



PITÁGORAS

ICAP – INSTITUTO SUPERIOR DE TECNOLOGIA

**ANÁLISE DE FALHA APLICADA A REDUTORES DE
VELOCIDADE COM PERDA DE LUBRIFICANTE POR
VAZAMENTO**

Rodrigo Araújo

São João Del Rei

Rodrigo Araújo

**ANÁLISE DE FALHA APLICADA A REDUTORES DE
VELOCIDADE COM PERDA DE LUBRIFICANTE POR
VAZAMENTO**

Monografia apresentada ao Curso de MBA
Gestão Estratégica em Manutenção, Produção e
Negócios – Rede Pitágoras de Ensino / ICAP
Instituto Superior de Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Evaldo Khater

São João Del Rei, julho 2011

DEDICATÓRIA

Dedico à realização deste projeto a minha família, por me apoiarem nas minhas escolhas e tomadas de decisões e por acreditarem no meu sucesso profissional.

AGRADECIMENTOS

*Agradeço a todos que me apoiaram na realização deste trabalho, em especial:
minha esposa Erika que entendeu minhas ausências
minha mãe e irmãos que sempre estiveram ao meu lado e acreditaram na minha capacidade,
mesmo nos momentos mais difíceis..
à MANSERV, Montagens e Manutenção Industrial, na figura de Sr Sergio Amauri,
ao amigo Luiz Flávio Gaspar, faculdade de mecânica ambulante.*

*"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."*

Bertolt Brecht

RESUMO

Existem várias metodologias, que servem para lidar com as mais diversas situações dentro de uma planta industrial. Este trabalho trata do uso de uma dessas técnicas, a “análise de falhas”. Para aplicá-la, é necessário saber lidar com dados obtidos a partir da observação de fenômenos, como por exemplo, a execução de um trabalho ou a utilização de um produto. A análise de falhas é um método bastante utilizado pelos profissionais da área de manutenção, é aplicada com o intuito de encontrar a causa raiz de um problema e definir ações a serem tomadas. Este trabalho apresenta uma revisão das principais metodologias utilizadas pela análise de falhas e um caso prático de aplicação que resultaram em adequações realizadas em redutores de velocidade que apresentavam problemas críticos de perda de lubrificante por vazamentos.

ABSTRACT

There are a lot of methodologies that are useful to deal with a large number of situations in a layout. This report is about the use of one of these techniques, the “analysis of failures”. To use it, is necessary to know how to deal with the data obtained through the observation of phenomenon, such as , doing a work or using a product. The analysis of failures is a professional well used method in the area of maintenance, is applied with the purpose to find the root cause of a problem and to define actions that need to be done. This report shows one review of the most important methodologies used by the analysis of failures and a practical case of application which resulted in an adaptation achieved in speed reducer that showed crucial loss of lubricant leakage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática, um item passível de manutenção	6
Figura 2 – Fases de seleção de um problema / falha.	7
Figura 3 – Ciclo PDCA de gerenciamento para melhoria da qualidade e produtividade.	9
Figura 4 - Diagrama espinha de peixe (causa-efeito).	15
Figura 5 – Representação ilustrativa conjunto motor / redutor. Fonte; Catálogo do Fabricante.	17
Figura 6 – Superfície com ampliação em destaque, evidência de picos e vales.	19
Figura 7 – Superfícies em contato e movimento surgimento de microsoldas devido ao calor gerado pelo atrito.	21
Figura 8 – Redutor FALK modelo 1080 YF1.	22
Figura 9 – Análise diagrama causa e efeito.	23
Figura 10 – Análise 5 Porque's.	24
Figura 11 – Desenho da tampa do redutor modelo FALK 1080 com as modificações realizadas.	25
Figura 12 – Modificação da tampa do redutor.	26
Figura 13 – Furo para lubrificação externa do retentor, usinado na parte superior da tampa.	26
Figura 14 – Pontos de lubrificação dos retentores.	27
Figura 15 – Teste do redutor.	28
Figura 16 – Detalhe das tampas montadas sem o retentor, simulado o funcionamento do redutor por 46 horas.	28

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
EPÍGRAFE	v
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
SUMÁRIO	ix
1- INTRODUÇÃO	1
1.1 - OBJETIVOS	3
1.2 - JUSTIFICATIVA	3
1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 - CONSTATAÇÕES DO MUNDO EMPRESARIAL MODERNO	5
2.2 - FERRAMENTAS APLICADAS À ANÁLISE DE FALHA	6
2.2.1- PDCA	8
2.2.2 - O MÉTODO DE ANÁLISE DE PARETO	11
2.2.3 - BRAINSTORMING	12
2.2.4 - DIAGRAMA CAUSA-EFEITO	14
2.2.5 - PROGRAMA 5 WHY`S	15
2.2.6 - ANALISES DE FALHAS	16
2.3 - REDUTORES DE VELOCIDADE	17
2.4 - O CONTATO DE SUPERFÍCIES E A LUBRIFICAÇÃO	19
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	22
4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5 - CONCLUSÕES	30
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Atualmente a sociedade passa por um período de grandes transformações estruturais nas áreas empresarial, econômica, política, cultural e comportamental (BRESSAN, 2004). O que implica na necessidade de um processo de reestruturação produtiva, mais eficiente e confiável, com menos intervenções e maior autonomia. Uma atenção especial é então, dada a manutenção que em alguns segmentos, passa ser o diferencial e a garantia de sobrevivência no mercado, técnicas e metodologias são readaptadas e aplicadas a todo instante para garantir confiabilidade dos equipamentos. A viabilidade da produção está voltada para confecção de produtos com preços competitivos e qualidade compatível com demais concorrentes o que resulta em mercados mais exigentes, diversificados e sofisticados (KOTLER, 1999).

As empresas de classe mundial são aquelas que buscam a qualidade nos serviços e produtos de sua competência. Para atingir esta excelência, as empresas perseguem sempre inovações e procuram estar na vanguarda da aplicação da tecnologia no seu processo produtivo e, principalmente, na gestão do seu maior patrimônio, que são os seus colaboradores (SOUZA, 2003). Estas empresas buscam, ainda, nos departamentos de manutenção, os resultados positivos de desempenho do seu sistema produtivo para garantir ganhos em produtividade e qualidade, simultaneamente a uma redução de custos de manutenção. O setor de manutenção visto simplesmente como prestador de serviços para o setor de produção constitui uma idéia ultrapassada, desta forma, a manutenção passa a ser considerada como uma função estratégica, que agrega valor ao produto (SOUZA, 2003).

Segundo Oribe (2008), diretor de projetos da Qualypro, inovações tecnológicas caminham a passos largos e a competição é cada vez mais acirrada. Para enfrentar essas ondas sucessivas de mudança, as empresas necessitam cada vez mais de pessoas dotadas de capacidade de resolver problemas e de técnicas que auxiliam a tomada de decisões e norteie as ações. Habilidade de resolver problemas não é uma característica nata num seleto grupo de pessoas. É o resultado acumulado de ações individuais, moldadas e aprimoradas através de anos de repetidas experiências e estudos, assim novos métodos

são criados, desenvolvidos e aprimorados com intuito de resolver problemas no menor prazo e ao menor custo.

Dentre as práticas adotadas pelas empresas de classe mundial, como forma de garantir a sua competitividade e a conseqüente perpetuação no mercado, está a prática da metodologia RCM (Reliability Centered Maintenance) Manutenção Centrada em Confiabilidade que em resumo, constitui uma análise criteriosa de falhas. A RCM teve sua origem na década de 60, na indústria aeronáutica americana. Desde então, vem sendo aplicada com sucesso por muitos anos, primeiramente na indústria aeronáutica e, mais tarde, nas usinas nucleares, refinarias de petróleo, automobilística e muitas outras áreas (RAUSAND, 1998).

A análise de falha é uma metodologia bastante recorrida para solucionar problemas de quebra de equipamentos e ou falta de eficiência produtiva. Tem aplicação voltada para garantir confiabilidade e continuidade operacional de plantas industriais. Investimentos nas equipes de manutenção como treinamentos, planejamento de manutenção, implantação de estratégias e metodologias específicas, tem apresentado resultados que implica diretamente em aumento da disponibilidade, o que permite um aumento de produção (NASCIFF, 2000).

