



FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE SERGIPE – FANESSE  
**ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RUBENS BRITO DOS SANTOS**

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO: Estudo de  
Caso em uma Empresa de Mineração**

Aracaju – Sergipe

2011.1

**RUBENS BRITO DOS SANTOS**

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO: Estudo de  
Caso em uma Empresa de Mineração**

**Monografia apresentada à banca examinadora  
da Faculdade de Administração e Negócios de  
Sergipe – FANESE, como requisito e elemento  
obrigatório para obtenção do grau de bacharel  
em Engenharia de Produção, no período  
2011.1**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. MSc. Helenice Leite Garcia**

**Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas**

**Aracaju – Sergipe  
2011.1**

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Santos, Rubens Brito dos

Análise de indicadores de manutenção: estudo de caso em uma empresa de mineração / Rubens Brito dos Santos – 2012.

43f.: il.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2011.

Orientação: Prof<sup>a</sup>. Me. Helenice Leite Garcia

1. Manutenção 2. Indicadores 3. Transportadores de correia  
I. Título

CDU 658.5(813.7)

**RUBENS BRITO DOS SANTOS**

**ANÁLISE DE INDICADORES DE MANUTENÇÃO: Estudo de  
Caso em uma Empresa de Mineração**

**Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito e elemento obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período 2011.1**

---

**Profa. MSc. Helenice Leite Garcia**  
**Orientador**

---

**Prof. MSc. Mario Celso Neves de Andrade**  
**1º Examinador**

---

**Profa. Dra. Ana Eleonora Almeida Paixão**  
**2º Examinador**

**Aprovado (a) com média: \_\_\_\_\_**

**Aracaju (SE), \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011.**

Dedico a meus pais Dona Angelina e Sr. Antonio

## **AGRADECIMENTOS**

**A Deus, por todo seu amor e compreensão de minhas limitações como ser humano.**

**A meus pais, Sr. Antonio e D. Angelina, e a meus irmãos e primos que não mediram esforços para que fosse concretizado este sonho e me incentivaram até o fim desta jornada.**

**A Eliene, minha amiga e eterna namorada, que sempre me motivou e me impulsionou para que eu alcançasse meus objetivos. Amo-te.**

**A todos os professores da Fanese pelos ensinamentos e o convívio nestes últimos cinco anos, principalmente ao Prof. MSc. Mario Celso Andrade e à Profa. Dra. Ana Eleonora Almeida Paixão(UFS), por aceitarem fazer parte de minha banca. Ao Prof. Marcos Aguiar, por seu reconhecimento e demonstração de carinho prestado ao longo destes anos. E especialmente à professora MSc. Helenice, que se dedicou e contribuiu para que este trabalho acontecesse, aprendi muito com a senhora.**

**Aos colegas de trabalho, em especial ao Moises, supervisor de manutenção, pelos conselhos e por ter disponibilizado as informações apresentadas neste trabalho.**

**A meus amigos em especial, ao Carlos Polako, que mostrou que eu podia ir muito mais além do que eu imaginava e ao Miguel Conceição (sempre presente), por sempre ter me motivado a estudar.**

“Algumas pessoas enxergam as coisas  
que existem e perguntam: por quê? Eu  
sonho com as coisas que nunca existiram  
e pergunto: e por que não?”

Shaw

## **RESUMO**

**Este estudo de caso foi realizado em uma empresa de mineração localizada na cidade de Rosário do Catete – SE, com o objetivo de analisar os indicadores de manutenção aplicados a um sistema de transportadores de correias (TC). Inicialmente, foi realizada uma caracterização dos indicadores utilizados pela organização. Este sistema de TC está inserido no processo de lavra na mina subterrânea da empresa em estudo e é através deste sistema que toda a produção de minério é escoada das frentes de lavra para posterior beneficiamento. Neste sentido, sem a operação deste sistema, a produção na mina se torna economicamente inviável. Através da análise dos indicadores de manutenção, foi possível identificar os problemas que estavam ocorrendo na condução da gestão deste sistema, como também foi possível identificar a implantação de melhorias que fizeram com que houvesse uma reação positiva dos indicadores de manutenção. Além disso, foram calculados outros indicadores de manutenção e proposta a sua utilização no sistema de TC. Esses indicadores mostraram que este sistema sofreu ao longo de 2010 um aumento no número de manutenções corretivas.**

**Palavras-chave: Manutenção. Indicadores. Transportadores de Correia.**

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01 – Resultados em função dos tipos de manutenção .....          | 21 |
| Figura 02 – Representação esquemática da estratégia de manutenção ..... | 22 |
| Figura 03 – Perdas relacionadas à mão-de-obra .....                     | 25 |
| Figura 04 – Curvas de <i>Backlog</i> .....                              | 27 |
| Figura 05 – Curva da Banheira.....                                      | 28 |
| Figura 06 – Processo de Lavra.....                                      | 31 |
| Figura 07 – Fluxo de TC's na mina .....                                 | 32 |
| Figura 08 – Mapa de 52 Semanas do Sistema de TC .....                   | 37 |
| Figura 09 – Registro de Plano de Ação .....                             | 39 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Quadro 01 – Evolução da manutenção.....</b>                              | <b>18</b> |
| <b>Quadro 02 – Comparação de Custos.....</b>                                | <b>19</b> |
| <b>Quadro 03 – Critérios de classificação .....</b>                         | <b>23</b> |
| <b>Quadro 04 – Estratégias de manutenção em função da criticidade .....</b> | <b>24</b> |
| <b>Quadro 05 – Indicadores de Ativos .....</b>                              | <b>26</b> |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 01 – Disponibilidade do Sistema de Correias .....                 | 33 |
| Gráfico 02 – Tempo médio entre falhas (MTBF) do Sistema de Correias ..... | 34 |
| Gráfico 03 – Tempo médio para reparo (MTTR) do Sistema de Correias .....  | 35 |
| Gráfico 04 – Número de Horas de manutenção corretiva.....                 | 36 |
| Gráfico 05 – Taxa de Falhas (número de falhas/hora) .....                 | 36 |
| Gráfico 06 – <i>Backlog</i> do Sistema de Correias .....                  | 38 |
| Gráfico 07 – Quantidade de hh disponível por dia .....                    | 40 |

## SUMÁRIO

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| RESUMO.....                                                     | 8  |
| LISTA DE FIGURAS .....                                          | 9  |
| LISTA DE QUADROS.....                                           | 10 |
| LISTA DE GRÁFICOS .....                                         | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO.....                                               | 13 |
| 1.1 Objetivos .....                                             | 14 |
| 1.1.1 Objetivo geral .....                                      | 14 |
| 1.1.2 Objetivos específicos.....                                | 14 |
| 1.2 Justificativa.....                                          | 15 |
| 1.3 Caracterização da Empresa.....                              | 15 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....                                    | 17 |
| 2.1 Evolução da Manutenção .....                                | 17 |
| 2.2 Tipos de Manutenção.....                                    | 18 |
| 2.2.1 Manutenção corretiva .....                                | 18 |
| 2.2.2 Manutenção preventiva.....                                | 19 |
| 2.2.3 Manutenção preditiva.....                                 | 20 |
| 2.2.4 Engenharia de manutenção.....                             | 20 |
| 2.3 Estratégia de Manutenção .....                              | 21 |
| 2.3.1 Classificação dos equipamentos quanto à criticidade ..... | 22 |
| 2.4 Avaliação da Gestão da Manutenção .....                     | 23 |
| 2.4.1 <i>Backlog</i> .....                                      | 26 |
| 2.4.2 Taxa de falhas.....                                       | 27 |
| 2.4.3 Confiabilidade de equipamentos e sistemas .....           | 28 |
| 2.5 Sistema de Gerenciamento da Manutenção .....                | 29 |
| 3 METODOLOGIA .....                                             | 30 |
| 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....                                  | 31 |
| 4.1 Processo de Produção na Mina .....                          | 31 |
| 4.2 Disponibilidade do Sistema de Correias .....                | 32 |
| 4.3 Manutenção Preventiva no Sistema de Correias.....           | 37 |
| 4.4 <i>Backlog</i> do Sistema de Correias.....                  | 38 |
| 4.5 Engenharia de Manutenção.....                               | 39 |
| 4.6 Melhorias Implantadas no Sistema de TCs.....                | 40 |
| 5 CONCLUSÃO .....                                               | 42 |
| REFERÊNCIAS.....                                                | 44 |

## **1 INTRODUÇÃO**

O aumento da competitividade se tornou um fator essencial para que as empresas continuem atuando em um mercado de economia globalizada e repleta de incertezas. E com isso, as organizações precisam estar preparadas para atender às variações de demandas decorrentes da velocidade em que as decisões são tomadas a todo instante.

A manutenção, que era considerada uma simples atividade de reparo, tornou-se um meio essencial para o alcance dos resultados empresariais das organizações, passando a ser uma função estratégica, responsável direta pela disponibilidade dos equipamentos. A gestão da manutenção tem que garantir que os equipamentos ou sistemas parem de produzir somente de forma planejada e deve também manter o processo dentro de um nível de confiabilidade que não permita a parada não planejada da produção (KARDEC e NASCIF, 2009).

Com a evolução da manutenção, surgiu a necessidade das empresas definirem uma estratégia de manutenção que fosse adequada a uma determinada planta industrial e que permitisse priorizar os equipamentos de maior grau de importância no processo. Essa estratégia deve também priorizar a utilização dos recursos de forma otimizada, possibilitando que o número de intervenções seja o menor possível, para que a empresa alcance uma maior disponibilidade a um baixo custo (MENEZES e ALMEIDA, 2002).

Diante da responsabilidade atribuída à manutenção pelo alcance das metas nas organizações, faz-se necessário que esta avalie periodicamente se a estratégia adotada para gerir os ativos responsáveis pelo processo está sendo eficaz. É preciso ter evidências de que as atividades de manutenção estejam contribuindo para que a organização alcance a produtividade máxima, a o menor custo de produção. Kardec, Floures e Seixas (2002) comentam que através da utilização e análise de indicadores de manutenção adequados, torna-se possível identificar onde e quais são os problemas enfrentados no setor, como também subsidiar a implementação de melhorias em sua gestão.

No caso da empresa de mineração, objeto desse estudo de caso, verificou-se tratar de uma empresa que opera uma mina subterrânea e que o produto extraído é o Cloreto de Potássio, que após beneficiamento, é comercializado apenas o Potássio. O principal destino deste mineral são as indústrias que produzem fertilizantes; os quais são utilizados pelos agricultores. Alves (2011) destaca que a utilização de fertilizantes é essencial para promover o aumento da produtividade agrícola, melhorar a qualidade dos alimentos e preservar o meio-ambiente, pois contribui para que sejam preservadas florestas e matas nativas.

