

# Desenvolvimento de um Projeto de melhoria baseado no Seis Sigma para manutenção da rede de cabos em uma operadora de telefonia

Artigo a ser submetido ao periódico Gestão da Produção

Aline Machado Tavares (UFRGS) - alinemtavares@gmail.com

Márcia Echeveste (UFRGS) - echeveste@producao.ufrgs.br

## **Resumo**

*Este trabalho apresenta um estudo de caso em uma empresa de telecomunicação que aplica a manutenção preventiva dos elementos da rede externa, visando a melhoria de qualidade em serviços de telefonia. O objetivo do artigo é apresentar o desenvolvimento de um projeto de melhoria baseado nas etapas dos projetos seis sigma para melhoria na qualidade do sistema de telefonia fixa e transporte de dados, através da análise de dados históricos dos projetos. Os resultados contribuem para a elevação da qualidade do processo, para a redução do custo de cada projeto e para a redução do tempo de execução desses projetos. O artigo apresenta o detalhamento das etapas do Projeto de melhoria adaptado e exemplificado ao setor de manutenção preventiva na rede externa de telecomunicações, podendo ser replicado em situações similares.*

**Palavras-chave:** *Seis Sigma, Telecom, Manutenção Preventiva, Rede externa, Telecomunicações.*

## **Abstract**

*This paper presents a case study in a telecommunication company applying preventive maintenance of external network elements, aiming at improving the quality of telephony services. The aim of this paper presents the development of a six sigma quality improvement system of fixed telephony and data transport, through the survey of historical data of projects. As results were obtained analysis that may contribute to the process quality improvement, to reduce the cost of each project and to reduce the execution time of such projects. The paper presents the project of Six Sigma steps detailed, adapted and illustrated to preventive maintenance sector on the external network telecommunications and can be replicated in similar situations.*

**Key-words:** *Six Sigma, Telecom, Preventive Maintenance, Telecommunication, External network.*

## 1. Introdução

A tendência do serviço de telecomunicações no Brasil vem mudando nos últimos anos, visto que a partir da privatização do setor de telefonia fixa no início dos anos 2000, assim como a liberação da exploração da banda B, faixa de frequência de transmissão da telefonia celular, incentivaram a entrada de muitas empresas no mercado. Empresas que detinham o monopólio dos serviços passaram a lidar com a concorrência e por consequência com a diminuição dos seus *marketshare* (RIBEIRO, 2005).

Nesse cenário, as empresas de telefonia fixa, que na maioria das vezes também são operadoras de telefonia móvel, têm nos seus respectivos portfólios produtos concorrentes, o que dificulta a gestão deste portfólio, a respeito de como distribuir os seus investimentos. Como resultado disso, houve uma diminuição considerável na qualidade dos serviços prestados, por exemplo, 30,6% das reclamações feitas à central de atendimento da ANATEL (2012), foram relacionadas a reparos, defeitos nas linhas telefônicas. Na intenção de aumento da qualidade dos serviços de telefonia a agência criou, ainda no período da abertura do mercado, um plano de controle da qualidade dos serviços prestados pelas telefonias, chamado de Planos Gerais de Metas de Qualidade (PGMQ). Um dos quesitos presente nesse plano é o controle das reclamações por reparo (capítulo IV, artigo 8º), o qual estabelece que a empresa de telefonia fixa deverá atender a meta de até 1,5% de reclamações por esse motivo por mês. Além disso, consta no artigo 9º, desde mesmo capítulo, que a característica de qualidade tempo de atendimento para verificação da solicitação do cliente deve ser inferior a 24 horas em pelo menos 98% das solicitações. Esses reparos são feitos, em geral, na planta externa, que compreende a parcela da rede de telefonia que interliga o Distribuidor Geral com o aparelho telefônico. É importante salientar que ainda que seja uma tendência à diminuição, ou o não crescimento, do número de clientes de telefonia fixa, também faz parte desse sistema a comunicação de dados (internet), que a cada dia aumenta sua tendência de crescimento.

Ribeiro (2005) utilizou a metodologia Seis Sigma, na sua dissertação, nos serviços prestados por empresas de telecomunicação aos Caixas eletrônicos, dessa aplicação resultou o aumento no nível de serviço dos *Automatic Teller Machine* (ATM's) sendo um dos fatores de relevância a melhora nos serviços prestados pela operadora de telecom. Na mesma linha, Montez (2011) teve como objetivo verificar se após a implementação da metodologia Seis Sigma as mudanças aplicadas continuariam a surtir efeito. Como resultado teve-se que a metodologia aplicada a um processo repetitivo de trabalho, gera melhorias e ferramentas ficam como um legado que por si só justifica o investimento.

Com vistas à melhoria de qualidade em serviços de telefonia, este trabalho apresenta um estudo de caso em uma empresa de telecomunicação que aplica a manutenção preventiva dos elementos da rede externa, para o alcance das metas do PGMQ e para a manutenção da qualidade visando a diminuição dos defeitos antes da percepção desses pelo cliente. Essa manutenção foi feita por meio de três planos de melhoria das sessões de serviço, um para cada ano de 2010 a 2012. Esses planos tiveram modelos de condução e execução dos projetos diferentes em cada ano, o que gerou um resultado diferente em cada um dos anos.

Desta forma este artigo tem por objetivo desenvolver um projeto baseado no seis sigma para melhoria na qualidade do sistema de telefonia fixa e transporte de dados, através da análise de dados históricos dos projetos referentes a manutenção preventiva de uma empresa de telefonia. Mais especificamente, o estudo compreende um plano de manutenção preventiva, que tem como intuito a melhoria dessa rede antes que o defeito seja percebido pelo cliente. Esse plano foi realizado em três anos (2010, 2011 e 2012), e em cada um desses anos a metodologia de gestão e execução dos projetos foi realizada de forma diferente, o que por sua vez acarretou em resultados (custo do projeto, tempo de execução e redução de reclamações) diferentes para cada ano. Como resultados esperam-se contribuições e definições de qual modelo de projeto resulta em melhor qualidade do processo, diminuição do custo e a diminuição de tempo de execução.

## **2. Referencial Teórico**

Devido à grande competição entre as empresas e à redução de barreiras comerciais, a qualidade dos serviços e produtos tornou-se essencial para a sobrevivência das organizações (PINTO; CARVALHO; HO, 2006). Para suprir a necessidade de garantia da qualidade uma metodologia que vem sendo evidenciada é o método de solução de problemas do Programa Seis Sigma com isso essa seção abordará um panorama geral do modelo, alguns fatores críticos de sucesso, etapas de aplicação da metodologia e por fim casos de aplicações do Seis Sigma.

### **2.1. Panorama Geral**

Em relação ao Programa Seis Sigma ( $6\sigma$ ) duas abordagens são mais claramente identificadas na literatura: a abordagem estratégica e a abordagem estatística, a qual está focada na quantificação da variação que é baseada na quantidade de desvios padrão em uma variável de estudo de um processo. Até o final dos anos 90, a maioria das publicações a respeito desse tema enfatizou na metodologia inserida na implantação de projetos.

Atualmente, os reflexos produzidos no desempenho do negócio tem sido alvo de maior destaque nas pesquisas, como os aspectos da abordagem estratégica, para definição dos Seis Sigma. Porém, numa análise de projeção de futuro do método, pesquisadores e profissionais vem tentando integrar o Seis Sigma com outras práticas de gestão inovadoras na tentativa de tornar o método ainda mais atrativo para diferentes tipos de organizações que talvez não tenham começado ou implementado completamente o Programa Seis Sigma. (SANTOS; MARTINS, 2008, KWAK; ANBARI, 2006)

Werkema (2004) define o Seis Sigma como uma estratégia gerencial a qual objetiva a satisfação dos clientes e o aumento da lucratividade da empresa, por meio da melhoria da qualidade dos produtos e processos. De Feo e Bar-el (2002), salientam que as ferramentas e técnicas do Programa Seis Sigma representam uma metodologia de melhoria de produtos e processos que identificam e aumentam a eficiência e a qualidade em praticamente tudo que uma organização faz em sua operação. Parast (2011) afirma que a fundamental diferença entre o programa Seis Sigma e outros programas de melhoria de processo (Lean, TQM, etc.) está relacionada à habilidade do Seis Sigma de fornecer um contexto organizacional que facilita a resolução de problemas.

