

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR – MG

COORDENAÇÃO GERAL DE GRADUAÇÃO

ALISON JORGE ALVES

**ESTUDO DE CASO DA IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDITIVA
COM ÊNFASE NA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO EM UMA USINA
SUCROALCOOLEIRA**

FORMIGA – MG

2009

ALISON JORGE ALVES

ESTUDO DE CASO DA IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDITIVA COM
ÊNFASE NA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO EM UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

Monografia apresentada à Coordenação
Geral de Graduação do UNIFOR-MG
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.
Orientadora: Prof^ª. Msc. Andréa da Silva
Peçanha

FORMIGA – MG

2009

Alison Jorge Alves

ESTUDO DE CASO DA IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA COM
ÊNFASE NA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO EM UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Coordenação Geral de Graduação do
UNIFOR-MG, como requisito para obtenção
do título de bacharel em Engenharia de
Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Msc. Andréa da Silva Peçanha
Orientadora

Examinador
UNIFOR-MG

Formiga, 7 de dezembro de 2009

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por me auxiliar em mais esta conquista.

Agradeço aos meus pais pela força e apoio e por mostrar o quanto o estudo é fundamental em minha vida.

Agradeço muito a minha namorada Marinêz pelo apoio incondicional nos momentos difíceis que passamos juntos e por me apoiar em muitas situações.

Às minhas orientadoras Andréa e Luciana que direcionaram minhas idéias e me mostraram o caminho a ser seguido.

Agradeço a todos aqueles que me incentivaram nesta realização, principalmente meus familiares que sempre me apoiaram.

Aos meus amigos incondicionais, Thalles, Daniel, Augusto, Fernando, Rogério e Bruno que sempre me ajudaram nos momentos difíceis em que estava de cabeça quente.

Dedico expressamente esta conquista a DEUS, pela graça e apoio constante nos momentos difíceis – agradeço incondicionalmente a meus pais e familiares que me fizeram entender a importância dos estudos – aos meus orientadores - e principalmente a Marinêz que por muitas vezes, abriu mão da convivência como namorada, afim de que este trabalho se realizasse.

"Confia no Deus eterno de todo o seu coração e não se apóie na sua própria inteligência. Lembre-se de Deus em tudo o que fizer, e ele lhe mostrará o caminho certo." (Prov. 3:5-6)

RESUMO

O estudo apresentado tem como finalidade esclarecer algumas necessidades específicas da manutenção de uma indústria sucroalcooleira e mostrar os ganhos com a implantação de um sistema de manutenção preditiva com ênfase na análise de vibração. Primeiramente será feita uma análise da manutenção e sucessivamente da forma como está ocorrendo à evolução da manutenção das empresas, passando por cada tipo de manutenção – corretiva, preventiva, preditiva e TPM. Em seguida será proposto um estudo de caso mostrando a importância da implantação deste tipo de manutenção em equipamentos e destacando assim os benefícios adquiridos com este método, tendo como ênfase principal a análise de vibração em equipamentos. A usina onde foi baseado o estudo está situada na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, onde beneficia aproximadamente 2.500.000 toneladas cana/safra. A indústria apresentada neste estudo se tornou auto-suficiente em energia elétrica no ano de 2008, com a implantação de uma caldeira de alta pressão para suprir as necessidades da planta como um todo. O desenvolvimento de um departamento de manutenção que possibilite que equipamentos atuem com suas funções requeridas no processo, de modo seguro e por mais tempo, sendo indispensável para uma instalação industrial que deseja organizar-se.

Palavras chaves: análise da manutenção, manutenção preditiva, análise de vibração.

ABSTRACT

The present study aims to clarify some specific needs of maintaining of a sugarcane industry and show the gains with the implementation of a predictive maintenance system with emphasis on vibration analysis. First will be made maintenance analysis and in turn how the development of the maintenance on the companies is occurring, through each type of maintenance - corrective, preventive, predictive and TPM. And then offered a case study showing the importance of the implantation of this kind of maintenance on equipment and thereby highlighting the benefits obtained with this method, with the main emphasis on the analysis of vibration in equipment. The plant where the study was based is located in the central-western state of Minas Gerais, where you receive approximately 2,500,000 tonnes cane / crop. The industry presented in this study became self-sufficient in electricity in 2008, with the implementation of a high pressure boiler to meet the needs of the plant as a whole. The development of a maintenance department equipment that enables it to act as its functions required in the process, safely and for longer, it is essential to an industrial plant that wants to organize itself.

Keywords: analysis of maintenance, predictive maintenance, vibration analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Síntese da Aplicação das Metodologias de Manutenção.....	20
Figura 2- Termografia do CCM Caldeira de Alta Pressão	28
Figura 3- Foto Real do CCM Caldeira de Alta Pressão	28
Quadro 1- Código de Urgência da Ação	37
Figura 4- Modelo de Ordem de Serviço	38
Figura 5- Instrumento de Medição CSI - 2130	40
Gráfico 1-Gráfico dos códigos de severidade de vibrações obtidas em 25/05/09	41
Gráfico 2-Gráfico de equipamentos alarmados por área obtidos em 25/05/09	42
Gráfico 3-Gráfico de distribuição dos defeitos encontrados nos equipamentos em 25/05/09	43
Gráfico 4-Gráfico dos códigos de severidade de vibrações obtidas em 10/07/09	44
Gráfico 5-Gráfico de equipamentos alarmados por área obtidos em 10/07/09	45
Gráfico 6-Gráfico de distribuição dos defeitos encontrados nos equipamentos em 10/07/09	46
Gráfico 7-Gráfico dos códigos de severidade de vibrações obtidas em 10/09/09	47
Gráfico 8-Gráfico de equipamentos alarmados por área obtidos em 10/09/09	48
Gráfico 9-Gráfico de distribuição dos defeitos encontrados nos equipamentos em 10/09/09	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIPM - Japanese Institute of Plant Maintenance, traduzido como Instituto Japonês de Manutenção de Planta.

TPM: Total Productive Maintenance, traduzido como Manutenção Produtiva Total.

EPI: Equipamentos de Proteção Individual.

ETA: Estação de Tratamento de Água.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de Equipamentos Críticos para o Processo.....	34
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Problema	14
1.2 Justificativa	14
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 Definição do Termo Manutenção	17
3.2 A Evolução da Manutenção	17
3.3 Manutenção Corretiva	21
3.3.1 Manutenção Corretiva Planejada	22
3.3.2 Manutenção Corretiva Não Planejada	22
3.4 Manutenção Preventiva	23
3.5 Manutenção Preditiva	24
3.5.1 Análise de Tendência da Falha.....	25
3.5.2 Medições e Análise de Vários Parâmetros.....	25
3.5.3 Análise de Vibração	25
3.5.4 Temperatura	26
3.5.5 Termografia	27
3.5.6 Ferrografia, Tribologia e Análise de Lubrificantes	28
3.6 Manutenção Produtiva Total (TPM)	29
4 METODOLOGIA	31
4.1 Tipo de Pesquisa	31
4.2 Método de Trabalho	32
4.3 Objeto de Pesquisa	32
4.4 Coleta de Dados	32
4.5 Interpretação dos Dados	33
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	34
5.1 Primeira Medição	40
5.2 Segunda Medição	43
5.3 Terceira Medição	46

5.4 Análise da Manutenção Utilizada na Empresa	49
5.5 Estudo das Vibrações	50
5.6 Recomendações para Manter em Bom Estado de Funcionamentos os Equipamentos	52
5.6.1 Inspeção nos Equipamentos	52
5.6.2 Lubrificação dos Equipamentos e Componentes	53
5.6.3 Ajustes dos Instrumentos	53
5.6.4 Limpeza	54
6 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56
GLOSSÁRIO.....	58
ANEXO A - SÍNTESE DA 1ª MEDIÇÃO DE SAFRA	59

1 INTRODUÇÃO

Podemos salientar que a manutenção nasceu da necessidade de se manter máquinas e equipamentos operando de forma eficiente, uma vez que todo e qualquer sistema produtivo apresenta falhas e quebras, gerando perdas de diversas formas.

Com a quebra de barreiras da economia, as empresas devem sempre buscar novas pesquisas de mercado, pois com as variações e mudanças constantes os requisitos de qualidade passam a ser um grande diferencial de venda. Como conseqüência, as empresas vêm realizando estudos e buscando incessantemente novas ferramentas de gerenciamento e organização, que as levem a uma maior competitividade através das ferramentas de qualidade, confiabilidade e sempre buscando incessantemente produtividade, SOUZA (2009).

Para Zaions (2003, p.19), “[...] na busca de maior produtividade e competitividade, a produção mecanizada e automatizada tem garantido a produção de melhores produtos em grandes volumes e a custos reduzidos”. Segundo Fuentes (2006), as organizações revelam que os setores de produção e manutenção são os principais responsáveis pela evolução no mercado, já que ambas, têm a incumbência de manter funcionando e sempre melhorando a infra-estrutura produtiva da empresa, e que, e os dois setores em conjunto têm como objetivo, entregar os produtos ou serviços no tempo indicado, com a qualidade necessária para satisfação de seus clientes.

Com tudo podemos resumir que a Gestão da Manutenção está adquirindo uma grande importância no sentido que esta função tenha relevância nas tomadas de decisões dentro de uma empresa. O trabalho busca utilizar o sistema de Manutenção Preditiva num intuito de auxiliar na tomada de decisão no setor manutenção, a fim de intervir na situação de anormalidade em equipamentos e máquinas em uma indústria sucroalcooleira. Além de informar que tais equipamentos possuem um custo elevado de manutenção e uma criticidade na planta produtiva e que os problemas podem interferir diretamente no processo produtivo.

O objetivo deste trabalho é estudar e mostrar que com a implantação da Manutenção Preditiva é possível identificar eventuais falhas que podem surgir ao longo do tempo, prejudicando assim o estado normal do seu equipamento e de sua

planta de produção. Em seguida mostrar as recomendações que possa prevenir quebras inesperadas nas máquinas e equipamentos, apresentando recomendações no sentido de manter o bom funcionamento, para que possa operar de modo seguro e por mais tempo, sem ocorrência de defeito. Além de delimitar antecipadamente (através da Manutenção Preditiva), a necessidade de serviços de manutenção num componente ou peça de um equipamento.

O Estudo de implantação do sistema de Manutenção Preditiva, considerando os diversos tipos de manutenção, será feito no sentido de ser aplicado em uma indústria Sucroalcooleira na região centro-oeste do estado de Minas Gerais.

1.1 PROBLEMA

Através do acompanhamento da manutenção industrial da usina sucroalcooleira em estudo é possível perceber as falhas que interferem diretamente na qualidade do produto final, no cumprimento de metas e principalmente no desgastes dos equipamentos e problemas com a manutenção.

Buscando entender as implicações da implantação de um sistema de manutenção preditiva nas indústrias, apresenta-se o problema de pesquisa do presente trabalho, na forma da seguinte questão:

“Quais os benefícios obtidos e adquiridos com a implantação da Manutenção Preditiva em uma Usina Sucroalcooleira”

1.2 JUSTIFICATIVA

Através de constante variação do mercado, as organizações vêm buscando inovação, uma vez, que o mercado necessita de adequação. Kardec e Nascif (2004) revelam que as organizações, como um todo, vem procurando constantemente, novas ferramentas de gerenciamento de manutenção, que lhes propiciem uma maior competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços. Segundo Zaions (2003, p.19), “[...] a competição acirrada entre empresas determina um cenário onde não basta apenas produzir; é preciso também competir com qualidade e baixo custo”. Inconseqüentemente os objetivos de uma empresa focam em torno de redução de custos, melhoria da qualidade dos produtos existentes e procura de novos desenvolvimentos de produtos; aumento gradativo e

contínuo da produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil das máquinas e equipamentos e redução dos índices de acidentes de trabalho.

Diante de todas estas propostas podemos presumir que com a elaboração e a implantação de um programa de Sistema de Manutenção bem elaborado, embora inicialmente agregue um custo bastante elevado em sua organização, pois é necessário o desenvolvimento e adequação do pessoal envolvido, contribuirá imensamente para alcançar seus objetivos quanto à redução de custo e aumento do ganho da vida útil de seus equipamentos.

Segundo Souza (2009, p.15), “[...] a função manutenção, realmente deixou de ser considerado um Centro de Custos, sendo agora posicionada como um Centro de Negócios, com características de gerar Lucros”.

A justificativa para escolha do tema é baseada no fato de o sistema de manutenção preditiva está adquirindo uma grande importância no cenário industrial, podendo assim prevenir possíveis falhas e paradas inexplicáveis durante seu processo produtivo. O estudo do tema reflete e destaca a importância e o impacto da manutenção preditiva mostrando como é possível economizar componentes e diagnosticar o real momento da quebra ou substituição do equipamento. O principal intuito deste trabalho é esclarecer algumas necessidades específicas da manutenção e também analisar os benefícios da implantação deste sistema de manutenção, baseado na análise de vibração em uma indústria sucroalcooleira, situada na região centro-oeste do estado de Minas Gerais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é propor um estudo aplicativo que facilite e mostre que com a implantação de um sistema de Manutenção Preditiva consegue-se prevenir falhas e quebras nos equipamentos.