Este trabalho apresenta uma revisão das técnicas utilizadas em análise de falhas e um caso prático de aplicação e uso dessas ferramentas para auxiliar a gestão e execução de uma manutenção eficaz. Para tanto, um equipamento é estudado em específico, trata-se de redutores de velocidade, muito comum nos mais diversificados ramos industriais. A metodologia de “análise de falha” foi aplicada à redutores que apresentavam problemas críticos de perda de lubrificante por vazamentos, equipamentos instalados no CMT, Complexo de Mineração de Tapira – MG, unidade da Vale Fertilizantes. Redutores de velocidade são muito comuns nos mais diversificados ramos industriais, e devido essa enorme gama de aplicações e variedades, são alvos constantes de estudos e pesquisas. Dentre os problemas mais comuns, as perdas de lubrificante por vazamentos merecem destaque, geralmente ocorrem devido à danos ou desgastes nos retentores e eixos. A falta de lubrificante pode causar uma série de avarias em equipamentos mecânicos, desde perda de produção, demanda prematura de manutenção e até mesmo contaminações ambientais. As adequações propostas resultaram em melhorias significativas na contenção de vazamentos, eliminando a possibilidade de

perda de lubrificante através dos eixos de entrada e saída e quando aplicável nos eixos do freio contra recuo e da ventoinha.

A melhoria da qualidade da manutenção implica decisões baseadas em fatos reais que só é possível, mediante a utilização de ferramentas que permitam quantificar e qualificar a informação gerada. A lógica nesta temática é que o produto final corresponde à soma total de diversos pequenos pontos passivos de melhoria, distribuídos pelo ciclo do processo ou equipamento analisado. O objetivo principal é atingir níveis mais altos na qualidade do produto ou serviço, exigindo assim um contínuo acompanhamento, controle e melhoria dos respectivos processos.

1.2 – OBJETIVO

Este trabalho objetiva investigar as técnicas ou metodologias utilizadas pelas empresas na busca do melhor rendimento produtivo, visa expor de forma sucinta os conceitos envolvidos na aplicação da metodologia de análise de falhas voltadas para garantir a qualidade dos serviços prestados na área de recuperação de equipamentos. Objetiva disponibilizar informações relativas à evolução, controle, gerenciamento e execução da manutenção. Expor um exemplo prático de aplicação da metodologia apresentada para sanar problemas de perda de lubrificante por vazamentos em redutores.

1.3 – JUSTIFICATIVA

As perdas de produção referentes à quebra de equipamentos e ou processos deficientes estão entre os problemas mais agravantes e de maior atenção nos mais diversos ramos industriais. Diante disso, conhecer e fazer uso de recursos que se apresentam como soluções é de extrema importância para garantir continuidade operacional e confiabilidade de plantas industriais. A escolha do tema se deu em função do conhecimento prévio, da experiência profissional adquirida e principalmente pela importância do assunto abordado, que gera dúvidas e até mesmo desconhecimentos do processo evolutivo de técnicas capazes de auxiliar na identificação, análise e solução de falhas em equipamentos e processos de produção.

1.4 – ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado de forma a atender a exigência do curso de Pós Graduação MBA, Gestão Estratégica em Manutenção, Produção e Negócios, instituição Pitágoras / ICAP Instituto Superior de Tecnologia. Para proporcionar uma leitura objetiva e concisa este documento é composto pelas seguintes partes:

Capítulo 1 – Introdução relata um breve contexto sobre questões e visões atuais das empresas relativo a manutenção. Apresentação da técnica de “análise de falhas” e do estudo de caso realizado neste trabalho. Expõe o objetivo e justificativa deste trabalho.

Capítulo 2 – Apresenta a revisão da literatura abordada, necessária para um melhor entendimento do assunto estudado. Neste capítulo é apresentada uma revisão das ferramentas utilizadas pela técnica de análise de falhas, informações sobre a importância da lubrificação e redutores de velocidade.

Capítulo 3 – Expõe o desenvolvimento, aplicação das técnicas de análises de falhas e as adequações realizadas nos redutores.

Capítulo 4 – Apresenta uma análise dos resultados obtidos, comentários e comparações com outros recursos disponíveis no mercado.

Capítulo 5 – Neste capítulo estão sintetizadas as considerações extraídas dos resultados e as principais conclusões do trabalho.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – CONSTATAÇÕES DO MUNDO EMPRESARIAL MODERNO

Nunca as pessoas foram tão pressionadas por resultados e pela melhoria contínua, existe uma infinidade de técnicas para resolver todo tipo de problema, onde escolher a mais adequada passou a ser o problema. Segundo Oribe (2008), mais de 90 % dos problemas são repetitivos, quase sempre eles voltam com uma cara nova ou num lugar diferente. Uma análise criteriosa dos modos de falhas aponta defeitos ou situações que em muitos casos eram despercebidas ou ignoradas. Apesar das medições, controles e indicadores, as decisões estão muito calcadas na subjetividade, devido principalmente aos escassos recursos humanos disponíveis e ao elevado nível de incerteza conjuntural e mercadológica.

O contexto global organizacional atual é outro, quando comparado com de alguns anos atrás, não se pode administrar, produzir ou manter do mesmo jeito que era feito antes, pois não há tempo suficiente e a difusão dos recursos tecnológicos avança com velocidades extremamente rápidas. As pessoas parecem precisar de ferramentas novas para renovar as esperanças de que tudo pode ser resolvido. A síndrome da urgência tomou conta do ambiente organizacional de tal forma que um bom trabalho é um trabalho terminado, as pessoas vivem uma contradição histórica são ao mesmo tempo o maior problema e a maior solução para as falhas que ocorrem tanto nos equipamentos, processos quanto nas organizações.

Ponto de vista tradicional, falha é qualquer diferença entre uma situação desejada e a situação atual. Falha é, portanto, a não capacidade de atender a demanda total ou parcial, ou seja, um resultado indesejável do trabalho quando se compara o previsto com o real (MENDONÇA, 1994). São necessárias ações que corrijam e ou previnam a ocorrência de tais problemas. Com o aumento das exigências de mercado, diminui-se a tolerância aos erros, faz-se necessário um maior controle, exige-se confiabilidade e garantias

2.2 – FERRAMENTAS APLICADAS À ANÁLISE DE FALHA

Para obter resultado positivo de um estudo de análise de falhas primeiro são necessárias duas informações, uma referente a capacidade intrínseca do equipamento, ou seja, a capacidade operacional / produtiva e a outra é o que se pretende obter com o estudo, ou seja, o desempenho esperado, que nunca deve ultrapassar a capacidade do equipamento.

A metodologia determina o que deve ser feito para assegurar que o equipamento continue a fazer o que os seus usuários querem que ele faça, no seu contexto operacional. A proposta da manutenção é manter o equipamento com desempenho dentro da faixa que compreende a capacidade inicial e o desempenho esperado conforme esquema ilustrado na Figura 1.

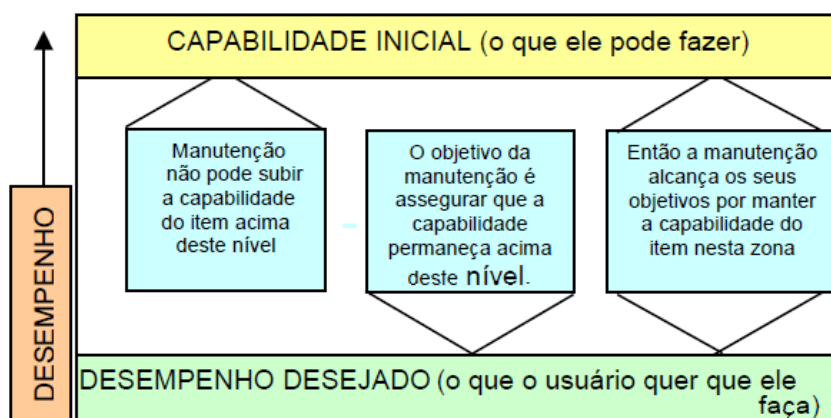


Figura 1 – Representação esquemática, um item passível de manutenção (MOUBRAY, 2000).

A solução de um problema é melhorar o resultado deficiente para um nível aceitável. As causas do problema são investigadas sob o ponto de vista dos fatos, e a relação de causa e efeito é analisada com detalhe. Decisões sem fundamentos, baseadas em imaginação ou cogitações teóricas, são estritamente evitadas, visto que tentativas de resolver problemas por tais decisões conduzem a direções erradas, resultando em falha ou atraso na melhoria. Para evitar a repetição dos fatores causais, são planejadas e implantadas contramedidas para o problema.

