



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E ENGENHARIAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

LUIZ DE SOUZA SILVA

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA MÁQUINA DE
USINA SUCROALCOOLEIRA**

MARABÁ
2019

LUIZ DE SOUZA SILVA

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA MÁQUINA DE
USINA SUCROALCOOLEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia Mecânica da
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
em cumprimento as exigências para obtenção
do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andréa de Lima
Ferreira Novais

MARABÁ
2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca II da UNIFESSPA, Marabá, PA

Silva, Luiz de Souza.

Elaboração de um plano de manutenção em uma máquina de usina sucroalcooleira./ Luiz de Souza Silva; Orientador Dr. Andréa de Lima Ferreira Novais. 2019.

58 f.:il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Faculdade de Engenharia Mecânica, Marabá, 2019.

1. Manutenção preventiva. 2. Metodologia RAM. 3. Ferramentas da qualidade. I. Novais, Andréa de Lima Ferreira, *orient.* II. Título.

CDD 23. ed.: 540

LUIZ DE SOUZA SILVA

**ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA MÁQUINA DE
USINA SUCROALCOOLEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
Mecânica da Universidade Federal do
Sul e Sudeste do Pará em cumprimento
as exigências para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

DATA DA AVALIAÇÃO: 23/11/2019

CONCEITO: Excelente.

BANCA EXAMINADORA

Andréa de Lima Ferreira Novais
Prof^ª. Dr^ª. Andréa de Lima Ferreira Novais.
(Femec – IGE – UNIFESSPA – Orientadora)

Giselle Barata Costa
Profa. Dr^ª. Giselle Barata Costa.
(Femec – IGE – UNIFESSPA – Membro)

Joana Claudia Zandonadi Pinheiro
Prof^ª. Me. Joana Claudia Zandonadi Pinheiro
(Femec – IGE – UNIFESSPA – Membro)

Dedico este trabalho a minha “irmã”, Ivone Silva que sempre esteve comigo e foi a principal responsável pela realização deste curso.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar comigo nos momentos mais difíceis mostrando que sempre há um caminho correto a seguir.

A minha mãe, Euzébia de Souza Silva, minha irmã Ivonete Silva e meu irmão Valdimiro Silva, pelo apoio e pelo incentivo contínuo que permitiram enfrentar os desafios de cursar uma graduação longe de casa, amigos e da minha cidade de origem.

A minha companheira, Poliana Galvão, pelo carinho e paciência e por me mostrar o caminho das pedras na arte de pesquisar artigos científicos que me ajudaram de sobremaneira na realização deste trabalho.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Andréa de Lima Ferreira Novais pelas cobranças e pelo esforço para me auxiliar da melhor maneira possível. Ao casal José Domingos e Naia, pela amizade e parceria que durarão para uma vida toda. Ao professor do Instituto Federal do Pará, da unidade Marabá Industrial, Israel Peixoto, pela ideia que deu o ponta pé inicial para começar a escrever um trabalho de conclusão de curso.

A equipe do NAIA (Núcleo de Assistência e Inclusão Acadêmica), pelo apoio substancial, nas bolsas e programas de inclusão acadêmica aos estudantes PCD (Pessoa com deficiência), que nos ajudam a enfrentar as barreiras do mundo dito “normal”.

Aos meus colegas da turma de 2014, em especial ao grupo “Liga da justiça” que contra tudo e contra todos, se ajudando e encorajando uns aos outros, chegamos ao fim dessa jornada. Welvis soares, Abiassafê Araújo, Victor Rodrigues, Francivan Nascimento, Nilson Ribeiro, Luiz Alan, Petri Furtado, Willia Reis, Luan Vitor, Fabio Lima, Adriano Souza, Luciana Rechi, obrigado a todos vocês pelos momentos de parceria, apoio e convívio durante os cinco anos de curso.

Aos professores do Instituto de Geociências e Engenharia da Unifesspa que fizeram parte da minha formação, em especial aqueles vinculados à Faculdade de Engenharia Mecânica. Prof. Me. Moisés Abreu, Prof. Me. Rodrigo Bezerra, Prof^a. Dra. Giselle Barata, Prof. Dr. Claudio Basquerotto, Prof. Dr. Fabio Silva, Prof. Me. Dimitri Oliveira, Prof. Me. Isaias Barbosa.

*Eu não quero acreditar, quero
saber.*

Carl Sagan

RESUMO

O gerenciamento da manutenção nas grandes corporações é essencial para o desenvolvimento da empresa, e os planos de manutenção elaborado a partir de estudos dos equipamentos do processo devem estar alinhados com o plano de negócio da instituição, para que possa existir um crescimento saudável economicamente. Nas usinas sucroalcooleiras as manutenções são gerenciadas pela equipe de PCM (Planejamento e controle da manutenção), que são um conjunto de técnicas utilizadas para se alcançar a melhoria continua, incluindo ainda aspectos econômicos. No processo de extração da cana, a mesa alimentadora é o primeiro equipamento a entrar em contato com a madeira prima, e com isso há um desgaste no equipamento que geralmente é acentuado pela qualidade deste produto, como impurezas minerais (terra) e vegetais (palha) o que acarreta no aumento de manutenções corretivas, elevando os custos de operação. Desta forma, este trabalho visa propor um plano de manutenção para uma mesa alimentadora de cana de uma indústria sucroalcooleira, utilizando para isso a metodologia RAM (*Reliability, Availability, Maintainability*). Para a realização desse trabalho será utilizada como base de dados as ordens de serviços que foram abertas no sistema de manutenção da empresa entre os anos de 2013 a 2018, além das ferramentas da qualidade como 5W2H, FMEA, e os cinco porquês, através dos quais será possível levantar os principais problemas que ocorrem no equipamento e dessa forma analisar de maneira mais detalhas estas falhas. Por fim, será proposto um plano de manutenção a partir das falhas levantadas e propondo ações de melhorias e fornecendo suporte aos gestores, eliminando perdas por paradas não programadas e por conseguinte, redução dos custos de manutenção corretivas.

Palavras chaves: Manutenção preventiva, Metodologia RAM, Ferramentas da qualidade.

ABSTRACT

Managing maintenance in large corporations is essential to the company's development, and maintenance plans drawn from process equipment studies must be aligned with the institution's business plan so that healthy economic growth can exist. At sugar and ethanol plants, maintenance is managed by the PCM (Maintenance Planning and Control) team, which is a set of techniques used to achieve continuous improvement, including economic aspects. In the process of sugarcane extraction, the feeder table is the first equipment to come into contact with the raw material, and thus there is a wear on the equipment that is usually accentuated by the quality of this product, such as mineral (soil) and vegetable (straw) impurities.) which leads to increased corrective maintenance, increasing operating costs. Thus, this work aims to propose a maintenance plan for a sugar cane feed table of a sugar and alcohol industry, using the RAM (Reliability, Availability, Maintainability) methodology. For this work will be used as a database the service orders that were opened in the company's maintenance system from 2013 to 2018, in addition to quality tools such as 5W2H, FMEA, and the five whys, through which It will be possible to raise the main problems that occur in the equipment and thus analyze in more detail these faults. Finally, a maintenance plan will be proposed from the identified failures and proposing improvement actions and providing support to managers, eliminating unplanned downtime losses and thus reducing corrective maintenance costs

Keywords: Preventive Maintenance, RAM Methodology, Quality Tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gerações da manutenção.....	19
Figura 2: Formas de manutenção planejada.	23
Figura 3: Modelo do FMEA.	32
Figura 4: As sete ferramentas da qualidade.....	33
Figura 5: Diagrama de Ishikawa com 6M.	34
Figura 6: Esquema de realização do trabalho.....	36
Figura 7: Processo produtivo do etanol e açúcar.....	37
Figura 8: (a) mesa alimentadora . (b) Caminhão sendo tombado na mesa alimentadora.....	38
Figura 10: Diagrama de Ishikawa da mesa alimentadora.....	46

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Defeitos da mesa alimentadora e pesos dos componentes do NPR.....	47
Tabela 2: Causa raiz da troca das taliscas.....	48
Tabela 3 Causa raiz do problema no motor de acionamento.....	49
Tabela 4: Causa raiz da folga da corrente.....	49
Tabela 5: Plano de manutenção para a mesa alimentadora.	51

LISTAS DE GRAFICOS

Gráfico 1: Indicadores de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade estudados.	43
Gráfico 2: Confiabilidade para os anos estudados.....	43
Gráfico 3: Manutenibilidade para os anos estudados.	44
Gráfico 4: Disponibilidade para os anos estudados.....	44

SUMÁRIO

1. Introdução	15
1.1 Justificativa.....	16
1.2 Objetivo geral	17
1.2.1 Objetivos específicos	17
2 . Referencial teórico.....	18
2.1 Manutenção	18
2.2 Evolução da manutenção	18
2.4 Tipos de manutenção	22
2.4.1 Corretiva	23
2.4.2 Preventiva	24
2.4.3 Preditiva.....	24
2.5 Modelo de manutenção.....	25
2.5.1 RAM- Reliability, Availability, Maintainability	26
2.5.1.1 <i>Reliability</i> (Confiabilidade)	27
2.5.1.2 <i>Availability</i> (Disponibilidade)	28
2.5.1. <i>Maintainability</i> (Manutenabilidade).....	29
2.6 Plano de manutenção	29
2.7 Qualidade da manutenção.....	30
2.8 Análise de modo de falha e efeito (FMEA).....	31
2.9 Ferramentas da qualidade	32
2.9.1 Diagrama de Ishikawa	33
2.9.2 Cinco porquês	34
2.9.3 Metodologia 5W2H.....	35
3. Metodologia.....	35
3.1 Caracterização da empresa	36
3.2 Equipamento analisado.....	37
3.3.1 Mesa alimentadora.....	39
3.3.1.1 Confiabilidade	39
3.3.1.2 Manutenabilidade	41
3.3.1.3 Disponibilidade.....	42

4. Resultados	42
4.1 Aplicação do diagrama de Ishikawa.....	46
4.2 FMEA - Análise modo efeito de falha.....	47
5 Conclusão	53
6 Referências	54

1. Introdução

O cultivo da cana de açúcar no Brasil é realizado há muito tempo, é algo que se confunde com a própria história do país, remontam do início da colonização com a criação das capitânicas hereditárias, onde as plantações eram destinadas a produção de açúcar para abastecer o mercado europeu. Os canaviais situavam principalmente próximo a costa brasileira, na região nordeste do país; essa cultura trouxe para a nova colônia um período de grande desenvolvimento, que representou a primeira grande riqueza do país e entre os séculos XV e XVII foi a base da economia do Brasil colonial (MOCELLIM, 2013).