## **2.2. Fatores Críticos de sucesso do Programa Seis Sigma**

Kwak e Anbari (2006) identificaram quatro elementos chave para o sucesso da aplicação do Seis Sigma: envolvimento gerencial e comprometimento organizacional; Habilidade de seleção, controle e gestão de projetos; Encorajar e aceitar a mudança cultural e a Educação e treinamento contínuos. Trad e Maximiano (2009) ressaltam que, da mesma maneira, a literatura é unânime em afirmar a necessidade de uma equipe preparada e treinada para implantação do projeto, além disso, a importância da combinação de pessoas com o perfil adequado. Cardoso et al. (2012) concluíram no seu estudo de caso a respeito de fatores críticos de sucesso do Seis Sigma, que os fatores mais relevantes são: o envolvimento da equipe, ter um Black Belt para cada grupo de projeto, e que a equipe tenha conhecimento não apenas sobre o Seis Sigma, mas também sobre o processo da empresa.

Paula et al. (2006) também fizeram uma análise do uso conjunto da Gestão de Projetos (GP) e do Seis Sigma, através do método DMAIC. Eles avaliam que o  $6\sigma$  está alinhado com a GP essencialmente por ser um projeto e pela necessidade de alinhamento com o planejamento estratégico da empresa. Esse tipo de metodologia estruturada auxilia projetos Seis Sigma a identificar a causa raiz do problema, ver soluções e melhorar processos (PARAST, 2011).

Além disso, o autor afirma que a estrutura do método permite manter o foco no cliente traduzindo os seus requisitos em melhoria de processo.

### **2.3. Etapas para aplicação do Seis Sigma**

Para a aplicação do programa Seis Sigma para resolução de problemas é importante que um método seja bem definido e estabelecido antes da implantação do projeto, visto que não há apenas um método para executar o  $6\sigma$ . Segundo Rodrigues e Werner (2008) a metodologia mais comumente utilizada é o *Define, Measure, Analyze, Improve e Control* (DMAIC) que visa a melhoria de processos já existente. Santos e Martins (2008) salientam que o DMAIC é mais característico em solução de problemas por garantir a redução na taxa de defeitos e falhas nos produtos, processos e serviços. Complementar a isso Kwak e Anbari (2006) definem o DMAIC como um processo de *loop* fechado que elimina etapas improdutivas. Werkwema (2004) apresenta a versão do DMAIC não somente como uma metodologia de solução de problemas, mas como uma metodologia de projetos.

Anil et al. (2004) sugere um método alinhado ao *Project management body of Knowledge* (PMBOK) em que as etapas da gestão de projetos são integradas as etapas do Seis Sigma: Iniciação – Identificar; Planejamento – Definir; Execução e Controle – Design e Otimizar; e Encerramento – Verificar.

A figura 1 relaciona as etapas do método e seus objetivos com as principais ferramentas utilizadas em cada uma delas. A disposição das etapas segue o ciclo do DMAIC.

A primeira fase do DMAIC é a de definir (*define*), nessa etapa deve ser definido o cliente do processo e seus requisitos para com isso ter um alvo a atingir, para isso deve-se determinar os limites do processo através de um mapa atual desse e do fluxo do negócio. Além disso, deve ser estabelecida a equipe envolvida no projeto, de modo que ao fim dessa etapa se tenha o escopo do projeto definido. A próxima etapa é medir (*measure*) significa levantar os dados a respeito do processo, para retratar a situação atual. Esses dados devem ser consistentes de modo que os valores sejam fieis ao processo, por isso deve ser feito um plano de ação para essa coleta de dados. A partir desta etapa é possível analisar (*analyze*) as causas dos defeitos das fontes de variação levantadas na etapa anterior. É considerada a etapa mais importante do método, pois é a partir dessa análise e identificação que será elaborado um plano de ação na etapa seguinte melhorar (*improve*). Nessa fase, além de elaborar o plano de ação, deve-se testá-lo a fim de verificar se o plano de ação é eficiente. Essas ações devem buscar eliminar, atenuar ou minimizar as causas identificadas. Na última etapa, controlar

(control) deve-se desenvolver uma estratégia para controlar o processo otimizado e por fim implementar o plano de ação pré estabelecido na etapa anterior (ECKES, 2001, MCCLUSKY, 2000, WERKEMA, 2004).

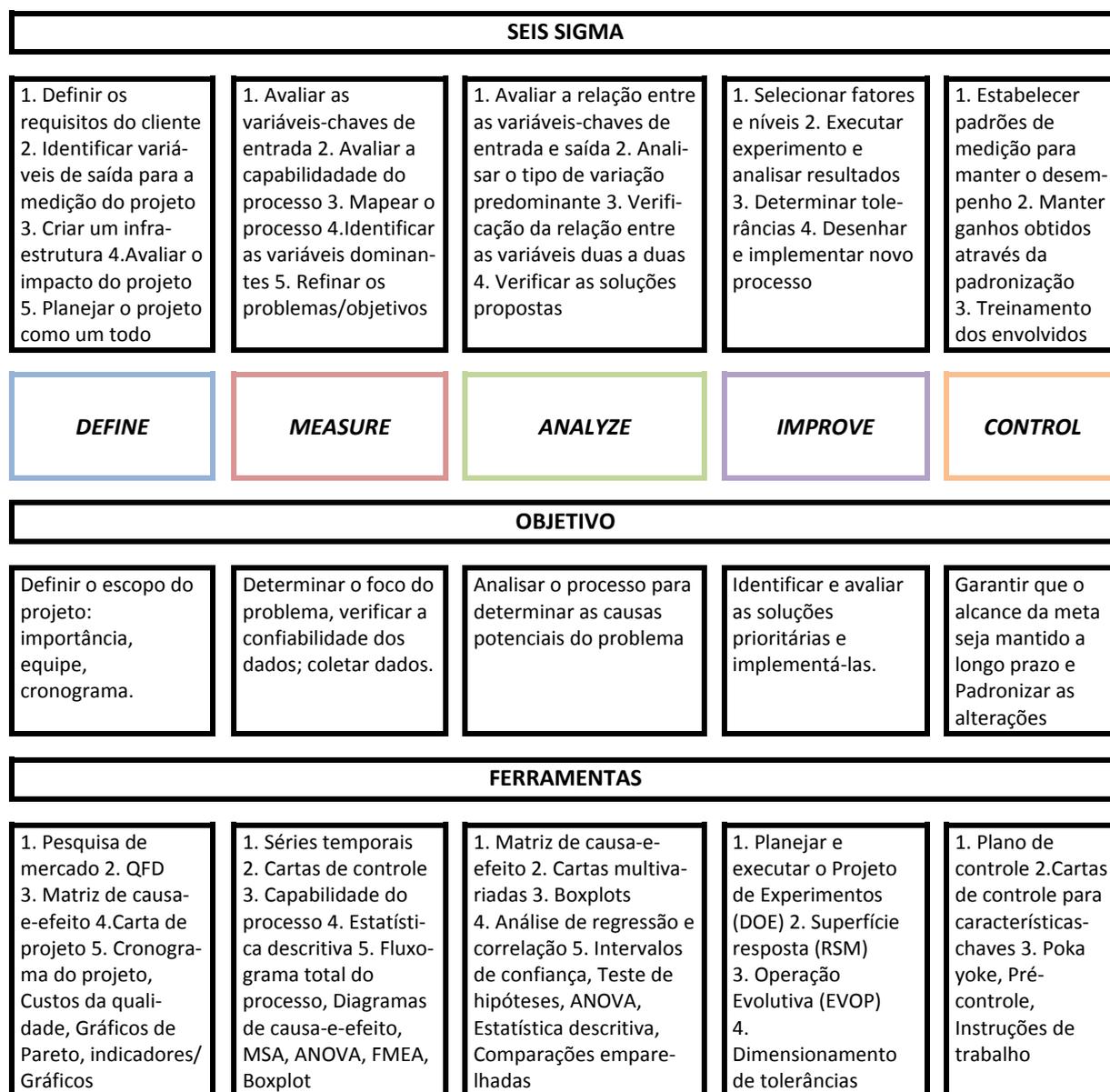


Figura 1: Etapas, objetivos e ferramentas do DMAIC

Fonte: Adaptado de Werkema (2004), Rodrigues e Werner (2008), Silva (2006) e De Feo e Bar-el (2002).