2.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o propósito definido no objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os tipos de manutenções aplicadas na empresa onde foi realizado o estudo;
- Conceito de vibração geral dos equipamentos;
- Análise e recomendações para um bom funcionamento dos equipamentos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção apresentam-se as principais teorias que fundamentam o presente estudo, sendo nessas compreendidas as principais discussões teóricas acerca dos conceitos de manutenção industrial, sua evolução e benefícios.

3.1 Definições do Termo Manutenção

Algumas definições podem ser atribuídas ao termo manutenção como:

- Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), manutenção é: “[...] combinação de todas as ações técnicas destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.
- Segundo Xenos (1998, p.18) “[...] fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, em um nível de desempenho exigido”.
- Guimarães (2005, p.2) “[...] podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações”.

3.2 Evolução da Manutenção

A manutenção industrial teve seu início com o surgimento da indústria mecanizada, no final do século XIX. Até meados do ano de 1914 as empresas não contavam com a função ou departamento de manutenção. Segundo Souza (2009, p.21), “[...] na inexistência da manutenção estas empresas tinham as falhas de seus equipamentos reparados com o efetivo disponível era o “quebra e conserta”. Nesta determinada época a manutenção era simples, tinha uma importância secundária e por este motivo era realizada pelo próprio pessoal da produção. Após a primeira Guerra Mundial, com a necessidade de mudanças neste setor, apareceram as primeiras ações desenvolvidas por profissionais com o conhecimento e dedicação exclusiva para ocorrências de falhas, SOUZA (2009). Após este acontecimento as empresas viram a necessidade de garantir volumes constantes de produção tendo, a partir deste marco, surgido os primeiros “Setores de Manutenção”. Como

conseqüência da produção constante, houve um grande índice de aumento da mecanização industrial e nos equipamentos, de simples e robustos, passaram a complicados, exigindo uma metodologia de manutenção mais apurada e não somente voltada à correção, mais sim na prevenção, SIMEÓN (2008).

A partir dos anos 60 podemos considerar como um grande marco para revolução e desenvolvimento do setor manutenção, devido ao surgimento da Engenharia da Confiabilidade, Engenharia Econômica e Estatística e devido ao aperfeiçoamento dos sistemas de informação, e de controle e o surgimento dos computadores, que por sua vez, foram adaptados ao setor de manutenção passando a adotar critérios de previsão de falhas, e as condições de funcionamento das máquinas passaram a ser inspecionadas e monitoradas regularmente, de modo a prever o fim da vida útil (ZAIIONS, 2003). Após este marco, viu-se a real necessidade do desenvolvimento do setor de manutenção, pois começaram a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade dos equipamentos, a fim de se garantir maior produtividade, (KARDEC & NASCIF, 2004). Surge então a Manutenção Baseada na Condição ou como é conhecida atualmente, Manutenção Preventiva.

A terceira geração da manutenção iniciou-se segundo Simeón (2008) na década de 1970, motivada pelo processo de mudanças ocorrido na década anterior nas indústrias. Neste período o órgão de Engenharia de Manutenção assume posição mais destacada como um departamento, segundo Souza (2009, p.21) “[...] passando a desenvolver seus próprios controles de manutenção e processos de análise dos resultados visando à redução de custos de manutenção”. Ainda na década de 1970, a adotou-se o sistema *Just in time* tornando-se uma tendência mundial, trazendo a idéia de que pequenas pausas de produção poderiam comprometer o atendimento da demanda em razão dos baixos estoques mantidos, (KARDEC & NASCIF, 2004). Nesta mesma época, a manutenção passa a ser vista como produtiva, e filosofias orientais começam a ser incorporadas nas indústrias, como é o caso da Manutenção Produtiva Total, conhecida pela sigla inglesa TPM – *Total Productive Maintenance*, (NAKAJIMA, 1989). A Manutenção Produtiva Total (TPM) tem como objetivos principais a melhoria da estrutura da empresa em termos materiais como máquinas e equipamentos e em termos humanos, aprimorando as capacitações pessoais, envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes de seus colaboradores.

Com a inovação da tecnologia durante os anos 80, a manutenção teve um grande salto devido à implementação de microcomputadores e processamento de informações associados à manutenção. Para Souza (2009, p.21) “[...] o computador torna-se um grande aliado da Gerência de Manutenção, começam a aparecer os primeiros *softwares* de gerenciamento”.

O melhoramento e aperfeiçoamento dos computadores no início da década de 90 propuseram o desenvolvimento dos sistemas computadorizados de Gerenciamento de Manutenção, se tornando possível, planejar as manutenções preventivas e preditivas através de geração de ordens de serviços, suporte lógicos, controle de peças em estoque, etc. Para Souza (2009, p.22) “[...] a popularização e contribuição da microinformática para a organização da manutenção trouxe sistemas do tipo *Expert System* e sistemas corporativos, a Engenharia de Manutenção”. Com este vasto campo de utilidades a manutenção preventiva começou a fazer parte de números expressivos de empresas no mundo.

Segundo Zaions (2003) a (FIG. 1) ilustra a evolução das técnicas de manutenção ao longo dos anos nas Indústrias. Pode-se analisar que a evolução da manutenção foi subdividida em a era da manutenção baseada no tempo e manutenção baseada na condição. Até a década de 50, o único método de manutenção utilizado era o corretivo, ou seja, quebra e conserta. A década de 70 houve uma grande evolução na manutenção com o surgimento do TPM e nesta mesma época a manutenção tinha como principal meta o planejamento e programação para antecipar qualquer e eventual falha na máquina ou equipamento e nas últimas duas décadas, quando surge o conceito da era da manutenção baseada nas condições, isto é, a partir da manutenção preditiva acompanha-se o estado das máquinas, o que permite prever com antecedência a provável ocorrência de falha.

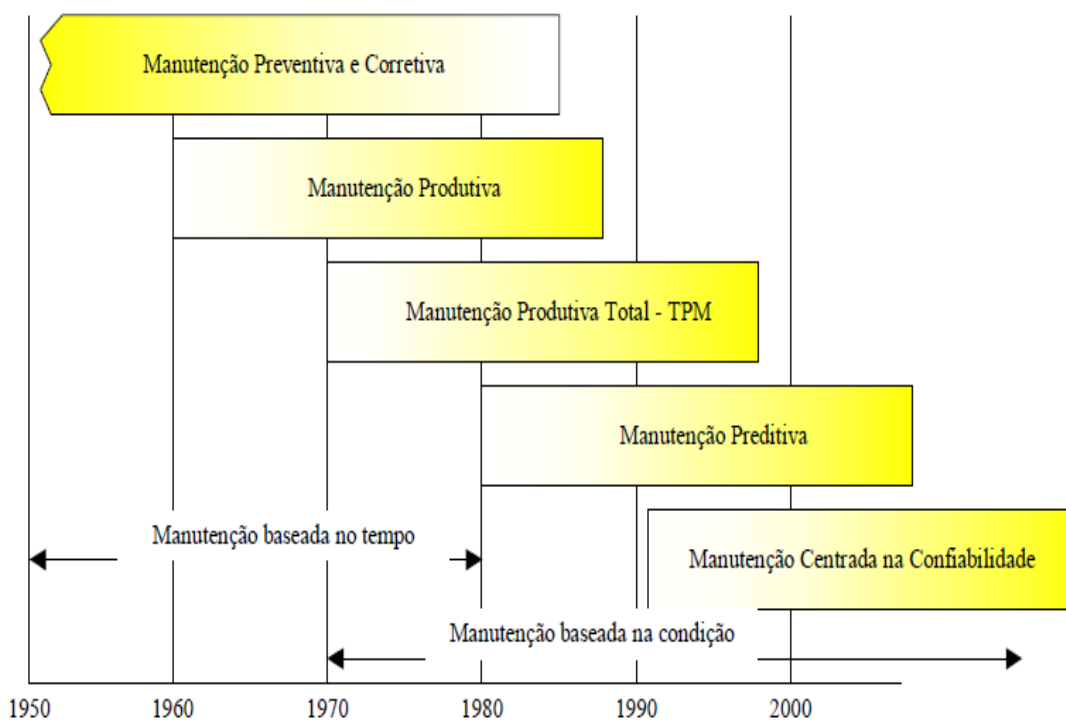


FIGURA 1- Síntese da aplicação das metodologias de manutenção
FONTE: Zaions (2003, P.29)

A cada dia a manutenção se torna um grande diferencial das empresas que desejam estar cada vez mais competitivas, com baixos custos e com uma elevada capacidade de produção, sendo que cada vez mais se atribui novas tarefas ao setor de manutenção, nas quais necessitam de novas ferramentas e também técnicas de planejamento e gerenciamento da produção. Para Viana (2002, p.9) “[...] muitos autores abordam os vários tipos de manutenção possíveis, que nada mais são do que as formas como são encaminhadas as intervenções nos instrumentos de produção”. A manutenção pode ser dividida em subáreas como dispostas abaixo:

- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- TPM.

3.3 Manutenção Corretiva

A A.NACCARATI Consultores (2009) analisa a manutenção corretiva, com sendo aquela realizada quando o equipamento ou máquina apresenta um defeito, onde o mesmo altera o funcionamento normal ou parcial, podendo ser prejudicial à linha de produção. Tem como embasamento o conceito de reparo, pois com este método de manutenção é impossível estabelecer uma data para a quebra do equipamento.

Já a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) define manutenção corretiva como “[...] manutenção efetuada após ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condição de executar uma função requerida”.

Para Viana (2002, p.10) “[...] manutenção corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves conseqüências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador ou ao meio ambiente”. Outro autor como Guimarães (2005, p.3) salienta a manutenção corretiva como “[...] aquela de atendimento imediato a produção, quando a máquina ou equipamento apresenta defeitos ou falhas”.

Conforme as definições acima, a manutenção corretiva em equipamentos e máquinas só é efetuada após uma falha de uma peça ou componente do equipamento.

Para Souza (2009) a Manutenção Corretiva pode ser considerada como sendo aquele trabalho ou operação que mantém máquina ou equipamento produtivo em funcionamento, sendo esta intervenção realizada no menor prazo possível, para que se possa voltar o funcionamento normal da linha de produção. Conforme Pinto e Xavier (2001, p. 36), existem duas circunstâncias específicas que levam à manutenção corretiva:

- A) Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais;
- B) Ocorrência da falha.

A manutenção corretiva segundo os mesmos autores pode ser dividida em duas classes:

- Manutenção corretiva planejada;
- Manutenção corretiva não planejada.

3.3.1 Manutenção Corretiva Planejada

A manutenção corretiva planejada por Pinto e Xavier (2001, p.36) pode ser considerada como “[...] caracteriza-se pela ação, sempre após a ocorrência da falha, que é aleatória, e suas adoções levam em conta fatores técnicos e econômicos”.

Para Branco (2008, p. 6) “[...] essa forma se aplica as tarefas de remoção de falhas em data posterior ao evento da falha, ficando a máquina em estado de pane, até a data do reparo”.

A manutenção corretiva planejada é aquela efetuada após a verificação de uma falha do equipamento ou em um de seus componentes, que foram diagnosticadas em uma rota de inspeção ou por operador. Após este diagnostico é possível estabelecer uma data coerente para substituição deste componente afim de não prejudicar o fluxo contínuo de produção, SOUZA (2009).

3.3.2 Manutenção Corretiva Não Planejada

A ocorrência de uma falha ou quebra no equipamento pode ser considerada com uma manutenção não planejada, pois é removida a possibilidade de uma preparação ou planejamento antecipado, geralmente ocorre de forma súbita e imprevisível, gerando uma ação de emergência ou de urgência para a equipe de manutenção, SOUZA (2009).

Este método é baseado em agir num fato já ocorrido, ou seja, depois da falha ou quebra. Para Branco (2008, p.35) “[...] se a falha que não puder ser adiada ou planejada deve ser considerada como manutenção corretiva não planejada ou emergência, ou seja, aconteceu agora e é preciso fazer agora”.

Infelizmente ainda é praticado por diversas empresas, pois, se torna impossível atingir um índice de análise em todas as máquinas e equipamentos de uma organização, e estas quebras implica diretamente em custos elevados, sem contar nas perdas por produção e qualidade, como relata PINTO & XAVIER (2001).

3.4 Manutenção Preventiva

Conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) Manutenção Preventiva é definida “[...] como a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falhas ou a degradação”. A manutenção preventiva pode ser classificada por Guimarães (2005, p.6) “[...] como a realização de tarefas que prolonguem a vida de máquinas e equipamentos, prevenindo quebras e procurando observar o equipamento com diversos métodos e análises”.

A A.NACCARATI Consultores (2009) cita que a Manutenção Preventiva é utilizada no intuito de substituir uma peça ou componente de uma máquina ou equipamento, antes da quebra inesperada ou mediante uma informação do fabricante do equipamento. Podendo estabelecer uma data, onde não comprometa a produção da empresa.