A indústria do etanol começou seu maior período de desenvolvimento na década de 70, pois antes era focada somente na produção de açúcar, nesta época o governo implantou o Projeto Proálcool, considerado um programa pioneiro, que visava impulsionar a produção de etanol para diminuir a dependência do combustível derivado do petróleo, com isso houve um aumento de 20 vezes na produção do biocombustível ao longo de um período de 16 anos. (ABUD e SILVA, 2019).

O setor sucroenergético brasileiro possui peculiaridades próprias que o diferenciam de plantações em outros países, como o fato de a maior parte da cana processada ser própria das usinas, o padrão internacional mantém o foco na atividade industrial onde a parte do plantio é direcionada a terceiros. Outro ponto de destaque reside no fato da diversidade de produtos fabricados nas usinas, como açúcar, etanol, cachaça, rapadura e o bagaço para cogeração de energia (CONAB, 2019).

A indústria do etanol no Brasil, é importância para a economia do país, tornando-o com representatividade mundial neste setor, atualmente o Brasil é o segundo maior produtor de etanol no mundo, fechando o ano de 2018 com mais de 26 bilhões de litros de combustível derivado da cana (SILVA, et al. 2019). O setor sucroalcooleiro no Brasil em 2016 fechou o ano com 380 unidades produtivas em mais de 1.000 (mil) cidades brasileiras; gerando mais de 950 mil empregos diretos; com receitas de aproximadamente US\$ 40 bilhões de dólares, algo em torno de 2% do PIB; com uma frota de automóveis flex de mais 26 milhões de carros (ÚNICA e CEISE, 2016). Somando o etanol e a eletricidade gerada pelo bagaço, representam um total de 17% da nossa matriz energética, essa energia é o mesmo que a produção de 4 usinas de Belo Monte (ANEEL, 2018).

O planejamento da manutenção nas indústrias sucroalcooleira é uma peça chave no desenvolvimento das unidades produtivas, certas empresas possuem áreas específicas para

coordenar ações de manutenções, são chamados de PCM - Planejamento e Controle da Manutenção, o PCM também pode ser entendido como um conjunto de atividades que visam direcionar a manutenção na empresa com objetivos e estratégias que buscam de melhorias continua, organização, supervisão e incluindo aspectos econômicos (OLIVEIRA, 2016). O gerenciamento das ações de manutenção dá ao processo maior confiabilidade e aumenta a disponibilidade dos equipamentos e desse modo às perdas são reduzidas consideravelmente. (RUSHEL, et al. 2017).

O planejamento da manutenção tem como foco a redução do desperdício que pode ser de mão de obra ou materiais ou ferramentas, também esta focada na qualidade do produto final com ações que visam à melhoria continua, como as manutenções preventivas e preditivas. A saúde e segurança operacional dos equipamentos e funcionários, levantando indicadores de confiabilidade, qualidade e custos. O PCM trabalha para melhorar a disponibilidade operacional e confiabilidade dos sistemas industriais, maximizando a produção e minimizando os custos. (FACCIO, et al. 2012).

Para que ações de manutenção possam ser empregadas, geralmente trabalham com um plano de manutenção, que segundo Mendes, et al. 2014, são o grupo de orientações que são necessárias para a perfeita realização da atividade preventiva. Utilizando se de registros de dados e análises de informações de avarias, conseguidas através de programas ERP (*Enterprises resources planinng*), dessa forma é possível tomar decisões mais adequadas em relação a gestão da manutenção.

Partindo desse princípio este trabalho busca através de análises de dados obtidos por programas de gestão da manutenção, a elaboração de um plano de manutenção para um equipamento de uma usina do ramo sucroalcooleiro, utilizando a metodologia RAM - *Reliability, Availability e Maintainability*.

O equipamento que será investigado é uma mesa alimentadora de cana, responsável por receber a matéria prima que chega do canavial.

1.1 Justificativa

Café, soja, suco de laranja, milho, carne, frutas e vários outros produtos fazem parte do ramo da economia que mais tem aumentado na representatividade nacional, o agronegócio, que hoje é importância para a economia brasileira, representa 21,1% do PIB nacional, além disso tem uma expressiva representação na balança comercial brasileira, com praticamente metade das nossas exportações, juntamente com seu desenvolvimento impulsiona outras área

de destaque como o mercado de insumos e defensivos agrícolas, o mercado de prestação de serviços e o mercado de máquinas que estão diretamente ligados ao agronegócio (CEPEA e CNA , 2018).

O setor sucroenergético é um dos ramos do agronegócio no brasileiro, responsável por aproximadamente 2% do PIB nacional e movimentando algo em torno de 100 bilhões de dólares em negócios de forma indireta nas áreas atuantes (ÚNICA e CEISE, 2016). Com mais de 600 milhões de toneladas de cana colhidas em 2016/2017 ; com mais de 11 bilhões de dólares em exportações no ano de 2016; juntos Brasil e EUA produzem 89% do etanol global e são responsáveis por 88% do consumo do combustível (LEMOS, et al. 2019). Dessa maneira a redução de custos nas indústrias de cana esta diretamente relacionada há um retorno maior do investimento.

Na produção de açúcar e álcool a recepção da cana é o começo do processo industrial, e a mesa alimentadora é o primeiro componente deste processo que entra em contato com a cana recém-chegada do canavial, e tem o objetivo de controlar o fluxo de cana que entra no processo de extração. (LIMA, 2008. Apud FIRMINO et al. 2018). A importância da mesa alimentadora reside no fato de ela manter o colchão continuo e uniforme e dessa forma facilita as operações subsequentes da moagem de cana. (CORTEZ, 2010 Apud FIRMINO et al. 2018).

Devido a importância desse equipamento para o processo de moagem da cana de açúcar, as manutenções corretivas podem se tornar corriqueiras e desse modo aumentado os custos de manutenção e isso pode ser reduzido com a implantação de um plano de manutenção baseado na metodologia RAM, com o intuito de reduzir as ações de manutenção corretivas.

1.2 Objetivo geral

Propor um plano de manutenção para uma mesa alimentadora de uma usina de cana de açúcar, utilizando a metodologia RAM.

1.2.1 Objetivos específicos

- Mapear a estrutura da empresa e o processo produtivo, bem como a organização da manutenção;
- Coletar dados baseados nos históricos de quebra do equipamento, no período de 2013 a 2018;
- Identificar possíveis falhas na manutenção da mesa alimentadora a partir da análise dos dados;

- Aplicar as ferramentas da qualidade para a elaboração do plano de manutenção.

2 . Referencial teórico

2.1 Manutenção

A manutenção industrial é parte importante do funcionamento de uma empresa, ela pode ser entendida como o conjunto de ações que são necessárias para que um equipamento volte a operar em seu estado normal de uso. Atividades como restauração, prevenção, conservação e substituição de peças e equipamentos fazem parte do universo da manutenção.

Segundo a ABNT (NBR 5462/1994), a manutenção industrial são ações técnicas especializadas no sentido de manter ou aumentar a vida útil dos equipamentos, melhorar um equipamento ou componente e dessa forma reduzir a possibilidade de parada e de manutenções não programadas.

Na maioria das vezes as práticas de manutenção visam a redução dos custos, através da diminuição de ações corretivas no equipamento, de uma maneira geral a manutenção industrial visa manter o funcionamento do componente em um maior tempo possível sem que o mesmo venha a falhar (KUMAR, 2018).

2.2 Evolução da manutenção

A manutenção sempre fez parte do dia a dia das empresas, ainda que de maneira bastante rudimentar, nos seus primórdios; e ao longo do último século houve grandes mudanças nos sistemas de gestão da manutenção. No início da atividade industrial a manutenção era focada na correção de falhas, reparos, substituições quando necessário, não havia uma preocupação em entender o motivo da falha. Atualmente a manutenção tem se tornado bastante complexa, exigindo ações de gerenciamento e flexibilidade para lidar com a dinâmica do negócio (MOSTAFA, et al. 2015).

Faria (2013) relata que a manutenção passou por algumas gerações até chegar ao que conhecemos hoje. A primeira geração teve seu início logo após a revolução industrial, em um período em que a indústria era bastante simples e mecanizada, não havendo necessidade de grandes manutenções, somente limpeza e pequenos reparos, a manutenção era feita somente quando o equipamento quebrava período no qual ficou conhecido como TAQ (trabalhar até quebrar).

