

SISTEMÁTICA PARA A MELHORIA DA DISPONIBILIDADE DE REDE DE TELEFONIA MÓVEL

Rodrigo de Oliveira Bastos Martins (UFRGS) – *rodrigo.bastostmartins@gmail.com*

Giovana Savitri Pasa (UFRGS) – *giovanapasa@producao.ufrgs.br*

Marcelo Nogueira Cortimiglia (UFRGS) – *cortimiglia@producao.ufrgs.br*

Resumo

Para lidar com as recentes transformações e a crescente taxa de *churn* mensal as empresas do setor de telefonia móvel têm que oferecer um serviço que satisfaça tanto as normas dos órgãos reguladores quanto as necessidades dos usuários, que exigem que a qualidade do sinal esteja disponível em período integral. Para tanto é fundamental que os equipamentos responsáveis pela transmissão do sinal estejam em plenas condições operacionais e, para isso, atividades corretas de manutenção e direcionamento da mão-de-obra disponível são essenciais. As empresas possuem, muitas vezes, bancos de dados oriundos de atividades de manutenção prévias que permitem aprimorar a aplicação dos seus recursos de forma a oferecer um serviço que atenda o exigente mercado. O presente trabalho propõe, através da correta análise nos bancos de dados pré-existentes na empresa, o desenvolvimento de uma sistemática capaz de aumentar a disponibilidade da rede de telefonia móvel da empresa estudada. Através da verificação das principais causas ofensoras foi possível realizar um conjunto de ações que visavam melhorias de curto e longo prazo que foram responsáveis por um significativo aumento na disponibilidade, de 92,81% para 97,49%.

Palavras-chave: telefonia móvel, disponibilidade do serviço, manutenção, análise de dados.

1. Introdução

A telefonia móvel tem apresentado forte crescimento nos últimos anos. Dados da Anatel de Setembro de 2014 indicam 278,48 milhões de linhas ativas de celular no Brasil, o que equivale a uma densidade de aproximadamente 137,14 aparelhos para cada cem habitantes. A competição é acirrada neste setor, com uma taxa média mensal de

churn (clientes que trocam de operadora durante um determinado período) de 3,65% em 2012 e 3,82% em 2013 (TELECO, 2014). Esse número se torna mais significativo quando comparado com a taxa de *churn* mensal das empresas de TV por assinatura. Segundo a Tele Síntese (2014) a taxa mensal é de aproximadamente 2,4%.

Além disso, de acordo com Scherer e Toaldo (2011), o setor de telefonia móvel brasileiro tem tido que voltar sua atenção à retenção dos consumidores graças à portabilidade numérica. Tal mudança na legislação brasileira facilitou a troca de clientes entre operadoras, visto que não há mais a necessidade de pagamento para a manutenção do número. Portanto, é de grande importância que as operadoras invistam na melhoria do serviço oferecido para garantir a manutenção dos clientes.

Conforme Ribeiro *et al.* (2009), as quatro principais operadoras de celular do mercado brasileiro consideram a qualidade do serviço como fonte de vantagem competitiva. A J.D Power – Brasil (2011) mostra que a qualidade da rede é um componente-chave na retenção dos clientes com as operadoras, sendo a causa de 27% de trocas entre as companhias. Quando comparada com os outros motivos que levam os clientes à mudança de operadora (gerenciamento da conta, 14%; custo do serviço, 14%; qualidade do atendimento, 14%; ofertas e promoções, 13%; troca de aparelho celular, 11% e experiência de compra, 7%) a importância que deve ser dada à qualidade de rede é evidente.

Com base nesse cenário, o presente trabalho tem o objetivo de desenvolver e aplicar uma sistemática capaz de prover suporte para a melhoria da qualidade dos serviços de telecomunicações prestados pelas operadoras com base na priorização de problemas da rede instalada. A Rede Pública de Comutação Móvel (PLMN – *Public Land Mobile Network*) é constituída por diversos componentes, um dos quais é chamado de *Base Station Transceiver* (BSS), que engloba a Unidade Controladora da Estação Base (BSC - *Base Station Controller*) e os equipamentos transceptores da estação rádio base (BTS - *Base Transceiver Station*). Uma BSC controla uma grande quantidade de BTSs, ou seja, caso uma BSC apresente uma performance aquém da necessária suas BTSs estarão, também, operando de uma forma ineficiente. Este trabalho tem como foco as BTSs, constituídas por sua vez por infraestrutura básica (sistema de energia DC/AC, fonte de corrente contínua, baterias e proteções físicas), células de rádio frequência (antena, transceptores, cabos, conectores, etc.) e sistemas de comunicação com a BSC (meio de

transmissão de dados – pode ser micro-ondas, fibra ótica ou par metálico – chamado de “*Backhaul Móvel*”). Todo esse conjunto é responsável pelo correto funcionamento do sistema de acesso de telecomunicações móvel, que permite a melhor usabilidade entre o equipamento e o usuário.

Além desta introdução, este artigo traz, na segunda seção, a revisão na literatura sobre metodologias existentes para a otimização dos equipamentos, políticas de manutenção e indicadores de desempenho. Na terceira seção é descrita a metodologia usada para a criação da sistemática e os critérios utilizados para averiguação e manipulação dos dados. Na quarta seção é apresentada a pesquisa-ação detalhadamente, cujos resultados constam da quinta seção. Finalmente, a sexta seção apresenta uma discussão e as considerações finais sobre o presente estudo.

2. Referencial Teórico

O referencial teórico do presente trabalho foi estruturado abordando os seguintes aspectos: Primeiramente foi feita uma revisão sobre as metodologias para otimização de equipamentos. Em seguida foi feita uma revisão sobre as principais políticas de manutenção existentes. Por último foram abordados os indicadores de desempenho e sua importância no setor de telefonia.

2.1. Metodologias para otimização de equipamentos

Há muito já se conhecem os impactos da competitividade nas indústrias. De acordo com Terra (2000), situações que antes eram consideradas vantagens competitivas tais como a localização geográfica, recursos naturais e o custo da mão-de-obra já não são mais tão determinantes. A competição entre as empresas e a obsessão pelo lucro está forçando as empresas a implementarem vários esforços para aumentar a produtividade. Contudo, o aumento da produtividade é tanto significativo quanto insuficiente, pois o que uma empresa realmente precisa é de uma fábrica/sistema eficiente sob a ótica do cliente final (HUANG *et al.*, 2002).

É conhecida a dificuldade para a definição de metodologias que propiciem a otimização de equipamentos. As relações de otimização da performance de equipamentos são normalmente funções matemáticas e contínuas. A solução ótima pode ser encontrada através de soluções matemáticas e métodos de aproximação iterativos. A otimização de sistemas, da integração de sistemas, da variedade de componentes e

partes é difícil de ser matematicamente resolvida pois suas relações são discretas, imprecisas e não quantitativas (MAI, 2013). Batista *et al.* (2014) afirmam que a aplicação da melhor estratégia requer a avaliação das variáveis operacionais (do equipamento e do ambiente), do consumo de energia do equipamento e a maneira que o equipamento e o ambiente são utilizados por meio de constante monitoramento.