Segundo Zaions (2003) a Manutenção Preventiva apresenta algumas vantagens, como a continuidade do funcionamento do equipamento, só parando para consertos em horas programadas; outra grande vantagem é a continuidade da produção uma vez, que seus equipamentos estabelecem um grau de confiabilidade elevado, tornando possível ocasionar à empresa a realização de metas no prazo de entrega e na qualidade necessária.

Para Takahashi e Osada (1993, p.176) “[...] na política preventiva as trocas de componentes com o prazo fixo, ou seja, baseadas no tempo de uso ou números de ciclos do equipamento”.

Devemos ressaltar que a manutenção preventiva trabalha com inspeções periódicas de maneira a prevenir as falhas e mesmo prolongando a vida de um componente que, por muitas vezes, por recomendações de históricos anteriores, deveriam ser trocados, constata-se sua integridade ganhando assim uma sobrevida (GUIMARÃES, 2005).

Para Pinto e Xavier (2001, p.39) “[...] esse tipo de atuação é realizado de forma a reduzir, evitar falhas ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo.”

Para Souza (2009, p.18) “[...] Manutenção Preventiva é aquela que auxilia a corretiva, através de aplicação de uma técnica que envolve o conhecimento dos equipamentos e suas instalações”.

3.5 Manutenção Preditiva

A Manutenção Preditiva é baseada em técnicas de monitoramento das condições dos equipamentos, visando detectar sinais de falhas e por fim criar um histórico do equipamento. Após a análise deste histórico é possível acompanhar os estágios de desgastes das máquinas e componentes, aumentando o grau de previsibilidade do momento de ocorrências indesejáveis, antecipando ações antes das falhas. Este tipo de manutenção além de analisar e diagnosticar possíveis falhas e quebras nos equipamentos também permitiu a eliminação das trocas desnecessárias como acontece no caso da manutenção preventiva (SENAI, 2003). Os parâmetros ou variáveis que podem ser monitorados em um esquema de manutenção preditiva são: a temperatura, os óleos lubrificantes, os ruídos, a pressão, os ensaios não destrutivos e as vibrações.

Conforme as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994) Manutenção Preditiva é definida “[...] como manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem”.

A manutenção preditiva é de grande auxílio a manutenção preventiva e corretiva, pois possibilita a intervenção com antecedência da quebra, podendo assim ser criado um plano de manutenção antecipado, melhorando a qualidade do produto final (TAKAHASHI, OSADA, 1993).

Para Pinto e Xavier (2001, p. 41) a manutenção preditiva é “[...] também conhecida por manutenção sob condição, indica as condições reais de funcionamento das máquinas, com base em dados que informam o seu desgaste ou tendência de degradação”.

A Manutenção Preditiva pode ser dividida em subáreas. Após a análise de fenômenos e das condições são adotados dois possíveis procedimentos para solucionar os problemas diagnosticados: efetuação de uma análise de tendências e estabelecimento de um diagnóstico.

3.5.1 Análise de Tendência da Falha

Para Souza (2009, p.41) “[...] a análise consiste no acompanhamento da tendência procedendo a medições periódicas e contínuas de um ou vários parâmetros indicadores da condição de funcionamento do equipamento”.

3.5.2 Medições e Análises de Vários Parâmetros

Desta forma o sistema permite uma avaliação mais detalhada pela medição de um ou vários parâmetros que ocorre numa dada altura interfere-se no estado de funcionamento do equipamento. Segundo Souza (2009, p.44) “[...] a Manutenção preditiva com o monitoramento de vários parâmetros pode ser aplicada com o emprego de vários métodos e técnicas”. Para utilização destas técnicas precisamos nos atentar a algumas vantagens tais como o próprio autor cita:

- Os técnicos e operadores dos instrumentos de medição devem ser treinados e habilitados para o manuseio, operação e análise dos dados;
- Os instrumentos sejam devidamente calibrados;
- A gerência e coordenadores devem confiar na ferramenta e confiarem nos diagnósticos;

Decisões e estratégias devem ser tomadas com base nos diagnósticos.

3.5.3 Análise de Vibração

Quando mencionamos Manutenção Preditiva, o primeiro elemento que vem em nossas mente é a análise de vibração, pois todo e qualquer equipamento esta sujeito a uma vibração natural quando se mantém em funcionamento. Para Nascimento (2006) a Análise de Vibração pode ser mensurada como sendo, o processo onde as falhas em alguns elementos móveis de uma máquina ou equipamento, são encontradas através da taxa de variação das forças dinâmicas geradas. Essas forças comprometem o nível de vibração, podendo ser avaliado em alguns pontos acessíveis das máquinas, sem interromper o funcionamento dos mesmos. Quando temos ou conhecemos destes níveis de vibração, fica mais fácil avaliar o quanto seu equipamento ou máquina esta excedendo estes valores. `

Dentre as diversas fontes de vibração aquelas mais comuns e que, portanto, podem ser apontadas como as principais causadoras dos problemas das vibrações mecânicas são:

- Desbalanceamento;
- Desalinhamento;
- Folgas Generalizadas;
- Dentes de Engrenagens;
- Rolamentos;
- Corrente Elétrica;
- Campo Elétrico Desequilibrado;
- Outros.

Esta técnica se baseia nas condições de correlação existentes entre as vibrações registradas num dado equipamento e suas características reais, sendo possível detectar alguns tipos de problemas mecânicos. Este método de análise utiliza as seguintes grandezas matemáticas (velocidade, aceleração, deslocamento e frequência). O excesso de vibração para Viana (2002, p.13) “[...] se constitui freqüentemente em um processo destrutivo, ocasionando falhas nos elementos de máquinas por fadiga”.

Segundo Souza (2009, p.45) “[...] o acompanhamento e a análise de vibração tornaram-se um dos mais importantes métodos e esta concentrada principalmente nos equipamentos rotativos”. Estes parâmetros de vibração relacionados a máquinas rotativas são usualmente expressos em termos de deslocamento, velocidade e aceleração, sendo que estas três variáveis relacionadas mencionam o quanto o equipamento está vibrando, mas dentro da análise de vibração temos outra grande variável que é a frequência, que indica a origem da vibração, ou seja, o que está ocasionando a vibração, sendo assim e a fase que nos indica onde o ponto mais pesado está em relação ao sensor de vibração.

3.5.4 Temperatura

Para Souza (2009, p.45) “[...] este parâmetro é muito importante tanto para equipamentos mecânicos, quanto para equipamentos elétricos, pois permite constatar uma alteração na condição de funcionamento”.

Os principais métodos de medição são: os termômetros de contato, fitas indicadoras de temperatura, medição de temperatura por radiação e pirômetros de radiação e sistemas infravermelhos.

3.5.5 Termografia

Souza (2009, p.46) “[...] é uma técnica de inspeção não destrutiva fundamentada na detecção da radiação infravermelha emitida por objetos acima do zero absoluto”.

Qualquer programa de manutenção preditiva que se preze, a termografia se apresenta como técnica de grande utilidade, pois permite a realização de medições sem contato físico com o equipamento, viabilizando uma maior segurança ao responsável pela operação, e também não há necessidade de parar o equipamento para realização da tarefa e ainda proporciona inspeções de grandes superfícies em pouco tempo, VIANA (2002).

Atualmente os equipamentos são de grande tecnologia e de alta precisão e dimensões reduzidas, as termo-câmeras, são sensíveis a radiação infravermelha, permitindo assim um monitoramento de temperaturas de um determinado processo, no qual a temperatura exerce um papel de variável relevante nos processos de falha.

Algumas aplicações citadas por Souza (2009):

- No setor elétrico: utilizado na detecção de mau contato em terminais e fusíveis, verificação de oxidação entre contatos, envelhecimento e desgaste do material e sobrecargas entre cabos;
- Nos isolamentos térmicos: utilizado na detecção de problemas em isolamentos;
- Nos equipamentos mecânicos: em lonas de freio, temperatura de mancais e partes girantes.

A (FIG. 2) abaixo apresenta o aquecimento nas garras e terminais de entrada e saída e corpo dos fusíveis da chave geral do CCM da caldeira de alta pressão. A fotografia corresponde ao Termograma Infravermelho detectado pela câmera.

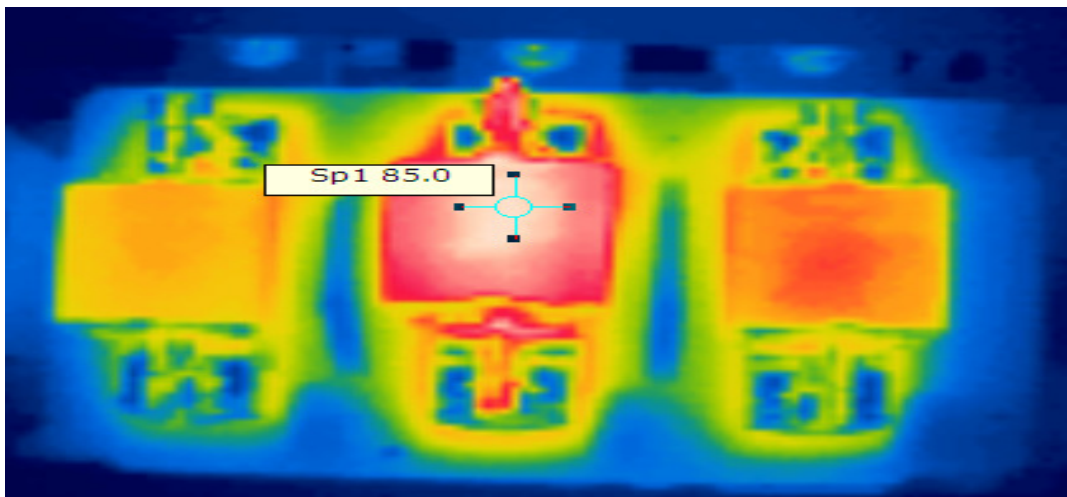


FIGURA 2: Termografia do CCM Caldeira de Alta Pressão
FONTE: Elaboração própria

A (FIG. 3) abaixo apresenta a foto digital real do componente que apresenta anormalidade.

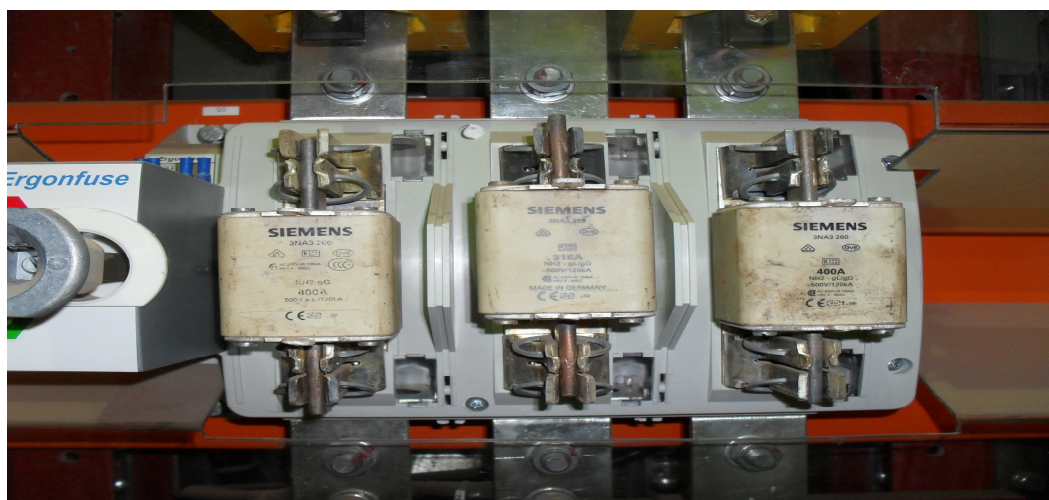


FIGURA 3: Foto real do CCM Caldeira de Alta Pressão
FONTE: Elaboração própria

3.5.6 Ferrografia, Tribologia e Análise de Lubrificante

Segundo Viana (2002, p.15) “[...] a análise de óleo lubrificante tem dois objetivos: determinar o momento exato da troca do lubrificante e identificar sintomas de desgaste de um componente”.

A Ferrografia é a análise das partículas presentes nos lubrificantes vindas de um desgaste interno de um componente da máquina, portanto não é caracterizada

como é uma análise do lubrificante e sim de partículas, SOUZA (2009). Sendo incluídos também os testes de contaminação, que depende das características e da quantidade encontrada, determinando assim a qualidade do lubrificante. A tribologia estuda os desgastes mecânicos por atrito dentro de um equipamento.

3.6 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A TPM pode ser visualizada como uma forma de reduzir os custos globais de manutenção. Várias definições podem ser encontradas na literatura para a política de Manutenção Produtiva Total. Entre elas podemos citar que TPM é:

“Esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos” (JIPM, 2002, p.1).

Takahashi e Osada (1993, p.7) citam o método TPM como “[...] Campanha que abrange a empresa inteira, com a participação de todo o corpo de empregados, para conseguir a atualização máxima do equipamento existente”. Os autores ainda revelam que para implantação deste método de manutenção é necessário um envolvimento de todos dentro de uma organização, sem distinção de cargo.