## 2.4. Casos de Aplicação do Programa Seis Sigma

A exemplo da empresa em que o presente trabalho será aplicado, De Feo e Bar-el (2002), relatam em seu artigo o caso da Telefonica da Espanha, que foi a primeira grande empresa espanhola a implantar o  $6\sigma$  com um projeto piloto que começou em fevereiro de 2001. O projeto teve como objetivo a redução de custos, e nos primeiros 10 meses economizaram 30 milhões de euros. O presidente da companhia na época ressaltou que

melhor mudança que o Seis sigma deixou, foi a mudança de filosofia de trabalho dentro da empresa – resultado relacionado a abordagem estratégica do Seis Sigma.

Ainda na linha da abordagem estratégica, Myrick et al. (2009) realizou uma pesquisa do tipo *Survey* com a intenção de comparar o custo de implementação de programas como o Seis Sigma entre empresas de vários porte. Além disso, teve como objetivo analisar se existem situações em que as promessas não são cumpridas ou situações em que o impacto cultural não justifica o esforço da implantação. Os resultados foram predominantemente positivos em relação às metas estabelecidas e nos piores casos acredita que novas ideias foram introduzidas.

### **3. Metodologia de Pesquisa**

Esta seção destina-se a apresentação da metodologia, na qual o trabalho em estudo foi regido, dividida em três partes: primeiramente uma breve apresentação do cenário de aplicação, a seguir da classificação da pesquisa e por último o método do trabalho.

#### **3.1. Classificação da pesquisa**

A pesquisa é de natureza aplicada, uma vez que seu foco é aplicado a um caso específico, prático e utilizável na empresa em questão. A abordagem de pesquisa é quantitativa, pois se utiliza dados quantitativos que serão tratados por meio de técnicas estatísticas. Em relação aos objetivos da pesquisa, a mesma é classificada como conclusiva, pois se pretende estudar relações de causa e efeitos para melhoria da planta externa. Em relação aos procedimentos técnicos da pesquisa, a mesma é classificada como estudo de caso porque consiste do estudo específico e aprofundado de aplicação de um método em uma determinada empresa, a qual difere de outras aplicações e deve ser valorizadas, de forma que o resultado do trabalho se torne de fato aplicável à situação da empresa.

#### **3.2. Descrição do cenário**

A empresa foco do estudo foi fundada em 2002, primeiramente como uma empresa de telefonia móvel, a última empresa entrante nesse mercado no Brasil, cinco anos depois foi lançada como marca única de uma empresa de telefonia fixa, oriunda da privatização do sistema de telefonia brasileiro. Além disso, foi a primeira empresa, no Brasil, que unificou os quatro elementos de Telecom, tornando-se quadriplay (móvel, fixo, banda larga e TV). Em 2012, a empresa fechou o ano com 73,3 milhões de Unidades Geradoras de Receitas (UGRs), dos quais 18,2 milhões pertencentes ao seguimento residencial.

A rede de telecomunicação em larga escala é dividida em duas partes: a primeira que faz a ligação de um estado com o mundo através de antenas e fibras óticas de longas distâncias; e a segunda que faz as ligações dentro de um estado através de cabos metálicos e fibras óticas de menores distâncias. Como pode ser observado da figura 2, essa segunda é subdividida em Geografia de Rede de Acesso (GRAM), equivalente aos DDDs de cada estado; dentro de cada GRAM existem várias localidades, que em muitos casos são as cidades; estas são divididas em estações, o que, muitas vezes, equivale aos bairros; e, por fim, cada uma dessas estações é dividida em armários de distribuição, um multiplicador de rede que possibilita um maior alcance da rede. Em geral um armário é o elemento responsável pelo serviço em um conjunto de ruas, essas regiões de atuação desses armários podem ser identificadas por uma sessão de serviço.

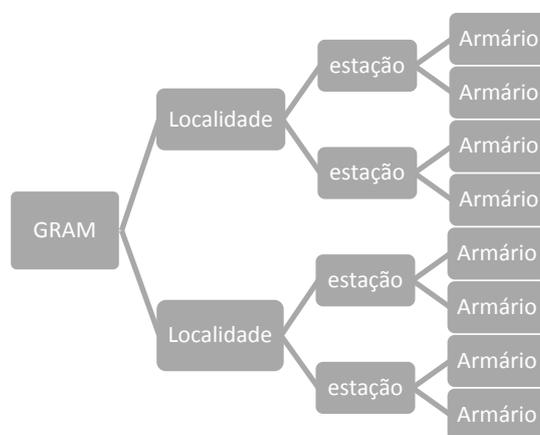


Figura 2: Representação da divisão Planta de Telefonia fixa

Uma estação tem necessariamente um Distribuidor Geral (DG), e possivelmente mais de um armário conforme a figura 2, que apresenta a representação de uma parte de uma estação e seus elementos. O estudo de caso será aplicado em uma parte dessa planta denominada de planta externa, que compreende desde o DG de uma estação até a entrada do fio na residência do cliente. Conforme mencionado, o estudo compreende um plano de manutenção preventiva, realizado em três anos (2010, 2011 e 2012), e em cada um desses anos a metodologia de gestão e execução dos projetos foi realizada de forma diferente, assim características específicas de cada modelo resultaram em diferentes resultados de custo do projeto, tempo de execução e redução de reclamações. O número total de projetos nos três anos foi de 388, sendo, exclusivamente, um para cada seção de serviço. Esses armários foram previamente estabelecidos como ofensores em outro estudo, baseado na proporção **entre o número de reclamações por sessão de serviço e o número de linhas telefônicas utilizadas nessa sessão.**

Na a Figura 3, observa-se a rede com nove elementos dispostos em série, isto significa que, a falha de um componente em qualquer parte do processo impede o funcionamento dos processos subsequentes. A confiabilidade do sistema pode ser aferida por meio do **total de reparos em cada elemento em relação ao total de ocorrências existentes na mesma seção de serviço**. Alguns desses elementos podem ser compostos por um ou mais componentes, como pode ser visto na representação do DG na Figura 3. Com a estimativa preliminar da probabilidade de um elemento falhar indica a criticidade do elemento no sistema.

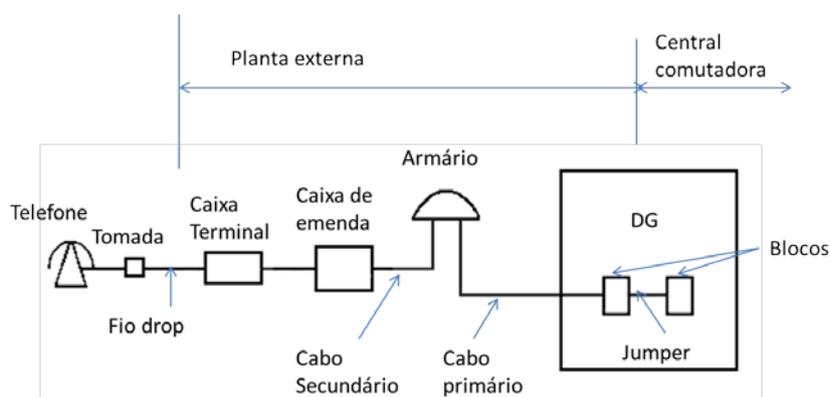


Figura 3: Desenho estrutural do sistema de uma rede local de telefonia

### 3.3. Caracterização do método de trabalho

O trabalho seguiu a metodologia sugerida por Rodrigues e Werner (2008) como a mais comumente utilizada em aplicações de Seis Sigma em processos já estruturados: o DMAIC. Seguindo a linha de aplicação de projetos Seis Sigma alinhados a estratégia de negócio, o método do trabalho seguirá as subetapas as quais são mais aplicáveis ao presente estudo. A Figura 4 apresenta a metodologia deste estudo de acordo com as etapas do DMAIC.