Desta forma, a proposta do presente trabalho é realizar uma análise dos indicadores de manutenção, aplicada ao sistema de transportadores de correias (TCs), dada a sua importância em viabilizar e manter a continuidade do processo de produção na mina, como também propor melhorias na utilização e análise dos indicadores. Os TCs são o sistema responsável pelo escoamento da produção das frentes de lavra; a produção só é realizada se estes equipamentos estiverem disponíveis.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Analisar os indicadores de manutenção aplicados ao sistema de transportadores de correias.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Estratificar os indicadores de manutenção do sistema de TCs.

Implementar a utilização de novos indicadores no sistema de TCs.

Propor melhorias no sistema de TCs em termos de Indicadores de Manutenção.

## **1.2 Justificativa**

As organizações, para alcançarem os melhores resultados, dependem do resultado da manutenção, responsável direta pela disponibilidade dos ativos. Sendo assim, pode-se concluir que o sucesso e a sobrevivência de uma empresa dependem de uma eficiente e eficaz gestão da manutenção.

Os resultados da produção dependem das práticas de manutenção aplicadas aos equipamentos. Selecionar as melhores, levando em consideração os custos e a importância do equipamento para o processo, é um dos desafios atribuídos à gestão da manutenção.

A manutenção precisa estar voltada para os resultados objetivados pela organização, especialmente ao atendimento do programa de produção, o custo planejado e a qualidade dos produtos, o cuidado com a segurança dos operadores e a preservação do meio ambiente.

Este trabalho tem, portanto, como objetivo, realizar uma análise dos indicadores de manutenção aplicado a um sistema de TC, dada a sua relevância para o processo produtivo. Trata-se de um sistema composto por aproximadamente 15 km de extensão, e é através deste que se torna possível escoar o minério das frentes de lavra em larga escala.

## **1.3 Caracterização da Empresa**

A Vale é uma empresa de mineração que está presente em cinco continentes e 38 países, tendo como missão transformar recursos minerais em riqueza e desenvolvimento sustentável. A Vale é a segunda maior mineradora diversificada do mundo em valor de mercado e é líder mundial na produção de minério de ferro. Além disso, a empresa é a segunda maior produtora de níquel e produz ainda cobre, manganês, ferroligas, carvão, bauxita, alumínio, cobalto e potássio.

No Estado de Sergipe, a Vale opera o Terminal Marítimo Inácio Barbosa, localizado na cidade de Barra dos Coqueiros e a UOTV (Unidade Operacional Taquari - Vassouras), uma mina subterrânea que extrai cloreto de potássio, e para tal conta com aproximadamente 905 funcionários. Esta mina é a única existente no Brasil e fica localizada na cidade de Rosário do Catete – SE. O Potássio é um

elemento importante para o desenvolvimento da agricultura, pois é utilizado na fabricação de fertilizantes, que são utilizados para a preparação do solo antes do plantio, proporcionando um aumento na produtividade da área plantada.

Em 2008, 92% do Potássio consumido no Brasil foi importado, ou seja a produção na UOTV só conseguiu atender 8% da demanda. No ano de 2010, foram produzidos aproximadamente 2.811.785 toneladas de Cloreto de Potássio, que após o beneficiamento totalizou aproximadamente 662 mil toneladas de Potássio, este total correspondeu a 9,93% da demanda.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos deste trabalho pautados em referenciais teóricos expostos por diversos autores.

### **2.1 Evolução da Manutenção**

A manutenção passou por diversas mudanças em sua forma de atuação e pode ser dividida em quatro gerações. A primeira foi iniciada em meados do ano de 1930, e nesta época, a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e superdimensionados. Nesse período, a manutenção era exclusivamente corretiva não planejada, e não havia a preocupação de buscar as principais causas que levavam o equipamento ao estado de indisponibilidade (KARDEC e NASCIF, 2009).

Tavares (2005) relata que após a segunda guerra mundial, aumentou a demanda por produtos industrializados e os gestores perceberam que o aumento da produtividade dependia de uma gestão de manutenção focalizada em evitar que as falhas ocorressem e não somente em corrigir as falhas. Foi nesse período que surgiu a manutenção preventiva, que consistia na realização de intervenções a intervalos fixos nos equipamentos.

A partir da década de 70, teve início a terceira geração. Neste período, percebeu-se que as paradas dos equipamentos aumentavam os custos de manutenção, afetavam a qualidade dos produtos e provocavam sérias consequências à segurança e ao meio ambiente. Dessa forma, as exigências às condições de segurança e de meio ambiente foram intensificadas. A quarta geração foi marcada pelo desafio da manutenção de minimizar as falhas nos equipamentos. Nesse período, foi consagrada a prática de análise de falhas como uma ferramenta capaz de melhorar o desempenho dos equipamentos, conforme comenta Kardec e Nascif (2009).

No Quadro 01 observa-se como a manutenção evoluiu ao longo dos anos. Percebe-se que um dos principais objetivos perseguidos pela manutenção ao longo

desta evolução é a maior disponibilidade dos equipamentos para o processo produtivo.

Quadro 01 – Evolução da manutenção

| <b>EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO</b>                    |                                                                    |                                                                                                                |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                  | Primeira Geração                                                   | Segunda Geração                                                                                                | Terceira Geração                                                                                                                         | Quarta Geração                                                                                                                                                                                                         |
| Ano                                              | 1940 a 1950                                                        | 1960 a 1970                                                                                                    | 1980 a 1990                                                                                                                              | 2000 a 2011                                                                                                                                                                                                            |
| Aumento das expectativas em relação à Manutenção | Conserto após a falha                                              | Disponibilidade crescente<br><br>Maior vida útil do equipamento                                                | Maior confiabilidade<br><br>Maior disponibilidade<br><br>Melhor relação custo-benefício<br><br>Preservação do Meio ambiente              | Maior confiabilidade<br><br>Maior disponibilidade<br><br>Preservação do meio ambiente<br><br>Influir nos resultados do negócio<br><br>Gerenciar ativos                                                                 |
| Visão quanto à falha do equipamento              | Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham | Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira                                           | Existência de 6 padrões de falhas                                                                                                        | Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F                                                                                                                                                              |
| Mudança nas técnicas de manutenção               | Habilidades voltadas para o reparo                                 | Planejamento manual da manutenção<br><br>Computadores grandes e lentos<br><br>Manutenção preventiva(por tempo) | Monitoramento da condição<br><br>Análise de riscos<br><br>Computadores rápidos e pequenos<br><br>Projetos voltados para a confiabilidade | Minimização nas manutenções preventiva e corretiva não planejadas<br><br>Análise de falhas<br><br>Técnicas de confiabilidade<br><br>Projetos voltados para a confiabilidade, manutenibilidade e custo do ciclo de vida |

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

## 2.2 Tipos de Manutenção

### 2.2.1 Manutenção corretiva

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a manutenção corretiva consiste em atuar em um equipamento que apresenta um defeito ou desempenho diferente do esperado. Este tipo de manutenção pode ser dividida em corretiva não planejada e planejada. Esta última é caracterizada por ocorrer, na maioria das vezes, por

decisão gerencial. O gestor, ao constatar que o equipamento apresenta um desempenho menor do que o esperado, decide parar as atividades de operação do equipamento e realizar a intervenção, objetivando restabelecer as condições originais do equipamento.

De acordo com Xenos (2004), a opção por este método de manutenção deve levar em conta fatores econômicos, ou seja, o gestor de manutenção deve perguntar se para o processo é mais barato consertar uma falha ou tomar ações preventivas. O gestor deve levar em conta, também, as perdas por paradas na produção.

### 2.2.2 Manutenção preventiva

De acordo com Viana (2002), a manutenção preventiva é todo serviço de manutenção realizado em equipamentos que não estejam em falha. Este tipo de manutenção é realizada a intervalos predeterminados e seu objetivo é reduzir a probabilidade de falha. A principal vantagem obtida com a adoção deste tipo de manutenção em relação à manutenção corretiva não planejada é com relação à previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes. Outro fator importante é com relação aos custos, que são menores. No Quadro 02 estão os custos por tipo de manutenção; observa-se que o custo da manutenção corretiva não planejada é quase o dobro da manutenção preditiva + corretiva planejada.

Quadro 02 – Comparação de Custos

| Tipos de Manutenção                                       | US\$/hp/ano* | Relação |
|-----------------------------------------------------------|--------------|---------|
| Corretiva não Planejada                                   | 17 a 18      | 2       |
| Preventiva                                                | 11 a 13      | 1,5     |
| Preditiva/Monitoramento de condição + Corretiva Planejada | 7 a 9        | 1       |

\*hp/ano = potência

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009)

Para Kardec e Nascif (2009), a manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for a importância do equipamento para o processo como também as implicações na segurança pessoal e no meio ambiente.

### **2.2.3 Manutenção preditiva**

De acordo com Viana (2002), a manutenção preditiva ou manutenção com base no estado do equipamento, tem como objetivo maximizar a vida útil de componentes e equipamentos, através do monitoramento de parâmetros como vibração e temperatura, este tipo de manutenção pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos.

Através da manutenção preditiva, os processos ganham mais tempo em operação, pois esta é executada sem a necessidade de parar a operação do equipamento.

### **2.2.4 Engenharia de manutenção**

Conforme Viana (2002), o objetivo da engenharia de manutenção é promover o progresso tecnológico da manutenção através da aplicação de conhecimentos científicos e empíricos, na solução de dificuldades encontradas nos processos e equipamentos. Ainda segundo o autor, os estudos, análises de falhas e ensaios são meios para o alcance da melhoria da performance dos equipamentos.

Segundo Kardec e Nascif (2009), as principais atribuições da engenharia de manutenção são:

- Aumentar a confiabilidade e disponibilidade;
- Aumentar a segurança das instalações;
- Eliminar problemas tecnológicos;
- Realizar análises de falhas e estudos;
- Acompanhar os indicadores;
- Participar de novos projetos;
- Melhorar a manutenibilidade;
- Melhorar a capacitação do pessoal;
- Elaborar planos de manutenção e de inspeção e fazer sua análise crítica.

A Figura 01 mostra os ganhos nos resultados que são obtidos quando as organizações evoluem e passam a aplicar a engenharia de manutenção em seu

sistema de gestão. Observa-se, nesta figura, que quando se aplica as manutenções corretiva e preventiva ocorre uma melhoria contínua nos resultados, enquanto que a adoção da prática da manutenção preditiva e a engenharia de manutenção provocam uma evolução nos resultados, ou seja, à medida que se introduzem as melhores técnicas de manutenção em um processo, este se torna mais produtivo.