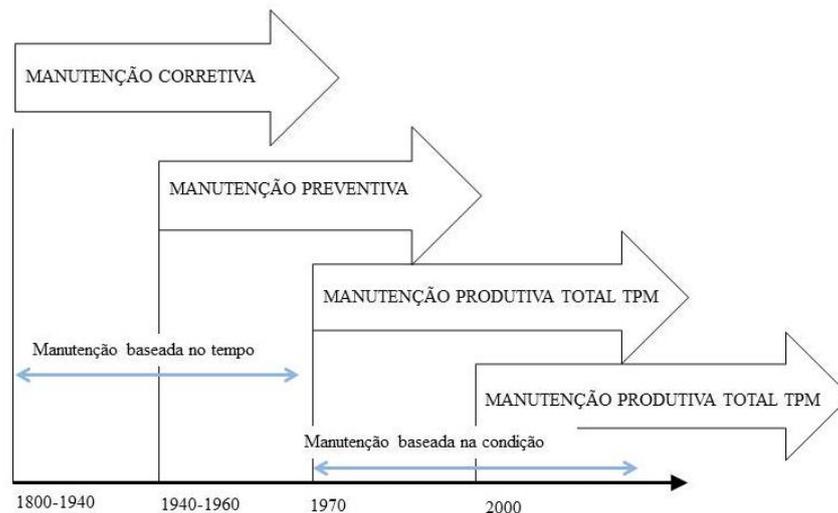
A segunda geração da manutenção, iniciou nos anos 50, após a segunda grande guerra e se estendeu até meados dos anos 60, nesse período devido a grande escassez de mão de obra do período pós-guerra e aumento da complexidade dos equipamentos industriais, percebeu-se

que haveria necessidade manter as maquinas funcionando por mais tempo, e que as quebras nos equipamentos poderiam e deveria ser evitada, teve o inicio da manutençao preventiva (NETO, 2017).

Na terceira geraçao, período que começou nos anos 70, as empresas passaram por um grande período de mudança com a introdução da automação no ambiente de produção industrial e diminuição da mecanização dos equipamentos; isso foi necessário devido aos sistemas de produção que muitas empresas utilizaram como o *just-in-time*, onde os estoques foram bastante reduzidos e havia necessidade de pequenas pausas e trabalho muito repetitivo; nesse momento foram lançados conceitos de confiabilidade e disponibilidade das maquinas industrial, também houveram as ideias da metodologia TPM que é a manutenção produtiva total (ANDRADE, 2012).

A quarta geração teve seu início nos anos 2000 e é considerada uma evolução da terceira, tem como característica, a maximização dos conceitos de confiabilidade e disponibilidade que foram introduzidos na terceira geração, período em que se tem a consolidação dos conceitos e começam a ter a manutenção centrada na confiabilidade. A Figura 1 mostra as gerações da manutenção.

Figura 1: Gerações da manutenção.



Fonte: Autor, 2019.

2.3 Gerenciamento da manutenção

O gerenciamento da manutenção deve estar ligado diretamente com a dinâmica e o dia a dia da empresa, para que se possa alcançar os objetivos e metas traçadas, porque o sistema que muitas organizações trabalham com uma produção contínua, exige cada vez mais

dos equipamentos industriais, tudo isso requer uma manutenção cada vez mais eficiente, em linha com os objetivos da instituição, contudo cada parada nos equipamentos afeta diretamente a produção, e dessa forma o produto final não terá mesma qualidade. O gerenciamento da manutenção atua no sentido de minimizar os gastos; reduzindo a quantidade de paradas; atua diretamente no estoque, eliminando o excesso e focando na prioridade; reduz o tempo ociosos dos equipamentos, maximizando a vida útil do ativo. (KUMAR, 2018).

A importância da manutenção esta diretamente ligada à eficiência na produção com o uso adequado de instalações e equipamentos, minimizando o numero de acidentes através de inspeções periódicas; as organizações que conseguem implementar um bom gerenciamento da manutenção, geralmente aproveitam-se da gestão da qualidade nos processos e produtos. (KUMAR, 2018). O gerenciamento da manutenção para ser implantado numa organização deve se levar em consideração aspectos particulares, próprios da empresa e dos produtos fabricados, a manutenção deve ser personalizada, verificando a possibilidade de implantação com sucesso do plano. Isso implica dizer que o gerenciamento da manutenção é algo único para cada empresa, embora parta do mesmo princípio (WAEYENBERGH, et al. 2004).

A importância do gerenciamento da manutenção esta diretamente ligada ao crescimento da empresa de forma ascendente e sustentável, e para obter um crescimento saudável é necessário que as empresas adotem sistema de manutenção, que seja focado no ciclo de vida do ativo e desse modo maximizar a confiabilidade, a manutenabilidade e a disponibilidade dos equipamentos, para que se possa atender o exigido da produção, atendendo ainda os requisitos de qualidade e tempo e tudo isso deve ser atendido de forma eficaz quanto aos custos e atendimento das normas de segurança e ambiental (RATBY, et al. 2018).

De acordo com Faria (2013), a importância do gerenciamento da manutenção reside em três motivos básicos, que são a parte econômica, legal e social. Onde a economia de custos esta ligada ao fato que quanto menos intervenções forem feitas nos equipamentos, haverá uma maior economia de gastos, e desse modo uma boa manutenção aumentará a vida útil dos equipamentos, leva se em conta que uma boa manutenção reduzirá o desperdício.

O fator legal esta diretamente ligado em como a manutenção segue as normas regulamentadoras para cada atividade, a fim de evitar passivos processuais, neste caso estão envolvidas as normas de segurança do trabalho, como a NR 06 (Equipamentos de Proteção

Individual - EPI) atuando afim de verificar a disponibilidade e qualidade dos EPIs ou a NR 35(trabalho em altura), que atua na fiscalização da qualificação do trabalhador para exercer a atividade; a atuação legal da empresa também deve visar a qualidade do trabalho, e verificar as condições de aplicação da NR 15 (insalubridade) e poluição (sonora, ambiental) dos locais de trabalho que são disponibilizados pela empresa.

O Fator social da empresa esta ligado em como a instituição usa a manutenção para resguardar sua imagem junto a sociedade, neste caso também esta incluso em como a instituição é vista pelo meio que ela inserida, e estas ações devem estar ligada aos valores da empresa, em como a organização quer ser vista e reconhecida, agora e no futuro. Nessa situação a companhia deve atuar para proteger e divulgar; proteger sua imagem de situações que possam levar a litígios com sujeitos jurídicos ou físicos e divulgar ações que contribuem com a sociedade.

O objetivo do gerenciamento da manutenção esta diretamente ligado a confiabilidade, manutenabilidade do equipamento e da real disponibilidade das plantas industriais. Desse modo, temos uma redução nos tempos e na frequência em que acontecem as falhas. O objetivo da manutenção é a redução geral do custo de manutenção que pode ser direto ou indireto, que envolve a indisponibilidade e desgastes dos componentes da indústria (STEFANINI, 2011 Apud SELLITTO, 2014). A manutenção tem uma função estratégica na corporação e torna-se responsável pela disponibilidade dos ativos da empresa, e focada na busca por resultados, que serão tão eficazes quanto for o gerenciamento da manutenção (SELLITTO, 2014).

O gerenciamento da manutenção não pode ser analisado como um processo isolado, pois trata-se de um sistema linear que dependerá de outros fatores e que mudam de empresa para empresa, que podem ser internos ou externos da instituição; é desejável uma integração completa entre o gerenciamento da manutenção e o sistema de produção (RATBY, et al. 2018). Para que o gerenciamento da manutenção possa ser inserido em uma organização é necessário que alguns pontos sejam considerados: Cultura; estrutura organizacional; recursos; e rotina de trabalho. Onde a cultura pode ser entendida como os valores que são carregados pelos funcionários e são refletidos em suas atitudes. A estrutura organizacional diz respeito em como a gerência da empresa conduz o negócio e como ela é aceita pelos colaboradores e está refletida em dois pontos básicos que são os resultados econômicos e atitudes baseadas em fatos. Os recursos são os equipamentos disponível para executar a atividade e a rotina de

trabalho esta representada em como o funcionário se sente dentro dessa organização (CALIXTO, 2016).

E por fim o gerenciamento da manutenção esta ligado ao conceito de engenharia de manutenção ou engenharia de confiabilidade, onde é visada a melhoria continua do processo produtivo, incorporando inteligência, conhecimento e análise de dados. Todo esse procedimento é necessário, pois a partir dos dados de confiabilidade são tomadas as decisões gerenciais da empresa no campo de manutenção, buscando a melhoria da produção e resultado operacional e econômico. A engenharia de confiabilidade, permite que uma estratégia seja renovada de maneira continua e justificada (RATBY, et al. 2018).

2.4 Tipos de manutenção

O conceito de manutenção é marcado por várias modificações, para que hoje pudesse ser realizada nos mais sofisticados processos industriais, ela evolui no sentido de que novos processos e produtos foram incorporados e também novas técnicas de manutenção foram desenvolvidas. Por mais diferentes que possam ser os conceitos a manutenção ainda está centrada na intervenção nos equipamentos, seja quando ele esta parado ou em funcionamento. A manutenção é a combinação de ações, que podem ser técnicas ou administrativas, incluindo as equipes de supervisão, para que juntos possam garantir a confiabilidade de equipamento (SOUSA, 2018).

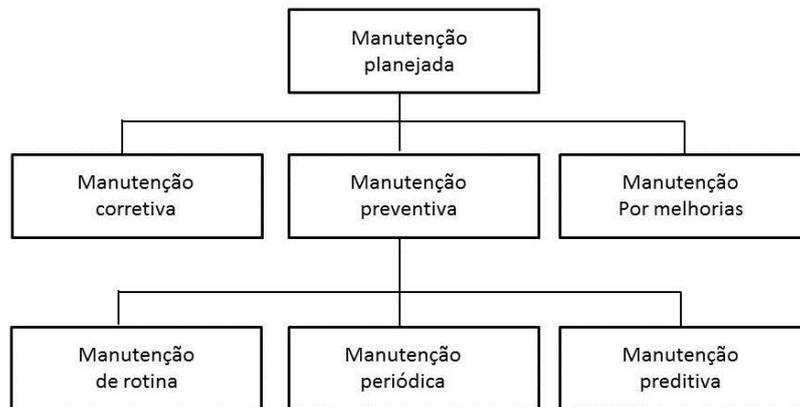
A manutenção pode ser classificada em algumas tipos como: manutenção corretiva, que se trata daquela que acontece após a falha do equipamento; manutenção preventiva, que se utiliza de técnicas de manutenção antecipada para evitar a quebra, manutenção centrada no tempo; preditiva, que se utiliza de técnicas mais sofisticadas para manter o equipamento funcionando por mais tempo e também saber o momento exato que deve ser feita a troca do componente defeituoso, em suma é uma técnica mais avançada de preventiva. (FACCIO, et al. 2012).

