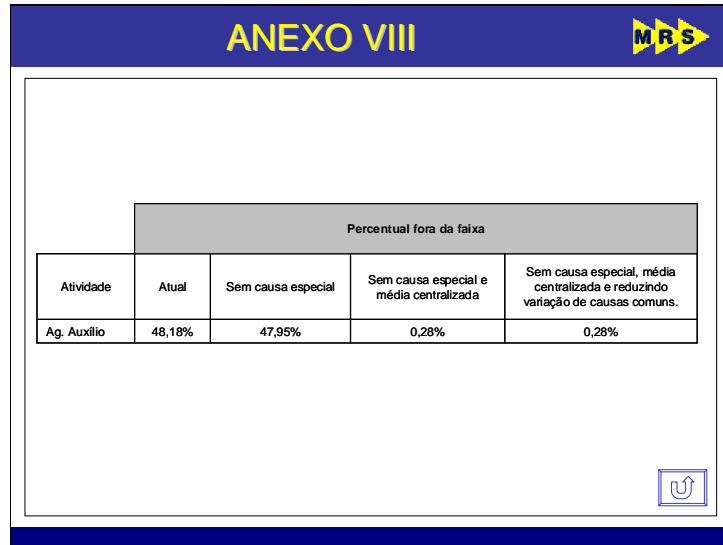
ANEXO Ib

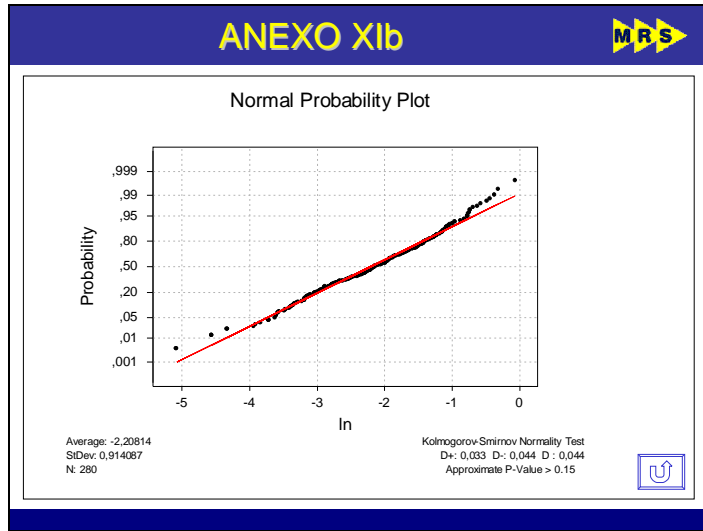
Objetivos da Qualidade

- Aderência ao Atendimento ao Cliente
- Índice de Satisfação do Cliente
- Eficiência Padrão do Ciclo dos Fluxos Heavy Haul
- On time Performance Partida de Trens Expressos e Carga Geral
- On time de Circulação (Carga Geral)
- TEU's Faturada Container (Carga Geral)
- Taxa de Inadimplência (Carga Geral)
- TU Faturada
- Margem Média (cobertura de custos C3)
- Vagão km Carregado/Vagão km Total (retorno de vagões)
- Índice de Favorabilidade da Pesquisa de Clima












ANEXO XII




Percentual fora da faixa		
Atividade	Atual	Sem causa especial e média centralizada
Pátio Congestionado	85,56%	0,42%