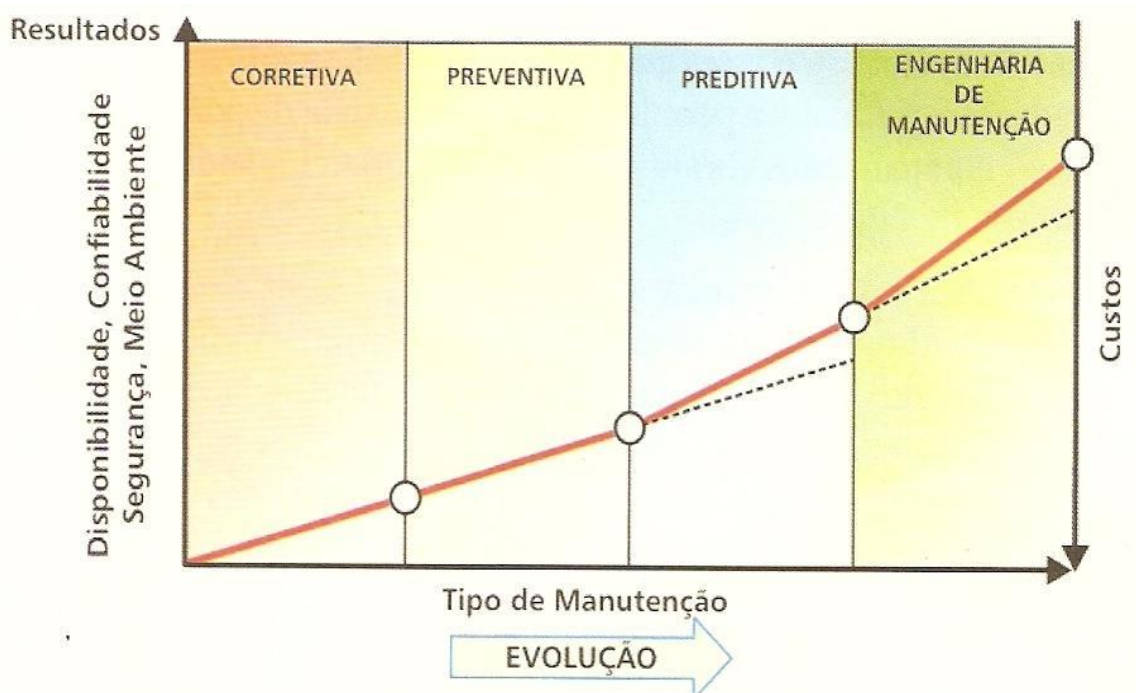


Figura 01 – Resultados em função dos tipos de manutenção  
Fonte: Kardec e Nascif (2009)

### 2.3 Estratégia de Manutenção

De acordo com Menezes e Almeida (2002), a adoção de uma estratégia de manutenção é importante, pois confere previsibilidade à atividade de manutenção e evita a improvisação e arranjos. Viana (2002) afirma que a determinação da estratégia de manutenção aplicada aos equipamentos e processos é a base da política de manutenção.

Na Figura 02, são mostradas as etapas para a elaboração de uma estratégia de manutenção. Esta se inicia com a análise dos equipamentos e processos, e em seguida faz-se uma avaliação da importância destes equipamentos para o processo, com o objetivo de priorizar as intervenções e recursos. Um dos pontos fundamentais desta estratégia é a análise da efetividade do processo, pois

permitirá que seja realizada uma medida de desempenho da estratégia implementada.

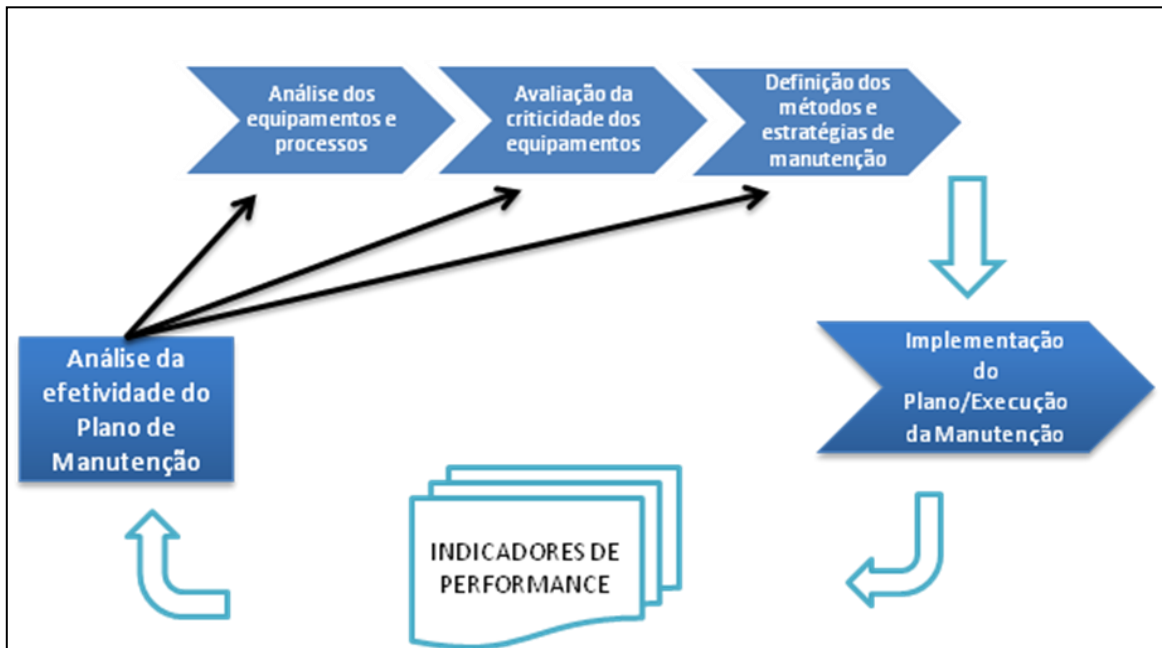


Figura 02 – Representação esquemática da estratégia de manutenção  
 Fonte: Adaptado de Menezes e Almeida (2002)

### 2.3.1 Classificação dos equipamentos quanto à criticidade

Através da classificação dos equipamentos quanto à criticidade, é determinado o grau de importância do equipamento para o processo produtivo e é definida a qual estratégia de manutenção o equipamento deve ser submetido. Os objetivos principais desta classificação é subsidiar a elaboração de planos de manutenção e auxiliar na seleção dos métodos de manutenção (MENEZES e ALMEIDA, 2002).

No Quadro 03 estão descritos os critérios que são levados em consideração para obter a classificação da criticidade de um equipamento. Por exemplo, um determinado equipamento para ser classificado como classe A precisa gerar um grande impacto no volume de produção quando estiver indisponível, além de serem observados outros fatores como segurança, meio ambiente, etc.

O Quadro 04 mostra os fatores que devem ser verificados para formulação de uma estratégia de manutenção; tomando como referência a classe de criticidade do equipamento, quais sejam: métodos de manutenção, política de

sobressalentes, política de investimento, engenharia de manutenção, atendimento, confiabilidade e custos.

Quadro 03 – Critérios de classificação

| FATOR DE AVALIAÇÃO                                                                   | GRADAÇÃO                                               |                                                     |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                                                      | Nível 1 (A)                                            | Nível 2 (B)                                         | Nível 3 (C)                                |
| <b>SEGURANÇA</b><br>Riscos potenciais para as pessoas.                               | Envolve riscos de proporções graves.                   | Envolve riscos de proporções moderadas.             | Envolve riscos de proporções mínimas.      |
| <b>ATENDIMENTO</b><br>Efeitos da falha sobre o processo produtivo.                   | Impacta significativamente a produção                  | Impacta parcialmente a produção.                    | Não impacta a produção.                    |
| <b>QUALIDADE</b><br>Efeitos da falha sobre a qualidade dos produtos.                 | Crítico para a qualidade.                              | Afeta indiretamente a qualidade do produto.         | Não causa impacto na qualidade do produto. |
| <b>MEIO AMBIENTE</b><br>Efeitos da falha sobre o meio ambiente                       | Grande impacto sobre o meio ambiente                   | Médio impacto sobre o meio ambiente                 | Não causa impacto sobre o meio ambiente    |
| <b>CUSTOS</b><br>Valores envolvidos nos reparos.                                     | Elevados.                                              | Moderados.                                          | Baixos.                                    |
| <b>COMPLEXIDADE TECNOLÓGICA</b><br>Efeitos sobre o tempo de reparo e especialização. | Tempo de reparo elevado ou requer alta especialização. | Tempo de reparo aceitável e especialização regular. | Não representa impacto.                    |

Fonte: Menezes e Almeida (2002)

## 2.4 Avaliação da Gestão da Manutenção

Viana (2002) destaca a importância da avaliação da gestão de manutenção através de indicadores que retratem a real situação do processo de manutenção e que através do acompanhamento destes índices seja possível identificar oportunidades de melhoria no processo.

Para Menezes e Almeida (2002), o controle deve se dar sobre os tempos produtivos e improdutivos na execução das tarefas de manutenção. Ainda segundo os mesmos autores, o gerenciamento apropriado da manutenção só é possível se for fundamentado em indicadores de desempenho adequados.