Contudo, segundo Yarling *et al.* (1991) a maioria dos problemas em equipamentos não exige análises estatísticas complexas para determinar soluções ou, posteriormente, fornecer uma verificação sobre a performance na produção. Conforme os mesmos autores o conhecimento sobre as metas de desempenho e sobre os parâmetros de avaliação são muito úteis para a solução de problemas recorrentes.

Há autores que afirmam que a qualidade dos equipamentos depende de características como a confiabilidade, a capacidade de manutenção e a disponibilidade. Analisar a confiabilidade e a disponibilidade é muito útil para as organizações que devem garantir um serviço ininterruptamente. Esses parâmetros são úteis até para empresas que não precisam fornecer o serviço em período integral, pois proporcionam um efeito positivo nos custos do sistema (PERUZZI *et al.*, 2014).

Diversos autores afirmam que uma das metodologias mais importantes para a otimização de equipamentos em uma empresa é uma política de manutenção adequada. Ao longo do tempo, a manutenção tem perdido o caráter corretivo e assumido cada vez mais o caráter preventivo. Essa mudança acompanha a evolução do mercado econômico mundial, onde não há espaços para um sistema produtivo caracterizado por falhas frequentes (COUTO *et al.*, 2003).

2.2. Políticas de Manutenção

De acordo com Rosqvist *et al.* (2009) um sistema adequado de manutenção é um fator chave para a melhoria contínua das empresas, e fundamental para o cumprimento dos objetivos estratégicos. Para Stephens (2010) manutenção pode ser definida como todas as atividades necessárias para manter um sistema e todos os seus componentes funcionando de forma correta. O mesmo autor ainda afirma que o objetivo de qualquer programa de manutenção deve ser manter a capacidade dos sistemas ao mesmo tempo em que controla os custos. Na mesma linha, Mirshawka e Olmedo (1993) definem manutenção como um conjunto de ações que permitem manter ou restabelecer um bem

em um estado determinado. Também é definida como uma medida para garantir que um determinado serviço seja realizado como planejado. Segundo os autores, a manutenção pode ser:

- Manutenção de melhoramento: busca eliminar a manutenção na sua origem.
- Manutenção corretiva: ocorre quando há uma falha ou diminuição da performance.
- Manutenção preventiva sistemática ou programada: ocorre em função de fatores como o tempo e a distância do equipamento.
- Manutenção preventiva condicional: ocorre quando há a captura de informações do equipamento através de instrumentos ou não.
- Manutenção preditiva: manutenção se baseia na estatística e na teoria das probabilidades.

A manutenção é considerada corretiva quando é realizada para identificar e corrigir a causa das falhas de um sistema. A falha no nível do sistema pode ocorrer devido a falhas de qualquer subsistema ou componente. Assim, a falta de sintomas nos equipamentos pode ser causada por vários níveis de causalidade de falhas latentes (WANG *et al.*, 2014).

Ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva adota medidas para prevenir e reparar problemas antes que as falhas ocorram. Essas medidas podem incluir o conceito e a instalação adequada dos equipamentos; manter um histórico preciso dos reparos e da performance dos equipamentos; rotinas de inspeção programadas e realização de possíveis manutenções necessárias; e atividades programadas de lubrificação e limpeza dos equipamentos. Como essas atividades são programadas, eventuais desligamentos do maquinário não causarão diminuição da disponibilidade (STEPHENS, 2010).

Já a manutenção preditiva é, de acordo com Moya (2004), uma das políticas de manutenção que está revolucionando os mais diversos setores empresariais em função do aumento da segurança, da qualidade e da disponibilidade dos produtos e serviços oferecidos pelas organizações. É uma política em que parâmetros físicos selecionados associados a um determinado equipamento são medidos e registrados de forma intermitente ou continuada com a finalidade de reduzir, analisar, comparar e exibir os

dados e informações obtidas de forma a fornecer suporte para a tomada de decisões relacionadas à operação e à manutenção do equipamento (RAO, 1996).

Problemas de manutenção são cruciais nas empresas atuais. Entretanto, a tarefa de efetuar a manutenção com a periodicidade mais eficiente em todos os elementos de um sistema é muito difícil quando se consideram todos os critérios antagônicos entre manutenção e produtividade (ROUX *et al.*, 2013). Alves e Falsarella (2009) lembram que com as ampliações dos mercados em forma global, há uma grande pressão para que as organizações sejam competitivas e ofereçam produtos e serviços de qualidade. Os mesmos autores ainda afirmam que nesse ambiente, um recurso que representa um diferencial entre a eficiência e o prejuízo é a informação. Essa informação é indispensável não apenas para a manutenção rotineira (de forma eficiente e eficaz), como também para nortear ou evitar a necessidade de novas intervenções.

Por outro lado, Wang (2007) e Ruiz *et al.* (2014) afirmam que, apesar da dificuldade de efetuar a manutenção de forma eficiente, devido aos avanços na tecnologia é possível utilizar todas as informações geradas a partir de atividades de manutenção (data da atividade, equipamento danificado, causa da falha, etc.) para a extração de dados relevantes, capazes de proporcionar uma melhoria no processo de manutenção existente.

2.3. Indicadores de Desempenho

Segundo Caldeira (2012), em um processo de monitoramento de desempenho, os indicadores são o elemento mais crítico, pois têm a função de verificar o nível dos resultados das organizações para que eles possam ser comparados com as metas pré-estabelecidas. O mesmo autor ainda define quinze características que transformam um indicador em um bom instrumento de gestão. São elas: pertinência, visto que se a informação não é desejada ou útil para o destinatário, não tem valor acrescentado. A credibilidade do resultado também é fundamental, visto que quando os dados que o alimentam são de origem duvidosa, todas as conclusões que se possam retirar das análises dos indicadores ficam comprometidas. Dessa forma, é desejável que a intervenção humana seja a mínima e que os indicadores possam ser alimentados automaticamente. Conjuntamente, é vital que as fontes de dados sejam auditadas com eficácia para que sejam descobertos possíveis erros. Também é necessário analisar

qualquer possível interferência de eventos externos, pois eles podem alterar/esconder a verdadeira dimensão do desempenho interno da empresa.

É muito importante que o esforço para o apuramento do resultado seja aceitável, sendo respeitado o binômio “valor da informação para a gestão” *versus* “esforço para calcular o resultado”. A simplicidade de interpretação é, da mesma forma, fundamental: os destinatários têm que compreender aquilo que os indicadores se propõem a medir para uma rápida e correta tomada de decisão. Do mesmo modo, a simplicidade tem que constar no algoritmo de cálculo. Quanto mais simples, mais rápido e mais seguro será o processo de apuramento do resultado.