1. Definir	Descrição	Produto principal
<b>Determinar as necessidades clientes/estratégias do negócio/ Avaliar o Histórico do problema</b>	As necessidades dos clientes foram identificadas no início dos projetos de manutenção preventiva, o conjunto desses projetos são denominados de plano de melhoria de armário. Por meio de uma reunião com o gerente de projetos, que baseado nesse plano de melhoria e nas expectativas seus resultados identificou a necessidade de uma avaliação da capacidade e melhoria de processo de execução desses projetos.	Definição do projeto a ser atuado
<b>Selecionar equipe de Projeto</b>	A equipe de projeto foi selecionada com base no domínio dos projetos de melhoria já executados e também no conhecimento a respeito do levantamento dos dados de um determinado sistema geolocalizado. A equipe de projetos foi composta de quatro pessoas: o líder dos projetos de melhoria, o responsável pelo sistema de gestão de projetos geolocalizado, a pesquisadora além do gerente de projetos. Toda equipe realizou treinamento com certificação de <i>white belt</i> disponibilizado pela empresa.	Equipe selecionada que detém conhecimento sobre o processo e elementos críticos  Continua...

<b>Determinar os objetivos e acompanhamento do Projeto</b>	<p>Objetivo: Definir um modelo de execução de projetos que em relação aos outros modelos possa reduzir o custo médio dos projetos; Reduzir o tempo de execução médio dos projetos; Aumentar o percentual de redução de reclamações de cada sessão de serviço trabalhada. Além disso, Identificar os elementos ofensores e sua confiabilidade.</p> <p>Meta: Reduzir em 10% o custo de projeto e o tempo de execução até Dez/2014; Diminuir em 25% o percentual de redução de reclamações após a obra de melhoria até Dez/2014.</p> <p>Indicador: Custo necessário para melhorar 80% das sessões de serviço trabalhadas no modelo ideal/ pelo Custo necessário para melhorar 80% das sessões de serviço trabalhadas no modelo anterior</p> <p>Percentual de redução no modelo ideal/ percentual de redução no modelo anterior.</p>	Lista de indicadores, procedimentos de medição
<b>Definir o escopo do projeto/ Documentar o Projeto</b>	<p>Na definição do escopo do projeto, estabeleceu-se que a base de dados utilizada seria em forma de censo, além disso, percebeu-se que seria necessário que as variáveis de entrada fossem trazidas para uma base comum, tendo em vista a diferença nas bases: cada projeto de melhoria foi aplicado em uma sessão de serviço e essas se diferem em relação ao tamanho, portanto o número de elementos reparados deve ser comparado ao total de elementos existentes na sessão. Estabeleceu-se que seriam analisadas as recorrências de problemas nos elementos (Cabos; Caixas Terminais; Caixas de emenda; <i>Jumper</i>; Conexões e Substituição de fio <i>drop</i>). Identificou-se que todas as GRAMs do RS foram contempladas, além disso, foi identificado que cada ano de projeto (2010; 2011 e 2012) tiveram formas de execução diferenciadas, gerando um questionamento em relação as suas eficiências como conjunto de projetos. Além disso, foi definido o cronograma do projeto e o seu <i>Project charter</i>.</p>	Definições a respeito das bases de dados Project Charter do projeto Cronograma e etapas
<b>2. Medir</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Produto principal</b>	
Identificar as variáveis de entrada e as variáveis de saída	As variáveis de entrada do processo foram determinadas com base no relatório obtido a partir do sistema de gestão de projetos da empresa. É possível extrair diretamente informações a respeito do ano de execução da obra, região, elementos substituídos nas obras, custo de cada elemento. Os dados levantados referem-se aos elementos existentes nas sessões de serviço, além de informações da central de atendimento, como as reclamações e o número de clientes por sessão. Como variáveis de saída, baseado nos objetivos esperados, deve-se estabelecer o tempo de execução, o custo total de cada projeto e o percentual de redução reclamações sessão de serviço após a obra.	Identificação das entradas e saídas do processo Relatórios de gestão de projetos, Relatórios sobre os elementos existentes na planta, relatórios sobre reclamações de clientes.
Coletar/ consolidar dados	A coleta de dados foi realizada a partir de dados de fonte secundária, tais como dados de reclamações e projetos executados pela empresa, extraídos de relatórios. Os dados consolidados foram a quantidade de elementos trocados dividida pelo total existente.	Percentual de elementos trocados e percentual de redução de reclamação
Verificar as fontes de variação dos indicadores do projeto	O comportamento das variáveis foi verificado através das médias, desvios padrão, limites superior e inferior. Verificar quanto ao mês e a região se há alguma tendência de reclamações em algum período dividindo as em gráficos por região, do número de reclamação por mês com as linhas representando os anos.	Médias, desvios padrão, limites superior e inferior; <i>Gráfico temporal</i>
<b>3. Analisar</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Produto principal</b>	
Avaliar a relação entre as variáveis de entrada e variáveis de saída	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificar se há correlação entre o tempo e o percentual de redução de reclamações; bem como se há correlação entre o custo e o percentual de redução de reclamações e por fim entre o tempo e o custo.</li> <li>2. Analisar os dados já levantados e medidos e verificar se há diferença considerável entre os anos quanto à redução de reclamações, custo e tempo de execução, identificar qual critério é o mais relevante.</li> <li>3. Verificar a confiabilidade do sistema através do percentual de cada elemento trocado pelo total possível na planta.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Correlação entre as variáveis</li> <li>2. Variável mais impactante no resultado; <i>Box-plot</i></li> <li>3. Gráfico de Pareto; Estimativa da confiabilidade do sistema;</li> </ol>
Identificar as variáveis/ componentes que necessitam controle	Avaliar qual elemento necessita de maior dedicação pelo seu impacto na qualidade. E ainda se o procedimento de execução em cada ano é melhor aplicável considerando como indicadores custos, qualidade e tempo.	Elementos a serem controlados e qual modelo de aplicação de projeto é o mais favorável Continua...

4. Melhorar	Descrição	Produto principal
Definir procedimentos de operação e controle	Com as conclusões obtidas na etapa anterior foi elaborado um 5W2H com o plano de ação consolidado. Definindo além de o que deve ser feito, quem deve ser o responsável, quando, onde, porque, como e quanto custará.	5W2H para plano de melhoria
Implementar novos ajustes e procedimentos	Planeja-se a execução de um projeto piloto com as novas especificações e formato avaliados. Recomenda-se medir o resultado desse piloto de modo a conferir se os resultados esperados foram alcançados e o incremento de possíveis ajustes.	Resultado do projeto piloto e possíveis incrementos
5. Controlar	Descrição	Produto principal
Estabelecer padrões de medição para manter o desempenho	Devem ser estabelecidas metas para os indicadores avaliados tempo, custo e redução de reclamação.	Metas dos indicadores bem definidas;

Figura 4: Metodologia de pesquisa

## 4. Resultados

Nessa seção serão apresentados os resultados das fases de Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. A fase definir foi apresentada na figura 4. O Project charter da fase definir esta no apêndice A ao final deste artigo.

### Fase Medir

Nessa fase, conforme aplicação sugerida no método do item 3.3 desse trabalho, em que a etapa medir percorreu as seguintes atividades: (i) Identificar as variáveis de entrada e as variáveis de saída, (ii) Coletar e consolidar dados, (iii) Verificar as fontes de variação dos indicadores do projeto.

Na **identificação das variáveis** (i), a Figura 5 apresenta as variáveis de entrada consideradas no estudo e o tipo de variável. As variáveis foram determinadas com base nos objetivos do trabalho e identificadas a partir dos relatórios e bancos de dados da empresa.