Quadro 04 – Estratégias de manutenção em função da criticidade

| FATORES                   |                            | CLASSE DE CRITICIDADE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                            | (A)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | (B)                                                                                                                                                                                                                                                                    | (C)                                                                                                                                                                                                                                      |
| CARACTERÍSTICAS           |                            | Necessidade de operar à plena capacidade; a falha do equipamento tem implicações significativas sobre o processo produtivo.                                                                                                                                                                                                                 | A falha do equipamento afeta parcialmente o processo produtivo, podendo comprometer a qualidade ou quantidade produzida.                                                                                                                                               | A falha do equipamento não traz consequências relevantes para o processo produtivo.                                                                                                                                                      |
| ABORDAGEM                 |                            | Máxima confiabilidade.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Parâmetros balanceados de Disponibilidade e Custos.                                                                                                                                                                                                                    | Vida útil máxima, custo mínimo.                                                                                                                                                                                                          |
| OBJETIVOS                 |                            | Menor tempo possível das paralisações; Inexistência de intervenções não programadas ou de emergência.                                                                                                                                                                                                                                       | Número mínimo de intervenções não programadas ou de emergência.                                                                                                                                                                                                        | Mínimo aporte de recursos da manutenção (pessoal, materiais e equipamentos).                                                                                                                                                             |
| FORMULAÇÃO DE ESTRATÉGIAS | MÉTODOS DE MANUTENÇÃO      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoração rigorosa e permanente das condições operacionais e das variáveis que caracterizam o desempenho;</li> <li>• Preventiva baseada na condição;</li> <li>• Preventiva baseada em intervalos constantes, para os itens em que não seja possível a preventiva baseada na condição;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoração preditiva para maximização do uso dos componentes, dentro de limites que não comprometam a confiabilidade;</li> <li>• Preventiva baseada em intervalos constantes, conforme a característica de falha;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoração para maximização do uso de componentes e redução do esforço da manutenção;</li> <li>• Corretiva planejada, quando for mais econômico reparar o equipamento após a falha.</li> </ul> |
|                           | POLÍTICA DE SOBRESSALENTES | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preferência pela substituição de peças, ao invés de recuperação;</li> <li>• Disponibilidade plena de sobressalentes de uso corrente e de garantia operacional.</li> </ul>                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuperação usual de componentes durante a intervenção;</li> <li>• Disponibilidade de sobressalentes de uso corrente;</li> </ul>                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise crítica do custo das alternativas de recuperar ou substituir peças;</li> <li>• Disponibilidade apenas de sobressalentes de uso corrente.</li> </ul>                                     |
|                           | POLÍTICA DE INVESTIMENTOS  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioridade para investimentos que visem aumento de confiabilidade.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioridade para melhorias em equipamentos que apresentam maior taxa de falha.</li> </ul>                                                                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioridade para investimentos objetivando a redução do esforço da manutenção.</li> </ul>                                                                                                        |
|                           | ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise permanente dos dados de desempenho operacional;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise periódica das anormalidades com base no histórico.</li> </ul>                                                                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de falhas de equipamentos que apresentem taxa de falhas elevada.</li> </ul>                                                                                                             |
|                           | ATENDIMENTO                | Prioridade para atendimento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Prioridade negociada caso a caso em função das circunstâncias.                                                                                                                                                                                                         | Programação de acordo com a disponibilidade de recursos.                                                                                                                                                                                 |
|                           | CONFIABILIDADE             | Elemento determinante na definição da estratégia de manutenção.                                                                                                                                                                                                                                                                             | Possui peso relevante na estratégia de manutenção, conteúdo analisado conjuntamente com o custo.                                                                                                                                                                       | Importante, porém secundária em relação ao custo.                                                                                                                                                                                        |
|                           | CUSTOS                     | Considerado de forma secundária.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Muito importante na definição das estratégias, analisado conjuntamente com a confiabilidade.                                                                                                                                                                           | Elemento determinante na definição da estratégia de manutenção.                                                                                                                                                                          |

Fonte: Adaptado da Vale (2011)

De acordo com Kardec e Nascif (2009), o desenvolvimento contínuo é alcançado através de um processo de gerenciamento que esteja apoiado em

indicadores, com metas estabelecidas e a aplicação de auditorias sistemáticas para a verificação dos resultados objetivados pela organização.

Menezes e Almeida (2002), afirmam que o controle da mão-de-obra na manutenção é feito com base em homens-hora (hh). A Figura 03 exemplifica as perdas relacionadas à utilização da mão-de-obra. Observa-se que o recurso nominal (A) corresponde ao efetivo da turma e é conhecido também como disponibilidade bruta de pessoal. O recurso disponível (B) corresponde ao efetivo da turma; portanto deve-se subtrair do efetivo os homens-hora afastados por motivo de férias, doença ou qualquer outro motivo que provoque o afastamento do empregado.

No recurso utilizado (C) subtrai-se das horas disponíveis os tempos de demora. Entende-se por demora qualquer atraso na execução da tarefa, por exemplo: aguardando instrução, aguardando material, entre outros. No recurso (D) leva-se em consideração o ritmo de trabalho do executante.

|                         |       |                         |                      |
|-------------------------|-------|-------------------------|----------------------|
| A - Recurso nominal     |       |                         |                      |
| B - Recurso disponível  |       |                         | Tempo não-disponível |
| C - Recurso utilizado   |       | Tempo perdido (demoras) |                      |
| D - Recurso aproveitado | Ritmo |                         |                      |

Figura 03 – Perdas relacionadas à mão-de-obra  
Fonte: Adaptado de Menezes e Almeida (2002)

Os indicadores de manutenção podem ser divididos em indicadores de desempenho dos ativos, que são voltados à avaliação da performance de equipamentos e instalações, e indicadores de desempenho da manutenção, que buscam determinar a efetividade da gestão da manutenção.

No Quadro 05 estão descritos os principais indicadores de desempenho juntamente com sua descrição e forma de cálculo para avaliar a performance de equipamentos.

Quadro 05 – Indicadores de Ativos

| Item de Controle                    | Descrição                                                                         | Forma de Cálculo                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Utilização (%)                      | Percentual do tempo utilizado em relação ao tempo disponível                      | Utilização = tempo de operação / tempo disponível                                                                                                                                   |
| Rendimento (%)                      | Relação entre as horas efetivamente trabalhadas e o total de horas calendário     | Rendimento = tempo de operação / HC                                                                                                                                                 |
| Produtividade                       | Unidades de produção (ou movimentação) por hora trabalhada                        | Produtividade = ton / hora                                                                                                                                                          |
| Disponibilidade Física (%)          | Percentual de tempo em que o equipamento ou sistema esteve disponível para operar | DF = [(HC – HM) / HC]x100<br>HC = Horas calendário<br>HM = Horas de manutenção (preventiva e corretiva)                                                                             |
| Tempo médio entre falhas – MTBF (h) | Relação entre o tempo de operação e o número de falhas dos equipamentos           | MTBF = (t <sub>o(1)</sub> + t <sub>o(2)</sub> + ... + t <sub>o(n)</sub> ) / n<br>t <sub>o</sub> = tempo de operação<br>n = número de ocorrências                                    |
| Tempo médio para reparo – MTTR (h)  | Relação entre o tempo de reparo dos equipamentos e o número de falhas             | MTTR = (t <sub>p(1)</sub> + t <sub>p(2)</sub> + ... + t <sub>p(n)</sub> ) / n<br>t <sub>p</sub> = tempo de parada para manutenção corretiva<br>n = número de ocorrências corretivas |
| Disponibilidade Intrínseca (%)      | Relação entre o tempo médio entre falhas e o tempo médio para reparo              | DI = MTBF / (MTBF + MTTR)                                                                                                                                                           |

Fonte: Vale (2011)

### 2.4.1 Backlog

De acordo com Menezes e Almeida (2002), *backlog* é o tempo que uma equipe de manutenção deve trabalhar para concluir todos os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos ou ordens de serviço durante a execução dos primeiros.

O cálculo do *backlog* é obtido pela relação entre a soma de todas as horas previstas de hh em carteira ou seja pela soma de todo o hh alocado nas ordens de serviço abertas no período dividida pela capacidade instalada da equipe de executantes que representa a disponibilidade de mão-de-obra para o período. O *backlog* pode ser estratificado por especialidade, sendo possível avaliar o índice em termos de mecânicos, eletricitas, soldadores, etc. Isto facilita a análise e ajuda a

identificar possíveis carências ou superdimensionamento nas equipes. (VIANA, 2002).

Outro fator relevante a ser analisado são as curvas de *backlog*. Existem basicamente quatro tipos de curvas, como pode ser visto na Figura 04, considerando o eixo das abscissas como sendo os valores de *backlog* e o eixo das ordenadas os meses do ano.

A curva A demonstra um processo sob controle, porém deve-se verificar se o *backlog* está em um patamar aceitável. Na curva B, visualiza-se um decréscimo da demanda de serviços, que pode em dado momento provocar ociosidade em parte da equipe de execução da manutenção. Na curva C, há tendência de alta constante, o que pode revelar possíveis problemas tais como: baixa qualidade na manutenção, descontrole no planejamento e controle da manutenção (PCM), no calendário de manutenção preventiva. Já na curva D, verifica-se que há uma subida brusca de um patamar baixo para um bem mais alto, indicando a ocorrência de um serviço com tempo de execução muito alto. (VIANA, 2002).

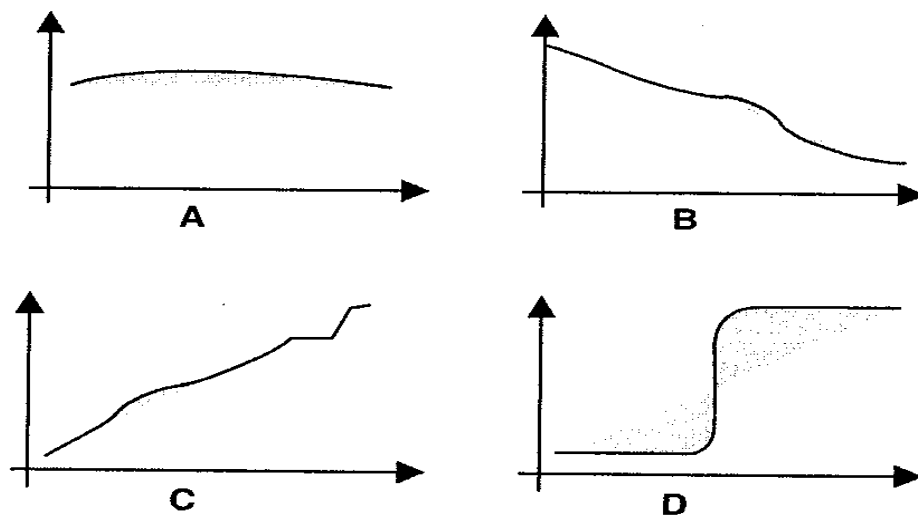


Figura 04 – Curvas de *Backlog*  
Fonte: Viana 2002

#### 2.4.2 Taxa de falhas

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a taxa de falhas é definida como o número de falhas por unidade de tempo, ainda segundo o mesmo autor, a taxa de

falha constante pode ser determinada em nível de sistema e em nível de equipamentos instalados.

Na Figura 05 é mostrada a “curva da banheira”. Nesta curva, observa-se que um componente apresenta três períodos da vida característicos, que são: mortalidade infantil, caracterizado por um período no qual a taxa de falhas decresce, período de vida útil, onde a taxa de falha é constante, e o período de desgaste, caracterizado por ser um componente com taxa de falha crescente. (LAFRAIA, 2001).

Lafraia (2001) demonstra, ainda, na Figura 05, que é possível reduzir o impacto das falhas nos componentes, através da adoção de uma estratégia de manutenção preventiva ao longo do ciclo de vida do componente. Observa-se na figura que, quando existe a prática da manutenção preventiva, é possível reduzir consideravelmente o impacto das falhas.