Os indicadores também precisam ser ágeis. Eles precisam estar alinhados com a frequência de monitoração, apresentando os resultados com frequência igual ou superior à necessária para a monitoração estabelecida pela empresa. A possibilidade de calcular em momentos extraordinários também tem que ser considerada visto que, para indicadores mais críticos, é fundamental a possibilidade de análise sempre que necessário. Além disso, é desejável que os indicadores estejam sempre atualizados, sendo rapidamente substituídos por outros quando deixam de ser interessantes ou quando surgem novas prioridades, atividades ou projetos na empresa.

Os indicadores também precisam de uma meta, visto que a existência de uma meta é uma referência preciosa para que se possa perceber a distância que as realizações estão dos valores ideais. A meta assume um papel orientador e de responsabilização. A realização de *benchmarkings* também é um excelente meio verificar a situação atual da empresa. A comparação de desempenho entre atividades, projetos, unidades de negócios é sempre útil para promover a melhoria contínua da empresa.

Por fim, é fundamental que os indicadores não gerem efeitos perversos, que são negativos na eficácia, na eficiência ou na qualidade na área em que se está medindo ou em outras áreas da organização.

2.3.1. Indicadores Chave de Desempenho (KPI – *Key Performance Indicators*)

Para Parmenter (2007) os KPI representam um conjunto de medidas que focam nos aspectos organizacionais que são críticos para o sucesso da empresa. Eles possuem as seguintes características: os KPI têm que ter medidas não-financeiras. Quando se coloca um cifrão em uma medida, já se está transformando-a em um indicador de resultado.

Um indicador chave aprofunda-se mais, podendo ser, por exemplo, o número de bancos de baterias instalados em uma BTS, diminuindo a probabilidade de problemas devido à falha de energia. Ele também tem que ser medido com a maior frequência possível. Se um indicador é medido semanalmente ele já não pode ser considerado um KPI.

Como são cruciais para o sucesso da organização, os KPI têm que ser responsabilidade do *chief executive officer* (CEO), com ligações diárias aos responsáveis pelo monitoramento para saber o atual desempenho. A responsabilidade do CEO também é importante pois, quando eles focam nos KPI, toda a organização colherá impactos positivos. Além disso, o KPI é profundo o suficiente para poder ser responsabilidade de só um indivíduo ou equipe. Apesar da atribuição de responsabilidade a somente um indivíduo, um bom KPI tem que ser compreendido por todos os funcionários, informando quando e qual ação deve ser realizada para obter os melhores resultados. Por fim, um bom KPI também tem um impacto positivo e um efeito contínuo. Uma melhora em um aspecto chave (como a satisfação dos clientes) gera impactos em muitas outras medidas.

2.3.2. Indicadores de Desempenho no Setor de Telefonia Móvel

Para os usuários dos serviços de telefonia móvel é fundamental que o serviço esteja disponível sempre que necessário. Para fazer um monitoramento da qualidade da transmissão de sinal, algumas companhias de telefonia utilizam um indicador chamado disponibilidade. Segundo a Teleco (março, 2014), disponibilidade de um sistema é definida como:

O tempo no qual o sistema está funcionando com um dado nível de desempenho que atende seus requisitos operacionais mínimos. Ou, como a probabilidade de um sistema sujeito a reparos operar satisfatoriamente em um dado intervalo de tempo. A expressão geral para a disponibilidade de um sistema é: $A = \text{uptime} / (\text{uptime} + \text{downtime})$ Onde "*uptime*" é o tempo no qual o sistema está funcionando e "*downtime*" o tempo em que o sistema está operando sem atender os requisitos mínimos de desempenho estabelecidos. A disponibilidade pode ser expressa em % (0 a 100%) ou valores numéricos (0 a 1).

Para assegurar que a disponibilidade seja a maior possível é muito importante que a integridade dos equipamentos de transmissão seja assegurada e, para isso, tanto o serviço de manutenção quanto o acompanhamento dos indicadores são indispensáveis.

3. Procedimentos metodológicos

Esta seção está dividida em três subseções: descrição do cenário, classificação da pesquisa e etapas propostas. A primeira descreverá o cenário atual da empresa e o problema relacionado à pesquisa. A segunda classificará a pesquisa quanto ao seu método e abordagens. Por último, serão descritas as etapas que tornaram possível a realização do trabalho.

3.1. Cenário

O estudo foi realizado em uma empresa multinacional do setor das telecomunicações localizada na cidade de Porto Alegre. Ela ocupa, atualmente, o segundo lugar no *market share* nacional e, conforme a Figura 1, foi, dentre as três maiores concorrentes, a única que apresentou significativos índices de crescimento desde 2009.



Figura 1 – Evolução do *market share* das quatro principais empresas de telecomunicação.

Fonte: Teleco (2014).

Conforme mencionado anteriormente, a qualidade do sinal é o principal fator que leva o cliente a mudar sua operadora de telefonia. Na empresa estudada, os indicadores que analisavam a disponibilidade do sinal estavam em torno de 95%. Dessa forma, o presente trabalho propõe uma sistemática que visa melhorar a disponibilidade do serviço.

3.2. Método de pesquisa

O presente estudo pode ser classificado como de natureza aplicada, visto que procura gerar conhecimentos que proporcionem a solução de um problema específico da empresa. Quanto à abordagem, engloba aspectos com características quantitativas e qualitativas. Minayo (2001) afirma que a pesquisa qualitativa trabalha com muitos fatores que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. Já Fonseca (2002) distingue a pesquisa quantitativa da qualitativa pois os resultados podem e devem ser quantificados. Esse tipo de pesquisa recorre à matemática e à estatística para descrever as causas de um fenômeno e as relações entre as variáveis. No presente estudo serão necessárias tanto análises em banco de dados e uso de técnicas estatísticas quanto entrevistas com os técnicos de campo. Quanto aos objetivos, o estudo pode ser definido como explicativo e exploratório, visto que serão feitas recomendações com base nas informações previamente obtidas. Finalmente, quanto aos procedimentos, o estudo pode ser classificado como pesquisa-ação, visto que o pesquisador atua na empresa estudada e tem interesse direto nos resultados do trabalho. Thiollent (2003) classifica a pesquisa-ação como uma estratégia que agrega várias técnicas de pesquisa social, com as quais se estabelece uma estrutura ativa, coletiva e participativa.

3.3. Método de trabalho

A construção do método de trabalho foi baseada na sistemática de pesquisa-ação proposta por Mello (2012) e consiste de seis etapas sequenciais realizadas entre março e novembro de 2014. Primeiramente foi definido o arcabouço conceitual, que consistiu da revisão na literatura apresentada na seção 2. Depois foi selecionada a unidade de análise e definidas as técnicas que seriam utilizadas para a coleta de dados.