Nakajima (1989, p.11 e 12) define TPM como “[...] a integração total do Homem X Máquina X Empresa, ou seja, a administração das máquinas é feita por toda a organização. A manutenção é feita com a participação de todos”.

Podemos salientar que, há medida em que os colaboradores passam a interessar e preocupar com a manutenção dos equipamentos e atuar na execução de pequenas manutenções, não apenas reduz o número de paradas de máquinas com também se torna possível identificar alguns problemas, de modo que os operadores consigam detectar estes problemas nos estágios iniciais, por estarem diretamente ligadas ao equipamento.

Nakajima (1989, p.11 e 12) “[...] deve levar em conta toda a vida útil do equipamento e, portanto, dependem da cooperação de todos os departamentos mais especificamente de projeto/planejamento, manutenção e operação”. Como

salientado por outros autores, é necessário a cooperação e o empenho de todos para realização deste tipo de sistema de manutenção.

Para uma eficiência melhor do método TPM e melhoria do índice é essencial a eliminação das seis grandes perdas citadas por Nakajima (1989):

- Perdas por quebras: são paradas ocasionadas durante a produção, requerendo uma manutenção corretiva em estado de emergências;
- Perdas por Ajustes (Set-up): são as perdas geradas durante a substituição do modelo ou formato da nova embalagem, produzidas nesta máquina;
- Perdas em pequenas paradas/tempo ocioso: são as perdas geradas com pequenos ajustes ou tempo ocioso na linha de produção, geradas por gargalos;
- Perdas por baixa velocidade: perdas originadas pela redução da velocidade estabelecida pelo fabricante do equipamento;
- Perdas por qualidade insatisfatória: perdas decorrentes da qualidade insatisfatória ou fora de especificação determinada pelo cliente;
- Perdas com Start-up: perdas provenientes do início da produção, quando não foi estabilizado o processo contínuo da mesma.

A TPM é baseada em 8 pilares que servem de sustentação da metodologia como citadas por Souza (2009):

1. Manutenção autônoma e espontânea;
2. Planejamento da manutenção;
3. Melhorias individuais e específicas;
4. Educação, treinamento e integração;
5. Engenharia e controle da manutenção;
6. Manutenção da qualidade e confiabilidade;
7. Meio ambiente, higiene e segurança;
8. Manutenção nos escritórios.

4 METODOLOGIA

Segundo Gil (1996), a pesquisa científica refere-se a um conjunto de ações que tem por intenção principal solucionar problemas sugeridos através de procedimentos coerentes e sistemáticos, onde não se tenha informações suficientes para solucioná-lo.

Neste sentido, este tópico tem como finalidade apresentar as características específica deste trabalho, apresentado o método, o tipo de abordagem, seus objetivos, e o procedimento técnico adotado.

4.1 Tipos de Pesquisa

De acordo com a abordagem do problema, as pesquisas poderão ser classificadas em dois tipos, baseadas na citação de (SILVA e MENEZES, 2001):

- Pesquisa quantitativa: as autoras consideram como pesquisa quantitativa tudo aquilo que se podem traduzir em números, utilizando métodos estatísticos, as opiniões e informações obtidas através de pesquisa de campo ou boletins de informações, a fim de facilitar a análise dos dados encontrados, e;
- Pesquisa qualitativa: pode ser considerada como qualitativa tudo aquilo onde se encontra afinidade ativa entre o mundo em que vivemos (real) e o sujeito, criando um vínculo entre ambas as partes e que não pode ser mensurado ou transformado em números.

As pesquisas podem ser classificadas quanto ao seu objetivo em três grupos:

- exploratória: têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. O planejamento de pesquisas exploratórias é bastante flexível, sendo que na maioria dos casos, assume a forma de pesquisa bibliográfica ou estudo de caso;
- descritiva: têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, podendo também estabelecer relações entre variáveis. Assume em geral a forma de Levantamento, e;
- explicativa: têm como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Assume,

em geral, as formas de Pesquisa Experimental e Pesquisa Ex-post-facto (GIL 2007, p.45)

4.2 Método de Trabalho

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados os métodos de pesquisa quantitativa, descritiva, bibliográfica e análise documental.

Inicialmente será realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema Manutenção Industrial, abrangendo o Histórico da Manutenção. Logo após são tratados os aspectos associados às definições da manutenção industrial. Em seguida são abordados e analisados os tipos de manutenção utilizada na empresa, mostrando com ênfase uma revisão bibliográfica sobre o estudo das vibrações.

Por fim são analisados os resultados obtidos com a análise de vibração e discutidos os dados, fazendo recomendações para um bom funcionamento dos equipamentos e máquinas da empresa.

4.3 Objeto de Pesquisa

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa, situada na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, do ramo sucroalcooleira, tendo como principais atividades a industrialização de açúcar, álcool e cogeração de energia. Como foi notado pelo autor deste trabalho, fica evidente a quantidade de perdas provenientes da falta e a necessidade de um método de manutenção mais coerente com o ramo da empresa. Com base nestas perdas, o autor mostrará ao longo deste trabalho como a empresa se beneficiou com a implantação do sistema de manutenção preditiva com base na análise de vibração.

4.4 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada através de análise de vibração realizada por uma empresa terceirizada, como mostra o ANEXO A, onde foram encontradas todas as informações necessárias para realização deste estudo como os códigos de urgência e as ações a serem realizadas.

4.5 Interpretação dos Dados

Para interpretação dos dados quantitativos, foram utilizadas as seguintes ferramentas; Microsoft Excel e Microsoft Word 2007, onde foram elaborados os gráficos e tabelas com intuito de esclarecer e facilitar os resultados da pesquisa.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para realização deste trabalho foi realizado um estudo dentro da empresa para determinar quais equipamentos tinham um grau de criticidade mais elevado, ou seja, aqueles equipamentos ou máquinas que eram essenciais a linha de produção receberiam um grau de criticidade “A”, sendo que sua quebra ou falha interferiria diretamente ao processo produtivo. Já os equipamentos que sua quebra ou falha não ocasionaria problemas ao processo produtivo receberam grau de criticidade “B”, como mostra a TAB.1 abaixo.

TABELA 1- Relação de Equipamentos Críticos para o Processo

RELAÇÃO DE EQUIPAMENTOS CRÍTICOS PARA PROCESSO			
<i>Grau de criticidade: A - Parada geral do processo</i>			
<i>B - Redução do processo</i>			
SETOR	EQUIPAMENTO	CRITICIDADE	QTDE EQUIPAMENTO EXISTENTE
Recepção e moagem de cana	Hillo	A	2
	Mesa alimentadora	A	2
	Esteira metálica	A	1
	Picador	A	1
	Desfibrador	A	1
	Espalhador	A	1
	Esteira de borracha	A	1
	Eletroímã	A	1
	Ternos de moenda	B	6
	Esteiras entre moendas	A	5
	Bombas de embebição	B	4
	Bombas de caldo secundário	B	1
	Bombas de caldo primário	A	2
	Bombas de caldo para fáb. Açúcar	A	2
	Bombas de caldo para destilaria	B	2
	Peneira rotativa	A	1
	Rosca sem fim	A	1
Geração e distribuição de vapor e energia	Caldeira 67 kgf/cm²		
	Esteiras de bagaço	A	12
	Bomba de alimentação da caldeira 200ton.	A	2
	Bomba dessuperaquecedora	B	2
	Bomba de água para ETA	A	2
	Bomba de água da ETA para Desmi.	A	2
	Bomba da Desmi para desaerador	A	2
	Bomba do lavador de gases	A	2
Bomba de regeneração da Desmi	B	1	

Geração e distribuição de vapor e energia	Espargidor	A	1
	Ventilador de ar forçado	A	1
	Ventilador secundário	A	1
	Exaustores	B	2
	Ventilador da Torre de resfriamento	A	1
	Bombas da torre de resfriamento	A	2
	Turbo Gerador 50 Mw	A	1
	Bomba de lubrificação dos mancais do Gerador	A	2
	Compressor de ar	A	2
	Rosca de remoção de cinzas	A	1
	Caldeiras 21 Kgf/cm²		
	Esteira distribuidora de bagaço	A	1
	Ventilador primário	B	1
	Ventilador secundário	B	1
	Exaustores	B	2
	Bomba de alimentação da caldeira	A	2
	Bomba de lavador de gases	A	2
Destilaria	Bomba de mel final	A	2
	Bomba de água tratada	B	2
	Bomba de preparo do mosto	B	2
	Bomba de assepsia dos trocadores de calor	B	1
	Trocador de calor do preparo do mosto	B	2
	Dornas de fermentação	A	4
	Bombas e trocadores de calor dorna 01	A	3
	Bombas e trocadores de calor dorna 02	A	3
	Bombas e trocadores de calor dorna 03	A	2
	Bombas de recirculação dorna 04	A	2
	Bombas de vinho para centrífugas	A	2
	Bomba de lavagem de CO2	B	1
	Centrífugas de vinho	A	8
	Compressor de ar	A	4
	Acionamento das cubas	B	4
	Dorna volante	A	4
	Condensadores	A	3
	Coluna A	A	1
	Bomba de refluxo da coluna A	A	2
	Bomba de vinhaça	A	3
	Bomba de álcool anidro	B	2
	Bomba de flegma	B	6
	Coluna B	A	2
	Bomba de refluxo da coluna B	A	2
	Bomba de vácuo planta de 400/600 m ³	A	4
	Bomba de álcool Hidratado	A	2
	Bomba de controle de flegmaça	B	2
	BB de álcool hidratado para planta do Meg	B	2
	Bomba pulmão do Meg	A	2
	Bomba do Meg pura	B	2
Bomba do Meg impura para coluna C	A	2	
Bomba de refluxo da coluna R	A	2	
Bomba de refluxo da coluna C	A	2	

Destilaria	Bomba de álcool de segunda	A	2
	Bomba de fermento para dornas	A	2
	Bomba de vinho planta de 600m ³	A	2
	Bomba de vinho planta de 400m ³	A	2
	Bomba de mel pulmão	B	2
	Bombas torre resfriamento	B	6
	Ventiladores torre resfriamento	B	6
Fabricação de açúcar	Bomba de caldo para sulfitação	A	2
	Bomba de caldo dosado	A	3
	Aquecedor de caldo	A	12
	Decantadores	A	3
	Bomba de lodo decantadores	A	3
	Filtro prensa	A	3
	Bomba de vácuo filtro prensa	A	3
	Bomba de lavagem das telas	A	2
	Bomba de embebição do lodo	A	2
	Bomba de caldo filtrado	A	2
	Peneiras rotativas de caldo decantado	A	3
	Peneira estática de caldo decantado	A	8
	BB de caldo clarificado para fáb. de açúcar	A	3
	BB de caldo clarificado para fáb. de álcool	A	2
	Pré- evaporadores	A	6
	BB de condensado dos pré-evaporadores	A	2
	Falling Film's	A	3
	Bomba de recalque falling film's	A	3
	Bomba de recirculação falling film's	A	3
	Evaporadores Robert's	A	3
	Bomba de caldo evaporado	A	2
	BB condensado dos evaporadores Robert's	A	2
	Bomba de xarope bruto	A	2
	Aquecedor de xarope	A	2
	Bomba micronizadora	B	2
	Bomba de xarope flotado	A	2
	Sementeira	B	1
	Cozedores de massa B	A	3
	Cozedores de massa A	A	5
	Bombas de vácuo dos cozedores de massa A	A	5
	Bombas de vácuo dos cozedores de massa B	A	3
	Centrífugas de massa A	A	6
	Centrífugas de massa B	A	4
	Bomba de água para centrífugas	A	2
	Malaxeur de magma	A	1
	Bomba de mel rico	A	2
	Bomba de mel pobre	A	2
	Bomba de magma	A	2
	Bomba de mel final	A	2
	Diluidora de mel	B	1
	Bomba da caixa diluidora de mel	B	1
Bomba de refrigeração dos selos	B	1	
Ventilador da Torre de resfriamento	B	5	
Bombas da torre de resfriamento	B	4	

Captação de água	BB água bruta para tanque caldeira 67 Kgf/cm ²	A	4
	BB água bruta para caixa de água fáb. De açúcar	A	4

TABELA 1: CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS

FONTE: Elaboração Própria

Para o presente estudo de caso foram utilizados 162 equipamentos, nos quais todos pertencem à TAB.1 de Criticidade de Equipamentos e desempenham um papel importante dentro do processo produtivo. Entre estes equipamentos estão motores elétricos, bombas, redutores e mancais. Estes equipamentos serão separados por setores para melhor visualizando dos resultados, sendo eles Alimentação/Preparo/Extração do Caldo, Geração de Vapor, ETA/Captação de água/ Destilação de Álcool, Fabricação de Açúcar e Torres de Resfriamento de Água. Para análise dos equipamentos foi utilizado o seguinte critério: os equipamentos que após as medições realizadas receberem o código “A” receberão intervenção imediata, pois este nível é considerado danoso para o equipamento. Os equipamentos com nível “B” são considerados como limite tolerável, sendo analisada como uma faixa proibida para uma operação contínua, programando uma revisão para ajustes ou conserto no prazo estimado de 10 dias após a medição. Já os equipamentos com código “C”, só receberão intervenção na próxima parada programada ou no máximo em 20 dias. Aqueles onde seu código apresenta código “D” deverão aguarda uma nova medição para avaliação da curva de tendência do equipamento. Os equipamentos que apresentar código “E” serão efetuados a intervenção somente na entressafra, mas sempre analisando sua curva de tendência, obtidas com as próximas medições. Estes códigos são apresentados no QUADRO 1 abaixo:

QUADRO 1- Código de Urgência da Ação

CÓDIGO DE URGÊNCIA DA AÇÃO	
Ação Imediata	A
Próximos 10 Dias	B
Próxima parada programada (máx. 20 Dias)	C
Aguardar a próxima medição	D
Na entressafra	E

QUADRO 1- Código de Urgência da Ação

FONTE: Elaboração Própria

Os equipamentos que apresentarem alguma anomalia, ou seja, receberem um código de urgência A ou B será criada uma solicitação de serviço, onde será descrito o máximo de informações possíveis sobre o problema. Após ser criada a solicitação, a mesma será transformada em Ordem de Manutenção. Segundo Viana (2002, p.38) ordem de manutenção é “[...] a instrução escrita, enviada via documento eletrônico ou em papel, que define um trabalho a ser executado pela manutenção”. Esta ordem consiste na autorização de trabalho de manutenção a ser executada, onde será descrito pelo funcionário o trabalho realizado no equipamento. A FIG. 4 abaixo apresenta um modelo de ordem de manutenção, dispondo as informações mínimas que deverão constar neste documento.