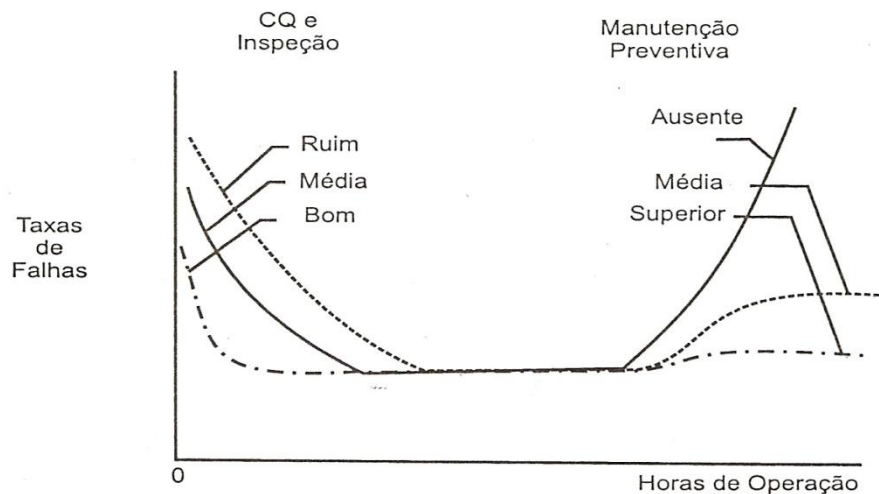


Figura 05 – Curva da Banheira  
Fonte: Lafraia (2001)

### 2.4.3 Confiabilidade de equipamentos e sistemas

De acordo com Scapin (1999), confiabilidade, em seu conceito genérico, pode ser definida como a probabilidade de um sistema, ou um produto, executar sua função de maneira satisfatória, dentro de um intervalo de tempo e operando conforme certas condições. Este autor afirma ainda que o fator probabilidade está relacionado ao número de vezes que o sistema opera adequadamente; uma

probabilidade de 95% por exemplo, significa que o sistema em média opera adequadamente em 95 vezes das 100 que executou a função.

## **2.5 Sistema de Gerenciamento da Manutenção**

De acordo com Meneses e Almeida (2002), o sistema de gerenciamento da manutenção é composto pelo conjunto de métodos de manutenção e pelas funções gerenciais da manutenção. Este sistema deve estar voltado para o máximo desempenho, produtividade e qualidade. Ainda segundo o autor, os métodos de manutenção são ações realizadas diariamente pela manutenção, para prevenir ou corrigir falhas, e as funções gerenciais têm como objetivo auxiliar o gerenciamento eficiente da manutenção. As principais funções são:

- Tratamento de falhas
- Padronização da Manutenção
- Planejamento da Manutenção
- Reposição de peças/almojarifado
- Orçamentação da Manutenção
- Educação e treinamento

Xenos (2004) relata que em um mesmo equipamento pode-se aplicar vários métodos de manutenção simultaneamente. No entanto, o autor chama a atenção que, na escolha dos métodos, deve-se levar em consideração a relação entre os custos de manutenção e os custos das perdas causadas pelas falhas.

### **3 METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento deste trabalho, o método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso, que “é caracterizado por ser um estudo intensivo. (...) Leva-se em consideração, principalmente, a compreensão, como um todo, do assunto investigado” (FACHIN, 2003 p. 42). Este estudo foi realizado na Unidade Operacional de Taquari - Vassouras, unidade da empresa Vale, responsável pela exploração de Potássio, localizando-se na cidade de Rosário do Catete – SE.

Quanto à abordagem, este trabalho é quantitativo, pois para o alcance do objetivo foram utilizados dados estatísticos, coletados junto ao setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) da Vale, e a análise foi fundamentada em indicadores de manutenção.

O estudo foi realizado no setor de produção de cloreto de potássio, especificamente no processo de transporte do minério das frentes de lavra, que é realizado por equipamentos transportadores de correias. Inicialmente, foram estratificados e analisados os indicadores de manutenção utilizados pelo PCM no sistema de TCs. Após esta etapa foram implementados novos indicadores de manutenção e foi também propostas melhorias na gestão de indicadores aplicado ao sistema em estudo.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Processo de Produção na Mina

Na mina subterrânea de Taquari – Vassouras, a produção do minério é realizada através do método de lavra, denominado de câmara e pilares retangulares, com o uso de mineradores contínuos de rotores (Marietta 900), equipamentos de transporte elétrico (*shuttle-cars*) e quebrador – alimentador (*Feeder– Breaker*), que descarregam o minério diretamente no transportador de correia.

Observa-se na Figura 06 que o processo de lavra se inicia com o desmonte da rocha pelos mineradores; em seguida, o material desmontado é transportado pelos *shuttle-cars* até o *feeder – braker* que tem como função quebrar estas rochas para que possam ser transportadas pelos transportadores de correias até os silos, para depois serem transportadas para a superfície.

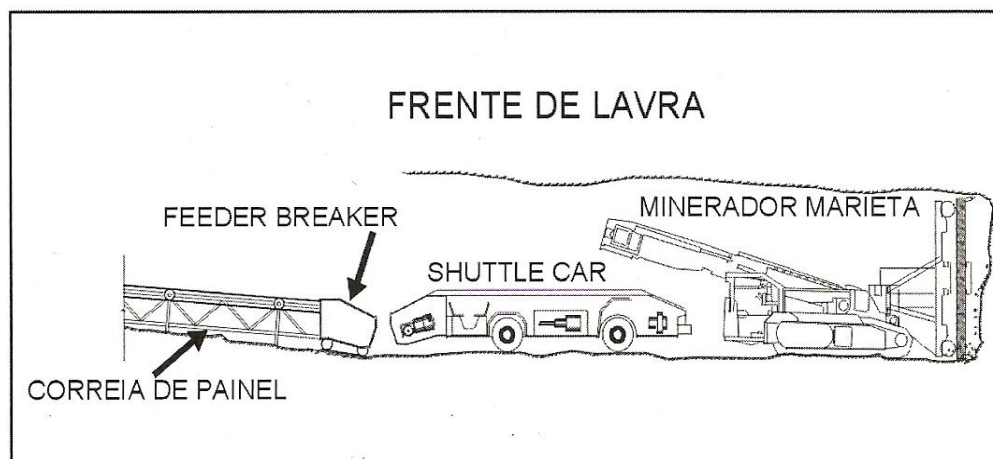


Figura 06 – Processo de Lavra  
Fonte: Vale (2011)

Os transportadores de correias são responsáveis pelo escoamento da produção nas frentes de lavra. O desempenho da produção depende diretamente da disponibilidade e bom desempenho do sistema de correias, pois a parada destes equipamentos provoca também a parada da produção nos painéis de lavra, provocando uma descontinuidade operacional no processo.

Na Figura 07, verifica-se um fluxograma no qual é possível contextualizar o problema. Verifica-se, através do fluxograma, que a produção se torna inviável sem a operação deste sistema, pois é através dele que a produção é transportada em larga escala das frentes de lavra para os silos. Atualmente, existem em operação aproximadamente 15 km de correias na mina. Estes equipamentos são importantes para manter o fluxo constante da produção e não impactar negativamente os resultados operacionais da empresa.

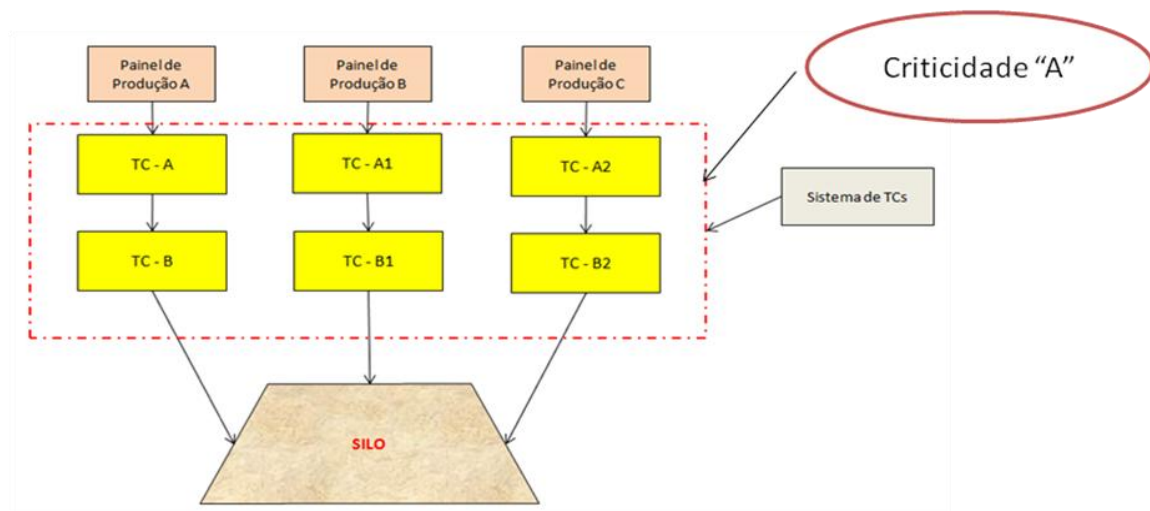


Figura 07 – Fluxo de TC's na mina  
Fonte: Adaptado da Vale (2011)

Para o processo produtivo, as correias são equipamentos classe A, de acordo com a classificação de criticidade. Estes são equipamentos que precisam operar com toda a capacidade disponível e parar o menor tempo possível para intervenções. A manutenção, que é a responsável pela disponibilidade e a conservação dos equipamentos no processo, tem por objetivo otimizar a utilização dos recursos para que o equipamento seja utilizado plenamente.

## 4.2 Disponibilidade do Sistema de Correias

A disponibilidade é o principal produto da manutenção, o objetivo é maximizar este índice, para que a capacidade do equipamento seja utilizada plenamente. Os principais fatores que impactam no resultado da disponibilidade são:

números de falhas, tempo demandado para o reparo das falhas e os métodos de manutenção.

No Gráfico 01, é possível visualizar o comportamento da disponibilidade do sistema de correias entre o período de 2007 a 2011. Vale destacar que no período de 2007 a 2010 os resultados da disponibilidade decresceram. A disponibilidade é um indicador que mede o percentual de tempo em que o equipamento ou sistema esteve disponível para a operação. A gestão da manutenção é a responsável pela garantia da disponibilidade dos equipamentos para o processo produtivo.