A organização que foi escolhida para ser alvo da pesquisa-ação é uma empresa de telefonia móvel que apresenta alta incidência de falhas nas BTSs que acarretam perda de qualidade do sinal. Para a coleta de dados foi realizada uma análise em um banco de dados referente às falhas nas BTSs previamente existente na empresa. Nessa base de dados havia informações sobre todas as ocorrências de falhas nas torres de transmissão, bem como as ações necessárias para a sua resolução. Para que fosse possível obter uma amostra representativa das principais causas-raiz das falhas nas BTSs foi decidido que o período de análise seria entre janeiro e dezembro de 2013.

Com o banco de dados selecionado, a próxima etapa consistiu na análise das causas-raiz para tornar possível a priorização dos principais problemas observados nas BTSs, baseada no maior número de reincidências no período de análise. Com as causas-raiz conhecidas foi possível elaborar uma sistemática (descrita na seção 4) para suporte à melhoria da qualidade dos serviços de telecomunicação prestados pelas operadoras. Com a sistemática definida, foi possível realizar a próxima etapa, que consistiu na sua implementação, que foi detalhadamente descrita na seção 5.

Finalmente, a última etapa consistiu na avaliação e consolidação dos resultados obtidos. Para tal, foi realizada, com base nos objetivos da pesquisa e nas proposições estabelecidas, a avaliação final dos resultados, que foi possível através da comparação dos indicadores de disponibilidade antes e depois da sistemática proposta.

4. Sistemática Proposta

A sistemática para suporte à melhoria da qualidade dos serviços de telecomunicações proposta se divide em cinco etapas, conforme visualizado na Figura 2. A sistemática teve como objetivo uma análise de dados para que fosse possível, através da identificação das principais causas de falhas nas torres de transmissão, um tratamento que gerasse o melhor resultado possível. Tais passos serão detalhados na sequência.

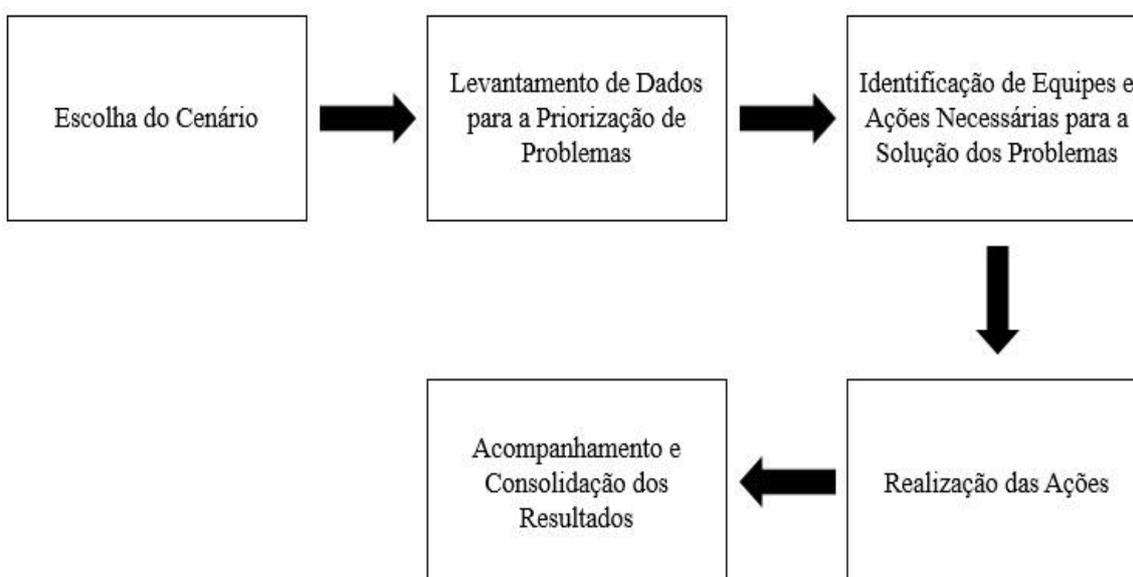


Figura 2– Etapas da Sistemática

Fonte: elaborado pelos autores.

4.1. Escolha do cenário

O primeiro passo para a realização deste trabalho foi a escolha do cenário em que a sistemática seria aplicada. Para tal, foi realizada uma comparação nos indicadores de desempenho de qualidade de sinal (responsáveis pelo monitoramento da disponibilidade) das regiões que compreendem a regional sul da empresa em questão. Para realizar a comparação, foi necessário utilizar-se um programa de computador que tem a função de levantar os indicadores em estudo e apresentá-los em forma gráfica. A localização escolhida foi a que apresentou os piores indicadores de disponibilidade de serviço.

4.2. Levantamento de Dados para Priorização de Problemas

A partir da escolha da região é necessário um levantamento de dados sobre as principais causas-raiz dos problemas que afetam as torres de transmissão da área determinada. Esses problemas podem ser, dentre outros, de *hardware*, de *software*, de infraestrutura ou eventos externos. Cada um deles requer uma abordagem específica para possíveis ações de melhoria. Para tal levantamento foi realizada a identificação, em um banco de dados pré-existente na empresa, dos principais tipos de ocorrência que provocaram falha na prestação do sinal ao cliente final. Esse banco de dados apresenta, cronologicamente, todas as falhas que ocorreram nas BTSs no período da análise e o respectivo histórico de tratamento. Após isso, foi feita uma priorização dos dois principais tipos de ocorrência com o maior número de reincidência, através de uma análise de Pareto.

4.3. Identificação de Equipes e Ações para a Solução dos Problemas

Com as principais causas ofensoras conhecidas foram realizadas discussões e entrevistas com os gestores da empresa, da empresa terceirizada (responsável pelos serviços de manutenção em campo das torres de transmissão) e com os técnicos responsáveis pela prestação dessas ações *in loco*. Tais encontros tinham o objetivo de averiguar qual era a melhor sistemática para a solução dos problemas identificados com a mínima interferência nos equipamentos e na prestação do serviço.

4.4. Realização das Ações

Com a equipe e as ações definidas, esta etapa consistiu na implantação da sistemática desenvolvida anteriormente. O quadro 1 ilustra possíveis ações, de acordo com algumas das causas-raiz que podem ser identificadas.

Causa-raiz	Elementos de análise	Critérios de análise	Possíveis ações para melhoria
Infraestrutura	Fontes, unidades retificadoras, baterias e danos gerais causados pela falta de manutenção	Marca da fonte, quantidade de unidades retificadoras, quantidade e estado das baterias	Vistoria em campo e tratamento dos elementos de análise
<i>Hardware</i>	Modelo, quantidade e frequência dos módulos de transmissão	Comparação entre a quantidade de setores de transmissão (TRX) em funcionamento e a quantidade total	Reparo remoto, manutenção ou troca das placas de transmissão
<i>Software</i>	Configuração dos elementos de <i>hardware</i>	Versão do <i>software</i> instalada	Atualização (remota ou em campo) do <i>software</i>
Eventos externos	Vandalismo, acidente, intempéries e furto	Segurança da área e instalações elétricas	Melhorias na segurança e estabilização da rede elétrica

Quadro 1 – Modelo de coleta de informações.