Na Figura 2, tem-se as cinco diferentes fases de investigação de um determinado problema e a ordem em devem ser tratadas.

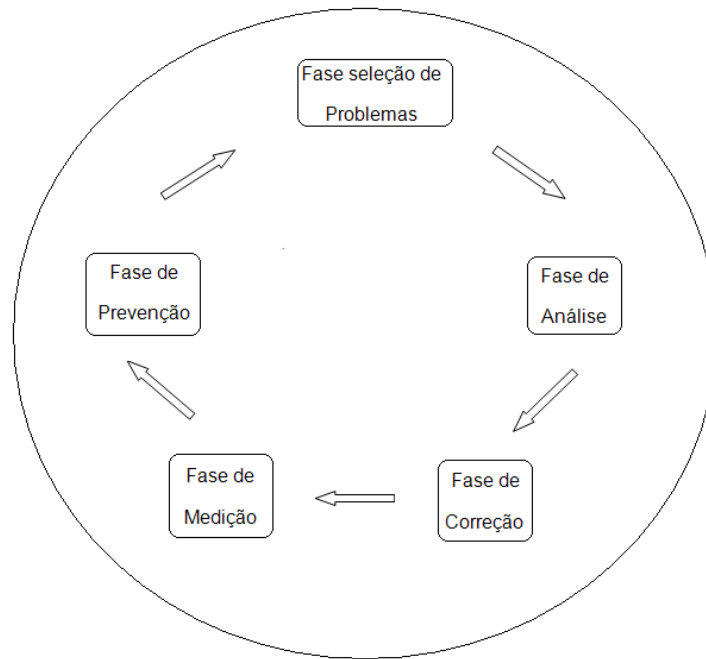


Figura 2 – Fases de seleção de um problema / falha.

- Fase de seleção do problema

A primeira fase do ciclo é a de selecionar o problema (ou oportunidade), que representa um gargalo ou um desperdício na área. Para poder iniciar o ciclo, a equipe deve fazer uma lista dos problemas em potencial. Depois deve colher dados que medirão a magnitude de cada problema. O passo mais importante para resolver um problema é reconhecer que você enfrenta um deles. O princípio de Pareto vai ajudar a determinar quais problemas devem ser resolvidos em primeiro lugar.

- Fase de análise

O próximo passo é fazer uma análise detalhada para obter o máximo de informações possíveis sobre o problema.

- Fase de correção

Uma vez que a causa real isto é, causa raiz do ponto falho tenha sido encontrada, a equipe estará pronta para desenvolver um plano que evitará permanentemente a repetição do problema ou no mínimo, o reduzirá a um nível compatível com as metas da equipe. Nessa fase pode ser utilizada a ferramenta 5W.

- Fase de medição

O impacto do plano de ação corretiva deve ser medido, de modo a termos certeza de que a solução realmente resolveu o problema. Se a solução não resolveu o problema ou o nível de correção for insatisfatório, a equipe deverá voltar ao início da fase de correção, para desenvolver abordagem alternativa. Se o plano for bem sucedido, a equipe deverá preparar um relatório resumido, descrevendo o problema, os métodos de correção e os ganhos de qualidade/custo/produzividade. Deverá também suspender qualquer ação temporária.

- Fase de prevenção

Após o problema ter sido resolvido, os membros da equipe, com ajuda do Conselho Orientador do Processo de Aperfeiçoamento, entrarão na fase de prevenção do ciclo de oportunidade. Durante esse estágio, deverão fazer uma revisão do conhecimento adquirido acerca do problema e então aplicá-lo ao resto das linhas de produção e/ou atividades da companhia, em condições semelhantes. Essa fase final do ciclo de oportunidade permite que a experiência adquirida em um único problema possa ser aplicada à solução global. O objetivo dessa fase é alterar os sistemas de forma que o problema possa ser eliminado definitivamente das atividades futuras.

2.2.1 – PDCA

O Ciclo de Deming, PDCA, tem por finalidade precípua o desenvolvimento de conhecimento organizacional como forma de possibilitar a melhoria contínua, é uma ferramenta de qualidade que facilita a tomada de decisões visando garantir o alcance das metas, embora simples, representa um avanço sem limites para o planejamento eficaz. O controle de processos deve ser conduzido de forma sistêmica através da metodologia do PDCA, a qual se constitui num instrumento de gerenciamento das atividades de uma empresa em todos os níveis. Este ciclo pode ser representado basicamente pelos seguintes passos ilustrados na Figura 3.

- a) Planejamento (P=Plan): constitui a fase onde se procura estabelecer metas sobre itens de controle definidos e os métodos de se atingir as metas.

- b) Execução (D=Do): constitui a fase onde os colaboradores são treinados na metodologia e depois vão executar as atividades programadas.
- c) Verificação (C=Check-list): fase onde se procura verificar as informações coletadas no item anterior e como se compara com o resultado previsto, através da meta estabelecida. É verificado ao final de cada etapa se o que foi desenvolvido está de acordo com o planejado;
- d) Atuação corretiva (A=Action): fase onde se verifica o erro e tomam-se as medidas necessárias para que o problema não volte a ocorrer.

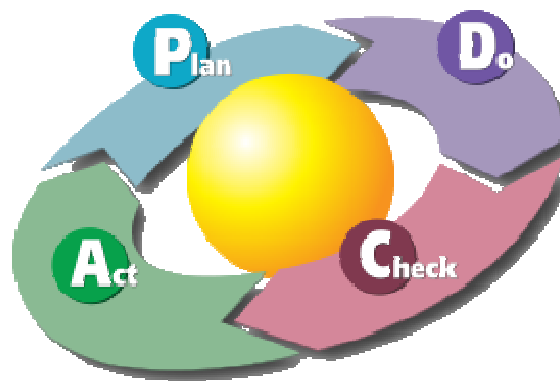


Figura 3 – Ciclo PDCA de gerenciamento para melhoria da qualidade e produtividade.

- Planejar:

O planejamento começa pela análise do processo. Várias atividades são realizadas para fazermos uma análise eficaz:

- _ Levantamento de fatos
- _ Levantamento de dados
- _ Elaboração do fluxo do processo
- _ Identificação dos itens de controle
- _ Elaboração de uma análise de causa e efeito
- _ Colocação dos dados sobre os itens de controle
- _ Análise dos dados
- _ Estabelecimento dos objetivos

A partir daí, é possível iniciar a elaboração de procedimentos que garantirão a execução dos processos de forma eficiente e eficaz.

- Fazer, Executar:

Nesta fase, colocam-se em prática o que os procedimentos determinam, mas para atingir sucesso, é preciso que as pessoas envolvidas sejam competentes. O treinamento vai habilitá-las a executar as atividades com eficácia. No contexto da melhoria da qualidade do atendimento, esses treinamentos podem acontecer em sessões grupais (na implantação ou reciclagem de um procedimento, por exemplo) ou no próprio posto de trabalho, ou seja, no local onde a atividade ou tarefa acontece.

- Checar, Verificar

É nesta fase que se verifica se os procedimentos foram claramente entendidos, se estão sendo corretamente executados e se a demonstração foi abstraída. Esta verificação deve ser contínua e pode ser efetuada tanto através de sua observação, quanto através do monitoramento dos índices de qualidade e produtividade. As auditorias internas de qualidade também são uma excelente ferramenta de verificação.

- Agir

Se durante a checagem ou verificação for encontrada alguma anormalidade, este será o momento de agir corretivamente, atacando as causas que impediram que o procedimento fosse executado conforme planejado. Assim que elas forem localizadas, as contramedidas deverão ser adotadas, isto é, as ações que vão evitar que o erro ocorra novamente. Em alguns casos, essas medidas podem virar normas, novos procedimentos, padrões, etc.

O PDCA é um ciclo e, portanto, deve “rodar” continuamente. Para que “rode” de maneira eficaz, todas as fases devem acontecer. A supressão de uma fase causa prejuízos ao processo como um todo. Ao implementar o Ciclo PDCA, portanto, deve se evitar:

- Fazer sem planejar
- Definir as metas e não definir os métodos para atingi-las

- Definir metas e não preparar o pessoal para executá-las
- Fazer e não checar
- Planejar, fazer, checar e não agir corretivamente, quando necessário
- Parar após uma volta

Quando implementado corretamente, um verdadeiro processo de melhoria contínua se instala nos estabelecimentos.