ORDEM DE SERVIÇO						
PCM - PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO						
Usina					OS:	120024.00
Equipamento:	8TMO0001	TERNO EXTRAÇÃO DE CALDO 50" X 90"			Abertura	29/10/2009
Posição	-				Status:	ABERTA
Tag:	240TMO01	Terno de moenda nº 1				
Centro de Custo:	100999	Recep Moagem Cana				
Prioridade:	Normal	Tipo Manut.		Preventiva		
Descrição:	DESMONTAR O ROLO SUPERIOR E INFERIOR					
Solicitante:	ALISON JORGE ALVES					
Departamento:	Moagem					
TAREFAS						
CÓDIGO	SEQ	TAREFA	DURAÇÃO	DATA	FIM	
208	1	Desinstalar equipamento DEPARTAMENTO: 117 - Instrumentação	80:00	21/12/2009	4/1/2010	
35	1	INF. COMPLEMENTAR: Desmontar equipamento DEPARTAMENTO: 117 - Instrumentação	0:01	4/1/2009	4/1/2010	
101	1	INF. COMPLEMENTAR: Manutenção básica em painél DEPARTAMENTO: 200 - Moagem	72:00	4/1/2009	7/1/2010	
98	2	INF. COMPLEMENTAR: MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E CCM Lubrificação de Equipamentos DEPARTAMENTO: 200 - Moagem	120:00	7/1/2010	7/1/2010	

TOTAIS		272:05			
EPIs - A SEREM UTILIZADOS DURANTE O TRABALHO					
CÓD. EQUIP.	DESCRIÇÃO				
APONTAMENTOS DA MÃO DE OBRA					
MATRICULA	NOME	TAREFA	TAREFA	DATA	HORA
VERIFIQUE O NUMERO DO EQUIPAMENTO COM NUMERO DA O.S					

FIGURA 4: Modelo de Ordem de Serviço

FONTE: Elaboração Própria

No presente trabalho será utilizado o medidor de Vibrações **CSI-2130** (*MACHINERY HEALTH COLLECTOR*), como mostrado na FIG. 5 abaixo, levando em consideração que o instrumento é de simples entendimento e manuseio. Uma vez criado uma rota para coleta de dado, o operador seleciona o equipamento a ser realizada a medição e com um simples toque com a haste na máquina ou equipamento, o medidor coleta as vibrações e as analisa de forma sucinta, gerando curvas de tendência e as principais anomalias identificadas.

O medidor gera limites de alerta correspondentes as valores para os níveis de vibrações definidos como limite de **ATENÇÃO** e limite de **FALHA**, os quais neste trabalho foram definidos para valores globais do nível de vibrações como mensurados abaixo.

Pelo seu funcionamento, este instrumento mede a vibração total resultante da ação de todas as frequências presentes no sinal de vibração, dentro da faixa considerada. As condições de funcionamento nas funções velocidade utiliza a classe 1, 2, 3 e 4 sendo indicado o valor da característica da vibração e qualifica a condição de funcionamento gerando níveis de severidade representados abaixo:

Nível A – Boas condições. Faixa normalmente encontrada em máquinas novas ou revisada;

Nível B – Aceitável para operação continuada. Faixa de operação normal das máquinas em boas condições de manutenção e operada adequadamente;

Nível C – Limite tolerável. Faixa não aceitável para operação continuada. Nesta faixa deve-se operar o equipamento por um período limitado e deve-se programar uma revisão para ajustes ou conserto mais rápido possível;

Nível D – Não permissível. A severidade neste nível é considerada danosa para o equipamento. Deve-se parar imediatamente e realizar uma manutenção corretiva.



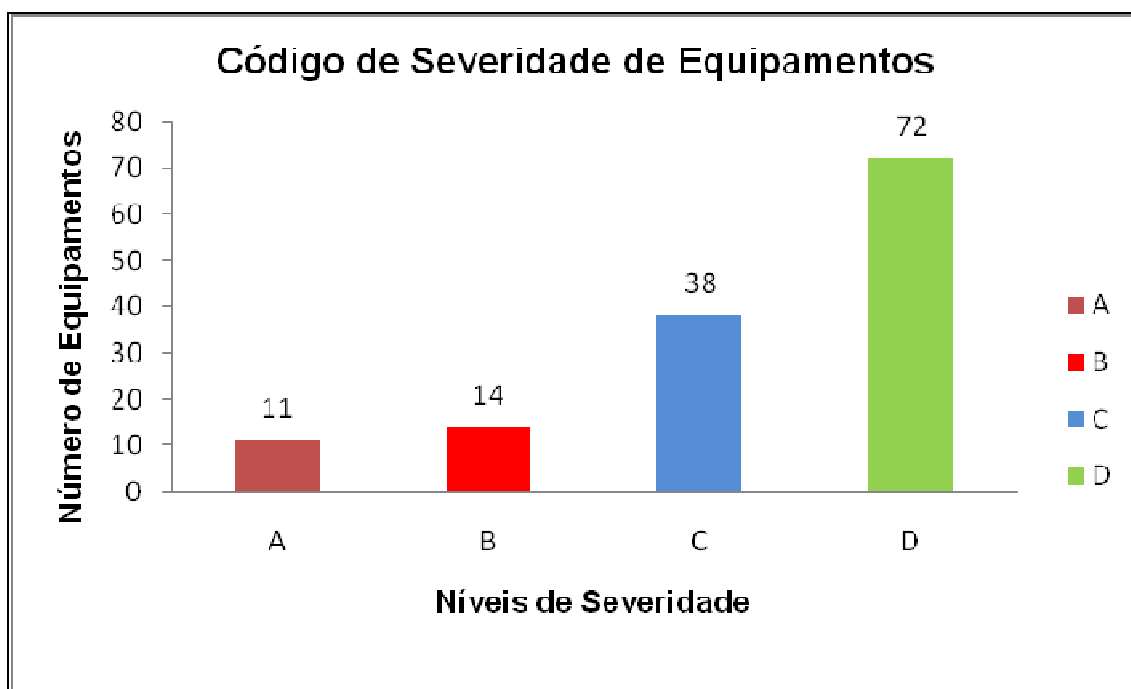
FIGURA 5 - INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO CSI 2130

FONTE: Elaboração própria

5.1 Primeira Medição

Na primeira medição realizada em 25/05/09 obtivemos os seguintes resultados, onde 135 equipamentos dos 162 analisados apresentaram alguma anormalidade, sendo assim: 11 equipamentos apresentaram um grau de severidade A, outros 14 equipamentos apresentaram grau de severidade B, 38 equipamentos apresentaram um grau de severidade C e outros 72 equipamentos apresentaram o grau de severidade D. Estes primeiros dados não terão grande relevância na tomada de decisão ou intervenção, pois ainda não temos dados para confrontar com estes adquiridos na primeira medição. Os dados estão dispostos no (GRAF. 1) abaixo onde uma das variáveis mostra o número de equipamento e a outra mostra o grau de severidade.

GRÁFICO 1 – Gráfico dos códigos de severidade de vibrações obtidas em 25/05/09

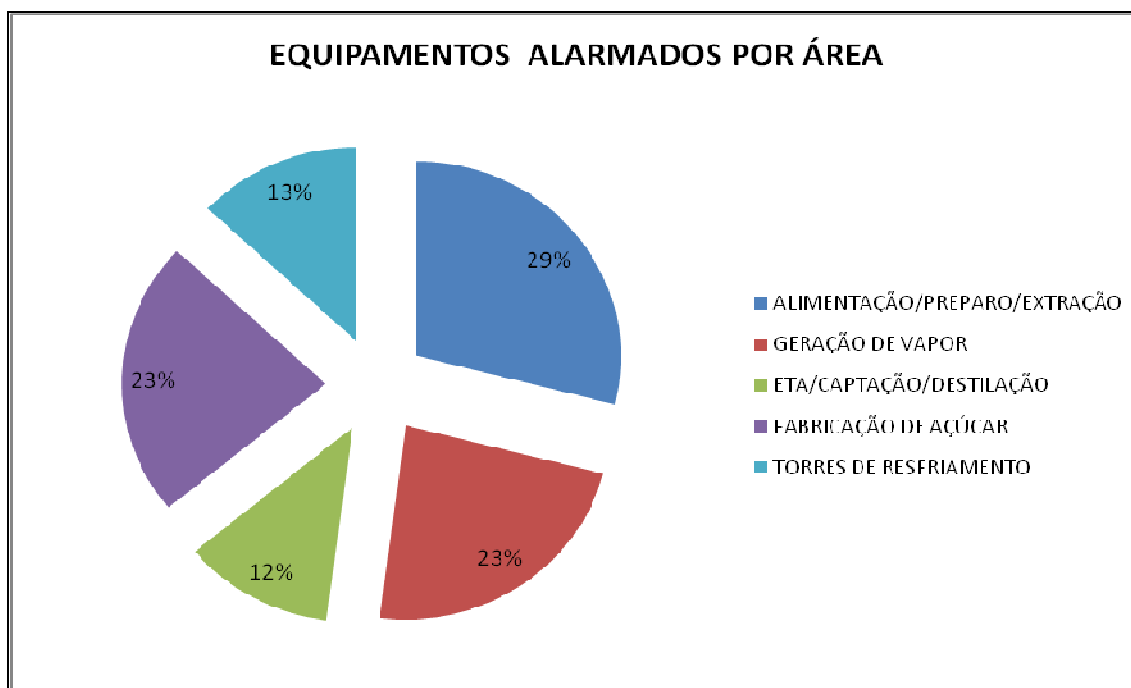


FONTE: Dados da pesquisa, 2009

Separando estes equipamentos por área podemos concluir que o setor com maior índice de problemas é Alimentação/Preparo/Extração com 29,20% devido a esta parte do processo estabelecer um grande esforço e uma alta velocidade de trabalho. Este esforço se dá pelo fato de nesta etapa do processo a cana ser cortada e desfibrada. Podemos notar também um alto índice nos setores Geração de Vapor e Fábrica de Açúcar com 23% de anomalias diagnosticadas. Estes dois setores exercem grande função dentro da indústria, pois a fabricação de açúcar e a geração de vapor são dois produtos de grande importância dentro de nossa organização.

Os setores ETA/Captação/Destilação e Torres de Resfriamento apresentaram os menores índices de problemas, com respectivamente 12% e 13% cada um, como mostra o GRAF. 2 abaixo.