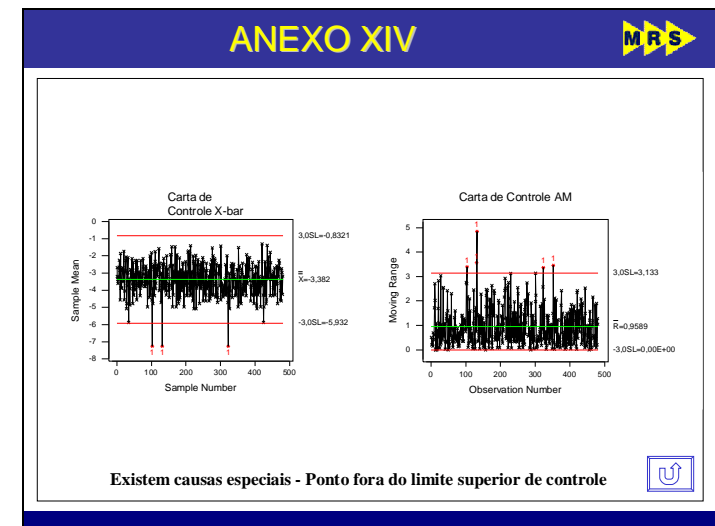


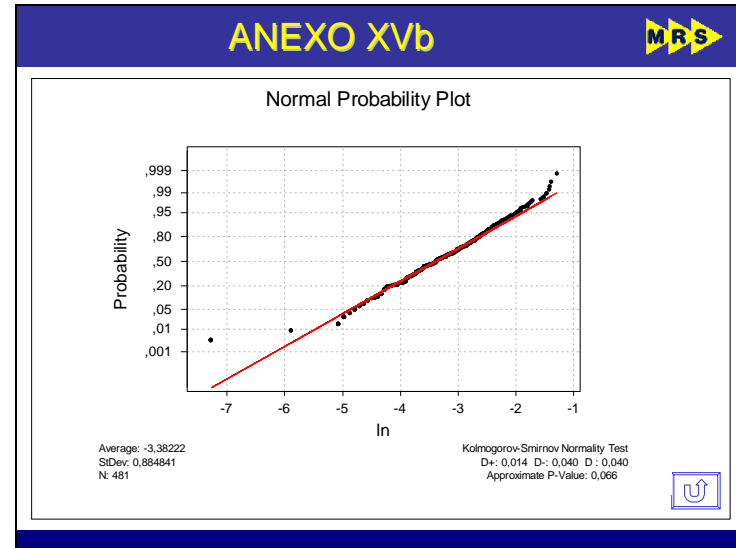
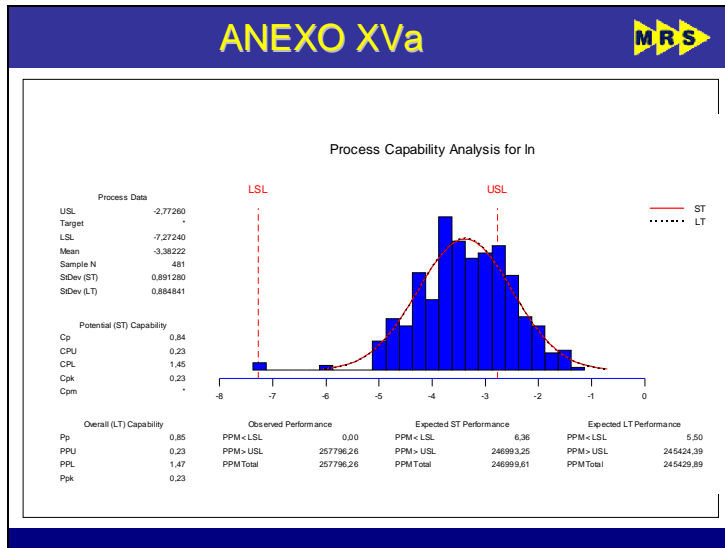
ANEXO XIII




Nível Sigma de ocorrência de atrasos		
Problema crítico	% ocorrências	Escala Sigma
Tempos de Atividade Pátio Congestionado	85,56%	0,175









ANEXO XVI




Atividade	Percentual fora da faixa			
	Atual	Sem causa especial	Sem causa especial e média centralizada	Sem causa especial, média centralizada e reduzindo variação de causas comuns.
Cruzamento	24,54%	26,69%	0,45%	0,45%