2.2.2 – O MÉTODO DE ANÁLISE DE PARETO

O diagrama de Pareto é um recurso gráfico utilizado para estabelecer uma ordenação nas causas de problemas que devem ser sanadas. O método de Análise de Pareto, consiste em dividir grandes problemas em um grande número de problemas menores, separando-se os pouco vitais e os muito triviais. Desta forma torna-se mais fácil os colaboradores resolverem os problemas. O método de Análise de Pareto baseia-se fortemente em fatos e dados, podendo-se identificar os principais problemas e separar claramente que prioridades devem ser consideradas, ou seja, prioriza a ação que trará o melhor resultado.

O método de Análise de Pareto é desenvolvido em 5 etapas fundamentais, as quais são apresentadas a seguir:

a) identificação do problema - consiste em subdividir o problema em problemas menores até que se possa resolvê-los, utilizando-se o “Método de Soluções de Problemas” que consiste em:

- Identificar o problema claramente e ver sua importância;
- investigar as características específicas do problema;
- elaborar um plano para bloquear a causa;
- verificar se o problema foi bloqueado totalmente;
- elaborar a padronização para que não se tenha o risco do reaparecimento do problema;

b) estratificação - serve para mostrar a origem do problema. Consiste em dividir em várias causas. Para tal, deve-se fazer uma análise detalhada, utilizando-se de

algumas ferramentas, tais como: diagrama de Ishikawa, diagrama de relação, diagrama de árvore, etc. Usando-se estas ferramentas, deve-se fazer uma reunião para levantar os fatores responsáveis pela ocorrência dos problemas;

c) coleta de dados - feita a estratificação, deve-se elaborar uma planilha onde são colocados os dados levantados. Logo após, verifica-se o grau e importância de cada fator com base nos dados e fatos obtidos;

d) priorização com ajuda do diagrama de Pareto permite ilustrar, através de um gráfico, os itens mais importantes a que se deve dar prioridade. Neste gráfico, pode-se ver que a teoria desenvolvida por Pareto, onde “muitos itens são triviais e poucos são vitais”, é perfeitamente utilizável no âmbito das organizações;

2.2.3 – BRAINSTORMING

A técnica de Brainstorming possui inúmeras definições, mas o mais comum é o caminho para gerar idéias relacionadas a um tópico específico. Todas as técnicas gráficas são auxiliares do raciocínio, focalizam a atenção do usuário no aspecto mais importante do problema. Entretanto, é igualmente importante exercitar o raciocínio para englobar todos os aspectos do problema ou da solução deste. O

O *brainstorming* pode ser usado de duas formas:

1. Estruturado - Nesta forma, todas as pessoas do grupo devem dar uma idéia a cada rodada ou “passar” até que chegue a sua vez. Isto geralmente obriga até mesmo os tímidos a participarem, mas pode também criar certa pressão sobre a pessoa.

2. Não-estruturado - Nesta forma, os membros do grupo simplesmente dão as idéias conforme elas surgem em suas mentes. Isto tende a criar uma atmosfera mais relaxada, mas também há o risco de dominação pelos participantes mais extrovertidos.

Em ambos os métodos são aceitas as seguintes regras gerais:

Defina o problema

- Peça sugestões relacionadas com o problema mais importante
- Críticas de sugestões alheias não são permitidas

- Escreva todos os problemas no quadro
- Agrupe os problemas mais parecidos ou relacionados e então
- Reagrupe e liste-os em ordem de prioridade (os mais importantes no topo)

Crie o objetivo

- Inverta a definição do problema (é a solução)
- A solução do problema definido acima é o objetivo
- Defina o objetivo como a solução do problema
- Escreva o objetivo no quadro e então
- Lembre o grupo que eles, e não você, escolheram o objetivo

Defina o objetivo

- Explique a diferença entre uma meta e um objetivo
- O moderador deve estar ciente disso (um objetivo é mensurável, finito, e possui uma data de conclusão)
- Peça ao grupo para sugerir objetivos
- Escreva todas as sugestões no quadro
- Críticas de sugestões alheias não são permitidas
- Agrupe os objetivos mais parecidos ou relacionados
- Reagrupe e liste-os em ordem de prioridade e então
- Lembre o grupo que eles, e não você, criaram os objetivos mais importantes

Identifique os recursos e obstáculos

- Peça ao grupo para sugerir recursos e obstáculos
- Escreva todas as sugestões no quadro
- Críticas de sugestões alheias não são permitidas
- Agrupe todos os recursos mais parecidos ou relacionados
- Reagrupe e liste-os em ordem de prioridade (os mais importante em cima)
- Lembre o grupo que eles, e não você, criaram a lista
- Agrupe os obstáculos mais parecidos ou relacionados
- Reagrupe e liste-os em ordem de prioridade (os mais importante em cima) e então
- Lembre o grupo que eles, e não você, criaram a lista

Identifique a estratégia

- Peça o grupo para sugerir estratégias
- Escreva todas as sugestões no quadro
- Críticas de sugestões alheias não são permitidas
- Agrupe as estratégias mais parecidas ou relacionadas
- Reagrupe e liste-os em ordem de prioridade (os mais importante em cima)
- Lembre o grupo que eles, e não você, criaram a lista
- Escolha a estratégia que está no topo da lista

Resuma no quadro as decisões em grupo

- o problema
- a meta
- os objetivos
- os recursos
- os obstáculos e
- a estratégia

2.2.4 – DIAGRAMA CAUSA-EFEITO

É uma ferramenta utilizada quando se deseja identificar, explorar e ressaltar todas as causas possíveis de um problema ou condições específicas.

- Classificação do processo;
- Enumeração de causas.

As causas principais podem ser agrupadas em categorias, 6M, 4M, 4P...

6M → método; mão-de-obra; material; máquina; meio ambiente e medidas.

4M → máquina; material; mão-de-obra e método.

4P → planta; pessoal; procedimentos e políticas.

Como construir Diagramas de Causa e Efeito, exemplo Figura 4:

1. Estabeleça uma definição que descreva o problema de forma clara.

2. Encontre o maior número de possíveis causas para o problema, através de um brainstorming da equipe envolvida.

3. Construa o diagrama de causa e efeito.

I. Coloque o problema no quadro à direita.

II. Defina as categorias de causas mais apropriadas 6M, 4M, 4P, outras...

III. Aplique os resultados do brainstorming.

4. Análise.

I. Identifique as causas que aparecem repetidamente.

II. Obtenha consenso do grupo, ou utilize a técnica de votação.

III. Colete e analise dados para determinar a frequência relativa das causas mais prováveis e selecionar as causas de maior importância.

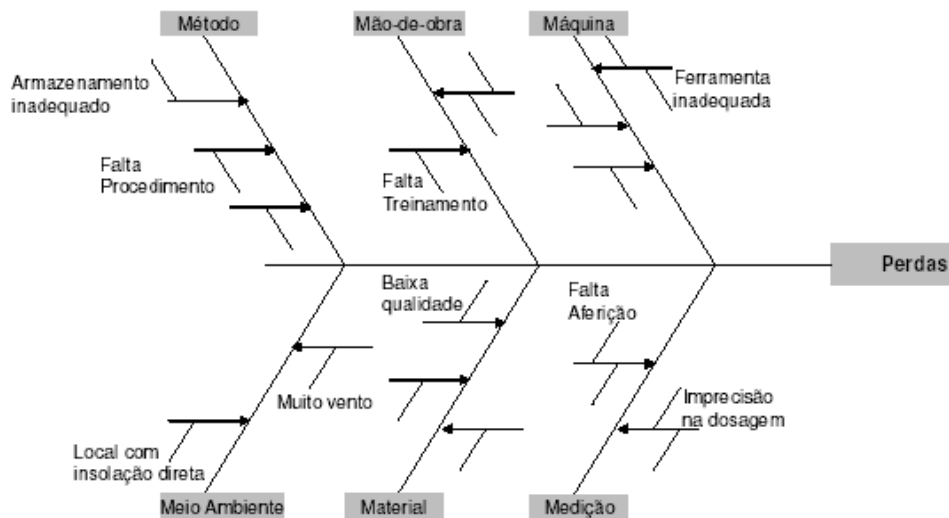


Figura 4 - Diagrama espinha de peixe (causa-efeito)

2.2.5 – PROGRAMA 5 WHY'S

O método dos “5 por quês?” é uma ferramenta de análise de problemas baseada na condução seqüenciada de perguntas, o que permite em no máximo 5 passos obter as

causas primárias, possibilitando alto potencial de retorno, em termos de detecção das causas.