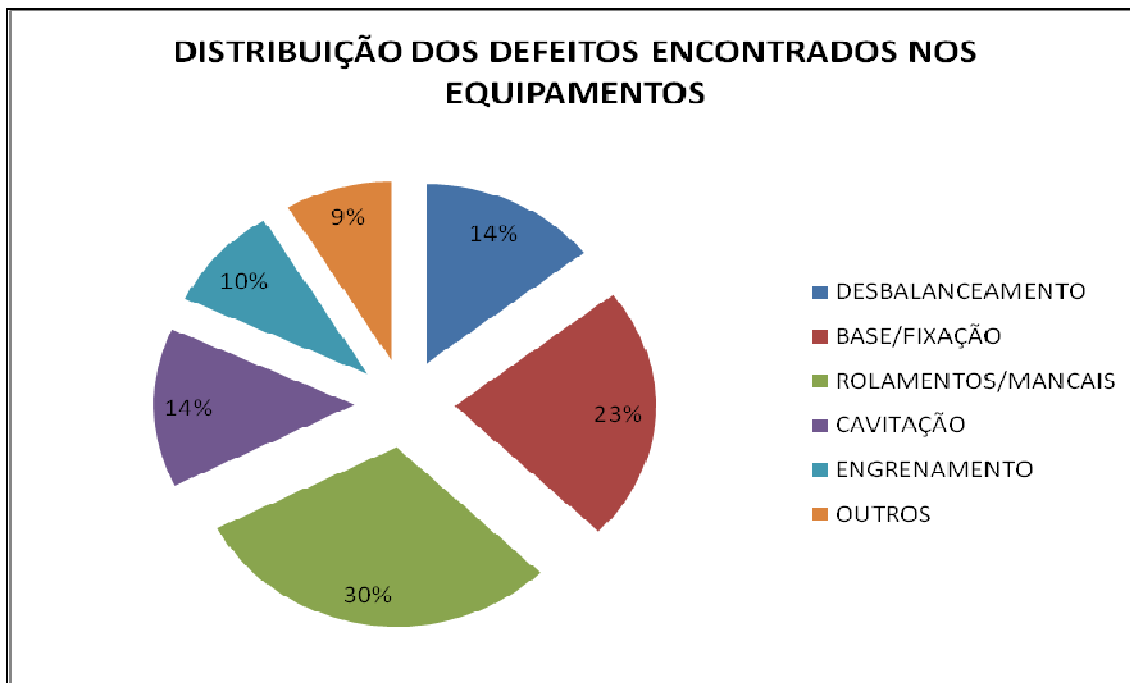
GRÁFICO 2 - Gráfico de equipamentos alarmados por área obtidos em 25/05/09



FONTE: Dados da pesquisa, 2009

Quando realizamos a análise de vibração em equipamentos estamos sujeitos a diagnosticar vários problemas como desbalanceamento (problema proveniente de perda de massa de um dos lados de um eixo girante), problemas de base ou na estrutura de suporte e fixação de um equipamento ou máquina, problemas em rolamentos e mancais de sustentação, cavitação no transporte do fluido (pode aparecer em bombas e dispositivos que movimentam líquidos), problemas com desgaste no engrenamento (o desgaste do elemento mecânico composto de rodas dentadas que se liga a um eixo rotativo, ao qual imprimem movimento) e outros. Para melhor análise destes problemas foi criado um gráfico de distribuição de defeitos (GRAF. 3). Durante a primeira medição realizada no dia 22/05/09 foram diagnosticados um número elevado de problemas nos rolamentos e mancais atingindo um índice de 30% dos problemas existentes nesta medição. Outro grande índice identificado foi em relação aos problemas com base e fixação dos equipamentos, com 23% dos defeitos encontrados. Vale também identificar os problemas provenientes de desbalanceamento e cavitação que atingiram um índice de 14%, de defeito cada um. Estes dados são dispostos no (GRAF.3) abaixo.

GRÁFICO 3 - Gráfico de distribuição dos defeitos encontrados nos equipamentos em 25/05/09

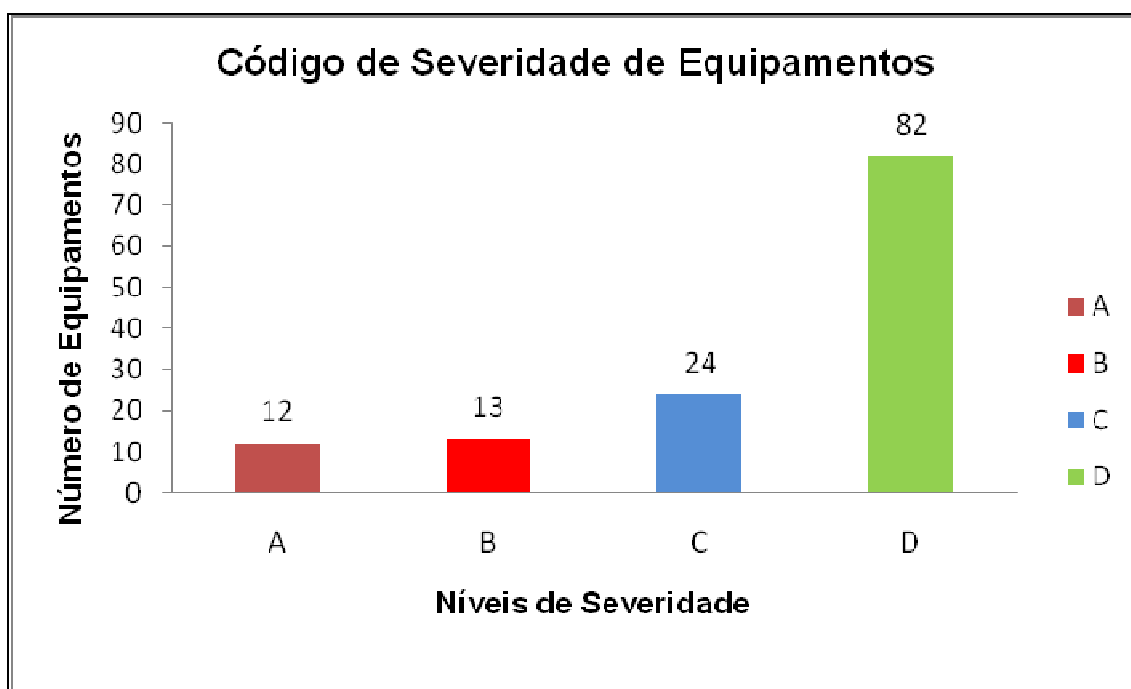


FONTE: Dados da pesquisa, 2009

5.2 Segunda Medição

Na nova medição realizada em 10/07/09, os resultados mostram que obtivemos uma redução de 3% no número de equipamentos com problemas. A primeira medição foi diagnosticada 135 equipamentos com algum tipo de problema ou anomalia, já na segunda medição os valores apresentaram os seguintes resultados, onde 131 equipamentos apresentaram alguma anormalidade, sendo eles: 12 equipamentos apresentaram um grau de severidade "A", outros 13 equipamentos apresentaram grau de severidade "B", 24 equipamentos apresentaram um grau de severidade "C" e outros 82 equipamentos apresentaram o grau de severidade D. Os dados apresentados acima estão dispostos no (GRAF.4) abaixo.

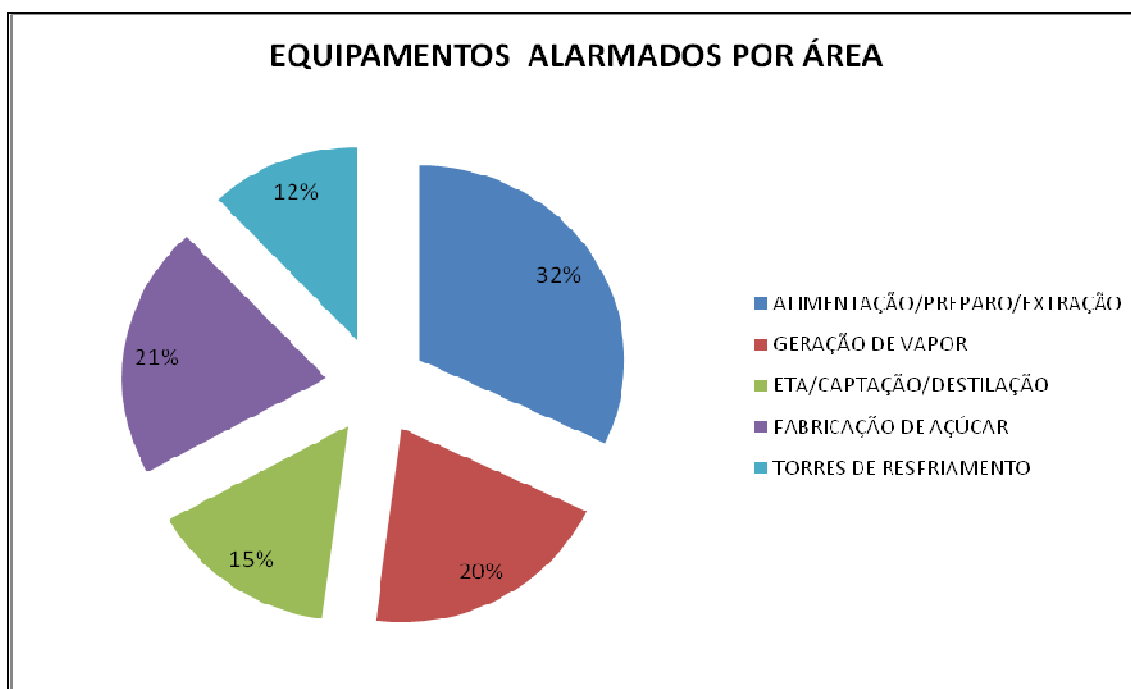
GRÁFICO 4 – Gráfico dos códigos de severidade de vibrações obtidas em 10/07/09



FONTE: Dados da pesquisa, 2009

Nesta segunda medição podemos analisar também um aumento significativo nos problemas relacionados ao setor de Alimentação/Preparo/Extração, passando de 29% na primeira medição para 32% nesta segunda medição, no intervalo de tempo entre as medições. Devemos ressaltar a diminuição dos problemas relacionados ao setor ETA/Captação/Destilação, com uma pequena queda no índice de problemas, passando de 23% para 20% no mesmo intervalo de tempo mencionado acima. Os outros setores mantiveram-se quase intactos no mesmo nível, sem apresentar uma grande discrepância nos dados. Estes dados estão mostrados no (GRAF. 5), mostrado abaixo.

GRÁFICO 5 - Gráfico de equipamentos alarmados por área obtidos em 10/07/09

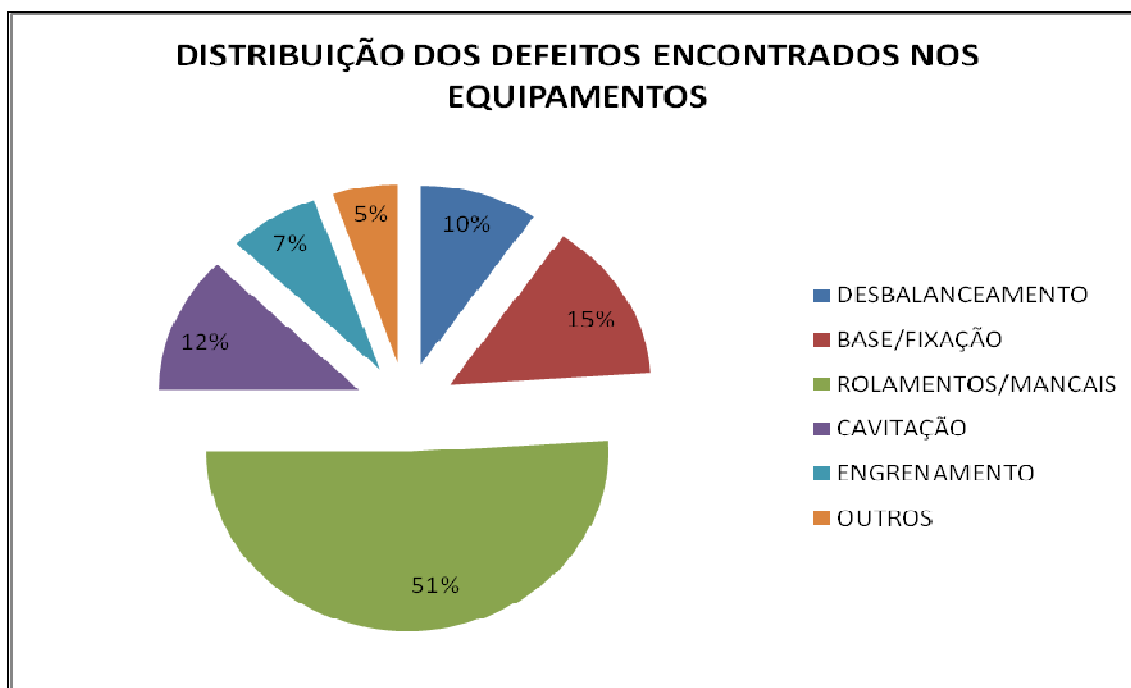


FONTE: Dados da pesquisa, 2009

Analisando o relatório da segunda medição, podemos verificar um aumento exagerado no quesito rolamentos, onde a causa mencionada acima passou de 30%, para assustadores 51 % dos defeitos encontrados nesta medição. Este número mostra que possivelmente a lubrificação dos equipamentos esta insatisfatória e devemos tomar algumas providências para que este problema não resulte em quebra. Podemos verificar também que os problemas provenientes de base reduziram na faixa de 7%, passando de 23% da primeira medição para 15% na segunda medição.

Outro ponto positivo analisado foi à queda no índice dos problemas provenientes de desbalanceamento, onde conseguimos reduzir de 14% na primeira medição para 10% nesta medição. Esta melhora deve-se a limpeza intensa nos equipamentos e uma estruturação no setor de manutenção. Estes dados estão dispostos no (GRAF.6), mostrado abaixo.