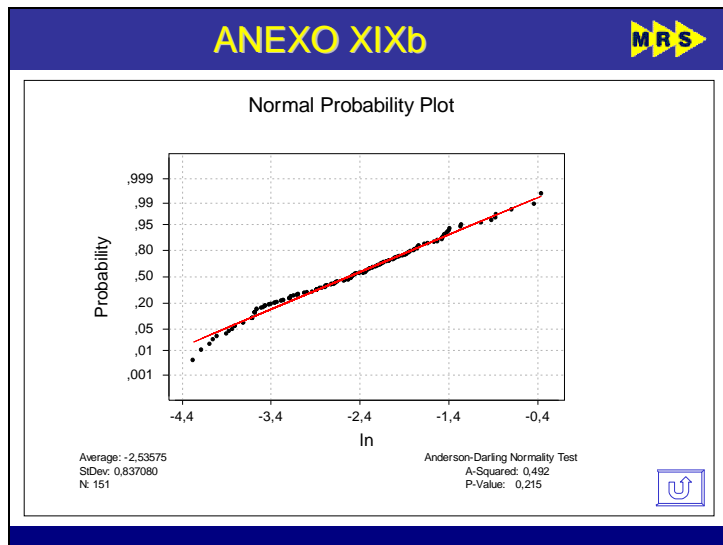
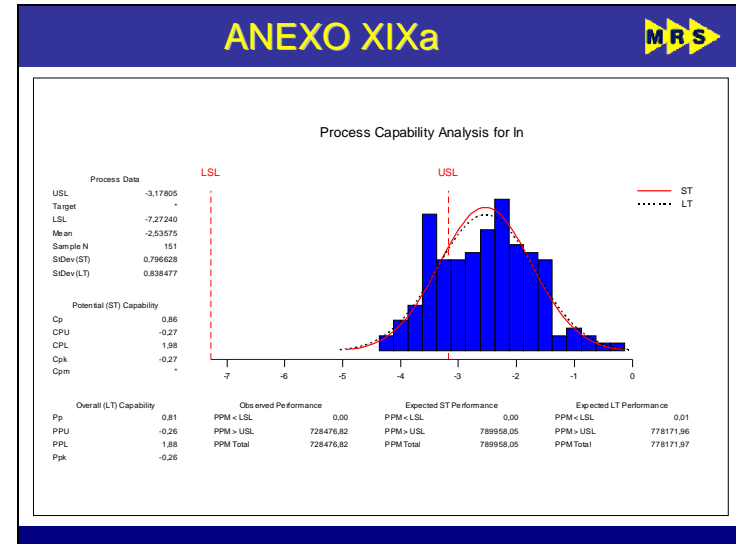
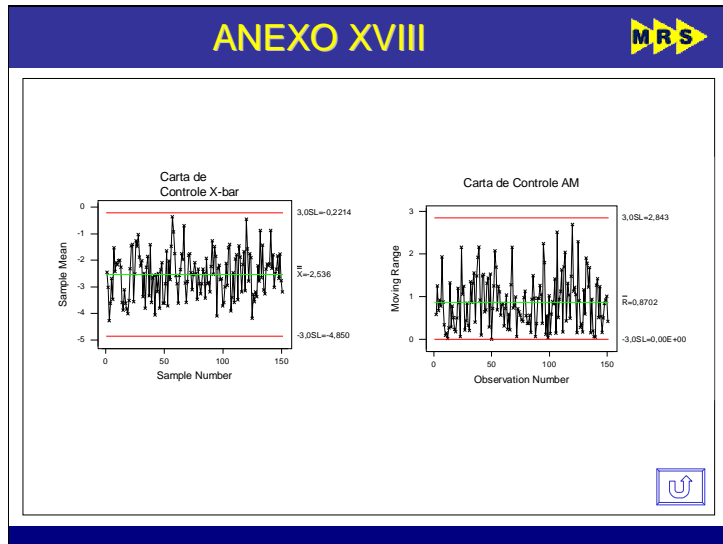


ANEXO XVII




Nível Sigma de ocorrência de atrasos		
Problema crítico	% ocorrências	Escala Sigma
Tempos de Atividade Cruzamento	24,54%	1,15