Dada a sua utilização bastante abrangente, também é utilizado na análise de falhas em equipamentos. Nessas situações, esta ferramenta pode ser utilizada inclusive pelo próprio usuário do equipamento (operador ou técnico de manutenção), pois requer apenas o conhecimento das funções e componentes básicos do equipamento, assim como dos procedimentos rotineiros de operação e manutenção. Não requer maiores fundamentos acerca do projeto ou premissas de dimensionamento.

É importante que as suspeitas sejam investigadas no local do equipamento (in loco), de forma que possam ser confirmadas ou descartadas. Caso seja necessário ter o equipamento parado, programar uma oportunidade de inspeção. O método não é baseado em *brainstorming* e sim na investigação física da máquina, razão pela qual a análise não deve ser desenvolvida em escritório, mas dentro da planta, com participação dos operadores, sempre que possível.

2.2.6 – ANALISES DE FALHAS

O objetivo principal da análise de falhas é evitar novas falhas. A investigação deve determinar as causas básicas da falha e essa informação deve ser utilizada para permitir a introdução de ações corretivas que impeçam a repetição do problema. A função do componente ou do equipamento deve ser considerada na análise, uma vez que conceituamos falha como a ocasião em que o componente ou equipamento não é mais capaz de executar a sua função com segurança.

Notar que o defeito ocorrido no equipamento será considerado uma falha prematura quando ele acontecer antes do fim da vida útil para o modo de falha considerado, no caso de componentes com vida útil definida como critério de projeto. Defeitos ocorridos a qualquer tempo serão considerados falhas prematuras se ocorrerem por modos de falhas não consideradas no projeto ou em componentes com vida útil indefinida.

Analisar uma falha é interpretar as características de um sistema ou componente deteriorado para determinar porque ele não mais executa sua função com segurança.

Uma análise de falhas que não serve de subsídio para um conjunto de ações corretivas tem utilidade nula. Por outro lado, se não for possível determinar as causas físicas da falha não será possível introduzir melhorias no sistema.

Após esta breve revisão sobre as principais ferramentas utilizadas pela técnica de análise de falhas, como continuidade da revisão bibliográfica é apresentado uma explanação sobre o equipamento que é objeto de estudo deste trabalho “redutores” que demandavam constantes manutenções e reposição de óleo devido às perdas de lubrificante por vazamento. Trata-se de vazamentos considerados críticos, devido ao regime de trabalho, ambiente de instalação, tempo de uso e possibilidade inerente de contaminações. Também é ilustrado a função dos lubrificantes e a formação dos desgastes iniciais devido à falta ou lubrificação ineficiente.

2.3 – REDUTORES DE VELOCIDADE

Os equipamentos constituintes dos sistemas produtivos industriais são, geralmente, acionados por diferentes fontes motrizes, as mais comuns são os motores elétricos, mas essas fontes de movimento rotativo, frequentemente, fornecem velocidade de rotação muito acima das características necessárias à sua utilização nos diferentes processos industriais, assim surge a necessidade da aplicação de redutores de velocidade (FARIA, 2009), conforme ilustrado Figura 5.

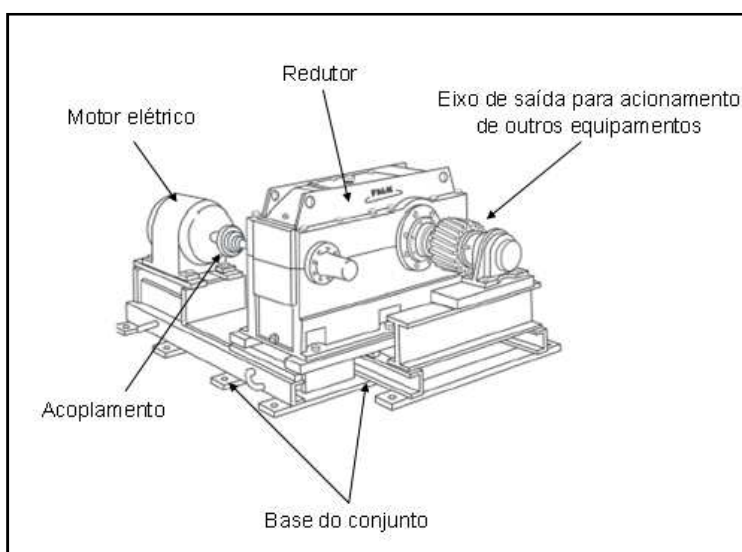


Figura 5 – Representação ilustrativa conjunto motor / redutor. Fonte; Catálogo do Fabricante <http://www.pticorp.com.br>

Redutores são equipamentos destinados a reduzir velocidade, transmitir movimentos e multiplicar torque. Basicamente são constituídos por uma carcaça soldada ou fundida, eixos, engrenagens, pinhões, rolamentos e retentores. O movimento de rotação é transmitido através de trens de engrenamento que permite obter as relações de transmissões que é o principal parâmetro para se iniciar a especificação de um redutor. Os componentes internos dos redutores que mais danificam são os rolamentos, retentores e dentes de engrenagens. Em condições normais, estes danos ocorrem por desgaste devido ao atrito, que é amenizado através do emprego dos óleos lubrificantes adequados a cada necessidade.

A preocupação com o desgaste destas superfícies é constante, diversas técnicas de manutenção preditiva são utilizadas, como por exemplo, a análise de partículas de desgaste. Esta análise é um forte indicador do real estado de desgaste dos componentes internos. A quantidade de partículas, tamanho, forma e composição fornecem informações precisas sobre as condições das superfícies em movimento sem a necessidade de se desmontar o conjunto a que pertencem. (TANNUS e GONÇALVES, 2004). De acordo com o estudo destas partículas pode se relacionar as situações de desgastes do conjunto e atribuí-las a condições físicas ou químicas. A análise de vibrações é outra técnica utilizada para se verificar o estado atual de máquinas e equipamentos em movimento. Um desbalanceamento em um componente de máquina pode causar desequilíbrios no sistema e resultar em aumento da força aplicada com conseqüente aumento da vibração. Segundo Tannus e Gonçalves 2004, a tendência atual é a utilização em conjunto das duas técnicas de manutenção preditiva que vinham sendo estudadas separadamente.

Em geral, os redutores são equipamentos que apresentam vida útil longa, fatores de segurança incorporados os protegem contra os rigores da maioria das aplicações. No entanto, apesar dessa proteção e da robustez podem ser avariados por falta de cuidado e má utilização. Demandam atenção especial principalmente quanto a vibrações, aquecimentos e ruídos, geralmente causados por especificação de trabalho inadequada, desalinhamento, contaminação do óleo, ou lubrificação insuficiente. Todo sistema ou equipamento mecânico está sujeito a processos de deterioração. Esta deterioração leva ao aparecimento de defeitos que podem afetar a continuidade e qualidade do serviço. Uma quebra não prevista traduz-se por uma parada brusca, geralmente levando a grandes prejuízos e a perda de tempo e de produção (LAGO e GONÇALVES, 2006).

Para correta especificação e aplicação de um redutor, o projeto deve conter informações a respeito dos equipamentos acionadores (motor) e acionados (máquina), tipo de acoplagens, elementos de transmissão, disposição dos eixos do redutor; montagem, potência instalada, torque, fator de serviço, capacidade térmica, rendimento do redutor; verificação de capacidade de carga radial e axial, e ainda informações sobre o local de instalação, ou seja, condições do ambiente, temperatura, exposição à intempéries naturais, agentes corrosivos, umidade, etc. É fundamental conhecer a capacidade do equipamento para assim poder estabelecer seu desempenho. Estas informações são essenciais para equipe que participará da análise de falhas.

2.4 – O CONTATO DE SUPERFÍCIES E A LUBRIFICAÇÃO

O aprimoramento dos processos de fabricação possibilitou surgimento de materiais de construção de maior resistência e confiabilidade. A aplicação de conceitos básicos da mecânica dos sólidos, da termodinâmica e de projetos inevitavelmente levou a busca de um maior conhecimento sobre atrito, desgaste e lubrificação (MARU, 2003). A lubrificação é um dos principais itens de manutenção de máquinas industriais e deve, portanto ser entendida e praticada para garantir um aumento da vida útil dos componentes.