Os tipos de manutenção podem ser caracterizados de acordo como são feitos os reparos nos equipamentos, baseado em critérios previamente determinados. E cada estratégia se adapta melhor dependendo do problema enfrentado pela empresa, e isso é um desafio identificar qual modalidade de manutenção atende o processo produtivo da empresa, seja por gargalos com o próprio processo, mão de obra qualificada, ou o tipo de maquinário que ser feito os reparos. Para se ter êxito na escolha deve se considerar todos os requisitos técnicos

exigido pelo equipamento e desse modo definir qual manutenção atende com a melhor solução, preventiva, preditiva ou sensitiva (BOGO, 2017).

Segundo Sellito (2014), existem duas classificações para a manutenção, que pode ser planejada ou não planejada. Onde a não planejada acontece quando o equipamento quebras, ou seja, sentido de corrigir falhas após a parada do equipamento e perdas no processo e geram custos elevados. A manutenção planejada pode ser entendida como aquela na qual há uma redução na perda de produção e diminuição dos custos e também do tempo de reparo do equipamento. A Figura 2 mostra um diagrama com os principais tipos de manutenção que são aplicados nos ambientes industriais atualmente.

Figura 2: Formas de manutenção planejada.



Fonte: Autor, 2019.

2.4.1 Corretiva

A manutenção corretiva está relacionada a execução de atividades não planejadas para restaurar as funções de um determinado equipamento, ela é a forma de manutenção mais antiga que conhecemos, existindo desde a revolução industrial e é realizada nos equipamentos para corrigir falhas, ela é feita após o equipamento parar até retornar ao seu estado normal, é a manutenção de maior custo, portanto é essencial que as empresas consigam reduzir ao máximo a quantidade desse tipo de intervenção (SANTOS, 2007). A manutenção corretiva pode ainda ser dividida em duas etapas distintas, manutenções corretivas planejadas e manutenções corretivas não planejadas (FARIA, 2013). A manutenção corretiva não planejada geralmente é feita em falhas aleatórias dos equipamentos, não existindo qualquer planejamento na sua execução e tempo de reparo, tem custo elevado, e demandam tempo e perdas na produção do processo. A manutenção corretiva planejada pode ser entendida

quando é detectado algum problema no equipamento, mas ainda pode continuar funcionando e dessa forma, tem-se tempo para programar uma ação efetiva, sem que pare o processo (BORGES, 2013).

2.4.2 Preventiva

A manutenção preventiva é um tipo específico de correção de falhas de em equipamentos, que consiste no planejamento das atividades de manutenção antes que o equipamento dê algum defeito, ela é realizada para manter o equipamento em suas plenas funções, geralmente baseada em tempo, como por exemplo horas de trabalho, dias de uso, ou também pode ser verificada na condição do equipamento, caso ele apresente algum barulho anormal, faz se a troca do componente, independente se ele está em condições (JONGE, et al. 2015).

A manutenção preventiva atua no sentido de minimizar a quantidade de falhas em um determinado equipamento, ela é realizada em intervalos de tempos predefinidos ou de acordo com o determinado pelo fabricante. Em resumo é toda ação planejada que atua no sentido de evitar que o equipamento pare o processo, e dessa forma aumentando a confiabilidade do sistema como um todo (RATBY, et al. 2018).

A manutenção preventiva atua com inspeções rotineiras e implementado ações corretivas a fim de evitar as falhas nos processos produtivos, através das paradas de maquinas ou componentes, geralmente com ações simples e rápidas, age na prevenção de falhas ou defeitos dos equipamentos, essas ações rotineiras são baseadas no tempo de funcionamento do componente ou peça, garantido a confiabilidade do maquinário (BLOCH, 2017).

Para se ter sucesso na manutenção preventiva é necessário um estudo de consequências e falhas, abrangendo análises com questões de segurança, meio ambiente, operacional e também de custos, destacando sempre as atividades proativas que envolvam as tarefas preventivas e atuando no combate as falhas e dessa forma aumentar a confiabilidade dos equipamentos (BOGO, 2017).

2.4.3 Preditiva

A manutenção preditiva é uma manutenção preventiva mais sofisticada, pois através de análise e estudo de dados coletados das máquinas, consegue “prever”, daí o seu nome, quando a hora mais apropriada para se fazer a troca de um determinado componente. Os componentes que coletam esses dados, são sensores bem precisos, para que se possam fazer o acompanhamento em tempo real, e verificando as linhas de tendência do equipamento, essas

coletas são feitas por meio de medição de vibração, temperatura, análises físico-química de óleo, termográfica, ultrassom. A manutenção preditiva faz uma monitoração e acompanhamento, dos principais indicadores de operação (SELLITTO,2014).

Neste tipo de manutenção esta baseada na previsão do estado futuro do componente, dessa forma prevenindo as falhas. A manutenção preventiva atua de forma antecipada para prevenir os danos, enquanto que a preditiva permite o acompanhamento do dano e assim planejar o melhor momento para fazer a manutenção (BLOCH, 2017). As técnicas de manutenção preditiva, representam um avanço em relação as trocas por tempo de uso, apesar do alto custo inicial para obtenção dos sensores que realizarão o acompanhamento, a redução nos gasto com correções de falhas deve compensar o investimento e assim aumentar a disponibilidade operacional dos equipamentos, planejando as atividades de reparo no melhor período possível (TOAZZA, et al. 2015).

2.5 Modelo de manutenção

A dinâmica das economias globais que geram mudanças o tempo todo aumentando a concorrência e afetando os meios de produção das empresas, pois tem que entregar com a mesma qualidade, só que mais rápido, mais flexível e com o mesmo desempenho. Nesse sistema de produção uma manutenção eficiente e confiável é um fator decisivo para a competitividade; isso esta forçando as empresas a adotarem estratégias de manutenção mais eficiente e eficazes, cada vez mais baseada nas condições (RATBY, 2018).

As organizações estão percebendo que uma boa manutenção é uma parceira valiosa para o aumento de vida útil das instalações industriais, nesse sentido é fundamental um bom modelo de manutenção que deve esta incorporada com os objetivos estratégicos da empresa, assegurando dessa forma uma boa disponibilidade, maior qualidade de processo, produtos superiores com prazos e preços competitivos (PHOGAT e GUPTA, 2018).

O ramo sucroacoleiro é um setor de nossa economia que disponibiliza muitas oportunidades de desenvolvimento, para isso a manutenção precisa garantir a confiança na disponibilidade, manutenibilidade e confiabilidade dos ativos das empresas desse ramo, para que tal fim seja alcançado, a organização precisa implementar um modelo de manutenção que seja eficaz me manter os equipamentos em condições operacionais.

O objetivo de qualquer modelo de manutenção deve esta alinhado aos planos de negocio da empresa, as estratégias de manutenção devem refletir esses objetivos, isso tudo se faz necessário para que a manutenção traga redução de custos, disponibilidade,

confiabilidade, manutenibilidade, manutenção com qualidade, gerenciamento de estoques, tudo isso alinhado ao ciclo de vida do equipamento (RATBY, 2018).

De acordo com Borges (2013) existem vários modelos de manutenção implementados nas indústrias, dos quais podemos destacar: TQM – *Total Quality Maintenance* (Manutenção com qualidade total); TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção produtiva total); RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção centrada na confiabilidade).

Ainda segundo Borges (2013), existe também o modelo RAM – *Reliability, Availability, Maintainability* (confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade), que será o objeto de estudo desse trabalho e será aplicado na investigação da mesa alimentadora de cana de uma indústria do ramo sucroalcooleiro.

2.5.1 RAM- Reliability, Availability, Maintainability

Dentre os modelos apresentados que se pode trabalhar os dados da manutenção bem como outras abordagens que trabalham na área da engenharia de confiabilidade qualitativamente e quantitativamente, tais como o FMEA (Modo de Falha e Análise de Efeitos) ou o RCM (Manutenção Centrada na Confiabilidade), são importantes para o levantamento de indicadores de manutenção, no entanto nenhum desses podem definir quais os equipamentos ou componentes afetam a disponibilidade operacional como um todo (CALIXTO, 2016).

Contudo, a análise RAM permite ir além e levantar dados como: manutenção e otimização na inspeção de peças de reposição; disponibilidade e confiabilidade do equipamento; componentes e subcomponentes que impactam a confiabilidade operacional (CALIXTO, 2016). Os fatores que levam a utilização do modelo RAM, esta baseado no fato de o mesmo prover uma otimização da política de manutenção, com controle de custos na operação e obtenção de indicadores de desempenho operacional (MORATO, 2014).

A obtenção dos indicadores da manutenção é importante, portanto ajuda a levantar quais fatores causam os problemas e ainda oferece janelas de melhorias para alavancar os lucros da organização. Igualmente, o levantamento dos indicadores também é uma forma de melhorar a administração da empresa e avaliar a condição de seus sistemas e assim poder tomar decisões de melhor forma possível com questões relacionada a política de manutenção (RATBY, 2018).