Estas variáveis foram analisadas de acordo com meses e região (GRAM). Estas características foram consideradas fontes de variação, uma vez que um dos objetivos do projeto é a comparação das variáveis entre os anos. A região é uma importante fonte de variação, tendo em vista que em geral uma região pode sofrer influências da natureza, como ocorrência de maiores índices pluviométricos em determinados períodos dos anos, aumentando no número de reclamações.

Demanda da qualidade	Variáveis de resposta	Tipo
Reduzir tempo de execução	Percentual de execução no tempo	Menor é melhor
Reduzir custo do projeto	Custo do projeto	Menor é melhor
Aumentar o percentual de redução de reclamação	Percentual de redução de reclamações	Menor é melhor

Figura 5: Variáveis de entrada do estudo

O número de projetos realizados e, portanto, analisados foram 388, dos quais 90 em 2010, 98 projetos em 2011 e 200 projetos em 2012. As análises foram executadas em 5 GRAMs, codificadas como: 51 correspondente à região metropolitana de Porto Alegre, 5C, que não representa um dos DDDs do estado do Rio Grande do Sul, mas devido a sua complexidade é considerada uma GRAM somente para a cidade de Porto Alegre, 53 é a região da fronteira do estado, 54 corresponde a região serrana e por fim a região 55 que fica localizada no centro do estado.

Além disso, foram analisados os elementos de rede mais utilizados, sendo eles agrupados independentemente de suas variações, por exemplo, a capacidade do cabo não foi discriminada pelos diferentes tamanhos, pois foi entendido que esse tipo de diferenciação não agregaria nas análises. Esses elementos identificados podem ser visualizados na Figura 3.

Para **coletar e consolidar os dados** (ii) as variáveis analisadas foram provenientes de três relatórios de gestão de projetos, o primeiro relatório refere-se às medições de execução das obras. Nesse relatório consta para cada obra o total de elementos substituídos nela, o custo, contemplado pelo serviço prestado e o material utilizado. Além disso, o tempo de execução referente ao tempo entre o início do serviço na planta até a certificação do serviço. Do sistema geolocalizado, pode-se extrair informações a respeito da rede existente que contempla todos os elementos de rede de cada sessão de serviço. Informações sobre a ocupação dos armários, isto é, quantos clientes existem em determinada sessão de serviço, foram necessárias para complementar as informações sobre a rede existente. Como foi identificado, as sessões de serviço se diferem, e para que a identificação dos elementos mais ofensores fosse feita de forma a considerar essas diferenças, **dividiu-se o total de cada elemento substituído pelo total de elementos existentes na rede**. Além disso, proveniente da central de atendimento, foram coletadas as informações sobre as reclamações, as quais estão disponíveis em um relatório de reclamações de clientes um para cada mês (de abril de 2010 a setembro de 2013), nele constam todas as reclamações por sessão de serviço.

Na verificação das fontes de variação dos indicadores do projeto (iii) os dados relativos às médias, desvios padrão, estimativas de intervalo para a média, variância, mediana, foram consolidados através do software SPSS®, a partir de planilha com os dados consolidados em uma única base. O resultado pode ser observado nas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3.

Ano	Média	Desvio padrão	Mediana	Intervalo de 95% de confiança para média
2010	3040,71	1100	2931,49	(2809,63; 3271,79)
2011	2188,39	1270	1831,05	(1933,06; 2443,72)
2012	2012,27	710,63	1908,63	(1913,18; 2111,36)

Tabela 1: Resultados da variável custo

Para a variável custo, os valores apresentados na Tabela 1 estão representados em unidades monetárias de receita, visando a não exposição da empresa em valores de moeda brasileira, os valores foram diretamente extraídos dos relatórios.

A variável percentual de redução de reclamação tem seus valores demonstrados na Tabela 2. Isso porque, para levar em consideração o tamanho da sessão de serviço e não somente o número absoluto de reclamações por armário, dividiu-se **a média de reclamações nos meses depois da obra de melhoria, pela média de reclamações nos meses antes da obra decrescido de uma unidade**, chegando assim no percentual de redução do número de reclamações. O que significa que quanto mais negativo, maior foi a sua redução.

Ano	Média	Desvio padrão	Mediana	Intervalo de 95% de confiança para média
2010	28,72	28,65	34,51	(34,72; 22,72)
2011	24,26	31,69	29,14	(30,62; 17,91)
2012	15,93	32,23	15,89	(20,42; 11,44)

Tabela 2: Resultados da variável percentual de redução de reclamação

Quanto ao tempo de execução de cada projeto (Tabela 3) houve um tratamento na variável, visto que o tempo previsto de execução da obra em cada sessão de serviço varia de acordo com o seu tamanho. Por essa razão, o tempo de execução de cada projeto foi dividido pelo seu tempo previsto, resultando em um **percentual de execução no tempo**. Por exemplo, para um resultado de 130 significa que o projeto levou 30% de tempo a mais do que o planejado.

Ano	Média	Desvio padrão	Mediana	Intervalo de 95% de confiança para média
2010	134,52	110,88	95,29	(111,29; 157,74)
2011	103,85	225,36	47,5	(58,67; 149,03)
2012	94,43	79,81	78,08	(83,30; 105,56)

Tabela 3: Resultados da variável percentual de execução no tempo

Além disso, na tentativa de verificar, quanto ao mês e a região, se há alguma tendência de reclamações em algum período, foi elaborado um gráfico temporal por região das sessões de serviço trabalhadas em 2012, relativo ao número de reclamação por mês, em que cada uma

das linhas representa um dos anos (Figura 6). Como pode ser observado, não há uma tendência bem definida para nenhum mês de nenhuma região, o que permite a interpretação de que a diminuição de reclamações pós-projeto se deve ao efeito da manutenção preventiva e não a um efeito natural para determinado período em uma região. Verifica-se que houve algum tipo de problema na computação das reclamações no mês de maio de 2010, visto que há pontos muito abaixo do esperado para todas as regiões. Desconsiderando então esse mês, a menor variação está no ano de 2013, ano em que se podem observar o reflexo das melhorias obtidas a partir dos projetos de 2012. Em geral a série temporal de 2013 é inferior às linhas representativas aos anos anteriores, o que pode sugerir uma eficiência dos projetos de manutenção preventiva, isso se torna mais claro ainda quando se trata das regiões 5C e 54, em que houve o maior número de projetos.

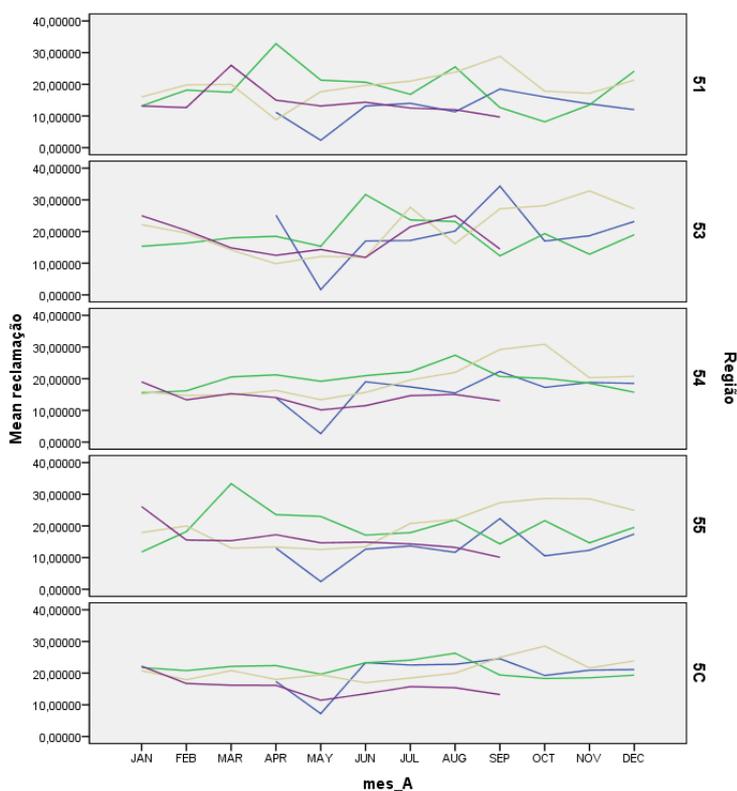


Figura 6: Análise temporal das reclamações

## Fase Analisar

Conforme descrito no item 3.3, a etapa analisar foi dividida em duas subetapas: (i) Avaliar a relação entre as variáveis de entrada e variáveis de saída e (ii) Identificar as variáveis/componentes que necessitam controle. Para avaliar a relação entre as variáveis de entrada e variáveis de saída (i) foram realizadas três análises, apresentadas a seguir:

- a. Verificar a correlação entre as variáveis.