GRÁFICO 6 - Gráfico de distribuição dos defeitos encontrados nos equipamentos em 10/07/09

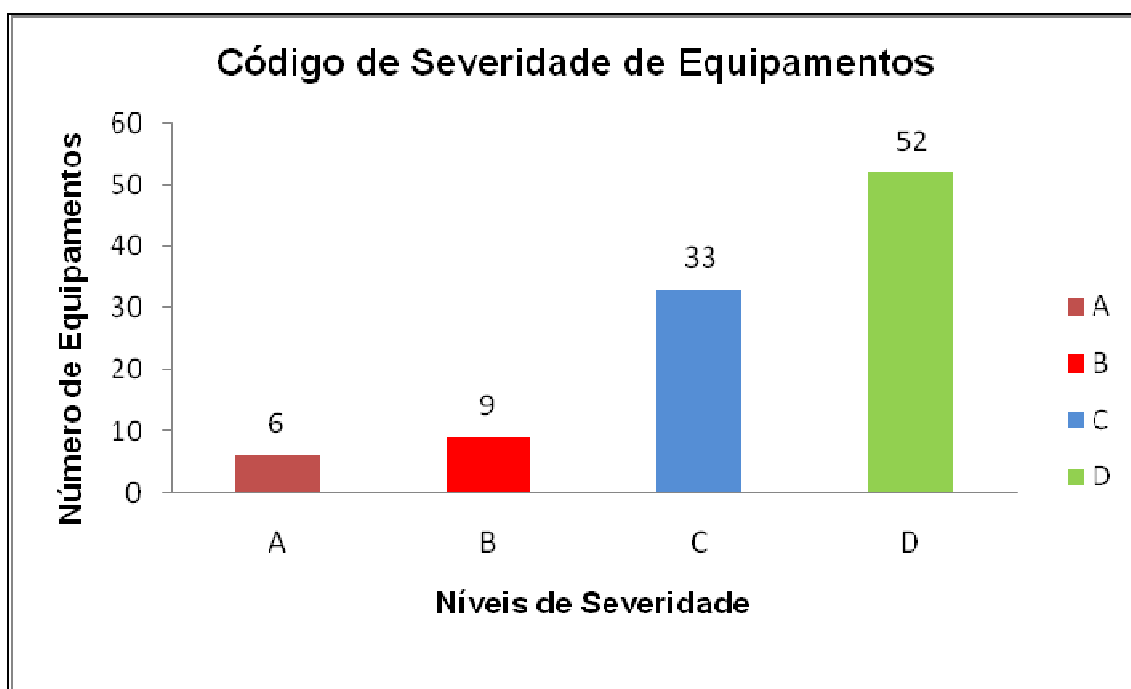


FONTE: Dados da pesquisa, 2009

5.3 Terceira Medição

A última medição foi realizada no dia 10/09/09, tendo um resultado bastante interessante e satisfatório, pois conseguimos reduzir o índice de quebra de incríveis 135 equipamentos na primeira medição para 100 equipamentos na terceira medição. Já nesta medição os valores apresentaram os seguintes resultados, dos 100 equipamentos que apresentaram alguma anormalidade, 6 equipamentos apresentaram um grau de severidade "A", outros 9 equipamentos apresentaram grau de severidade "B", 33 equipamentos apresentaram um grau de severidade "C" e outros 52 equipamentos apresentaram o grau de severidade "D". Os dados apresentados acima estão dispostos no gráfico dos Códigos de Severidade (GRAF. 7) ilustrado abaixo.

GRÁFICO 7 – Gráfico dos códigos de severidade de vibrações obtidas em 10/09/09

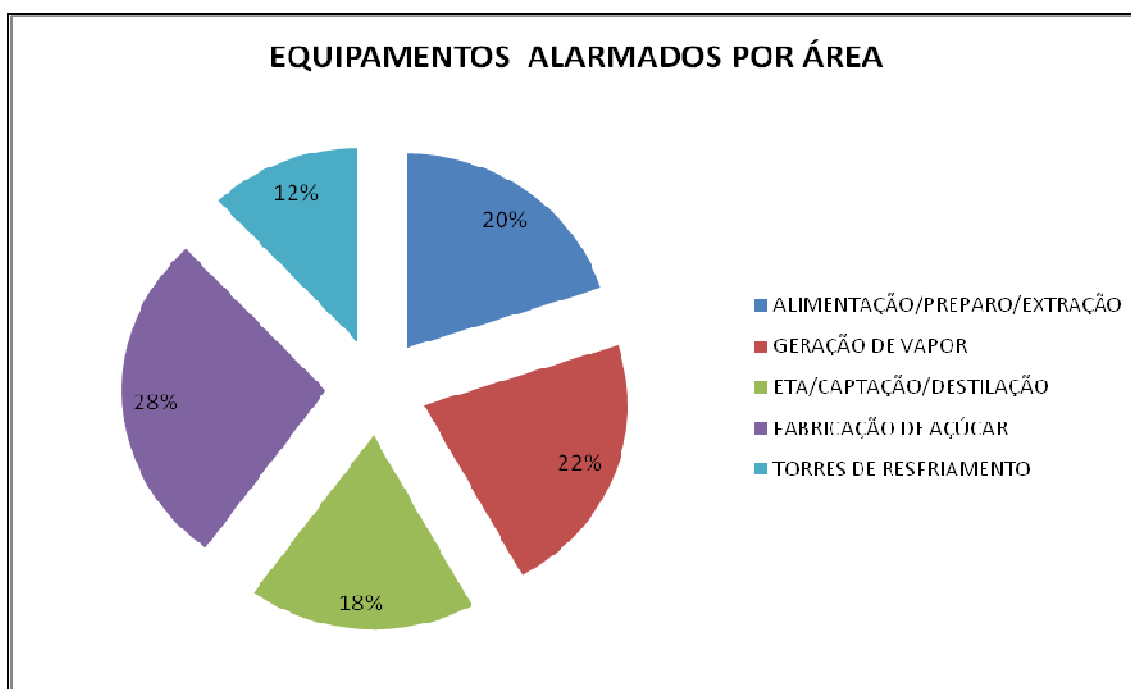


FONTE: Dados da pesquisa, 2009

Após a realização da última medição podemos analisar que houve uma divisão mais acentuada dos problemas por área, mas vale destacar o aumento de problemas na Fabricação de açúcar, onde na medição passada apresentava um índice de 21% e nesta nova medição este índice aumentou para 28%. Devemos também ressaltar a queda brusca nos problemas decorridos na Alimentação/Preparo/Extração, onde atingimos surpreendentes 32% na medição anterior e conseguimos reduzir este número para 20% na medição atual.

O setor de Geração de Energia também sofreu um aumento de aproximadamente de 2%, passando de 20% na medição realizada no dia 10/07/09 para 22% na medição atual. Outro setor que também sofreu um acréscimo foi a ETA/Captação/Destilação, que passou de 15% na medição anterior para 18% na medição atual. Já o setor das Torres de Resfriamento permaneceu com os mesmos índices da medição anterior. Estes dados estão dispostos no (GRAF.8) abaixo, denominado Equipamentos Alarmados por Área.

GRÁFICO 8 - Gráfico de equipamentos alarmados por área obtidos em 10/09/09

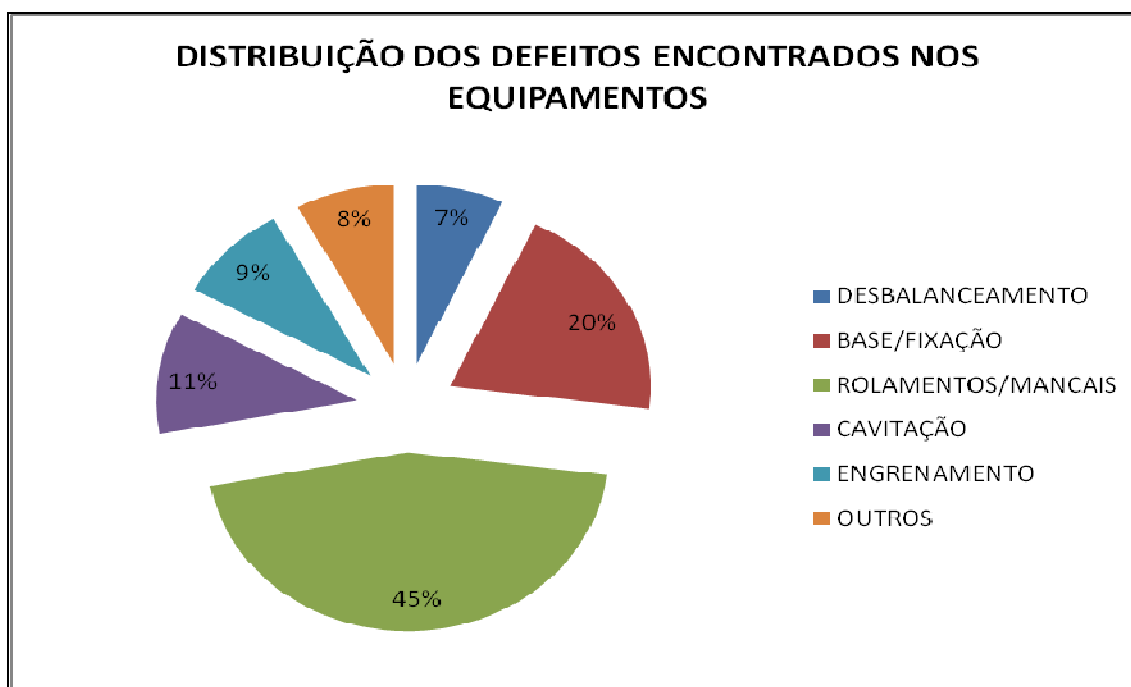


FONTE: Dados da pesquisa, 2009

Analisando o relatório desta terceira medição, podemos verificar que os problemas correlacionados aos rolamentos sofreram uma queda e se manteve próximo ao índice da primeira medição. Na segunda medição este problema ocorreu em 51% das medições, já nesta última medição este mesmo problema ocorreu em 45% dos equipamentos. Este número mostra que possivelmente ocorreram novamente falhas no sistema de lubrificação dos equipamentos. Podemos verificar também que os problemas provenientes de base sofreram um acréscimo, passando de 15% da segunda medição para 20% na terceira medição.

Outro ponto positivo analisado foi novamente à queda no índice dos problemas provenientes de desbalanceamento, onde conseguimos reduzir de 10% para 7%. Esta melhora deve-se a limpeza dos equipamentos e melhora no setor de manutenção e também na solução de pequenos problemas diagnosticados por *Check-List*. Estes dados estão dispostos no (GRAF.9), mostrado abaixo.

GRÁFICO 9 - Gráfico de distribuição dos defeitos encontrados nos equipamentos em 10/09/09



FONTE: Dados da pesquisa, 2009

5.4 Análise da Manutenção Utilizadas na Empresa

A manutenção utilizada na empresa consiste em basicamente corretiva, se configurando em uma intervenção rápida, sem planejamento e controle, sendo conhecida como apagar incêndios. Para Viana (2002) a manutenção corretiva é caracterizada como aquela intervenção realizada imediatamente após a quebra do equipamento, em atitude de urgência, antes da ocorrência de outros problemas provenientes desta falha.

O uso deste método de manutenção apresenta aspectos negativos, como:

- (i) A falha ocorre aleatoriamente e geralmente no período mais inoportuno; e (ii) a falha inesperada de um componente pode causar perigo para os outros componentes, acarretando custos adicionais. O mesmo autor ainda cita que apesar desses inconvenientes, a manutenção corretiva será sempre necessária (ZAIIONS 2003, p.33).

Há também uma pequena parcela de manutenção terceirizada. Para Souza (2009) este método de manutenção é válido quando analisamos e verificamos que a atividade a ser realizada exige alto grau de conhecimento e habilidade técnica, ou

seja, necessita de um especialista que geralmente não dispomos no nosso quadro de colaboradores. Outro ponto positivo deste método de manutenção é que permite a empresa reduzir custos com a contratação de nova mão-de-obra e também na aquisição de instrumentos e maquinário.

Foi implantado também um programa de manutenção preditiva, visando monitorar peças e máquinas, com o objetivo principal, determinar o tempo correto da necessidade da intervenção, com isso evitando desmontagens desnecessárias para inspeção e utilizando ao máximo a vida útil do componente.

Para Nascimento (2006, p.11) “[...] a manutenção preditiva é definida como o conjunto de ações que permitem manter ou restabelecer um bem a um estado operacional específico ou, ainda, assegurar um determinado serviço”.

5.5 Estudo das Vibrações

Para SENAI (2003) toda e qualquer máquina em funcionamento produz uma vibração, algumas em nível de aceitação pelo fabricante e outras já produzindo algum tipo de deteriorização, geralmente caracterizadas por modificação dos níveis de massa de cada equipamento. Quando conseguimos observar estas vibrações e a monitorá-las torna-se possível obter informações sobre o grau de desgaste do equipamento.