Exames acurados do contorno de superfícies sólidas, feitas no microscópio eletrônico e por outros métodos de precisão, mostraram que é impossível, mesmo com os mais modernos processos de espelhamento, produzir uma superfície verdadeiramente lisa ou plana (PAULI e ULIANA, 1997). Ampliando-se uma pequena porção de uma superfície aparentemente lisa, temos a idéia perfeita de uma cadeia de montanhas, Figura 6.

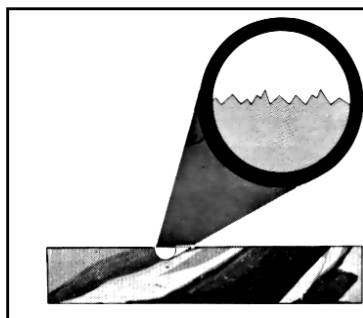


Figura 6 – Superfície com ampliação em destaque, evidência de picos e vales.

Supondo o contato entre dois dentes de engrenagens com superfícies aparentemente lisas, estas estarão em contato somente nos pontos salientes. Quanto maior for a carga, maior será o número de pontos em contato. Ao movimentar-se um dente sobre o outro haverá um desprendimento interno de calor nos pontos de contato. Devido à ação da pressão e da temperatura, estes pontos se soldam, conforme representado na Figura 7.

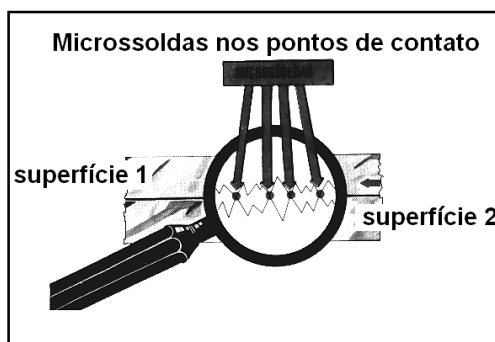


Figura 7 – Superfícies em contato e movimento surgimento de microsoldas devido ao calor gerado pelo atrito.

Para que o movimento continue, é necessário fazer uma força maior, a fim de romper estas pequeníssimas soldas. Com o rompimento das microsoldas, tem-se o desgaste metálico, pois algumas partículas de metal são arrastadas das superfícies das peças, caracterizando a contaminação do óleo. Quando os pontos de contato formam soldas mais profundas, pode ocorrer a grimpagem ou ruptura das peças. Uma vez que o atrito e o desgaste provêm do contato das superfícies, o melhor método para reduzi-los é manter as superfícies separadas, intercalando entre elas uma camada de lubrificante. Isto, fundamentalmente, constitui a lubrificação.

A lubrificação pode ser feita de muitas formas diferentes, dependendo da geometria dos corpos em contato, da aspereza e textura das superfícies deslizantes, da carga, da pressão e da temperatura, das velocidades de rolamento e escorregamento, das condições ambientais, das propriedades físicas e químicas do lubrificante, da composição material, e das propriedades da camada superficial das peças. Duas outras funções importantes dos lubrificantes são proteção contra corrosão e auxílio a vedação (LAGO, 2007). A falta de lubrificação causa uma série de problemas nas máquinas. Estes problemas podem ser enumerados, conforme a ocorrência, na seguinte seqüência,

aumento do atrito; aumento do desgaste; aquecimento; dilatação das peças; desalinhamento; ruídos; grimpagem e ruptura dos componentes. Uma lubrificação incorreta ou ineficiente, ou mesmo a utilização de lubrificantes com características e propriedades inadequadas, pode ocasionar sérios danos ao equipamento que se está lubrificando, podendo gerar desde uma avaria até um travamento das mesmas e a sua conseqüente inutilização.

Diante dos comentários anteriores fica claro a preocupação com a questão da lubrificação, conter perdas de lubrificantes oriundas de vazamentos é de extrema importância para as indústrias que além dos problemas já citados, podem ocasionar

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido em função da necessidade de sanar as constantes perdas de lubrificantes por vazamento nos eixos de entrada e saída de redutores de velocidade, utilizados para acionamentos de bombas de polpa, correias transportadoras, britadores, etc, equipamentos instalados no Complexo de Mineração de Tapira (CMT). Em geral todos têm a mesma característica construtiva, com diferenciações na potência, relação de redução, número de eixos intermediários e tamanhos de carcaça.

As modificações foram realizadas na oficina MANSERV, empresa prestadora de serviços, responsável pela manutenção em subconjuntos mecânicos e elétricos instalados no CMT. Foi utilizado para projeto piloto um redutor FALK modelo 1080 YF, Figura 8, instalado na bomba de polpa TAG TA-14.23.06. Todas as ações implementadas utilizaram os recursos próprios, oficinas de usinagem e de montagem mecânica, MANSERV, não houve necessidade envolver mão de obra ou fornecedores externos. As atividades forma desenvolvidas conforme cronograma apresentado na Tabela 1.



Figura 8 – Redutor FALK modelo 1080 YF1. Fonte; Catálogo do Fabricante

<http://www.pticorp.com.br>

Tabela 1- Cronograma das atividades.

ITEM	ATIVIDADE	DURAÇÃO (SEMANAS)					
		1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
1	identificação do problema	■	■				
2	coleta de dados		■	■	■		
3	levantamento das conseqüências				■	■	
4	identificação e análise das causas fundamentais				■	■	
5	teste de consistência					■	■
6	análise benefício x custo						■
7	conclusão						■
	LEGENDA: PLANEJADO ■ REALIZADO ■						

Após elaboração do cronograma, a equipe que participou da análise de falha definiu em comum acordo quais metodologias usar para este caso. Para análise e identificação das causas raízes dos constantes vazamentos, foi utilizado como ferramenta, o diagrama de causa e efeito e a técnica dos 5 porque's Figuras 9 e 10. Foram realizadas visitas aos locais de instalação e acompanhamento do trabalho das equipes de manutenção preditivas para auxiliar a captação de informações. Também foi acordado a realização de reuniões com finalidade de promover a melhoria contínua.

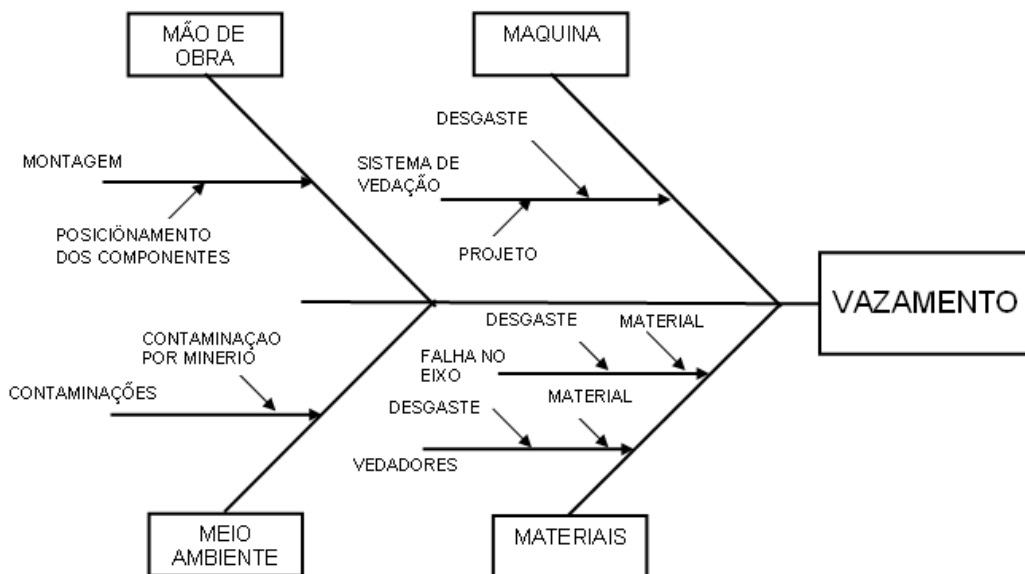


Figura 9 – Análise diagrama causa e efeito.