Fonte: elaborado pelos autores.

4.5. Acompanhamento e Consolidação dos Resultados

Foi realizado, em paralelo à implementação, um acompanhamento das ações propostas. Esse acompanhamento foi realizado de forma remota através da análise diária dos indicadores da disponibilidade do sinal oferecido pela operadora. Depois disso foi feita a consolidação dos resultados, que foi possível através de uma comparação entre os indicadores de desempenho utilizados para verificar a disponibilidade do sinal de telefonia antes e depois do emprego da sistemática previamente descrita.

5. Resultados

Esta seção apresenta a aplicação das cinco etapas da sistemática desenvolvida anteriormente. Para a escolha do local mais crítico foi realizada uma análise em um banco de dados onde constam informações a respeito da disponibilidade das BSCs dos

três Estados que compreendem a região sul do Brasil. O período de análise foi de um pouco mais de cinco meses e para a tomada de decisão foi feita a média das médias da disponibilidade das BSCs no período em questão obtendo, assim, a média da disponibilidade por Estado. Tal método foi escolhido devido à facilidade de obtenção do resultado final desejado: o Estado com a pior disponibilidade no período.

Tendo em vista que a empresa estudada trabalha com uma meta de disponibilidade estipulada em 98,5%, o Estado escolhido foi o Rio Grande do Sul, que durante o período de análise apresentou uma média de disponibilidade de 95,67%, inferior aos demais Estados e, assim, apresentava maiores possibilidades para ações de melhoria.

Região	Média de disponibilidade
RS	95,67%
SC	98,13%
PR	98,60%

Tabela 1 – Média da disponibilidade por Estado

Fonte: elaborado pelos autores

Depois disso, dada a impossibilidade de atuação em todo o Estado devido à relação entre a disposição geográfica das BTSs e a quantidade de técnicos de campo da equipe terceirizada disponíveis, foi decidido que o presente trabalho trataria primeiramente das BSCs localizadas na cidade de Porto Alegre e na região metropolitana (Novo Hamburgo, São Leopoldo, Gravataí e Canoas), que apresentaram os piores indicadores de disponibilidade. A Tabela 2 faz referência às BSCs que serão alvo da sistemática proposta.

BSC	Disponibilidade
BSC 1	91,89%
BSC 2	91,92%
BSC 3	91,96%
BSC 4	92,12%
BSC 5	92,80%
BSC 6	93,06%
BSC 7	93,07%
BSC 8	93,35%
BSC 9	95,11%

Tabela 2 – Disponibilidade das BSCs escolhidas como alvo da sistemática

Fonte: Elaborado pelos autores

A Figura 3 ilustra o histórico da evolução da disponibilidade antes da aplicação da sistemática proposta. O eixo vertical corresponde ao percentual de disponibilidade atingido. Já o eixo horizontal representa os dias em que as medições foram realizadas. O dia 1 é referente ao primeiro dia de medição e a disponibilidade foi avaliada em 94,36%. É possível observar que em nenhum dia a disponibilidade fica próxima à meta da empresa (98,5%) e que a média da disponibilidade do período foi de 92,81%.



Figura 3 – Evolução da disponibilidade antes da aplicação da sistemática

Fonte: Elaborado pelos autores

A próxima etapa consistiu em um levantamento das causas-raiz das falhas nas BTSs para a priorização dos problemas. Para tal foi necessária uma análise em outro banco de dados previamente existente na empresa. Tal banco era alimentado pelos técnicos da empresa estudada e continha todas as falhas (independente da causa-raiz) que ocorreram nas BTSs. O período de análise correspondeu a todo o ano de 2013 e as BTSs correspondentes às BSCs escolhidas para análise sofreram com 7.112 falhas (com diferentes causas-raiz), que foram usadas na amostragem.

A Figura 4 ilustra a situação encontrada antes do emprego da sistemática proposta. Foi possível observar que as principais causas-raiz (que foram tratadas no presente trabalho) das falhas são de infraestrutura e de *hardware*, com 2.038 e 1.235 ocorrências no período de análise, respectivamente. As ocorrências que foram nomeadas como “normalizadas sem intervenção” não foram consideradas, pois são falhas que, além de não terem uma causa-raiz específica, tem sua situação normalizada tão rapidamente que não apresentam um impacto significativo na disponibilidade.

Com as principais causas ofensoras da disponibilidade conhecidas, foram realizadas reuniões com os gestores e técnicos da equipe terceirizada para que fossem propostas ações de intervenção capazes de proporcionar os melhores resultados.

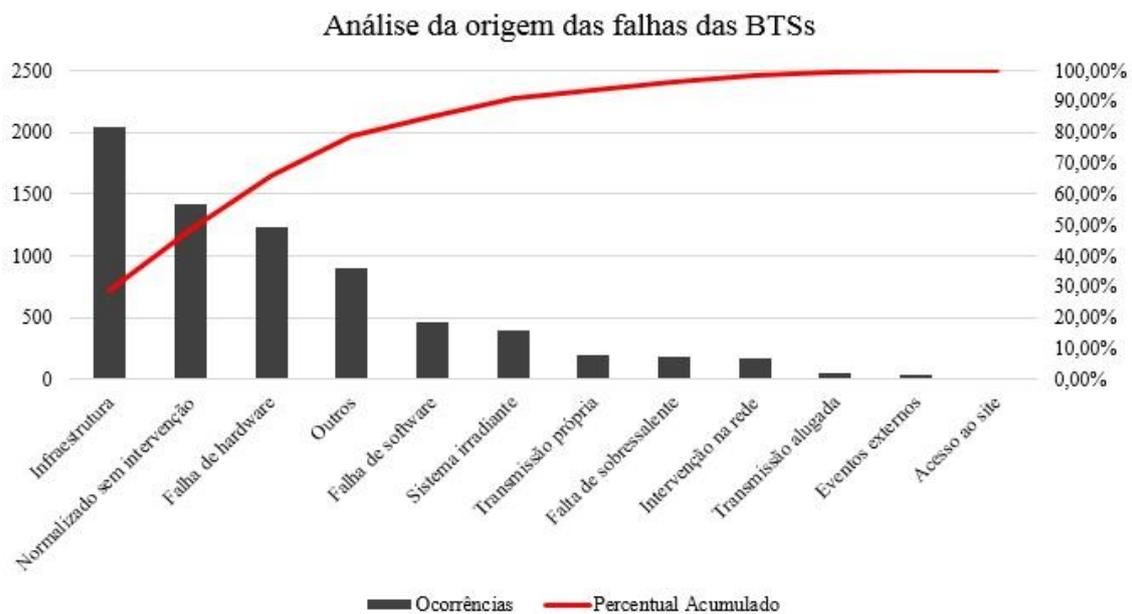


Figura 4 – Causas das falhas das BTSs

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi estipulado que, para minimizar os problemas de infraestrutura, seriam realizadas duas vistorias em todas as BTSs pertencentes às BCSs selecionadas. A primeira foi para a verificação dos elementos que correspondem ao sistema de energia tais como: fabricante da fonte, quantidade de unidades retificadoras operacionais e o estado operacional dos bancos de baterias, caso existentes. Foi decidido que essas informações seriam coletadas em campo e seriam entregues através de um formulário *on-line* preenchido pelos técnicos da terceirizada, através dos dispositivos móveis de comunicação já disponíveis e usados rotineiramente pelos mesmos.