Como pode ser avaliada na Tabela 4, há correlação significativa entre as variáveis analisadas, porém muito fraca. O que permite interpretar que a correlação entre as variáveis é quase nula. Isso contradiz as expectativas de que reduzindo tempo de execução haveria uma redução direta do custo, uma vez que não houve evidências desta relação com base nestes dados. Além disso, permite a conclusão de que o custo de recuperação da rede tem fraca correlação com um melhor resultado de qualidade. Sendo assim é preciso tratar as variáveis independentemente.

n=388	Custo	% de redução de reclamação	% de execução no Tempo
Custo	1	-0,126*	0,459**
% de redução de reclamação		1	-0,118*
% de execução no Tempo			1

\* p < 0.05 \*\* p < 0.01

Tabela 4: Correlação entre as variáveis

- b. Analisar se há diferença significativa quanto ao custo, reclamações e tempo dentre os anos.

Baseado nos dados apresentados na Figura 7, observa-se que para a variável custo, o ano de 2012 se mostra mais eficiente, ainda que a mediana e mínimo de 2011 tenham sido menores, a maioria dos valores de 2012 tem menor faixa de variação.

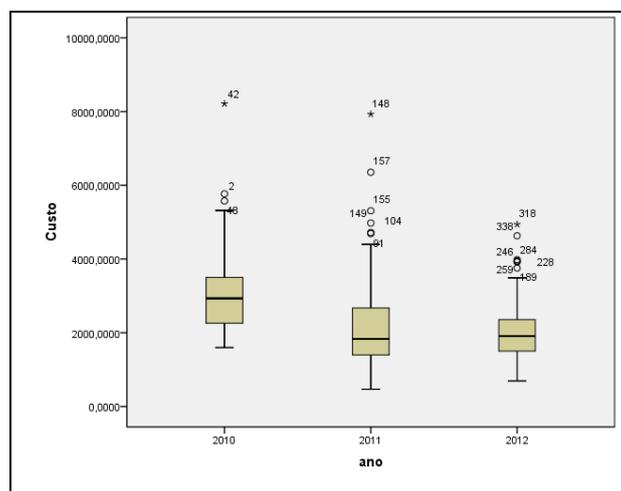


Figura 7: Box-Plot do Custo

Para a variável percentual de redução de reclamações foi estimado um intervalo de confiança para a média com nível de confiança de 95% (Tabela 2). A partir da análise dos intervalos de confiança, houve redução de reclamação em todos os anos, contudo os anos de 2010 e 2011 não apresentaram diferenças significativas entre si, uma vez que os intervalos se

sobrepõem. Já o ano de 2012 houve um significativo aumento em relação aos dois anos anteriores.

Na Figura 8, pode-se observar que o histograma de 2012 está mais centralizado, quando deveria ser deslocado à esquerda, a sobreposição da média e da mediana na Tabela 2 confirma essa análise. O ano de 2010 é melhor em todos os quesitos a exceção do valor mínimo, que em 2011 e 2012 são menores.

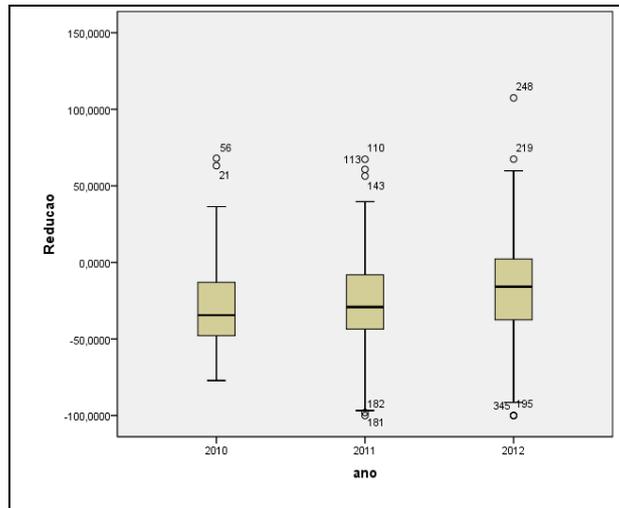


Figura 8: Box-Plot para o Percentual de Redução de Reclamações

Para a variável tempo (Figura 9), o intervalo de variação de 2012 tem menor amplitude. Considerando o intervalo de confiança de 95% (Tabela 3), os intervalos de 2011 e 2012 se sobrepõem, concluindo que não há diferença significativa para esses anos, por outro lado é bem significativo para o ano de 2010. Porém, é notório que no ano de 2011 possa ter ocorrido um problema específico em um projeto com tempo de conclusão muito acima da média.

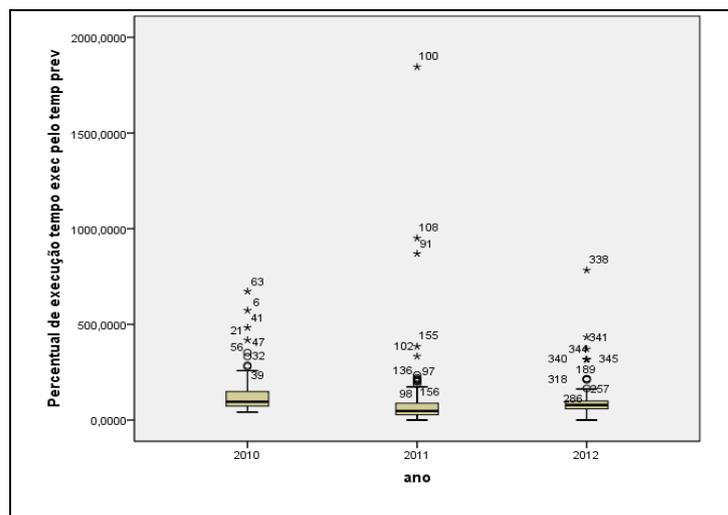


Figura 9: Box-Plot do Tempo

- c. Verificar a confiabilidade do sistema através do percentual de cada elemento trocado pelo total possível na planta.

Conforme a equação (1) a confiabilidade de um sistema em série é dado pelo produto das probabilidades individuais  $P = [p1 \times p2 \times p3 \times \dots \times pn]$ , e a confiabilidade de um sistema em paralelo é a probabilidade de pelo menos uma falha obtida por  $P = 1 - [p1 \times p2 \times p3 \times \dots \times pn]$ , sendo assim a equação genérica para confiabilidade do sistema apresentado na Figura 3 com sete elementos pode ser obtida pela equação

$$R(t) = 1 - \left( p1 \times p2 \times \left[ 1 - \prod_{i=1}^n pi \right] \times p3 \times p4 \times p5 \times p6 \right) \quad (1)$$

Conforme a Figura 3 todos os elementos são representados em série, porém no interior da caixa de emenda ocorrem as conexões  $n$  dos condutores, esses componentes são dispostos em paralelo, representado na equação (1) por  $pi$ , em que  $n$  representa a capacidade do cabo entrante na caixa de emenda. Esses elementos e as variáveis apresentadas na equação bem como suas probabilidades calculadas foram relacionados na Tabela 5. **As probabilidades de falha de cada elemento foram obtidas através da relação entre a quantidade substituída de um elemento pela sua totalidade existente na rede das sessões de serviço analisadas.**

Elementos de rede	Probabilidade de falha	Variável equação
Fio Drop	0,55	$p1$
Caixa terminal	0,50	$p2$
Conexões de condutores	0,44	$pi$
Cabo Primário e Secundário	0,09	$p3$
Armário de distribuição	0,39	$p4$
Bloco	0,55	$p5$
Jumper	0,44	$p6$

Tabela 5: Probabilidades de falha dos elementos de rede

Reduzindo a Equação 1 conforme as probabilidades de falha de cada elemento, e ainda que todas as conexões tenham a mesma probabilidade de falha, tem-se:

$$0,0023 \times [1 - \prod_{i=1}^n 0,44] \quad (2)$$

Por exemplo, supondo  $n = 200$ , a probabilidade de falha do sistema é  $1 - R(t) = 0,0023$  e  $R(t) = 0,9977$

Partindo para análise dos elementos ofensores, como podem ser observadas no Gráfico de Pareto (Figura 10) tem-se que o elemento mais substituído nos três anos de projeto foi a

caixa de emenda com um índice proporcional a 60% de todas as caixas de emendas possíveis de serem trabalhadas, foram substituídas.