1° Round	⇩	2° Round	⇩	3° Round	⇩	4° Round	⇩	5° Round	⇩	Ação de Melhoria
Por quê?		Por quê?		Por quê?		Por quê?		Por quê?		
Constantes Vazamentos		Desgaste Retentor		Atrito		Lubrificação insuficiente				
Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input checked="" type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	
Desgaste Retentor	<input type="checkbox"/>	Atrito	<input type="checkbox"/>	Lubrificação insuficiente	<input type="checkbox"/>	Mesma para todas	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Por quê?		Por quê?		Por quê?		Por quê?		Por quê?		Adequar sistema de vedação
Constantes Vazamentos		Falha Sistema Vedação		Falha projeto						
Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	
Falha Sistema Vedação	<input type="checkbox"/>	Falha projeto	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Por quê?		Por quê?		Por quê?		Por quê?		Por quê?		
Constantes Vazamentos		Contaminações por minério								
Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input checked="" type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	Porque	<input type="checkbox"/>	
Contaminações por minério	<input type="checkbox"/>	Análise de óleo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Figura 10 – Análise 5 Porque's.

Baseado nos resultados apresentados após aplicação e análise do diagrama de Ishikawa e técnica dos 5 “Porques” tem-se como causas mais prováveis de vazamentos, o desgaste do retentor, projeto do sistema de vedação e contaminações dos retentores por minério. Diante dos dados apresentados foram definidos os pontos de melhoria e realizadas algumas modificações nos sistemas de vedação e lubrificação do redutor.

Para adequar os novos pacotes de vedação e lubrificação, foram feitas modificações nas tampas do eixo de entrada, de saída, quando aplicável nas tampas do eixo da ventoinha e do freio contra recuo e na carcaça do redutor, conforme desenho apresentado na Figura 11.

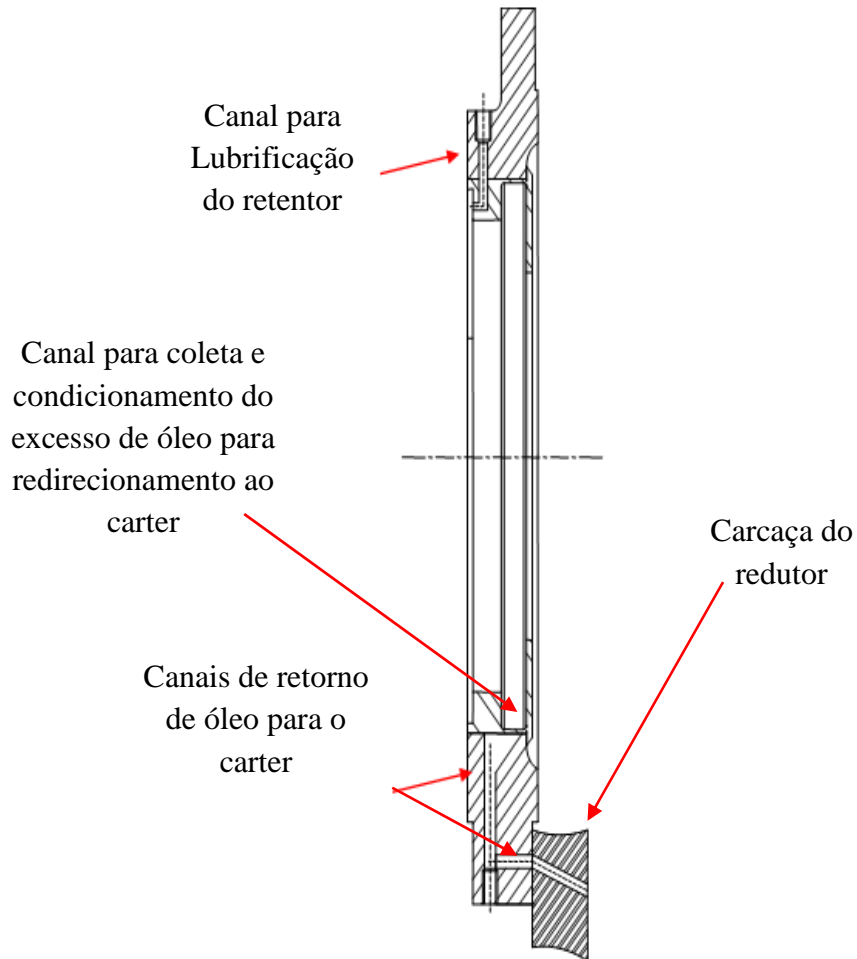


Figura 11 – Desenho da tampa do redutor modelo FALK 1080 com as modificações realizadas.

Foi realizado um experimento para avaliar a condição em que o óleo atinge o retentor durante funcionamento do redutor. Foi usinado um furo na face lateral do retentor e instalado uma válvula com medidor de pressão. O redutor foi acionado e verificou-se a condição mencionada, e assim reforçou o interesse em diminuir esta incidência de óleo diretamente no retentor. Percebido também que o estado de conservação do eixo na região dos retentores também apresenta influências nos vazamentos. Na tampa foi prensado um disco que serve como barreira interna e proteção para o retentor, Figura 12.

Tem a finalidade de evitar que o óleo lubrificante atinja diretamente o retentor, ou seja, quebra a turbulência de escoamento do lubrificante, ameniza os danos causados ao retentor pelo contato com óleo sob pressão, gerada em condições normais de trabalho.

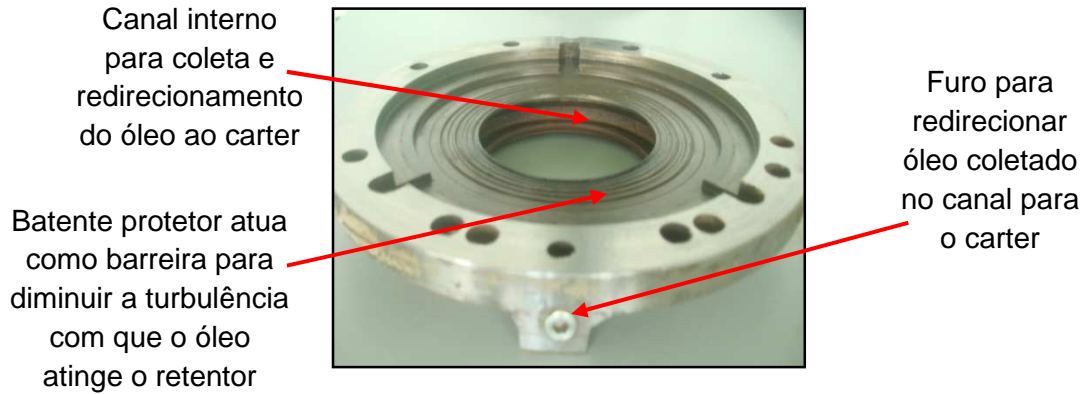


Figura 12 – Modificação da tampa

No disco prensado na tampa foi usinado um canal conforme Figura 11, para condicionar e coletar o óleo que seria incidido diretamente no retentor. Dentro do canal, na região inferior foi usinado um furo para redirecionar o óleo contido no canal para o dentro do redutor Figura 11. Alinhado a este furo, também foi usinado na carcaça do redutor um furo para permitir que este óleo retorne ao carter do redutor, conforme detalhe Figura 11. Com a instalação do batente na tampa ocorreu um inconveniente, a queima prematura do retentor. A quantidade de óleo que chegava ao retentor não era suficiente para lubrificá-lo. Então, como solução partiu-se para uma lubrificação realizada externamente, foi usinado na parte superior da tampa um furo para lubrificação externa do retentor, Figura 13.

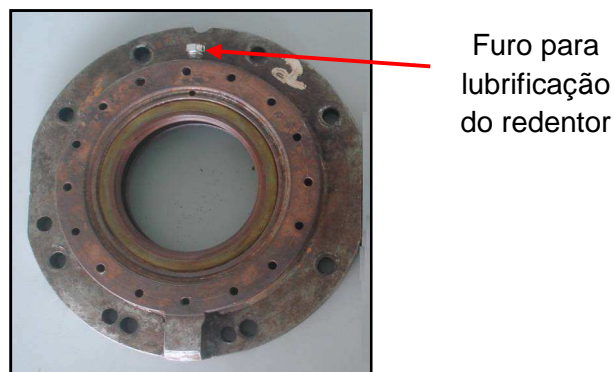


Figura 13 – Furo para lubrificação externa do retentor, usinado na parte superior da tampa.

Para facilitar a lubrificação foi instalado uma mangueira para acesso aos furos de lubrificação das tampas dos eixos de alta e baixa rotação. O ponto de aplicação do lubrificante foi deslocado para frente do redutor, região que oferece maior segurança para operador e permite a execução da lubrificação sem a necessidade de parada do equipamento, conforme Figura 14.