Para os técnicos também foi delegado, na segunda etapa de vistorias, o preenchimento de uma planilha de manutenção no estilo *check-list* que deveria, também, ser realizado em visitas em campo. Tal planilha contém todas as informações referentes aos aspectos que podem ocasionar problemas de infraestrutura tais como: condição da área externa do local das BTSs (portão de entrada, modelo do cadeado de acesso, etc), limpeza do local das BTSs, limpeza das baterias, tensão das baterias, configuração dos alarmes, posicionamento correto das antenas, além de um relatório fotográfico. Com o seu preenchimento foi possível observar falhas já existentes e fatores que, caso não tratados, acarretariam em falhas futuras.

Para os problemas relacionados às falhas de *hardware* também foram realizadas entrevistas com os técnicos da empresa terceirizada responsáveis pelo tratamento das

falhas. Foi percebido que as ocorrências eram tratadas através do sistema *first in first out* (FIFO), ou seja, a primeira falha a ocorrer era a primeira que deveria ser tratada. Contudo, foi observado que, devido a fatores como o local da instalação e a quantidade de possíveis usuários, a falha em algumas BTSs ocasionava um impacto maior que outras na disponibilidade total. A Tabela 3 ilustra a situação encontrada no primeiro dia da aplicação da sistemática.

BTS	BSC	Impacto na disponibilidade	Disponibilidade menos BTS
BTS 1	BSC 1	0,2523%	95,41%
BTS 2	BSC 1	0,2013%	95,35%
BTS 3	BSC 1	0,1716%	95,33%
BTS 4	BSC 2	0,1371%	95,29%
BTS 5	BSC 2	0,1371%	95,29%
BTS 6	BSC 1	0,134%	95,29%
BTS 7	BSC 1	0,134%	95,29%
BTS 8	BSC 2	0,1028%	95,26%
BTS 9	BSC 3	0,0954%	95,25%
BTS 10	BSC 1	0,0935%	95,25%
BTS 11	BSC 1	0,0889%	95,24%
BTS 12	BSC 4	0,0845%	95,24%
BTS 13	BSC 1	0,0842%	95,24%

Tabela 3 – Grau de impacto das BTSs na disponibilidade

Fonte: Elaborado pelos autores

A disponibilidade total da rede no momento da extração dos dados era de 95,15% e, caso a falha da BTS 1 (impacto de 0,2523%) fosse solucionada, a disponibilidade aumentaria para 95,41%. O que ocorria antes da utilização da sistemática era que, devido ao sistema FIFO, falhas com um menor impacto na disponibilidade eram tratadas antes de falhas com maior impacto. Foi acordado que a demanda de tratamento das falhas seria repassada diariamente para a equipe terceirizada tendo em vista a priorização das falhas com maior impacto na disponibilidade.

Também foi decidido que dois técnicos seriam destinados exclusivamente para esta atividade. Além disso, cada técnico poderia tratar de, no máximo, duas BTSs por dia de trabalho. Este número foi estipulado após a realização de entrevistas com os mesmos funcionários encarregados da tarefa. Através dos depoimentos foi possível perceber que a pressão para que a atividade fosse realizada de forma rápida, para que mais falhas fossem tratadas por dia de trabalho, acarretava em diversos erros por falta de cautela e

de acompanhamento. Dessa forma, com a limitação do número de BTSs, a atividade pode ser feita com maior grau de atenção e de acerto.

A partir do desenvolvimento das sistemáticas previamente descritas foram realizadas vistorias em 437 BTSs no período entre 15 de abril e 30 de junho de 2014. Através do formulário de elementos que correspondem ao sistema de energia foi possível descobrir que 119 BTSs não possuíam baterias e que 128 possuíam apenas um banco de baterias, representando 27,23% e 29,29% do total das BTSs vistoriadas, respectivamente. Foi acordado que, para minimizar as falhas devido à falta ou queda de energia, deveriam ser instalados bancos de baterias em todas as BTSs que continham até dois bancos.

Através do preenchimento das planilhas de manutenção foi possível observar os seguintes aspectos: 20% das BTSs visitadas apresentavam alguma falha referente ao sistema de acesso à área externa (integridade do portão de entrada, do cadeado ou do gradil). Falhas no sistema de acesso facilitam possíveis ações de vandalismo e/ou roubo. Também, 16% apresentavam falhas no sistema de acesso à área interna (portas internas com defeito e/ou mal fechadas). Tais pendências geram, além do aumento na probabilidade de furto dos módulos de transmissão, o acúmulo de água no interior das BTSs, que é um fator prejudicial ao equipamento.

Adicionalmente, 53% apresentavam pendências na limpeza da área externa ou da área interna. Excesso de poeira pode gerar falha no sistema de refrigeração dos equipamentos aumentando a probabilidade de falhas de *hardware*. E, 40% apresentavam baterias com baixa autonomia. Essa falha gera maior vulnerabilidade às BTSs, pois a bateria pode não fornecer alimentação durante o tempo necessário durante falhas de energia. Ainda, 34% apresentaram problemas na configuração dos alarmes. Isso impossibilita ou atrasa ações preventivas, pois a detecção rápida das falhas fica dificultada. E 12% apresentaram erro de posicionamento das antenas das BTSs. Isso ocorre por diversos fatores tais como o desgaste de parafusos e possíveis intempéries. Erros de posicionamento são prejudiciais, pois pode ocorrer o surgimento de zonas onde não há prestação de sinal, diminuindo a disponibilidade.

Para a correção da primeira e da segunda pendência foram solicitadas ações de manutenção corretiva e preventiva como a colocação de cadeados com modelos específicos (para evitar a cópia ilegal da chave) e o reparo e/ou implantação do portão

de entrada, do gradil e das portas internas, quando adequado. Para as BTSs que apresentaram problemas na limpeza foram solicitadas ações de zeladoria geral (eliminação da poeira, limpeza geral e poda da vegetação).