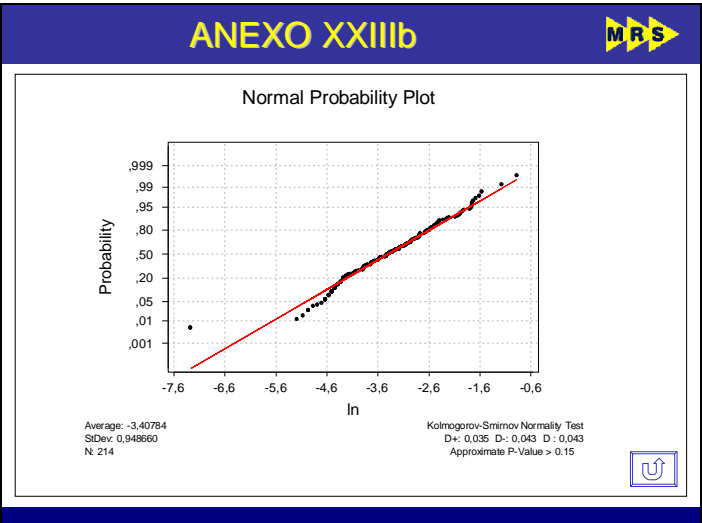
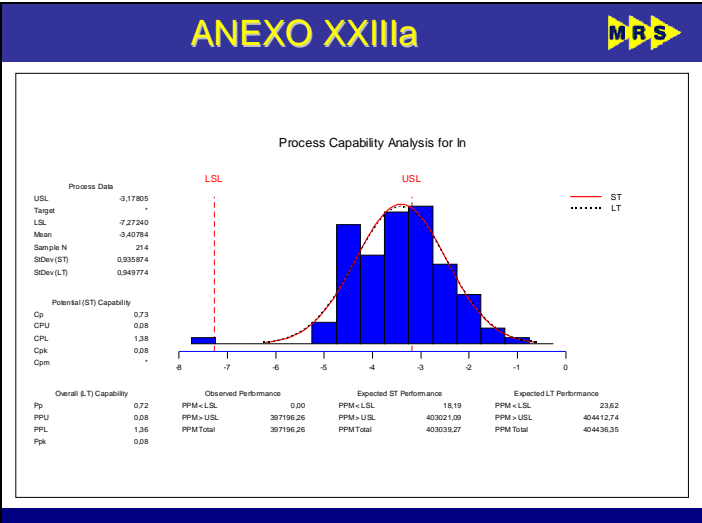
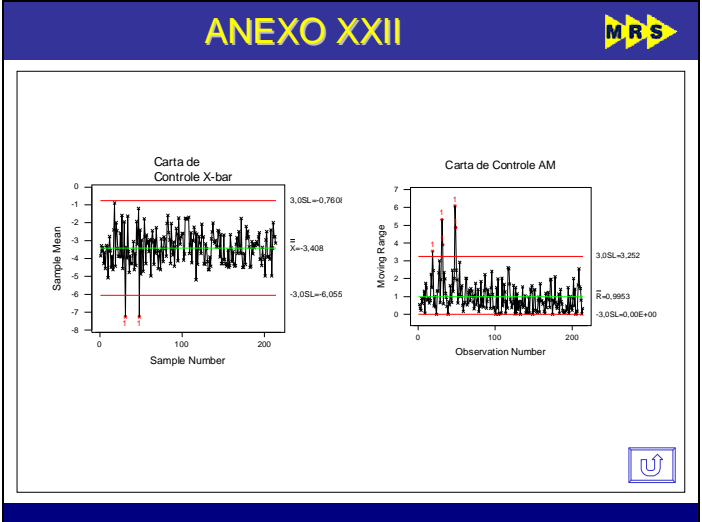
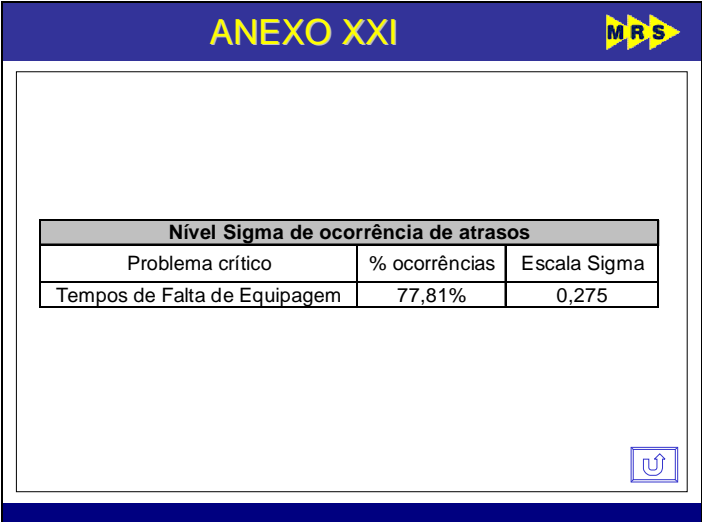


ANEXO XX



Atividade	Percentual fora da faixa			
	Atual	Sem causa especial	Média centralizada	Sem causa especial, média centralizada e reduzindo variação de causas comuns.
Falta de Equipagem	77,81%	78,99%	0,54%	0,34%





ANEXO XXIV

Atividade	Percentual fora da faixa		
	Atual	Sem causa especial	Média centralizada e sem Causa especial
Circulação de trem à frente	40,44%	40,30%	4,98%

ANEXO XXV

Nível Sigma de ocorrência de atrasos		
Problema crítico	% ocorrências	Escala Sigma
Tempos de Circulação de trem À frente	40,44%	0,8