Com a aplicação da metodologia RAM é possível descobrir quantitativamente a disponibilidade dos equipamentos, podendo ainda ser usada em um único equipamento com vários componentes ou para um sistema que seja mais complexo. A análise RAM dá a manutenção dados para melhorar os reparos e o que é necessário para atingir as metas de produção e operação, se é necessário trocar o equipamento ou só um componente (CALIXTO, 2016).

2.5.1.1 *Reliability* (Confiabilidade)

A confiabilidade pode ser entendida como a probabilidade de um equipamento ou componente funcionar de forma adequada dentro de um período de tempo, ou seja, é a capacidade do componente operar em condições normais durante um intervalo de tempo determinado, não apresentando nenhum tipo de problema (CALIXTO, 2016).

A confiabilidade deve ser entendida como responsabilidade de todos os departamentos da empresa, não somente manutenção, deve se ter em mente que isso é uma filosofia que será praticada pela organização e todos devem ser capazes de implementá-la, operadores, eletricitas, instrumentistas, líderes, coordenadores de processo, enfim, todos devem esta alinhado para obter esse objetivo (FORSTHOFFER, 2017).

A confiabilidade pode ser analisada verificando o numero de falhas que ocorreu em um determinado tempo, levando se em consideração o tempo de operação, ou seja, há uma probabilidade associada a ela, nada e certo para operar e nada e certo para falhar, podendo se referir a um componente ou um sistema como um todo (SUTTON, 2015).

Levando em consideração que a taxa de falhas que ocorrerá em um determinado tempo, seja constante e que o tempo será maior que 0, Calixto (2016) nos fornece a seguinte equação (1) para determinar a confiabilidade dos equipamentos:

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

onde, $R(t)$ é a confiabilidade em qualquer tempo, e é a base logarítmica ($e = 2,718$), λ é a taxa de falhas e t é a previsão de tempo da operação

Para a obtenção da taxa de falhas (λ), segundo Calixto (2016) apresenta a equação (2):

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{(\text{unidades testadas}) \times (\text{número de horas de teste})} \quad (2)$$

2.5.1.2 Availability (Disponibilidade)

A disponibilidade de um equipamento pode ser entendida como o tempo em que o equipamento esta disponível para uso nas operações industriais, essa classificação é bastante flexível, e esta baseada nos diferentes tempos de inatividades industrial, como logística, de almoxarifado e operacional que engloba o termo mais geral, incluído todos os tempos (SUTTON, 2010).

A disponibilidade é a probabilidade de um equipamento executar suas funções em um determinado intervalo de tempo, levando em consideração os aspectos da confiabilidade e da manutenibilidade, bem como o suporte dados pelos mantenedores. (SOUSA, 2018). Ou ainda a relação entre o tempo que o equipamento deveria estar em operação, pelo tempo real de uso de componente (DUNN, 2015).

Calixto (2016) descreve a seguintes classificações para a disponibilidade: disponibilidade pontual; disponibilidade técnica; disponibilidade de regime permanente; disponibilidade inerente; disponibilidade atingida; disponibilidade operacional. Vamos focar na disponibilidade inerente, técnica e operacional.

Na disponibilidade inerente somente o tempo em que o equipamento levou para ser reparado é que é considerado, excluindo as perdas de tempo em outros processos, como perdas logísticas e para buscas de sobressalentes e ferramentas. A disponibilidade é representada pela seguinte equação:

$$\text{Disponibilidade Inerente (\%)} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \quad (3)$$

Onde, TMEF é o tempo médio entre falhas (ou em inglês MTBF – *Mean Time Between Failures*), o Tmpr é o tempo médio para reparos (ou em inglês MTTR – *Mean Time To Repair*). Em que se considera: $MTBF = \frac{1}{\lambda}$ e $MTTR = \frac{1}{\mu}$.

Onde,

$$\mu = \frac{\text{Número de reparos efetuados}}{\text{Tempo total de reparo da unidade}} \quad (4)$$

A disponibilidade técnica as perdas com logísticas, espera e atrasos não são considerados, mas são incluídas as manutenções corretivas e preventivas. Definida pela seguinte equação:

$$\text{Disponibilidade Técnica (\%)} = \frac{TMEM}{TMEM + TM_{PR_{Ativo}}} \times 100 \quad (5)$$

Onde, MEM é o tempo médio entre manutenções (ou em inglês MTBM – *Mean Time Between Maintenance*), o $TM_{PR_{Ativo}}$ é o tempo médio para reparos – corretivos e preventivos (ou em inglês $MTTR_{Active}$ – *Mean Time To Repair Active*).

A disponibilidade operacional é representação total das paradas do processo, incluídos as manutenções preventivas e inspeções bem como os tempos de deslocamento. Representado pela seguinte expressão:

$$\text{Disponibilidade Operacional (\%)} = \frac{TMEM}{TMEM + TM_P} \times 100 \quad (6)$$

onde, TM_P é o tempo médio de paralizações (em inglês MDT – *Mean Down Time* para reparos – corretivos e preventivos (ou em inglês $MTTR_{Active}$ – *Mean Time To Repair Active*)).

2.5.1. Maintainability (Manutenabilidade)

A manutenibilidade pode ser considerada como a facilidade de se recuperar um equipamento danificado ao seu estado operacional em um tempo satisfatório, usando como base o histórico de reparos anteriores. Pode-se referir ainda ao quão fácil será encontrar um problema, falha, ou defeito de um equipamento, sendo uma característica do projeto de um equipamento ou produto (CALIXTO, 2016). A manutenibilidade é representada pela seguinte equação:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (7)$$

Onde, $M(t)$ é a manutenibilidade, e é a base logarítmica ($e = 2,718$), μ é a taxa de reparos efetuados, t é o tempo de reparo necessário.

2.6 Plano de manutenção

Um plano de manutenção pode ser entendido como um conjunto de atribuições de um departamento de uma empresa, que visa coordenar as atividades dos operadores através de habilidades e conhecimentos, bem como os materiais aplicados, ferramentas utilizadas e os recursos, aplicando a gestão da manutenção busca aumentar o tempo produtivo e também a redução dos desperdícios industriais, que podem ser de deslocamento, levantamento de peças,

atrasos de recursos, logística. O ganho de tempo com a redução de desperdício pode ser usado para realizar outras atividades de manutenção que tragam ganho para a manutenção, otimização de recursos, e avaliação das estratégias de manutenção (LIU, 2018).

Um plano de manutenção é a reunião de atividades estruturadas que podem incluir procedimentos, materiais, recursos, os tempos necessários para se realizar a manutenção; dentro do plano de manutenção deve conter todo o suporte necessário para a equipe de manutenção, bem como o gerenciamento das dificuldades e problemas para se executar o plano, levando em consideração a prioridade e criticidade dos equipamentos (RATBY, 2018).

Um plano de manutenção é parte fundamental na estrutura da empresa, trabalhando para aumentar a disponibilidades dos equipamentos de produção, contribuindo para que as máquinas não sejam afetadas por paradas não programadas ou sofra com outros tipos de situações ou até mesmo produção fora do padrão (BOGO, 2017).

Um plano de manutenção bem implantado auxilia a empresa alcançar uma melhor qualidade, maior produtividade, menos corretivas e mais segurança no processo, uma vez que a manutenção representa grande parte dos custos operacionais das empresas, podendo chegar até 30% do preço final do produto, com isso é fundamental reduzir o custo da manutenção (BATAINEH, et al. 2018).

2.7 Qualidade da manutenção

A principal função da manutenção é deixar o equipamento em condições de uso pela operação, os defeitos e problemas encontrados nos componentes detectados pela manutenção, vão desde desgastes visuais ao fator tempo, que podem trazer perdas a produção ou produtos de má qualidade e também risco ambiental (COSTA, 2017). Uma boa manutenção é vital para o bom funcionamento da empresa, pois ela tem como objetivo manter a disponibilidades dos ativos, gerenciando recursos e eliminando defeitos para manter o padrão de qualidade. No entanto, mesmo com essa importância, muitas organizações não fazem uma boa gestão da manutenção e como resultado temos um numero alto de corretivas o que geram maiores custos. Nesse sentido é importante que as empresas invistam em gestão da manutenção com qualidade, eliminando os riscos e perdas.

O conceito de qualidade pode mudar dependendo do individuo e da situação analisada, de modo que fica um pouco complexo definir o que é qualidade, no entanto Costa, Neto e Canuto (2010) informam que a qualidade pode ter algumas abordagens como as descritas abaixo (CANUTO 2010, Apud COELHO, 2016).

Transcendental: Quando a qualidade é sinônima de excelência inerente ao produto, baseado na percepção do usuário e marcas e padrões de excelência e alto nível; Baseado no produto: Verificam se nos produtos qualidades diferenciadas que pode ser medida pelo consumidor; Baseada no consumidor: Terá uma melhor qualidade aquele produto que atender aos anseios do usuário; Baseada na produção: Qualidade esta definida pela capacidade de execução mediante o que foi proposto pelo projeto, produto sem defeitos; Baseada no valor: Novamente esta na percepção do usuário que um produto de maior valor, terá uma melhor qualidade (CANUTO 2010, Apud COELHO, 2016).

2.8 Análise de modo de falha e efeito (FMEA)

O FMEA é a análise realizada no equipamento de modo a prevenir falhas, ela é realizada por um grupo de pessoas de todas as áreas da indústria, onde os mesmos estudam as estruturas do produto ou equipamento, bem como seu processo de fabricação, com o intuito de identificar quais locais possíveis falhas ou defeitos podem surgir e assim determinando quais ações deverão ser tomadas para evitar esses erros. É um método muito versátil usado em varias indústrias pelo mundo que pode ser aplicado em qualquer estrutura, incluído o ramo sucroenergético brasileiro (LIU e KONG et al. 2018).