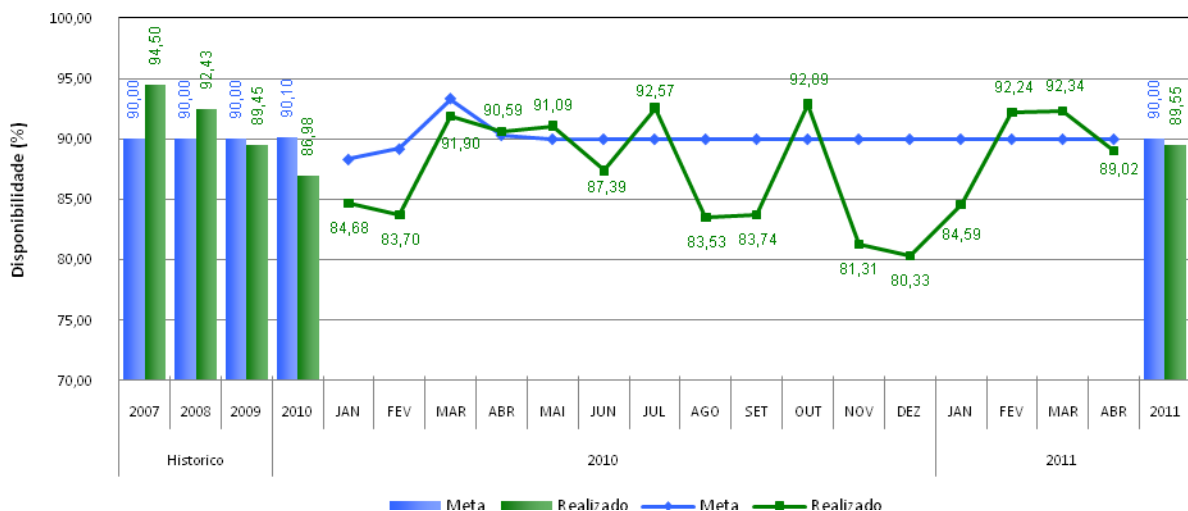


Gráfico 01 – Disponibilidade do Sistema de Correias  
Fonte: Vale (2011)

Para o sistema de TCs os dados apresentados no Gráfico 01 são preocupantes, pois demonstram que, em vez da manutenção maximizar o tempo em que o equipamento ficou disponível para a operação, observou-se o contrário, houve uma queda do indicador, impactando no resultado da produção.

Com o objetivo de melhor fundamentar a análise dos indicadores de manutenção, foram calculados os indicadores de MTBF, MTTR e Taxa de Falhas do sistema de TCs, referentes ao ano de 2010. Foi utilizado um banco de dados, no qual estão registradas todas as paradas do sistema para a realização de manutenção.

Analisando-se os dados de MTBF e MTTR nos Gráficos 02 e 03, respectivamente, que foram apurados no período de jan/2010 a abril/2011, verificou-

se que o sistema em estudo é um processo que pára constantemente para realização de manutenção corretiva, devido às falhas, e é rapidamente restabelecido. Para o período, a média registrada do MTBF foi de 7,75 horas, ou seja, a cada 7,75 horas ocorre uma parada no sistema, enquanto que o MTTR foi de 1,23 horas.

O sistema de TCs não dispõe de um histórico dos indicadores MTBF e MTTR, e, conseqüentemente, não são identificadas metas que permitissem comparar se os valores calculados para estes são aceitáveis. No entanto, realizou-se uma comparação com a média registrada, em 2010, para o sistema de mineradores do tipo Marieta que são responsáveis pelo desmonte da rocha no processo de produção. Essa comparação dos indicadores entre os dois sistemas (TCs e mineradores), pode ser razoável, tendo em vista que as condições operacionais as quais estão submetidos são as mesmas e levando em consideração que a confiabilidade dos equipamentos sofre influência destas condições.

Sendo assim, o conjunto dos mineradores registrou em 2010 um MTBF de 23,08 horas, enquanto que o MTTR foi de 1,66 horas. Verifica-se que o valor de MTBF registrado para os mineradores é aproximadamente três vezes maior que o registrado pelo sistema de TCs o que evidencia o seu baixo desempenho ao longo do período.

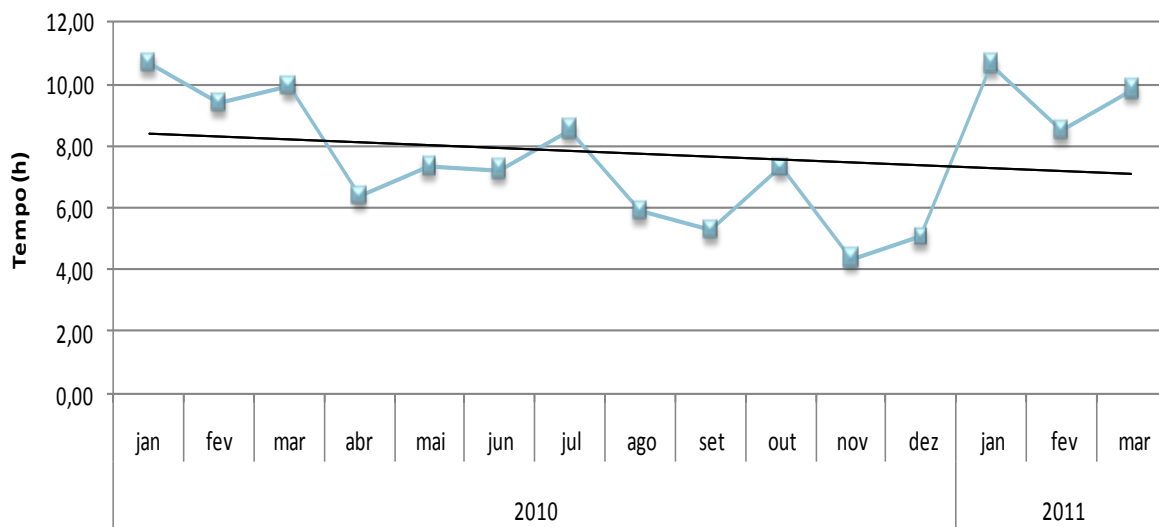


Gráfico 02 – Tempo médio entre falhas (MTBF) do Sistema de Correias

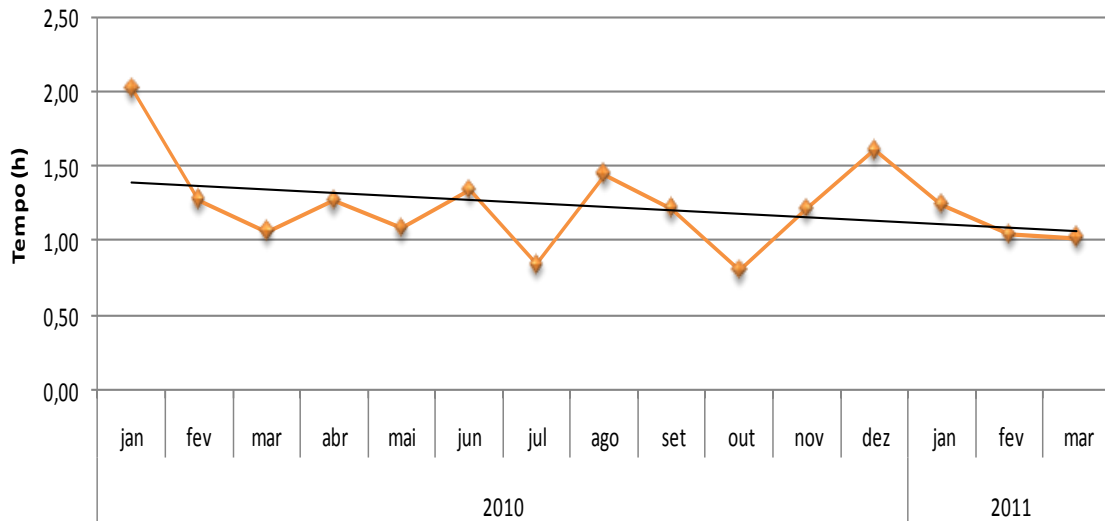


Gráfico 03 – Tempo médio para reparo (MTTR) do Sistema de Correias

O Gráfico 04 mostra o número de horas de manutenção corretiva realizadas por família de equipamentos no período de janeiro de 2010 a fevereiro de 2011. Ressalta-se que o número de horas exposto representa as horas de manutenção corretiva acumuladas do sistema de transportadores de correias (TCs).

Constata-se, através deste gráfico, que a família de equipamentos que mais interrompeu o processo produtivo no período analisado foi o dos TCs. Constatou-se que um dos motivos que fez com que o resultado da disponibilidade fosse insatisfatório foi o elevado número de horas em que o sistema esteve parado para a realização de manutenção corretiva; foram 6368 horas de parada totalizadas no período analisado.

Levando-se em consideração que a produção na mina opera 24 horas por dia e que no período analisado o sistema contou com 10176 horas para produção. Conclui-se que do total de tempo disponibilizado para operação 62,57% foram gastos com manutenção corretiva, é um número muito alto que resulta em aumento dos custos e o aumento do tempo indisponível para operação.

Como o processo produtivo na mina configura-se como um sistema em série, o desempenho abaixo do esperado de um componente do sistema resulta em parada de todo o processo. Conclui-se que no ano de 2010 o sistema de correias foi o que mais impactou no resultado da produção.

Outro dado importante que explica o elevado número de horas de manutenção corretiva ao longo do ano de 2010 é a taxa de falhas representada no Gráfico 05. Observa-se que ao longo do ano de 2010 a taxa de falha é crescente vindo a inverter a tendência em janeiro de 2011.

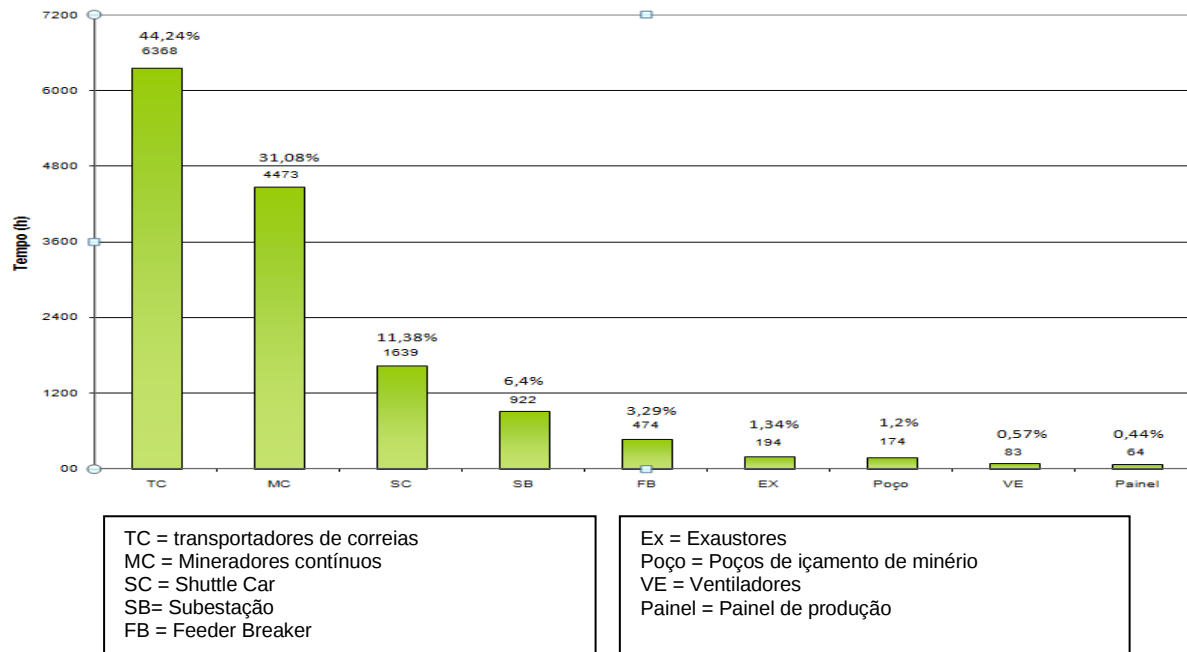


Gráfico 04 – Número de Horas de manutenção corretiva  
Fonte: Vale (2011)

Observa-se ainda no Gráfico 05 que em novembro de 2010 a taxa de falhas alcançou seu maior índice, contribuindo para que a disponibilidade atingisse neste mesmo mês 81,31% de disponibilidade, o segundo resultado mais baixo registrado na série histórica de 2010.