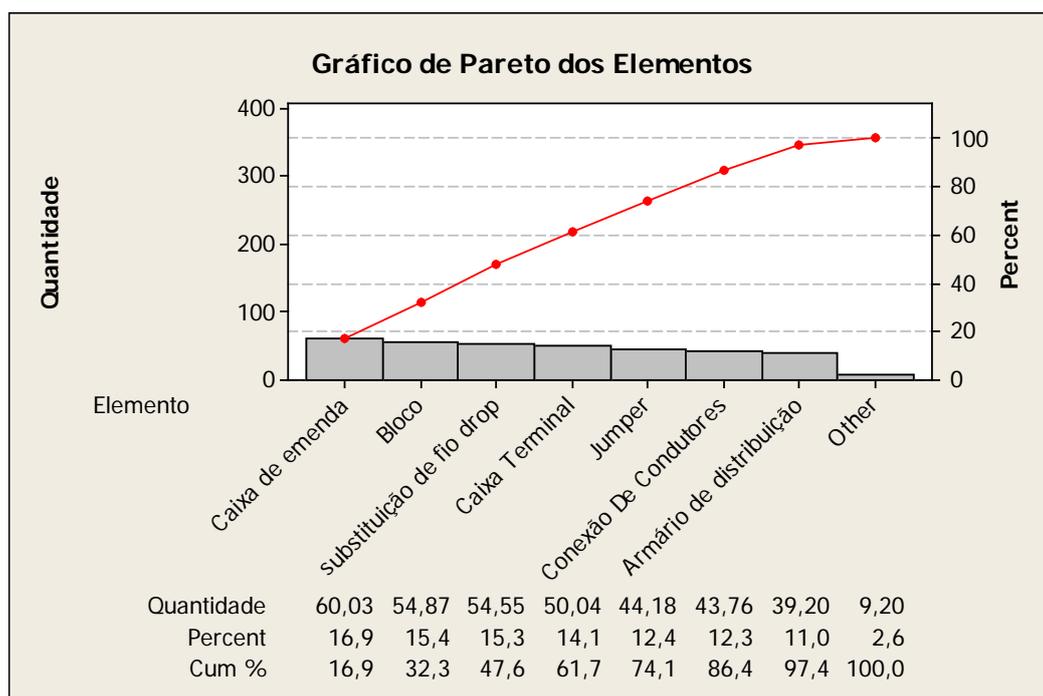


Figura 10: Gráfico de Pareto

Para identificar as variáveis/componentes que necessitam controle (ii), baseado nas análises dos itens (a), (b) e no gráfico da Figura 11, do qual é possível avaliar que há diferenças significativas para a variável custo entre os anos de 2010 e 2011, porém o mesmo não é perceptível entre 2011 e 2012, ano que se destaca apenas pela menor faixa de variação de custo, apresentando uma maior eficiência em 2012. Avaliando também, o custo-benefício de cada ano de projeto, o modelo adotado em 2011 se mostra mais satisfatório, atendendo as expectativas em relação ao custo, mantendo a qualidade. Levando em consideração a média do custo de 2011 para 2012 houve uma redução de 8,79%. A redução de reclamações em 2011 foi 52,29% a mais que em 2012. Além disso, pode se considerar o percentual das sessões de serviços em que de fato houve uma melhoria que em 2011 sendo este de 82,65% das sessões trabalhadas e em 2012 esse percentual foi de 72,5% sendo assim, extrapolando o modelo de 2011 para 2012, considerando a média de redução e média para custo tem-se que trabalhando 50 sessões de serviço (SS) no modelo 2011 o valor gasto seria de 109.419,60 unidades de receita (UR) resultando em aproximadamente 42 SS recuperadas a uma eficiência aproximada de redução de reclamações de 24,26. Para recuperar as mesmas 42 SS no modelo 2012, seria necessário trabalhar 58 SS resultando em 116.711,83 UR e uma eficiência aproximada de redução de reclamações de 15,93. Resultando em média 7% mais valor investido para recuperar a mesma quantidade de sessões a uma média de redução de

reclamações 35% inferior. Sendo assim, conclui-se que o modelo do ano de 2011 se mostra mais satisfatório em relação ao modelo de 2012, para todas as variáveis analisadas atingindo o objetivo do trabalho.

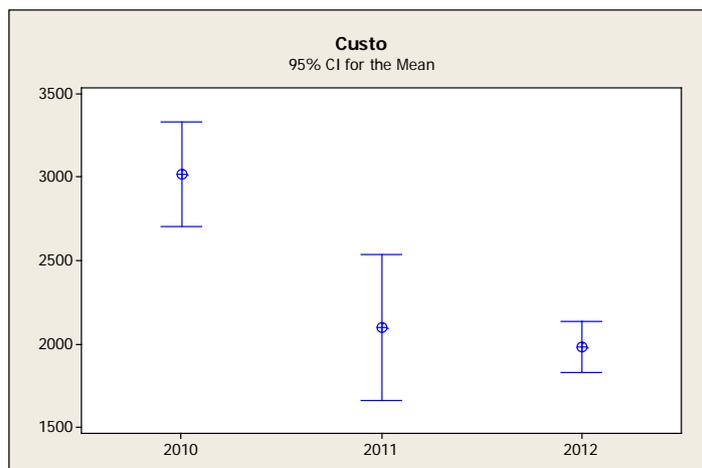


Figura 11: Intervalo de confiança de Custo

Para a análise dos elementos de rede ofensores, considerando as análises do item (c) os elementos apresentados no Gráfico de Pareto (Figura 10) são classificados como ofensores totalizando 74,1 % problemas caixas de emendas, blocos, fios drop, caixas terminais e os *jumpers*.

Levando em consideração a chance de falha do sistema de 0,2%, conclui-se então que a maior força nesses projetos deve ser dedicada à qualidade da substituição desses elementos. Neste caso, pode-se considerar a qualidade da matéria-prima envolvida e a forma como a conferência dessas obras tem sido realizada. Outro aspecto é a coerência entre os elementos trocados na manutenção e elementos trocados nos reparos, quando um cliente notifica a empresa sobre falha na linha e um operador vai verificar e consertar o problema. Ressalta-se que essa análise não é conclusiva, uma vez que se constatou que os relatórios sobre os reparos não são completos e que devem ser mais restritivos quanto ao seu preenchimento bem como devem ser oferecidos treinamentos para os operadores.

### Fase Melhorar

A partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores, a etapa de Melhorar foi dividida em duas fases. A primeira (i) definir procedimentos de operação e controle e outra uma fase de (ii) implementar novos ajustes e procedimentos para conferir o resultado esperado.

Na primeira fase (i) foram definidos os procedimentos de operação e controle através de um plano de ação baseado na metodologia do 5W2H, de forma simplificada visto que alguns

questionamentos não fazem sentido para as análises realizadas. Devem ser considerados: o que será feito, quem será o responsável, quando, porque, como e quanto custará.