O modo de efeito de falha é um método muito utilizado para análises de riscos, basicamente o FMEA é representado por um quadro que deve ser usado para descrever por quais riscos de falhar aquele equipamento poderá passar, dando notas para os critérios como ocorrência (O), gravidade (S), e detecção (D) e integra uma escala multiplicativa com o objetivo de se ter um único NPR (Número de Prioridade de Risco) (MAHMOUDI et al. 2018).

O NPR descreve os defeitos que devem ser priorizado, baseando na escala de multiplicação dos fatores de ocorrência, severidade e detecção, onde avaliados individualmente numa escala de 1 a 10, onde o valor representa o valor mínimo de severidade, baixa ocorrência e uma detecção pouco provável, neste aspecto o máximo valor adquirido representaria uma alta gravidade, alta ocorrência e baixa probabilidade de ser detectado a falha, o que representaria um produto de pouca confiabilidade e qualidade (DALOSTO, 2018).

Desse modo, após analisados os valores de NPR, onde se obtém valores de 1 a 50 teríamos um índice baixo, para valores variando de 50 a 100 teríamos um índice médio, para

resultados de 100 a 200 pode ser considerados índices altos e para valores de 200 a 1000 são valores muito alto que merecem atenção imediata (DALOSTO, 2018). A Figura 3 mostra um modelo de como a metodologia FMEA deve ser aplicada, utilizando como exemplo problemas em um carro de passeio.

Figura 3: Modelo do FMEA.

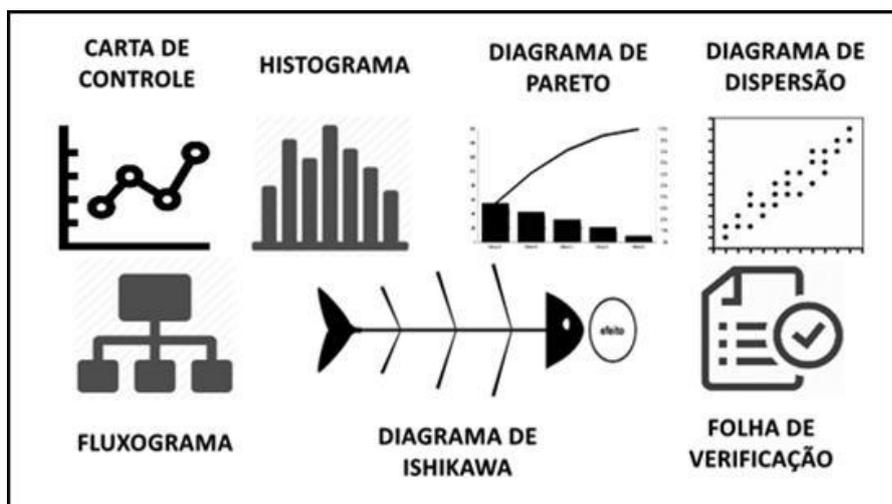
Causa da parada/Defeito ou falha apresentado	Ocorrência (O)	Gravidade (S)	Detecção (D)	NPR
Vazamento de óleo no motor	3	9	1	27
Suspensão defeituosa	5	7	2	70
Falta pastilha de freio	6	5	1	30
Sistema de arrefecimento	3	9	1	27
Pane elétrica	4	5	4	80
Pneus gastos	4	5	1	20

Fonte: Autor, 2019.

2.9 Ferramentas da qualidade

As ferramentas da qualidade são um conjunto de técnicas e conceitos que são aplicados visando a identificação e também a priorização dos problemas de uma empresa, com elas é possível a elaboração e verificação de melhores soluções e análises dos resultados. As ferramentas da qualidade mais usadas são: histograma, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, carta de controle, fluxograma de processo, diagrama de dispersão e carta de verificação. Essas sete ferramentas devem ser amplamente divulgadas nas organizações e usadas de forma rotineira para identificar falhas e apontar melhorias (BARAZZA e GONZALEZ, 2018). Na figura 4 é apresentada as sete principais ferramentas da qualidade que são utilizadas atualmente.

Figura 4: As sete ferramentas da qualidade.



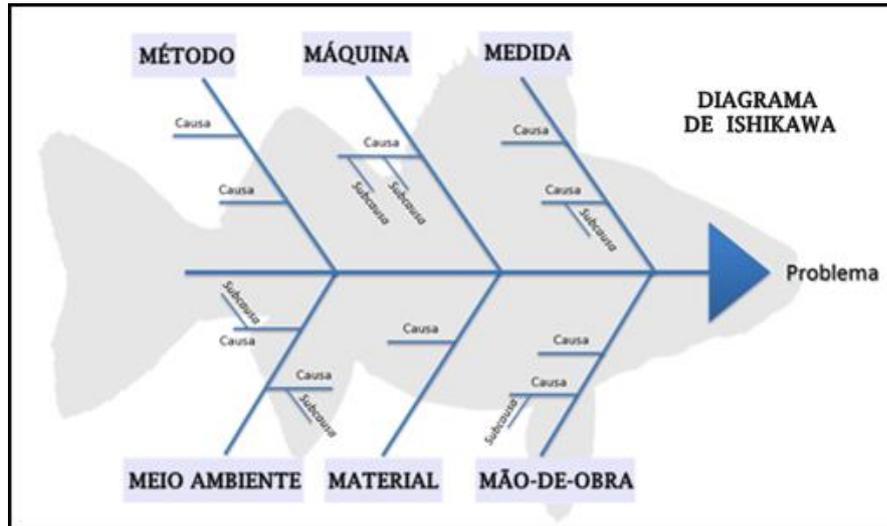
Fonte: portal-administracao.com.br. 2019.

Alguns autores relatam que ao aplicar as ferramentas da qualidade mostrada na Figura 4, é possível que 95% dos problemas de uma organização possam ser resolvidos, já outros indicam que 94% dos problemas estão ligados a fatores de processos operacionais e dessa forma é necessário utilizar a regra 94/6, onde os outros 6% estão ligado a problemas com pessoas ou colaboradores (BARAZZA & GONZALEZ, 2018).

2.9.1 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito, também conhecido por espinha de peixe, é uma representação que tem o objetivo de organizar as discussões com raciocínio lógico em busca de encontrar uma causa raiz para o problema. Foi desenvolvido pelo professor da Universidade de Tóquio, Kaoru Ishikawa, e posteriormente foi se aperfeiçoando, teve como objetivo seu desenvolvimento de representar a relação entre um problema “efeito” e suas possíveis “causas”, este tipo de estratégia é muito utilizada para organizar, descobrir, e resumir o conhecimento de um grupo de pessoas sobre um determinado problema afim de determinar as causas que contribuíram para que o equipamento chegasse a esse ponto. A Figura 5 mostra o digrama de Ishikawa que utiliza o método 6M (BARAZZA e GONZALEZ, 2018)

Figura 5: Diagrama de Ishikawa com 6M.



Fonte: www.portal-administracao.com. 2019.

O diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta muito importante para se levantar as causas iniciais de um problema, também chamada causa raiz, esta metodologia pode ser usada de duas maneiras, seja pelo método 4M ou 6M, esse acréscimo foi devido a aperfeiçoamento da metodologia. Caso o problema seja de dimensões pequenas, o diagrama de 4M deve ser suficiente, os 4M significam máquina, mão de obra, método e materiais, que são basicamente a origem dos problema de um componente industrial; caso o problema seja de dimensões maiores, pode ser necessário utilizar o diagrama com 6M, onde é acrescentado na análise, as medidas e o meio ambiente; dependendo do tipo de problema pode se acrescentar ainda dinheiro (Money) e gestão (Management) (MUHAMMAD, 2015).

2.9.2 Cinco porquês

Os cinco porquês é uma metodologia muito utilizada no ramo de gestão da manutenção e na área de qualidade, para verificar a causa raiz de um problema ou defeito, ela parte do pressuposto que se chegará a causa inicial de um problema depois de uma series de perguntas que começam com “por que”, geralmente essas perguntas não passam de cinco, daí deriva seu nome, é sempre importante seguir uma linha lógica, onde a próxima pergunta, parte sempre da anterior. Não há uma necessidade de se realizar cinco perguntas, como também não há restrições em se fazer mais, a eficiência desta ferramenta reside justamente no fato de a equipe fazer quantas perguntas forem necessárias para se encontrar a causa raiz da falha (RIBEIRO, 2019).

Com esta técnica permite-se descobrir o que aconteceu, porque aconteceu e como fazer para reduzir o acontecido. Os cinco porquês parte do princípio que ao se questionado sobre algo as pessoas tendem a colocar a culpa em algo ou alguém ao invés de pensar sobre o real motivo; dessa forma na primeira pergunta temos o problema; na segunda achamos a desculpa; na terceira encontramos o culpado; na quarta temos a causa verdadeira e na última a causa raiz do defeito (GANGIDI, 2018).

2.9.3 Metodologia 5W2H

Na área da manutenção existem varias ferramentas que podem apoiar os gestores na tomadas de decisões, e dentre as ferramentas temos a metodologia 5H2H de forma prática e bastante simples pode ser usada em varias áreas operacionais da empresa, como na elaboração de plano de manutenções e até pequenos projetos podem ser atendido por essa ferramenta, esta metodologia consiste de um *check list* que será feito para levantar prazos, atividades, recursos e responsabilidades quanto ao que será necessário fazer para solucionar determinado problema. A simbologia pode ser descrita da seguinte maneira: os 5W são de *What* (o que deverá ser feito); *Why* (porque devemos fazer); *Where* (onde deve ser realizado); *When* (quando deverá ser feito); *Who* (quem irá realizar a atividade); os 2H *How* (como irão realizar) , *How much* (o preço da atividade). Encontrando as respostas para estas perguntas terão completado a logica da metodologia e uma base do planejamento necessário para realizar essas ações.