A taxa de falhas é um índice que pode ser utilizado para medir a confiabilidade de um sistema. Taxas de falhas crescentes revelam um sistema com baixa confiabilidade, e uma das medidas que pode ser tomada para melhorar este indicador é a adoção da manutenção preventiva, indicada para sistemas com taxas de falhas crescentes.

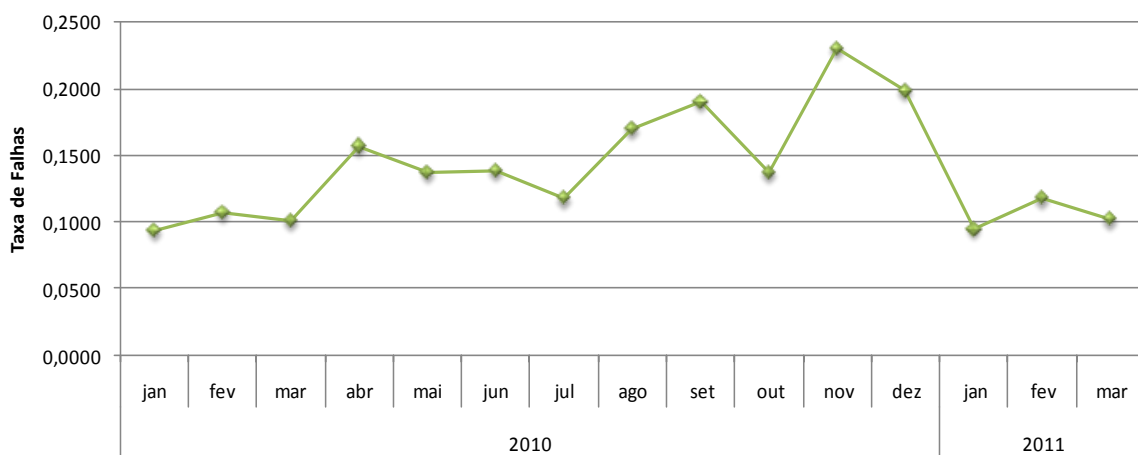


Gráfico 05 – Taxa de Falhas (número de falhas/hora)

### 4.3 Manutenção Preventiva no Sistema de Correias

O sistema de correias dispõe de um mapa de 52 semanas, documento no qual estão relatadas todas as manutenções preventivas que serão realizadas durante o ano. Na Figura 08 é possível visualizar o mapa de 52 semanas do sistema de TC. Verifica-se nesta figura que as colunas são utilizadas para registrar as semanas, enquanto que nas linhas estão os ativos que serão submetidos à manutenção preventiva. Este documento é de extrema importância para a manutenção, pois através dele é possível orçar os recursos humanos e materiais necessários para a realização da manutenção.

No sistema em estudo, verifica-se que no ano de 2010, aproximadamente 57% das atividades de manutenção preventiva planejadas não foram executadas. A meta admissível para este índice é de 15%. Pode-se concluir que o cancelamento destas atividades tem relação direta com o aumento da taxa de falhas ao longo do ano, ocasionando o aumento do tempo indisponível do equipamento para a operação e o aumento dos custos de manutenção.

|    |   |   | ABRIL |   |          |          |                          |          |          | MAIO     |          |          |          |          |          |          | JUNHO    |          |          |          |          |          |          | JULHO    |          |          |          |          |          |          | AGOSTO   |          |          |          |  |  |  | SETEMBRO |  |  |  |  |  |  |
|----|---|---|-------|---|----------|----------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|
| 7  | 8 | 9 | 10    | ▼ | Gerência | Ativo    | Modalidade de Manutenção | 28/03/11 | 04/04/11 | 11/04/11 | 18/04/11 | 25/04/11 | 02/05/11 | 09/05/11 | 16/05/11 | 23/05/11 | 30/05/11 | 06/06/11 | 13/06/11 | 20/06/11 | 27/06/11 | 04/07/11 | 11/07/11 | 18/07/11 | 25/07/11 | 01/08/11 | 08/08/11 | 15/08/11 | 22/08/11 | 29/08/11 | 05/09/11 | 12/09/11 | 19/09/11 | 26/09/11 |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
|    |   |   |       |   |          |          |                          | 13       | 14       | 15       | 16       | 17       | 18       | 19       | 20       | 21       | 22       | 23       | 24       | 25       | 26       | 27       | 28       | 29       | 30       | 31       | 32       | 33       | 34       | 35       | 36       | 37       | 38       | 39       |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 24 |   |   |       |   | GAFEW*   | 14TC01   | MECA*                    | X        |          | X        |          |          | X        |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 26 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC03   | MECA                     | X        |          | X        |          |          | X        |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 28 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC04   | MECA                     | X        |          | X        |          |          |          |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 30 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC05   | MECA                     |          |          | X        |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 32 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC12   | MECA                     | X        |          |          |          | X        |          |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 34 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC13   | MECA                     | X        |          | X        |          | X        |          |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 36 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC14   | MECA                     | X        |          |          |          | X        |          |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 38 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC15   | MECA                     | X        |          | X        |          |          | X        |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 40 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC15-1 | MECA                     | X        |          |          |          |          | X        |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 42 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC15RE | MECA                     |          |          |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 44 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC15S  | MECA                     |          |          |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |
| 46 |   |   |       |   | GAFEW    | 14TC16   | MECA                     | X        |          |          |          | X        |          |          |          |          | X        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |          |  |  |  |  |  |  |

\*MECA = Mecânico

\*GAFEW = Gerência de Fertilizantes

Figura 08 – Mapa de 52 Semanas do Sistema de TC

Fonte: Vale (2011)

#### 4.4 Backlog do Sistema de Correias

Analisando-se os índices de *backlog* ao longo de 2010 no Gráfico 06, verifica-se que entre os meses de julho e outubro o índice aumentou 155%, alcançando o maior valor em outubro. Verifica-se, também, que, neste período, houve um aumento considerável de abertura de ordem de serviços, o que ocasionou o aumento do indicador no período. Em 2010, a meta para este indicador foi de 30 dias; no entanto, o mesmo fechou com 63,72 dias. No ano de 2011, o indicador vem apresentando um resultado decrescente ao longo dos meses devido ao aumento de hh disponível para a execução dos serviços de manutenção.

Observa-se que em outubro de 2010 o índice de *backlog* alcançou seu maior resultado e, ao verificar a disponibilidade no mesmo mês, constatou-se que a mesma alcançou seu índice mais expressivo em 2010, chegando a fechar no mesmo mês com 92,89%. Este resultado é um resultado ótimo se for analisado isoladamente para avaliar a eficiência da gestão da manutenção. Porém, para o sistema objeto deste estudo, evidencia-se que a disponibilidade máxima foi alcançada devido aos cancelamentos das manutenções planejadas para o período, contribuindo para que o equipamento permanecesse maior tempo em operação.

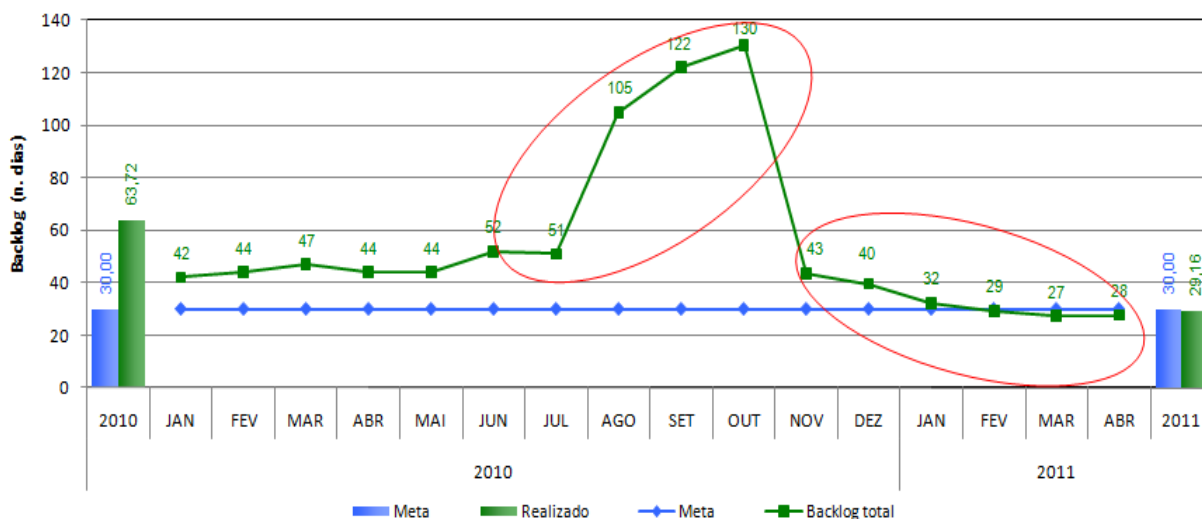


Gráfico 06 – *Backlog* do Sistema de Correias  
Fonte: Vale (2011)

Verifica-se também que o cancelamento das manutenções planejadas no mês de outubro de 2010 foi crucial para os resultados dos meses seguintes. Em novembro de 2010 a disponibilidade registrou o segundo pior resultado, obtendo

81,31% e em dezembro do mesmo ano alcançou o pior resultado ao longo de 2010, fechando em 80,33%. Com relação à taxa de falha no mesmo mês, registrou o resultado mais alto, fechando em 0,2304.

#### 4.5 Engenharia de Manutenção

Uma das atividades executadas pela engenharia de manutenção do sistema estudado é a análise de falhas ocorridas. O principal produto da análise de falhas é a geração de um plano de ação, no qual estão registradas as ações necessárias para bloquear as causas juntamente com os respectivos responsáveis.

Na Figura 09, visualiza-se uma planilha que é utilizada para controlar todas as ações que são geradas após a análise de falhas. Nesta planilha é registrada a ação a ser executada, bem como o responsável pela execução, e através do *status* é possível verificar se uma determinada ação está em atraso ou foi concluída.