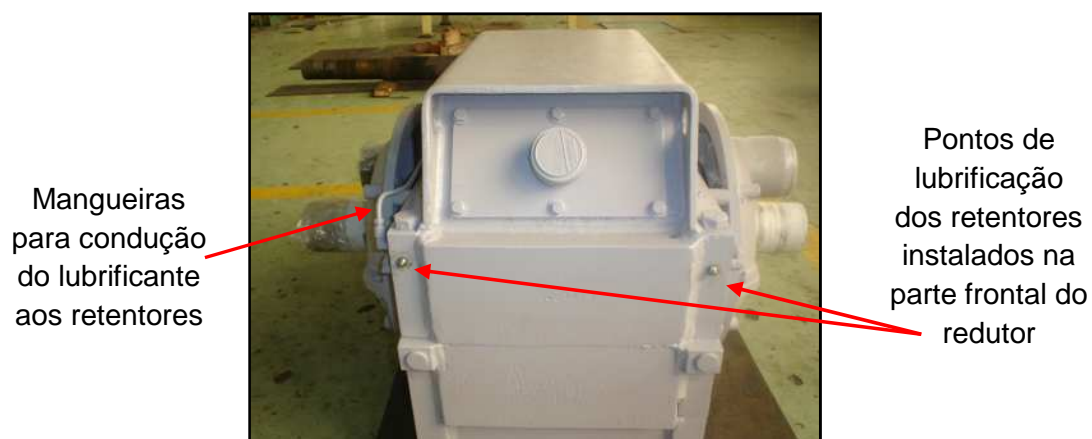


Figura 14 – Pontos de lubrificação dos retentores.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizado um teste na oficina para avaliar o resultado e o comportamento do redutor após a conclusão das modificações. Com auxílio de um motor elétrico o redutor foi acionado e simulado as condições de trabalho, Figura 15. O redutor permaneceu em teste por 46 horas, não foi constatada nenhuma anomalia no funcionamento, níveis de ruídos e temperatura normais.



Figura 15 – Teste do redutor

Observação, para realização deste teste as tampas foram montadas sem retentores conforme Figura 16, não foi detectado nenhum vazamento. No canal usinado notou-se a formação de um filme de óleo que atuou como uma camada de vedação, impedindo a passagem de lubrificante.

Tampas montadas sem o retentor durante execução dos testes



Figura 16 – Detalhe das tampas montadas sem o retentor, simulado o funcionamento do redutor por 46 horas.

Inicialmente as modificações foram propostas à redutores que apresentavam problemas crônicos de vazamentos, posteriormente foi estendida a todos redutores, realizada de forma gradativa, conforme necessidade de reparos. O projeto piloto foi realizado em 2006, atualmente tem-se mais de 30 unidades operando com o novo sistema de vedação e lubrificação, os redutores modificados não apresentaram problemas de perda de lubrificante por vazamento. As adequações realizadas no projeto piloto foram melhoradas e atualmente podem ser aplicada a vários tipos de redutores de diferentes fabricantes e em alguns casos não há a necessidade de remoção do redutor para oficina, modificações realizadas em campo. O sistema de lubrificação dos retentores também passou por melhorias e não há mais a necessidade de lubrificação externa, aumentou-se o diâmetro interno do disco prensando na tampa isto permitiu a passagem de uma quantidade maior de óleo do próprio redutor para o retentor, de forma a garantir a lubrificação mínima necessária para não se danificá-lo por superaquecimento.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO

Diversas são as abordagens técnicas para a resolução de problemas. Como não existe ambiente sem problemas, o importante é saber como e qual técnica será usada e aplicá-la corretamente. Independente do tipo de programa a ser utilizado é de vital importância não queimar etapas e principalmente não ignorar a opinião dos participantes do grupo, pois pode ser que uma idéia que aparentemente esteja errada, traga a solução de um ou vários problemas. Com a realização deste trabalho, podemos perceber a importância de se utilizar um bom programa para soluções de problemas não somente como profissional, como também na vida pessoal. Um problema não deve ser encarado como tal, e sim como uma oportunidade para fazer melhor e adquirir conhecimento e estímulo extra.

Foram claramente percebidos os resultados positivos alcançados após estudo de análise de falhas, as modificações propostas resolveram de forma satisfatória os problemas apresentados. Desta forma fica evidenciada a eficácia de ferramentas e metodologias utilizadas que direcionaram os pontos passivos de melhoria.

Devido ao longo período de aplicação e regimes de trabalho, alguns destes redutores apresentavam condições, que agravavam a incidência de perda de lubrificante por vazamento. O desgaste do eixo na região do retentor constitui um destes agravantes, o que também acelera o processo de degradação de retentores novos. Medidas alternativas como a metalização do eixo, a reconstituição por Devcom, e recuperação por processo de soldagem foram praticadas, mas sem o devido sucesso, todos estes processos não apresentaram resultados satisfatórios, pelo contrário em certos casos contribuíram para aumentar o vazamento. Uma série de danos podem ser apontados como conseqüências oriundas de vazamentos de lubrificantes, como a necessidade de intervenções para manutenção, o comprometimento da continuidade operacional, a integridade dos sobressalentes, contaminações ambientais e o próprio custo do óleo. Antes de passar pelas adequações no sistema de vedação e lubrificação, os equipamentos que apresentavam vazamentos crônicos permaneciam cobertos de óleo e resíduos de lubrificantes, contaminando o piso e até mesmo outros equipamentos

próximos, devido a rotação dos eixos, colocando em risco a segurança dos colaboradores que transitam pelo local. As atividades de manutenção preditiva, em alguns casos eram realizadas sob condições críticas, a inspeção sensitiva era bastante prejudicada podendo ter sua avaliação comprometida.

Contudo, pode-se afirmar embasado nos resultados experimentais e histórico apresentado, que a técnica desenvolvida neste trabalho elimina a possibilidade de vazamento nos eixos do redutor, desde que obedecido às especificações técnicas de montagem e trabalho, nenhum dos redutores modificados apresentou problemas de vazamentos e atualmente são mais de trinta unidades operando com o novo sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRESSAN, C. L., “Mudança Organizacional: Uma Visão Gerencial”, FAE Centro Universitário, Curitiba, 2004.
- FALK SÉRIES Y e YS, Catálogo Fabricante; “Power Transmission Industries do Brasil S/A”, Redutores de velocidade. Fonte <http://www.pticorp.com.br>, consulta em maio, 2010.
- FARIA, I. B., “Seleção de um redutor de engrenagens para um agitador e planejamento das ações de manutenção”, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Universidade Nova De Lisboa, Monte de Caparica. 2009.
- KOTLER, P., “Marketing para o Século XXI: como Criar, Conquistar e Dominar Mercados”, Futura, São Paulo, 1999.
- LAGO D. F., e GONÇALVES A. C., “Manutenção preditiva de um redutor usando análise de vibrações e de partículas de desgaste”, 16° POSMEC. FEMEC/UFU, Uberlândia-MG, 2006.
- LAGO, D. F., “Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante”, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2007.
- MARU, M. M., “Estudo do desgaste e atrito de um par metálico sob deslizamento lubrificado”, Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.
- MENDONÇA, M., “Indicadores de Qualidade e Produtividade” DAMICOS, Salvador, BA, 1994.
- MOUBRAY, J., “Manutenção Centrada em Confiabilidade”. Aladon Ltd. Lutterworth, 2000.
- NASCIF, J., “Manutenção de Classe Mundial”, Revista Manutenção e Qualidade, n.29, 2000.

- ORIBE, Y. C., “MASP Método de Análise e Solução de Problemas”, Magneti Marelli, Lavras, MG, 2008.
- PAULI, E. A., e ULIANA, F. S., “Mecânica Lubrificação - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção”, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial / Companhia Siderúrgica de Tubarão, Espírito Santo, 1997.
- RAUSAND, M., “Reliability Centered Maintenance”, Paper of Department of Production and Quality Engineering, Norwegian University of Science and Technology, n-7034 Trondheim, Norway, 1998.
- SOUZA, S. S., LIMA, C. R. C., “Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica”, XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG, 2003.
- TANNUS, D. F., e GONÇALVES, A. C., “Análise do Estado de Conservação de um Redutor de Velocidade Através da Técnica de Partículas de Desgaste do Óleo Lubrificante”, XI CREEM, Paper CRE04-TE03, Instituto Politécnico, Nova Friburgo RJ, 2004.