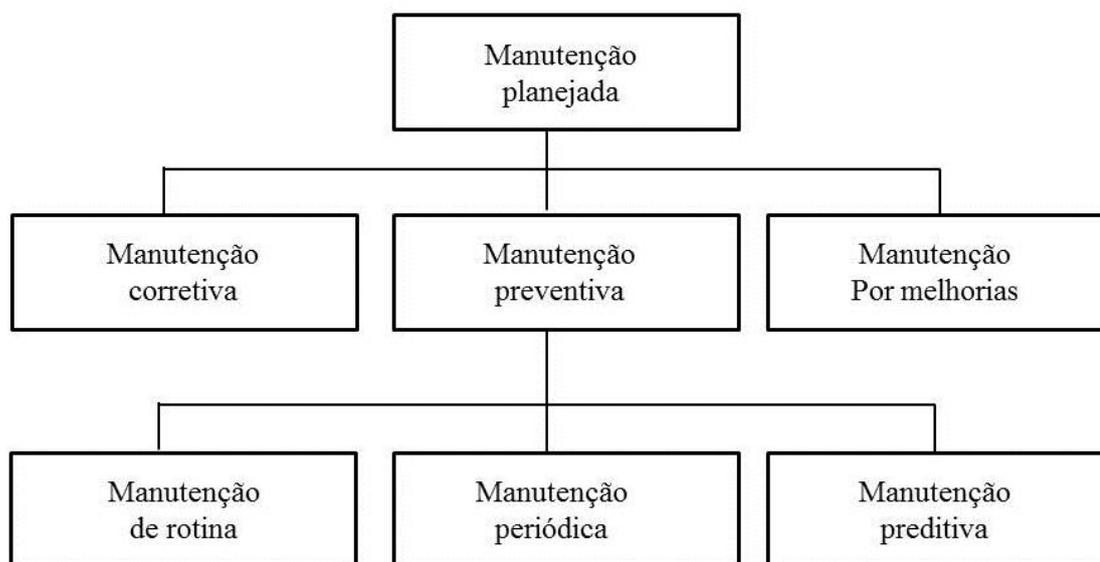
3. Metodologia

Os dados do presente trabalho foram obtidos do programa de gestão da manutenção de uma empresa, o SAP (*Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung*) para estudar uma mesa alimentadora do processo de cana de açúcar em relação as suas manutenções corretivas, e assim realizar um plano de manutenção com a metodologia RAM (*Reliability, Availability, Maintainability*).

Este trabalho começa com o levantamento bibliográfico, onde são abordados os principais tema sobre o assunto manutenção, dentro do qual este trabalho esta inserido, onde passamos sobre o conceito de manutenção, principais tipos de manutenção, descrevemos o nosso modelo que será utilizado neste trabalho, bem a apresentação das ferramentas da qualidade que será usadas neste estudo.

Após levantado os dados do sistema de manutenção, houve uma separação entre as atividades corretivas e atividades de inspeção que neste caso ficou de fora do nosso estudo pois o foco são as ações corretivas, separadas os tipos de serviços foi realizado os cálculos dos indicadores, onde usando as formulas da metodologia RAM, calcularam-se os índices de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade, de posse desses valores usaram-se as ferramentas da qualidade para elaborar o plano de manutenção, começando pelo diagrama de Ishikawa, após isso aplicando o FMEA (Modo de analise e efeito de falha), para elencar os principais problemas que acontece em no equipamento estudado e por fim usaram a ferramenta 5W2H, para elaborar um plano de manutenção para o equipamento analisado. Na figura 6 pode ser visto um esquema de como foi realizada a metodologia deste trabalho.

Figura 6: Esquema de realização do trabalho



Fonte: Autor, 2019.

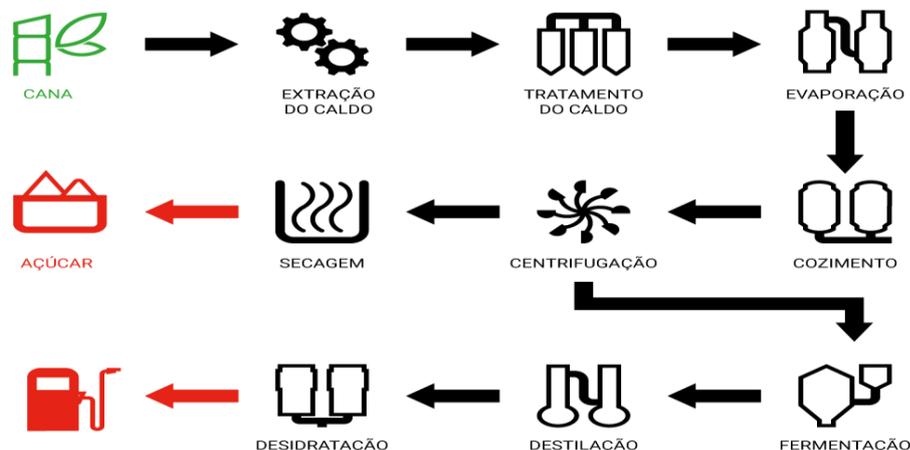
3.1 Caracterização da empresa

A empresa estudada para a realização deste trabalho é uma multinacional do ramo de agronegócio, bioenergia e alimentos e atua em todo o processo produtivo do campo até o consumidor final; com uma história de mais de 200 anos no ramo de alimentos e onde no Brasil está há mais de 100 anos, totalizando aproximadamente 17 mil funcionários, caracterizada por ser uma empresa líder no mercado de alimentos e processamento de grãos.

No ramo de bioenergia a empresa conta com 8 unidades produtora, com uma capacidade de moagem somada de aproximadamente 22 milhões de toneladas de cana de açúcar, produzindo açúcar, álcool e energia através da cogeração, podendo gerar algo em

torno de 640 GWh (giga watt por hora) de energia para sistema interligado nacional (SIN). Na figura 7, observa-se um esquema as principais etapas de produção do etanol e açúcar, dentro de uma usina.

Figura 7: Processo produtivo do etanol e açúcar.



Fonte: instrumentacaoecontrole.com.br. 2019.

3.2 Equipamento analisado

O processo de produção de etanol tem várias etapas das quais se compreende a recepção, preparo, extração, há ainda as fases de tratamento de caldo, fermentação do produto e destilaria, e ainda a área de utilidades que é uma fase importante para o processo produtivo, pois fornece água tratada para a indústria e também trabalha na cogeração de energia utilizando o bagaço da cana como combustível.

Neste momento iremos focar na parte inicial do processo, onde se encontra a mesa alimentadora de cana (equipamento analisado); nessa etapa, teremos as fases de recepção, preparo e extração. Ao chegar do canavial a cana é despejada por tombadores dentro da mesa alimentadora, temos início do processo de recepção, neste momento a cana passa pelo procedimento de limpeza das impurezas minerais, através da separação da terra e pedras contidas na cana e também limpezas das impurezas vegetais pela lavagem a seco, onde grandes ventiladores forçam correntes de ar a passar pelo produto para retirar as palhas da matéria prima.

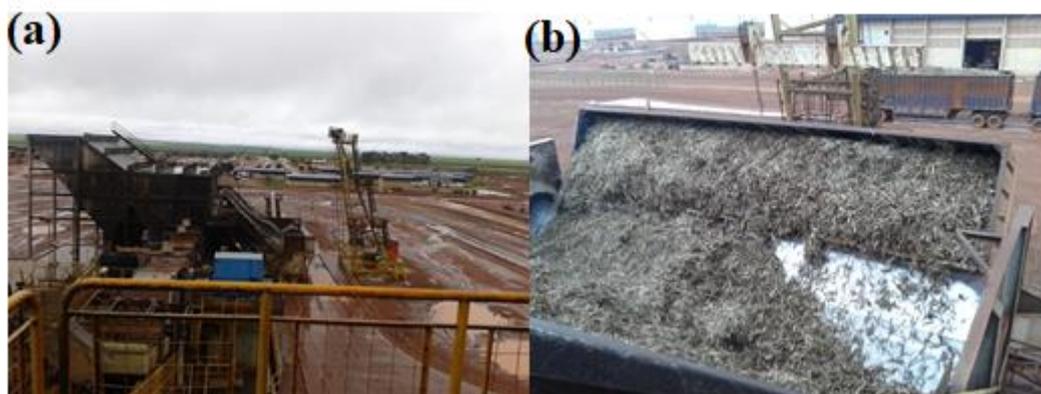
A mesa alimentadora de cana é componente inicial do processo de fabricação do etanol, ela entra em contato com a matéria prima e tem a função de controlar o fluxo de entrada de cana de açúcar na indústria. As mesas alimentadoras geralmente são compostas por

componentes como o eixo de tração, correntes elevatórias e taliscas que tem a função de elevar a matéria prima até a esteira metálica (LIMA, 2008).

A mesa alimentadora tem a função de controlar a entrada de cana na indústria e também fornecer um colchão uniforme do produto e dessa forma facilitar as etapas seguintes que são o preparo e a extração; na fase de preparo da cana acontece a quebra das fibras da cana, no desfibrador, em algumas empresas antes desse equipamento existe o picador que fatia a cana de açúcar antes do desfibrador. O desfibrador abre as células da cana através de martelos rotativos que facilitam a extração do caldo (CORTEZ, 2010).

A parte de extração do caldo acontece no difusor, que recebe a matéria prima com as células abertas, constitui um equipamento em que a cana de açúcar passa por uma longa esteira onde é embebida com agua quente e que através do processo de lixiviação dentro do difusor acontece a extração do caldo de cana a Figura 8 demonstra a máquina alimentadora de cana de açúcar analisada.

Figura 8: (a) Visão global de uma mesa alimentadora . (b) Caminhão sendo tombado na mesa alimentadora.