Para os problemas nos bancos de baterias foram solicitadas, também, ações de manutenção. As baterias com defeitos eram levadas para o fornecedor para medições e tentativas de reparo. As baterias reparadas eram reinstaladas nas BTSs e, quando a manutenção corretiva não era possível, as baterias estragadas eram descartadas e substituídas por modelos novos. As falhas nos alarmes foram solucionadas através da ação corretiva dos técnicos da equipe terceirizada nas vistorias realizadas. Finalmente, a falha referente ao posicionamento incorreto das antenas foi solucionada pela ação conjunta entre os técnicos da equipe terceirizada e os técnicos da empresa estudada. Enquanto aqueles faziam o reposicionamento manual das antenas, através da utilização de aparelhos *Global Positioning System* (GPS), estes realizavam um acompanhamento remoto, monitorando em tempo real a diminuição das zonas sem prestação de sinal e o aumento nos indicadores de disponibilidade.

A aplicação da sistemática teve uma duração aproximada de cinco meses. As ações relacionadas às atividades de manutenção não tiveram grande impacto direto na disponibilidade por serem, na grande maioria, de caráter preventivo. Contudo, também são de fundamental importância, pois tem ligação direta com outras falhas. Por outro lado, as ações relacionadas às falhas de *hardware* impactaram rápida e positivamente na disponibilidade total da rede. A Figura 5 ilustra essa situação. Apesar da alta taxa de oscilação (ocasionada por fatores atípicos como grandes quedas de energia e furtos) durante os 68 dias posteriores à implantação, é possível observar que a disponibilidade média atual (97,49%) é superior à apresentada anteriormente.



Figura 5 – Evolução da disponibilidade pós utilização da sistemática

Fonte: Elaborado pelos autores

Outro fator que demonstra o sucesso da utilização da sistemática é o nível de impacto que a falha de uma BTSs gera na disponibilidade total. A Tabela 4 ilustra essa situação.

BTS	BSC	Impacto na disponibilidade	Disponibilidade menos BTS
BTS 1	BSC 1	0,0876%	97,85%
BTS 2	BSC 2	0,0673%	97,83%
BTS 3	BSC 3	0,0537%	97,82%
BTS 4	BSC 1	0,0535%	97,81%
BTS 5	BSC 4	0,053%	97,81%
BTS 6	BSC 2	0,0513%	97,81%
BTS 7	BSC 4	0,0513%	97,81%
BTS 8	BSC 2	0,0464%	97,81%
BTS 9	BSC 2	0,0422%	97,8%
BTS 10	BSC 2	0,0406%	97,8%
BTS 11	BSC 3	0,0406%	97,8%
BTS 12	BSC 4	0,0401%	97,8%
BTS 13	BSC 5	0,039%	97,8%

Tabela 4 – Novo grau de impacto das BTSs na disponibilidade

Fonte: Elaborado pelos autores

Pode-se perceber que, apesar do número de falhas continuar igual ao da Tabela 3, o grau de impacto de cada BTS é menor. Dessa forma, o número de reparos realizados com vistas a atingir a meta de disponibilidade mostra uma tendência crescente. A figura 6 representa uma comparação entre os impactos na disponibilidade das treze principais ofensoras antes (Tabela 3) e depois (Tabela 4) da utilização da sistemática proposta. O eixo vertical representa o impacto individual da BTS no dia em que foi realizada a medição. No eixo horizontal constam as BTSs que foram selecionadas. Foram extraídos os dados referentes ao impacto na disponibilidade das treze principais ofensoras nos dias em questão e comparados. Fica claro que, antes da sistemática estar sendo utilizada, as falhas individuais nas BTSs apresentavam um impacto significativamente maior na disponibilidade total da rede de telefonia. É importante esclarecer que as BTSs analisadas nos dois casos não são as mesmas, mas as treze principais ofensoras no dia da extração dos dados.

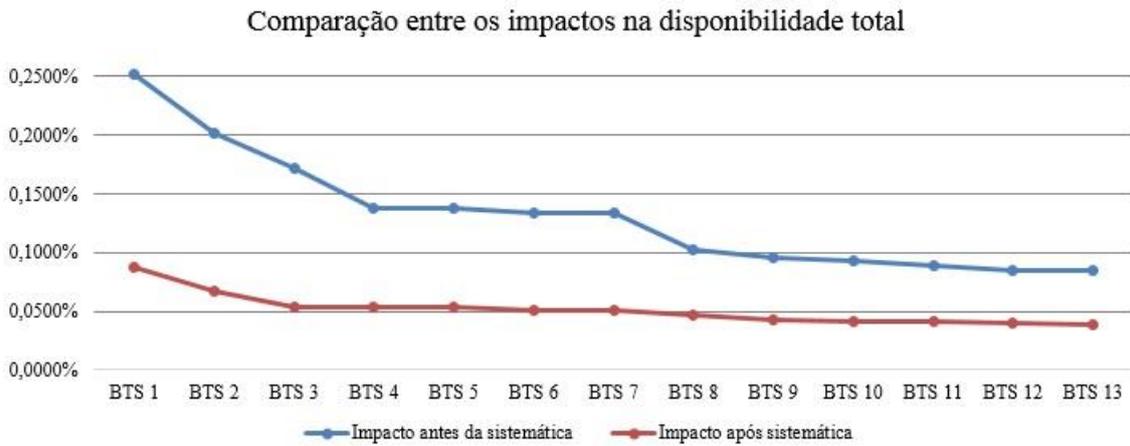


Figura 6 – Representatividade dos treze principais impactos na disponibilidade

Fonte: Elaborado pelos autores

6. Conclusão

O setor de telefonia móvel vem apresentando mudanças nos últimos anos. Juntamente ao grande aumento no número de usuários, também apresenta aumento na competitividade entre as operadoras e na taxa de *churn* mensal dos clientes. Tal cenário, aliado à portabilidade numérica, torna indispensável a oferta de um serviço que esteja de acordo com os órgãos reguladores e satisfaça plenamente as necessidades dos seus usuários.