A vibração mecânica pode ser considerada como:

Uma oscilação em torno de uma posição de referência e consiste em um fenômeno cotidiano, se constituindo freqüentemente em um processo destrutivo, ocasionando falhas nos elementos de máquinas por fadiga, ou seja, diminuição gradual da resistência de um material por efeito de solicitações repetidas (VIANA 2002, p.13)

Segundo Nascimento (2006) o princípio básico de vibração, baseia-se na relação de excitação, ou seja, toda máquina produz uma vibração normal proveniente de seu funcionamento, sendo que esta vibração retorna para o equipamento com a mesma freqüência causando problemas e desgastes

Por meio do método de análise de vibração em máquinas e equipamentos em estado de funcionamento contínuo é possível detectar e antecipar problemas e falhas como cita SENAI (2003, p.4):

- Rolamentos deteriorados;
- Engrenagens defeituosas;
- Acoplamentos desalinhados;

- Rotores desbalanceados;
- Vínculos desajustados;
- Eixos deformados;
- Lubrificação deficiente;
- Folga excessiva em buchas;
- Falta de rigidez;
- Problemas aerodinâmicos;
- Problemas hidráulicos;
- Cavitação.

Na década de 70 os programas de manutenção preditiva com ênfase na análise de vibrações, baseavam-se em um equipamento denominado vibrômetro. O encarregado pelas medições trazia o instrumento, volumoso e grosseiro, pendurado no pescoço de modo a usar as mãos para fazer as anotações de cada ponto medido. Segundo Pinto e Xavier (2001, p. 240) “[...] com desenvolvimento de novos instrumentos, sobreveio uma nova dinâmica no acompanhamento de equipamentos da planta industrial”. Depois do desenvolvimento destes instrumentos houve grande evolução quanto à análise dos dados, pois o aparelho após o fim da coleta das vibrações, naturalmente aponta os pontos alarmados.

Outro ponto de grande importância é o período entre as análises como cita Nepomuceno (1989, p. 321) “[...] o período entre medições depende de vários fatores, tais como o regime de funcionamento da máquina, sua carga constante ou aleatória e o tipo de equipamento”. Estes intervalos são necessários para correção dos problemas encontrados durante as medições.

O uso correto do analisador de vibrações requer experiência técnica de medição e treinamento, pois para obtenção de medidas precisas, devem-se fazer medições sempre de maneira igual, ou seja, em um mesmo ponto. O sensor deve estar na mesma posição que as medidas feitas anteriormente e com a mesma pressão, deste modo conseguimos fazer uma avaliação mais precisa e minuciosa do estado real da máquina e de seus componentes.

Para uma pessoa leiga no assunto é muito complicado identificar as falhas, por este motivo é necessário treinamento e prática. O local ideal para medição depende do tipo de máquina, porém os critérios abaixo podem ser úteis:

- Identificar as fontes de ocorrência de vibração no equipamento;
- Efetuar as medições nos pontos mais próximos possíveis das fontes de vibração;

- Uma vez identificados os pontos de medição, recomenda-se a marcação destes pontos, para que na próxima medição utilizem os mesmos.

É de fundamental importância que se faça um programa das medições, ou seja, estabelecidos períodos entre as medições de cada ponto para avaliar o funcionamento das máquinas. Desta maneira podem-se estabelecer rotas para efetuar as medições na planta e colher os dados para avaliação e diagnóstico.

5.6 Recomendações para Manter em Bom Estado de Funcionamento os Equipamentos

5.6.1 Inspeção nos Equipamentos

Para Souza (2009) a inspeção realizada nos equipamentos é dentro da Manutenção o principal responsável por conservar em boas condições o estado de funcionamento dos equipamentos, pois esta inspeção possibilita a identificação antecipada de possíveis defeitos e falhas, podendo assim executar uma manutenção preventiva antes da quebra. É imprescindível o auxílio de todos envolvidos para elaboração deste roteiro de inspeção, pois é necessário conter dentro do seu contexto informações essenciais e que seja de fácil entendimento para o executante da tarefa.

Para Viana (2002) “[...] a prática a inspeção consiste na observação de certas características dos equipamentos, tais como: ruído, temperatura, condições de conservação, vibração, etc”.

Estas folhas de inspeção devem seguir um critério, onde se devem conter as seguintes informações: localização do equipamento, tempo previsto para execução do trabalho, um campo para descrição de possíveis ocorrências, pontos a serem verificadas, as variáveis a serem analisadas e também conter um padrão de inspeção (normal, aceitável, atenção e crítico).

Ao término da inspeção, os resultados obtidos devem ser analisados e posteriormente catalogados ou digitados em um sistema informatizado para geração de um histórico de inspeção do equipamento. Após a análise dos dados é possível a elaboração de um plano de atividades para o equipamento.

5.6.2 Lubrificação dos Equipamentos e Componentes

A lubrificação em qualquer empresa ou equipamento tem um grande papel, devido a sua necessidade de conservação de elementos mecânicos que trabalham em contato direto, realizando esforços contínuos. Segundo Viana (2002, p.92) “[...] o objetivo em se lubrificar é reduzir o atrito físico entre superfícies ajustadas entre si, fazendo com que haja o mínimo possível de atrito interno.

A criação e realização de um programa de lubrificação influencia de maneira direta nos custos da organização devido a redução do número de paradas para manutenção, reduzindo despesas com peças de reposição e com lubrificantes e pelo aumento da produção, SENAI (2003). O primeiro passo para elaboração de um plano de lubrificação é distinguir o ponto de lubrificação no equipamento. Em seguida verificar junto ao fornecedor do equipamento qual o tipo de lubrificante a ser utilizado (graxa e / ou óleo) e também a quantidade e a periodicidade de uma nova relubrificação.

Desta forma teremos um roteiro de lubrificação onde conseguiremos controlar o consumo de lubrificante e a periodicidade da lubrificação.

5.6.3 Ajustes dos Instrumentos de Processo

A calibração pode ser considerada como:

Um conjunto de operações que estabelecem, sob condições específicas a relação entre os valores indicados por um instrumento de medição ou sistema de medição ou valores representados por uma medida materializada ou um material de referência, e os valores correspondentes das grandezas estabelecidos por padrão (SILVA 2006, p.4).

O resultado das análises e calibrações deve ser registrado em documentos e anexado a ficha do equipamento, para criação de um histórico. Para Souza (2009) um ponto importante a se destacar é a periodicidade das calibrações, pois alguns equipamentos trabalham em situações críticas, causando algum dano a sua calibração.

5.6.4 Limpeza

A limpeza é uma das partes mais importantes para manter um equipamento em plenas condições de uso. Ela é considerada como um ponto importante dentro da manutenção devido o auxílio fornecido ao item de inspeção dos equipamentos.

Segundo Souza (2009, p.31) “[...] a limpeza fará com que as deficiências sejam externadas, assim se detona a necessidade da incorporação de melhorias”. O melhor método de manter a limpeza e a organização é eliminando o foco da sujeira.

6 CONCLUSÃO

Neste tópico do trabalho faz-se um resumo nos principais pontos detectados no desenvolvimento desta implantação, que teve como principal objetivo identificar e mensurar os pontos positivos e negativos da implantação de um sistema de manutenção preditiva em uma usina sucroalcooleira.

Poucas vezes na história do setor sucroalcooleiro, a redução de custos foi uma meta tão perseguida como agora e o foco foi direcionado para manutenção. Atualmente a manutenção esta abrangendo um novo sistema de gestão, com foco na antecipação de problemas e conseqüentemente reduzir custos aliando a garantia do equipamento e a qualidade do produto final.

Assim as constatações feitas sobre os pontos positivos da implantação da manutenção preditiva com ênfase na análise de vibração foram: reduzimos drasticamente as paradas por quebras inesperadas, redução de custo com peças em estoque, aumento da vida útil dos componentes e equipamentos, programação de paradas para substituição de peças e principalmente a confiabilidade dos equipamentos com base nos históricos criados com este método de manutenção. Outro ponto positivo que devemos relevar é a adequação e apoio do pessoal da manutenção, por acreditar neste método de análise.

O principal ponto negativo encontrado foi o alto preço pago para implantação deste método de manutenção, devido ao custo do *software* e também o treinamento das pessoas envolvidas neste programa.

A segunda constatação de deficiência ocorreu no setor de manutenção da empresa em estudo, devido ao grande índice de intervenção utilizando o método de manutenção corretiva.

Neste contexto, pode-se concluir que todos os objetivos propostos neste trabalho foram alcançados, pois o índice de quebra diminui proporcionalmente ao longo do tempo, mas embora os resultados sejam animadores, devemos analisar que somente a manutenção preditiva não assegura o sucesso do setor de manutenção, pois a corretiva e a preventiva ainda são necessárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.NACCARATI Consultores, Auditores e Serviços Técnicos em Engenharia. Disponível em <<http://www.anaccarati.com>> Acesso em 11/03/2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRANCO, Gil Branco Filho. **A Organização, o planejamento e o controle da manutenção.** 1º ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FUENTES, Fernando. F.E **Metodologia para Inovação da Gestão de Manutenção Industrial.** 2006, 208f. Dissertação (Doutorado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 1996. 158 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUIMARÃES, J.E – **Manutenção.** Escola Técnica Estadual República, Coordenação de Mecânica. 2005. Acesso em 11 de Março de 2009.

J. I. P. M. **Japanese Institute of Plant Maintenance. TPM frequently asked questions.** 2002. Disponível em < www.jipm.or.jp/en/home > Acesso em 15/03/2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção Função Estratégica,** 2ª ed, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda.; 1989, 11 e 12p.

NASCIMENTO, Rodrigo do. **Manutenção Preditiva usando Análise de Vibração.** 2006.38f. Dissertação (Graduação) Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Centro Universitário Anhanguera, Faculdade de Pirassununga.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de Manutenção Preditiva – Volume 1.** 1ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1989. 524 p.

NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de Manutenção Preditiva – Volume 2.** 1ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1989. 472 p.

PINTO, A.K; XAVIER, J. de A.N. **Manutenção – Função Estratégica.** 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Curso Profissionalizante - **Manutenção Mecânica**, 2003.

SILVA, Diego Freitas da. **Manutenção e Calibração de instrumentos convencionais**. Seminário Amazônico de Difusão da Cultura Metrológica, 2006.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muskat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

SIMEÓN, Edgar Jhonny Amaya. **Aplicação de técnicas de inteligência artificial no desenvolvimento de um Sistema de Manutenção baseada em condição**. 2008.193f. Dissertação (Mestre em sistemas Mecatrônicos), Universidade de Brasília.

SOUZA, Valdir Cardoso. **Organização e Gerência da Manutenção – Planejamento, Programação e Controle da Manutenção**. 3ª Ed, revisada. São Paulo: All Print, 2009. 285 p.

TAKAHASHI, Yosikazu e OSADA, Takashi. **TPM/MPT – Manutenção Produtiva Total**. Ed: IMAM, 1993.

VIANA, Herbet Ricardo Garcia. **PCM – Planejamento e Controle da Manutenção**. 1ªed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002, 167 p.

XENOS, Harilaus. G. **Gerenciamento da Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento, 1998.

ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. 2003.219f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GLOSSÁRIO

JUST IN TIME: Sistema de Administração da Produção.

SOFTWARES: Programas, dados e rotinas desenvolvidas para Computadores.

EXPERT SYSTEM: Sistema especialista.

MACHINERY HEALTH COLLECTOR: Coletor de dados da Saúde dos Equipamentos.

CHECK-LIST: Lista de Verificações

ANEXO A – SÍNTESE DA 1ª MEDIÇÃO DE SAFRA

ALIMENTAÇÃO E PREPARO DE CANA

ACIONAMENTO DO PICADOR:

Vibração no motor proveniente do picador (C), monitorar o desgaste de engrenamento do redutor (B) (através da análise do óleo lubrificante) e inspecionar as folgas nos mancais (B/B) e monitorar os rolamentos do picador (D/D).

ACIONAMENTO DO DESFIBRADOR:

Monitorar o desgaste de engrenamento do redutor (B) (através da análise do óleo lubrificante) e inspecionar as folgas no mancal (A) do lado livre do desfibrador.

ACIONAMENTO DO ESPALHADOR DE CANA:

Inspecionar os apertos e as soldas de fixação do conjunto (A) e estudar a possibilidade de aumentar a rigidez de base do motor (A).

EXTRAÇÃO DO CALDO

ACIONAMENTO DA PENEIRA ROTATIVA # 01:

Inspecionar o estado da polia do motor (A) (excentricidade, desgaste, montagem) e inspecionar os apertos e as soldas de fixação do conjunto (A).

ACIONAMENTO DA PENEIRA ROTATIVA # 02:

Inspecionar as folgas nos mancais do motor (A) e inspecionar os apertos e as soldas de fixação do conjunto (A).

ACIONAMENTO DA ROSCA PENEIRA ROTATIVA:

Inspecionar os apertos e as soldas de fixação do conjunto (B).

ACIONAMENTO DO ROLO DE ENTRADA DO 1º. TERNO:

Monitorar o desgaste de engrenamento do redutor planetário (B) e seu rolamento do trem de entrada (B) (através da análise do óleo lubrificante).

ACIONAMENTO DO ROLO DE SAÍDA DO 1º. TERNO:

Monitorar o desgaste de engrenamento do redutor planetário (C) (através da análise do óleo lubrificante) e as folgas em seu mancal do trem de entrada (C).