ANEXO XXVI

Determinação do índice de Prioridade					
Atividade	Índice de Críticidade	Índice de Facilidade	Índice de Autoridade	Índice de Prioridade	Priorização
Aguardar e Anexar Auxílio de Tração	34,95%	99,41%	50%	184,36%	1
Aguardar Pato Congestionado	21,39%	99,08%	50%	170,47%	2
Cruzamento	11,14%	98,25%	50%	159,39%	3
Aguardar Falta de Equipagem	8,13%	99,29%	50%	157,42%	4
Aguardar Circulação de Trem à frente	5,18%	87,67%	50%	142,85%	5

ANEXO XXVIIa

Estabelecimento das metas específicas

Como a meta geral é reduzir o tempo das atividades em 0,16 dia, significa que as metas específicas deve ser tais que com a soma das reduções de cada uma seja alcançada a redução proposta na meta geral.

ANEXO XXVIIb

Atividade	Potencial de Redução	80% do potencial	Média do tempo da atv.	Redução	Redução Acumulada
Aguardar e Anexar Auxílio de Tração	99,41%	79,53%	0,08	0,06	0,06
Aguardar Pátio Congestionado	99,08%	79,26%	0,11	0,09	0,15
Cruzamento	98,25%	78,60%	0,03	0,02	0,17
Aguardar Falta de Equipagem	99,29%	79,43%	0,08	0,06	0,24
Aguardar Circulação de Trem à frente	87,67%	70,14%	0,03	0,02	0,26

A meta geral de redução de 0,16dia o tempo de circulação no trecho é conseguida combatendo-se as três primeiras atividades que mais influenciam no tempo de trânsito

ANEXO XXVIIc

Metas específicas estabelecida:

- Reduzir em 79, 53% o tempo da atividade Aguardar e Anexar auxílio;
- Reduzir em 79, 26% o tempo da atividade Aguardar pátio congestionado;
- Reduzir em 78,60% o tempo da atividade Cruzamento;

ANEXO XXVII d

Objetivo de melhoria:

Meta específica:

Reduzir em 79, 53% o tempo da atividade Aguardar e Anexar auxílio

Percentual atual de atividade Aguardar e Anexar auxílio = 34,94%

Meta para a atividade: $34,94 \times (1 - 0,7953) = 7,15\%$

ANEXO XXVII e

Objetivos de Melhoria

Objetivo	Valor
Atual	48,18%
Sem causa especial	47,95%
Sem causa especial e média centralizada	0,28%
Sem causa especial, média centralizada e reduzindo variação de causas comuns	0,28%
Meta	7,15%

Centralizar a média é suficiente para atingir a meta

ANEXO XXVII f

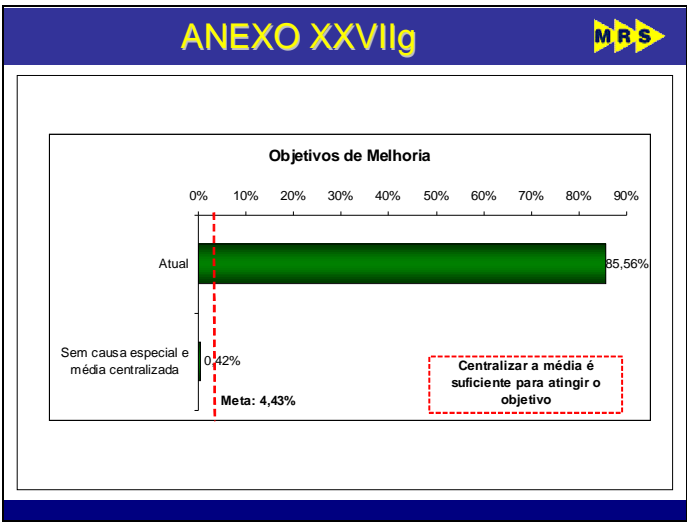
Objetivo de melhoria:

Meta específica:

Reduzir em 79,26% o tempo da atividade Aguardar pátio congestionado

Percentual atual de atividade Aguardar pátio congestionado = 21,39%

Meta para a atividade: $21,39 \times (1 - 0,7926) = 4,43\%$



ANEXO XXVIII h

Objetivo de melhoria:

Meta específica:

Reduzir em 78,60% o tempo da atividade Cruzamento

Percentual atual de atividade Cruzamento = 11,14%

Meta para a atividade: $11,14 \times (1 - 0,786) = 2,38\%$