Diante disso, foi estabelecido o objetivo de desenvolver e aplicar uma sistemática capaz de prover suporte para a melhoria da qualidade dos serviços de telecomunicações prestados pelas operadoras com base na priorização de problemas da rede instalada. Através da correta verificação nos diversos bancos de dados pré-existentes na empresa, foi possível descobrir e analisar as principais causas ofensoras da disponibilidade. Na sequência, foram estabelecidas ações de coleta de informações com a cooperação das equipes de manutenção da empresa que, utilizando seus dispositivos móveis de comunicação, foram providas com um *software* de apoio elaborado neste estudo e que visava identificar as causas-raiz que acarretavam na baixa disponibilidade da empresa estudada e priorizá-las. Tais ações focaram tanto na melhoria a curto prazo (priorização das falhas de *hardware*) quanto na melhoria a longo prazo (manutenções corretivas, preventivas e preditivas) na infraestrutura geral das BTSs. Através dos dados obtidos foi possível realizar um melhor direcionamento da mão-de-obra da equipe terceirizada

responsável pelas ações em campo e, com isso, otimizar o ganho diário na disponibilidade. As falhas, que antes eram tratadas através do sistema FIFO, sem que fosse verificado seu impacto na disponibilidade geral, passaram a ser priorizadas pela representatividade decrescente do impacto. Através dos resultados apresentados é possível que concluir que as ações tiveram um alto índice de assertividade, visto que a disponibilidade média aumentou de 92,81% para 97,49%. Já para as ações voltadas a longo prazo foi necessária uma verificação em campo das BTSs para que fosse possível construir novo banco de dados que fosse capaz de definir as principais pendências. Com isso foram realizadas diversas atividades de recuperação da infraestrutura das BTSs para minimizar os riscos de possíveis falhas. Tais ações, apesar de não focarem diretamente no aumento da disponibilidade, são igualmente importantes, pois quanto melhores forem as condições de infraestrutura geral, menor a probabilidade de falhas (independente da causa-raiz).

Durante a realização do presente trabalho foi possível observar que, apesar das empresas muitas vezes possuírem as ferramentas e os dados necessários para a otimização do serviço prestado, eles não são utilizados e consultados da forma correta. Fatores como o excesso de demanda e a escassez de mão-de-obra qualificada são responsáveis pela falta de ações de melhoria e pela prestação do serviço ineficientes. Através da correta análise nos bancos de dados pré-existentes e nos bancos criados através da realização das vistorias foi possível otimizar a mão-de-obra existente e, com isso, obter melhores resultados na busca do aumento na disponibilidade. Sugere-se, para trabalhos futuros, a ampliação da área de atuação das ações de melhoria estipuladas. Além disso, a atuação nas diferentes causas-raiz encontradas proporcionará resultados significativos para a prestação do serviço no patamar de 100%.

7. Referências

ALVES, Robson de Paula; FALSARELLA, Orandi Mina. Modelo conceitual de inteligência organizacional aplicada à função manutenção. **Gestão da Produção**, 2009, vol.16, n.2, pp. 313-324.

ANATEL – AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. [2014]. Disponível em: < www.anatel.gov.br>. Acesso em: 16 de novembro, 2014.

BATISTA, A. P.; FREITAS, M. E. A.; JOTA, F. G. Evaluation and Improvement of the Energy performance of a building's Equipment and Subsystems through Continuous Monitoring. **Energy and Buildings**, 75, 368-381, 2014.

- CALDEIRA, Jorge. **100 Indicadores da Gestão**. Coimbra: Actual Editora, 2012.
- COUTO, Nelson Fraga do; RIBEIRO, Rildo Santos; AZEVEDO Ana Cecília Pedrosa de; CARVALHO, Antonio Carlos Pires. Modelo de Gerenciamento da Manutenção de Equipamentos de Radiologia. **Radiologia Brasileira**, 36(6), 353-361, 2003.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- HUANG, S. H.; DISMUKES, J.P.; SHI, J.; SU, Q.; WANG, G.; RAZZAK, A., ROBINSON, E. Manufacturing System Modeling for Productivity Improvement. **Journal of Manufacturing Systems**, 21(4), 249-259, 2002.
- J.D. POWER do brasil. [2011]. Disponível em: < brasil.jdpower.com>. Acesso em: 16 de março, 2014.
- MAI, L. Design Method of Equipment Optimization Development Based on Standardization Theory. **Defense Technology**, 9(3), 140-145, 2013.
- MELLO, C. H. P. *et al.* Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para a sua condução. **Produção**, 22(1), 1-13, 2012.
- MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.L. **Manutenção: combate aos custos da não-eficácia. A vez do Brasil**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- MOYA, M. Carmen Carnero. The Control of the Setting up of a Predictive Maintenance Programme Using a System of Indicators. **Omega**, 32(1), 57-75, 2004.
- PARMENTER, David. **Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs**. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2007
- PERUZZI, L.; SALATA, F.; VOLLARO, A. de Lieto; VOLLARO, R. de Lieto. The Reliability of Technological Systems with High Energy Efficiency in Residential Buildings. **Energy and Buildings**, 68(A), 19-24, 2014.
- RAO, B. K. N. **Handbook of condition monitoring**. Oxford: Elsevier, 1996.
- RIBEIRO, Juliane de Almeida; GONÇALVES, Carlos Alberto; DE SOUZA, Gustavo Ferreira Mendes; BORGES, Fabio Roberto Ferreira; BARAKAT, Livia Lopes; VEIGA, Ricardo Teixeira. Competências Essenciais como Fator Determinante ante de Competitividade em Ambientes Hipercompetitivos: Um Estudo do Setor de Telefonia Celular de Minas Gerais. **Revista de Gestao USP**, 16(1), 51-67, 2009.
- ROSQVIST, T.; LAAKSO, K.; REUNANEN, M. Value-driven maintenance planning for a production plant. **Reliability Engineering and System Safety**, 94, 97-110, 2009.

ROUX, O.; DUVIVIER, D.; QUESNEL, G.; RAMAT, E. Optimization of Preventive Maintenance through a Combined Maintenance-Production Simulation Model. **International Journal of Production Economics**, 143(1), 3-12, 2013.

RUIZ, P. P.; FOGUEM, B. K.; GRABOT, B. Generating Knowledge in Maintenance from Experience Feedback. **Knowledge-Based Systems**, 68, 4-20, 2014.

SCHERER, L.J.; TOALDO, A. M. M. Um Estudo da Atitude do Consumidor Frente às Estratégias de Retenção das Quatro Maiores Operadoras de Telefonia Móvel do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, 13(40), 243-263, 2011.

STEPHENS, Matthew P. **Productivity and Reliability-Based Maintenance Management**. Indiana: Purdue University Press, 2010.

TELECO – INTELIGÊNCIA EM TELECOMUNICAÇÕES. [2014]. Disponível em: <www.teleco.com.br>. Acesso em: 06 de novembro, 2014.

TELESÍNTESE – PORTAL DE TELECOMUNICAÇÕES. [2014]. Disponível em: <www.telesintese.com.br>. Acesso em: 23 de junho, 2014.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 2003.

TERRA, José Claudio Cyrineu. **Gestão do conhecimento: o grande desafio empresarial**. São Paulo: Negócio Editora, 2000.

YARLING, C.; EDDY, R.; TURNER, J. Implantation-Equipment Data Management for Cost Reduction, Equipment Optimization and Process Enhancement. **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B**, 55(1-4), 104-108, 1991.

WANG, K. Applying Data Mining to Manufacturing: the Nature and Implications. **Journal of Intelligent Manufacturing**, 18, 487-495, 2007.

WANG, Y.; DENG, C.; WU, J. WANG, Y. XIONG, Y. A corrective maintenance scheme for engineering equipment. **Engineering Failure Analysis**, 36, 269-283, 2014.