What	Who	When	Why	How	How much
Estruturação e condução da metodologia de projetos de melhoria de rede.	Líder dos projetos de melhoria	A partir de novembro de 2013	Para garantir a eficiência na redução de reclamações, custo e tempo.	Os projetos devem ser conduzidos conforme a metodologia de projetos utilizada em 2011	A média do custo deve se manter em torno de 2190 unidades de receita
Plano de melhoria simplificado	Líder dos projetos de melhoria	Quando for necessário utilizar menos recursos	Para garantir a eficiência na redução de reclamações, custo e tempo.	Os projetos devem focar nos elementos relacionados como prioritários.	Proporcional a quantidade de elementos substituídos
Avaliação dos materiais utilizados	Responsável pelos materiais	Até dezembro de 2013	Para garantir que não só haja manutenção, mas também que os elementos tenham durabilidade.	Deve ser feita uma avaliação comparativa entre os fornecedores e suas falhas.	Sem custo, pois deve ser incorporado as atividades do funcionário.
Deve ser revisto o formato e a utilização de ferramentas combinadas na condução dos projetos	Gerente de projetos	Até janeiro de 2014	Para garantir a assertividade, os resultados e a confiabilidade dos projetos.	O sistema geolocalizado deve servir de suporte na conferência das atividades executadas no mesmo formato utilizado nesse trabalho	Sem custo, pois deve ser incorporado as atividades do funcionário.
Avaliação e reestruturação do formato de registro das soluções dos reparos.	Gerente de operações	Até janeiro de 2014	Para que possa ser feita um comparativo de onde acontecem as falhas percebidas pelo cliente e onde há manutenção	Deve haver treinamentos e orientação do pessoal de operações para preenchimento correto, bem como restrições do sistema de modo a evitar o preenchimento errado.	Sem custo, pois devem ser incluídos em um rol de treinamentos que já estão acontecendo.

Figura 12: 5W2H

Na segunda fase (ii) ocorrerá um projeto piloto, nos formatos sugeridos na Figura 12, com início imediato e posteriores avaliações.

### Fase Controlar

Na última etapa do DMAIC foram estabelecidas metas para os indicadores avaliados (tempo, custo e redução de reclamação). Em relação à redução de reclamação deve se manter superior aos 25% em relação ao número de reclamações antes da manutenção. Em relação à

quantidade melhorada deve ser superior a 80%, buscando a melhoria continua desse valor. Para a variável Custo deve se manter em torno de 2200 unidades de receita mantendo a faixa de variação reduzida, através do controle de execução das obras. E, finalmente, para variável tempo devem ser mantidas, dentro do prazo estipulado, 95% das obras, sendo necessário um forte controle e gestão dos projetos executados.

## **5. Considerações Finais**

Diante do estudo de caso realizado pode-se observar a clara influência do contexto organizacional facilitando a solução de problemas, pois a temática era de muito interesse para empresa permitindo a dedicação dos profissionais para que o estudo fosse realizado. A estrutura sequencial do Seis Sigma também se mostrou importante facilitando execução do projeto através do seu passo a passo estabelecido previamente. Como esperado pelos projetos seis sigma o presente projeto obteve elevação da qualidade e assim um possível aumento da satisfação dos clientes bem como uma nítida redução dos custos e assim aumento da lucratividade da empresa.

O estudo teve como objetivo desenvolver um projeto seis sigma para melhoria na qualidade do sistema de telefonia fixa e transporte de dados, através da análise de dados históricos dos projetos. A metodologia Seis Sigma percorreu as seguintes etapas: na definição do projeto foram medidas as variáveis de resposta tempo, custo e o percentual de redução de reclamações. Para cada variável comparou-se os projetos dos anos de 2010 a 2012, pois cada um destes anos representava modelos diferenciados de execução e gestão de projetos. Na fase de medir foram utilizadas técnicas de estatística descritiva e estimação por intervalo de confiança. Os resultados das análises sugerem que modelo de projetos utilizado em 2011 se mostra mais adequado, proporcionando melhorias nas três variáveis resposta analisadas alcançando as metas estabelecidas. Sendo assim, os procedimentos utilizados no ano de 2011 obtiveram melhores resultados nos indicadores e sugere-se como padrão pela empresa. Ainda este trabalho fez a análise das probabilidades de falha nos elementos com o objetivo de avaliar a confiabilidade. Contudo, os dados atuais não permitiram uma avaliação conclusiva uma vez que cada sessão de serviço pode apresentar uma configuração diferente dos elementos, sendo esta estimativa uma referência. Os principais resultados da análise foram propostos como planos de ação na fase de Melhorar por meio da técnica 5W2H. Como controle foram propostos indicadores a serem monitorados no futuro, para continuidade deste trabalho, sugere-se a comprovação dos resultados no que tange ao atendimento desses indicadores para efetiva melhoria do serviço. É possível também que se faça um comparativo

dos elementos de rede que mais sofrem manutenção com aqueles que mais sofrem reclamações/reparos, porém é necessária a melhoria dos relatórios de campo conforme sugerido no plano de ação.

## 6. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). Plano Geral de Metas da Qualidade para o Serviço Telefônico Fixo Comutado. **Disponível em:** <http://www.anatel.gov.br>. Acesso em: Mar. 2013

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). Ranking de Reclamações de Telefonia Fixa na Anatel. **Disponível em:** <http://www.anatel.gov.br>. Acesso em: Mar. 2013

ANIL, R.; SESHADRI, A.; VERMURI, M. A Methodology for Managing MultiDisciplinary Programs with Six Sigma Approach. **Engineering Management Conference**, 2004. Proceedings. 2004 IEEE.

CARDOSO, M. S.; TEN CATEN, C. S.; KORZENOWSKI, A. Análise de Fatores Críticos de Sucesso em um Projeto Seis Sigma. Porto Alegre, 2012. v.1 **Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

DE FEO, J.; BAR-EL, Z. Creating Strategic Change More Efficiently with a New Design For Six Sigma Process. **Journal of Change Management**, v.3, n.1, p. 60-80, 2002.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Benefits, Obstacles, and Future of Six Sigma Approach. **Technovation**, v. 26, n. 5, p. 708-715, 2006.

MCCLUSKY, R.; The Rise, fall, and revival of six sigma. **Measuring Business Excellence**, v.4, n. 2, p. 6–17, 2000.

MONTEZ, L.F.D. “Seis Sigma” – Uma nova cultura empresarial. Lisboa, 2011. V.1 **Dissertação de Mestrado**, Instituto Superior de Engenharia De Lisboa

MYRICK, J.; BURKHARD, T.; NELMS, L.; PATCH, S.; YEAROUT, R. Professional Perceptions of Six Sigma’s Value. **International Journal of Industrial Engineering**, v.16, n.3, p. 234-247, 2009.

PARAST, M. M. The effect of Six Sigma Projects on Innovation and Firm Performance. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 1, p. 45-55, 2011.

PAULA, I. C. de; SANT’ANNA, A. M. O.; BIASOLI, P. K.; RIBEIRO, J. L. D. Análise da metodologia Seis Sigma e Gestão de Projetos. **XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Fortaleza, CE, 2006.

PINTO, S. H. B.; CARVALHO, M. M.; HO, L. L. Implementação de Programas de Qualidade: Um Survey em Empresas de Grande Porte no Brasil. **Gestão & Produção**, Mai/Ago. 2006, vol.13, no.2, p.191-203.

RIBEIRO, J.T. Utilização da metodologia seis sigma para o desenvolvimento de soluções de convergência fixo e móvel em telecomunicações. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005. v.1

RODRIGUES, J. T. M. C.; WERNER, L. Descrevendo o Programa Seis Sigma: Uma Revisão da Literatura. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Rio de Janeiro, 2008.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de Referência para Estruturar o Seis Sigma nas Organizações. **Gestão e Produção**, v.15, n.1, São Carlos, 2008.

SILVA, F. A. Aplicação da Metodologia DMAIC na Implementação de Melhorias na Linha de Produção de Tratores da John Deere: Impacto Sobre a Métrica First Pass Yield. **Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização Engenharia de Produção**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, 2006.

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. **RAC**, Curitiba, v. 13, n. 4, p. 647-662, 2009.

WERKEMA, M. C. C. Criando a cultura Seis Sigma. **Série Seis Sigma**. v. 1. Nova Lima, MG: Werkema Ed., 2004.