Verifica-se no sistema estudado, que do total de 28 ações planejadas, 24 estavam com prazo para execução atrasado e apenas quatro estavam sendo executadas. É um dado preocupante, pois para que a falha não volte a ocorrer é preciso que as ações sejam executadas no prazo.



| PLANO DE AÇÃO RAF's*                        |         |                                                                                                                                         |                  |                         |             |                    |               |          |  |
|---------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|-------------|--------------------|---------------|----------|--|
| Nº do Registro da RAF                       | Semanal | Ação                                                                                                                                    | Responsável      | Gerência do Responsável | Data Limite | Data Reprogramação | Data Execução | Status   |  |
| 3.598 14TCF8J Rompimento da correia 14TCF8J | 38      | Analisar a necessidade de reavaliação de projeto (Repotenciamento)                                                                      | Marcelo Henrique | GAPAW                   | 30/11/2010  |                    |               | Atrasado |  |
| 3.598 14TCF8J Rompimento da correia 14TCF8J | 38      | Evidenciar com relatório a análise da reavaliação de projeto                                                                            | Marcelo Henrique | GAPAW                   | 30/11/2010  |                    |               | Atrasado |  |
| 3.598 14TCF8J Rompimento da correia 14TCF8J | 38      | Elabora procedimento para determinação do comprimento máximo para uma correia em função da sua potência e outros parâmetros (Conjugado) | Marcelo Henrique | GAPAW                   | 20/12/2010  |                    |               | Atrasado |  |
| 3.598 14TCF8J Rompimento da correia 14TCF8J | 38      | Apresentar procedimento para Supervisão e envolvidos ( Comprimento X Conjugado)                                                         | Marcelo Henrique | GAPAW                   | 20/12/2010  |                    |               | Atrasado |  |
| 3.598 14TCF8J Rompimento da correia 14TCF8J | 38      | Elaborar projeto para instalação de contrapeso para tensionamento da correia                                                            | Marcelo Henrique | GAPAW                   | 30/11/2010  |                    |               | Atrasado |  |

\*RAF = Relatório de Análise de Falhas

Figura 09 – Registro de Plano de Ação

Fonte: Vale (2011)

#### 4.6 Melhorias Implantadas no Sistema de TCs

Analisando-se todos os indicadores apresentados neste trabalho, observou-se que a partir do mês de dezembro de 2010 houve uma melhoria significativa nestes. A disponibilidade, que entre os meses de outubro de 2010 e dezembro do mesmo ano registrou uma variação de -13,5%, inverteu a tendência de baixa e entre os meses de dezembro de 2010 e fevereiro de 2011 a variação deste indicador foi de aproximadamente 14,82%. Outros indicadores como taxa de falhas, TMEF, TMPR e *backlog* apresentaram melhoras significativas.

Os dados apresentados no Gráfico 07 mostram a disponibilidade em hh (Homem-hora) por dia, para realização das atividades de manutenção no sistema em estudo. Verifica-se, através deste gráfico, que houve um incremento de hh no processo de manutenção a partir do mês de novembro de 2010, e esta ação foi tomada ao se constatar que a equipe de execução da manutenção era insuficiente para atender às demandas de serviços no sistema de TCs. Conclui-se que um dos principais motivos que contribuiu para que os índices registrados de manutenção preventiva cancelada alcançassem índices alarmantes foi o excesso de manutenção corretiva que ocorreu no sistema ao longo de 2010. Como a equipe de executantes não era suficiente, o sistema priorizava a execução das manutenções corretivas para colocar o processo em operação novamente e cancelava as intervenções preventivas do sistema.

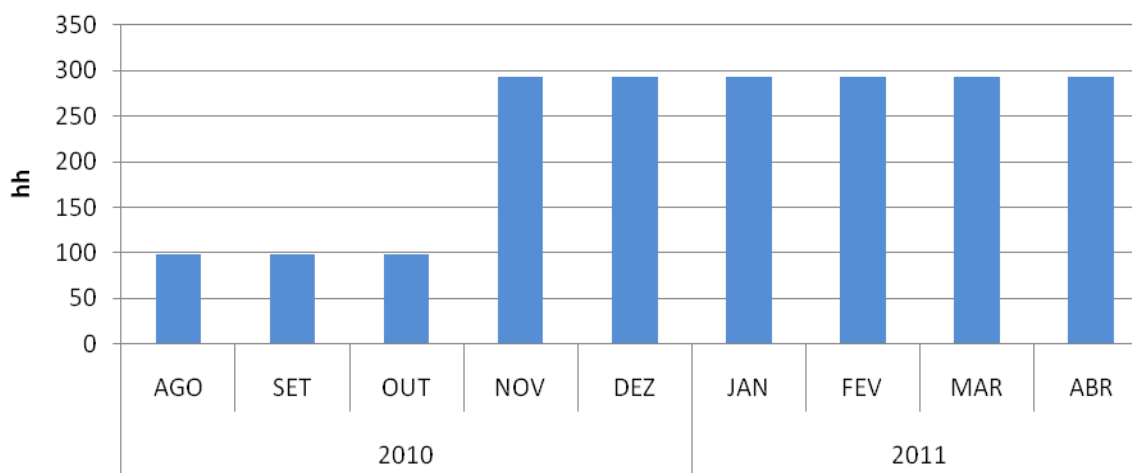


Gráfico 07 – Quantidade de hh disponível por dia  
Fonte: Vale (2011)

Propõe-se, para o sistema objeto deste estudo, a implementação dos indicadores de MTBF, MTTR e Taxa de Falhas no sistema de TCs, bem como a adoção de metas para estes, para que seja possível comparar se o sistema está alcançando os resultados objetivados pela empresa. A adoção dos indicadores sugeridos neste estudo poderá contribuir para que possa ser realizada uma análise mais consistente dos fatos e a correta identificação dos problemas enfrentados pelo sistema de TCs. Estes indicadores foram calculados neste trabalho e são instrumentos de análise fundamentais para direcionar a tomada de decisão dos gestores de manutenção.

Através dos dados de taxas de falhas do sistema de TC, calculados e apresentados neste estudo, verificou-se que o comportamento do indicador foi crescente ao longo do ano de 2010. Constata-se que, se este indicador fosse acompanhado periodicamente, ações poderiam ser tomadas para inverter esta tendência e aumentar a confiabilidade do sistema.

Outro importante indicador é o tempo médio entre falhas (MTBF). Através deste, torna-se possível avaliar o comportamento dos equipamentos diante das ações empreendidas pela manutenção, pois quanto maior for este indicador pode-se concluir que ocorreu uma redução do número de intervenções corretivas no sistema.

No entanto, outros indicadores poderão ser calculados e utilizados para contribuir para o entendimento dos problemas enfrentados pela empresa, ficando assim como sugestão para trabalhos futuros a utilização dos seguintes indicadores:

- Cálculo do *backlog* por especialidade, mecânica, elétrica, etc;
- Cálculo individual da disponibilidade de cada componente do sistema;
- Quantidade de hh aplicado por tipo de manutenção.

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados globais objetivados pelas empresas para serem alcançados, dependem do desempenho satisfatório das funções que constituem a mesma. A manutenção é uma das funções mais críticas, pois o impacto causado pela indisponibilidade dos equipamentos provoca a redução da produtividade e o aumento dos custos.

Para a manutenção continuar executando sua missão, é preciso acompanhar constantemente o desempenho dos equipamentos e também a efetividade na aplicação dos recursos humanos e materiais. A partir deste acompanhamento, será possível otimizar os processos e alcançar as metas definidas pelas empresas.

O presente trabalho buscou analisar a gestão da manutenção aplicada a um subsistema do processo de produção de Cloreto de Potássio, através de indicadores de manutenção utilizados pela organização no sistema de transportadores de correias. Foram calculados também outros indicadores, a partir de uma base de dados disponibilizada pela empresa, por retratar aspectos importantes do processo.

Através da avaliação dos indicadores de manutenção disponibilizados pela empresa, foi possível constatar que se trata de um sistema que nos últimos três anos ficou com a disponibilidade física dos equipamentos, principal indicador de eficiência da gestão da manutenção, abaixo da meta.

Foi possível também identificar, através da análise dos indicadores de manutenção, um dos principais problemas que estava ocorrendo na gestão da manutenção. Através da análise do indicador de *backlog* e observação do sistema, percebeu-se que o hh disponível era insuficiente para executar os serviços de manutenção. Desta forma, constatou-se que o sistema priorizava a execução das manutenções corretivas, as quais aumentaram constantemente no ano de 2010, não disponibilizando tempo para execução das intervenções preventivas.

Com os dados de taxas de falhas crescentes ao longo de 2010, percebeu-se que o sistema tinha baixa confiabilidade e, com os dados do tempo médio entre

falhas, verificou-se que ocorreu uma falha no sistema em intervalos relativamente curtos de tempo, aumentando assim o tempo de indisponibilidade do sistema.

Com o incremento de hh, a partir do mês de novembro de 2010, foram alcançadas melhoras significativas no sistema de transportadores de correias. Entre os meses de dezembro de 2010 e fevereiro de 2011, a disponibilidade obteve uma variação positiva, assim como o indicador de *backlog* entre os meses de outubro de 2010 e abril de 2011.

Apesar dos ganhos alcançados, percebeu-se que há muito que se fazer para garantir a sustentabilidade dos resultados. Um dos desafios que a engenharia de manutenção tem enfrentado é com relação ao cumprimento do plano de ação que é gerado após a conclusão das análises de falhas ocorridas no sistema.

Dessa forma, foi possível perceber a importância da adoção e utilização de indicadores de desempenho de manutenção para identificar oportunidades de melhorias em um processo industrial, o que poderá auxiliar em uma melhor tomada de decisão quanto à estratégia e à gestão de processos.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Evandro Arrais - **Produção de Potássio, Panorama no Brasil e do Mundo** – Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/agrominerais/livros/producaopotassio.pdf>> Acesso em: 27 abril 2011.

FACHIN, Odília – **Fundamentos de Metodologia** – São Paulo: Saraiva, 2003.

KARDEC, Alan; FLOURES, Joubert; SEIXAS, Eduardo – **Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho** – Rio de Janeiro: Qualitymark: Abraman, 2002.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio – **Manutenção Função Estratégica** – Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 2009.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso – **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade** – Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2001.

MENEZES, Ivan Montenegro; ALMEIDA, Magnus de Lellis. **Manual de Manutenção Industrial: Companhia Vale do Rio Doce**. Minas Gerais: Lettragrafíca. 2002.

SCAPIN, Carlos Alberto – **Análise Sistemática de Falhas** – Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial 1999.

TAVARES, Lourival Augusto – **Evolução da Manutenção (2005)** – Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/54619134/A-Evolucao-Manutencao>> Acesso em: 05 junho 2011.

VIANA, Hebert Garcia Viana – **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção** – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

VALE - **Sistema Intranet - Banco de Dados Mina Operação, 2011**

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippus. – **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho Para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade** – Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços. 2004.