Fonte Autor, 2019.

Na figura 8a temos um vista total da mesa alimentadora, onde pode ser observado além da mesa alimentadora, o sistema de limpeza a seco e temos também o sistema de tombamento de caminhões dentro da mesa. Na figura 8b temos uma vista do caminhão sendo tombado na mesa.

3.3 Cálculo dos indicadores

Para realizar o cálculo dos indicadores de manutenção, foram analisadas as informações disponibilizadas pelo sistema ERP (*Enterprises Resources Planing*), da

empresa onde o período analisado corresponde de 2013 a 2018, essas informações foram organizadas em uma planilha de Excel para melhor verificação das informações.

É importante ressaltar que a produção atua 24 horas por dia em períodos de três turnos produzindo durante todo o tempo de safra, que corresponde aos meses de março à novembro, totalizando um tempo de 8 meses de produção, podendo ainda se estender até dezembro, dependendo do ano.

3.3.1 Mesa alimentadora

A mesa alimentadora foi analisada baseando se nas informações de histórico pesquisado no sistema da empresa, onde foram levantados os períodos de 2013 a 2018, onde puderam se constatar um total de 132 paradas corretivas para manutenção, totalizando um período de 1.862,3 horas trabalhadas em atividade dessa natureza. É importante ressaltar que somente foram computadas as horas de serviços corretivos, que as atividades de inspeções rotineiras foram desconsideradas neste estudo.

Dessa forma, foram levantados os tempos entre as manutenções, tempos com paralisações e também tempos com reparos.

- Tempo médio entre falhas (MTBF) = 378,619 horas;
- Tempo total de paralisações (Tp) = 1.862,3 horas;
- Tempo médio para reparos (MTTR) = 14,11 horas;
- Total de reparos efetuados (N) = 132;
- Tempo de operação (TO) = 51.840 horas.

3.3.1.1 Confiabilidade

Para realizar o cálculo de confiabilidade da mesa alimentadora no período estudado, devemos usar as equações 1 e 2 da seguinte forma, começando pela taxa de falhas:

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{(\text{unidades testadas}) \times (\text{número de horas de teste})}$$

Onde o número de falhas (N), corresponde aos reparos efetuados durante o período, as unidades testadas são referentes aos dias observados e número de horas de teste, é referente o tempo de horas de cada dia, em nosso caso iremos considerar todo o período analisado, entre os anos de 2013 a 2018. A taxa de falhas (λ) também pode ser calculada da seguinte maneira (CALIXTO,2016):

$$\lambda = \frac{1}{(MTBF)}$$

Dessa forma teremos o seguinte resultado:

$$\lambda = \frac{1}{378,619} = 0,00255$$

Utilizando os dados da equação (2) e usando na equação (1), levando em consideração que o (t) será o tempo analisado, para análise prévia foram usados como referência um dia (24 h), uma semana (168 h) e um mês (720 h).

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(24) = e^{-0,00255 \times 24}$$

$$R(24) = 0,9406$$

Calculando os valores para uma semana 168 horas, teremos:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(168) = e^{-0,00255 \times 168}$$

$$R(168) = 0,6515$$

E por ultimo considerando o período de um mês:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$R(720) = e^{-0,00255 \times 720}$$

$$R(720) = 0,1594$$

Verificando-se os dados para um período de 24 horas, podemos perceber que a mesa alimentadora conseguiu uma confiabilidade de 94,06 %, o que podemos considerar um excelente resultado. Analisando o período de uma semana de operação, ou seja, 168 horas, esse valor cai a 65,15%. Contudo ao se examinar o período de um mês de trabalho, verificou-se que a confiabilidade do equipamento caiu bastante 15,64%, ou seja no período de um mês há 85% de chance desse equipamento apresentar alguma falha.

3.3.1.2 Manutenibilidade

Para se definir a manutenibilidade de um equipamento, precisa-se primeiro encantar a taxa de reparos (μ).

$$\mu = \frac{\text{Número de reparos efetuados (N)}}{\text{Total de horas para reparo (Tp)}}$$

$$\mu = \frac{132}{1862,3}$$

$$\mu = 0,071$$

Após se obter a taxa de reparos, podemos encontrar a taxa de manutenibilidade, conforme a equação 8:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

Onde t pode ser definida como tempo para se fazer os reparo.

$$M(14,11) = 1 - e^{-0,071 \times 14,11}$$

$$M(14,11) = 0,6328$$

Verificando –se que ao elevar o tempo para 24 horas, teremos os seguintes resultados:

$$M(24) = 1 - e^{-0,071 \times 24}$$

$$M(24) = 0,8180$$

Se aumentarmos esse tempo para 30 horas de manutenção, teremos o seguinte resultado:

$$M(30) = 1 - e^{-0,071 \times 30}$$

$$M(30) = 0,8811$$

Pode ser observar que o tempo médio para reparo na mesa alimentadora é de aproximadamente 14,11 horas, teremos um resultado de 63,28 % de manutenibilidade o que se leva a concluir que a mesa alimentadora nesse período pode não ter sua manutenção

concluída. Para se chegar a uma manutenibilidade 88,11 % deverá ser necessário dobrar o tempo de manutenção.

3.3.1.3 Disponibilidade

Para se chegar aos valores de disponibilidade do equipamento, deverão ser utilizado os valores de tempo médio entre falhas (MTBF) e também o tempo meio para reparos (MTTR)

$$\text{Disponibilidade Inerente} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100$$

$$DI = \frac{378,619}{378,619 + 14,11} \times 100 = 96,41\%$$

Considerando o tempo de 30 horas como o tempo médio para manutenção, pode-se perceber que haverá uma alteração direta nos valores de disponibilidade, como pode ser percebido abaixo:

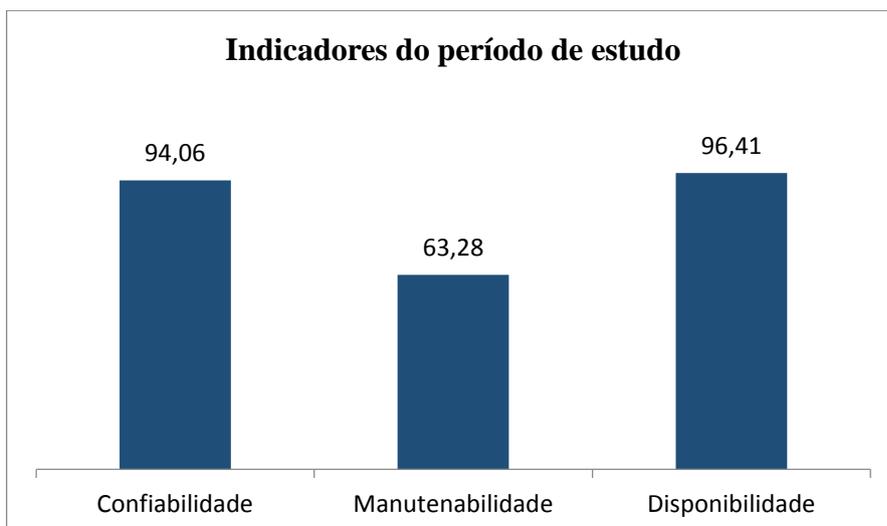
$$DI = \frac{378,619}{378,619 + 30} \times 100 = 92,66\%$$

Mesmo dobrando o tempo de manutenção, nossa disponibilidade não foi afetada consideravelmente, contudo é importante ressaltar o tempo que estamos estudando que compreende um período de 6 anos, entre os anos de 2013 a 2018.

4. Resultados

Abaixo são mostrados os indicadores para os anos estudados desse trabalho em forma de gráfico para uma melhor visualização, logo em seguida serão apresentados gráficos com os indicadores estudados levando em consideração os anos pesquisados neste trabalho, para um melhor detalhamento e evolução desses valores dessa forma para que se possa fazer uma melhor análise desse dados. Abaixo temos o gráfico 1, com a representação dos indicadores para os anos analisados neste estudo.

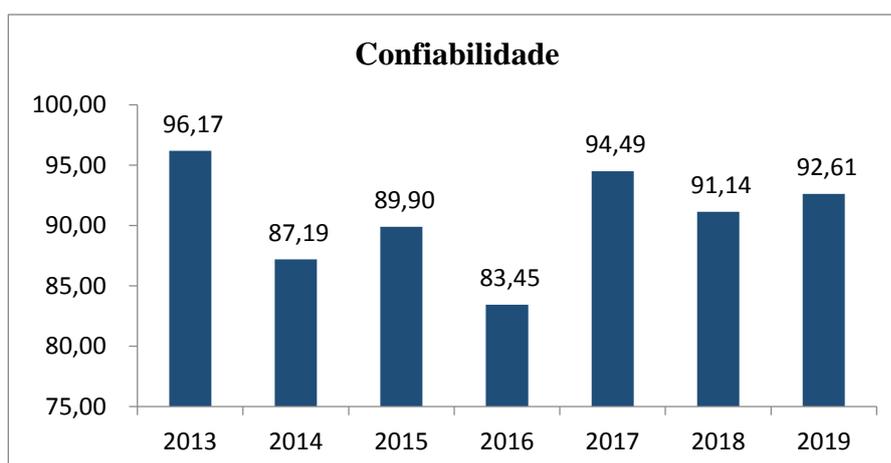
Gráfico 1: Indicadores de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade estudados.



Fonte: Autor, 2019.

O gráfico 1, nos mostra um resumo dos indicadores que foram analisados neste estudos, onde temos a confiabilidade para um período de 24 horas, a manutenibilidade que foi analisada para um tempo médio de 14,11 horas e por fim a disponibilidade inerente, onde obtiveram um valor de 96,41%. O gráfico 2 logo abaixo, nos apresenta os valores de confiabilidade para os anos de estudo deste trabalho.

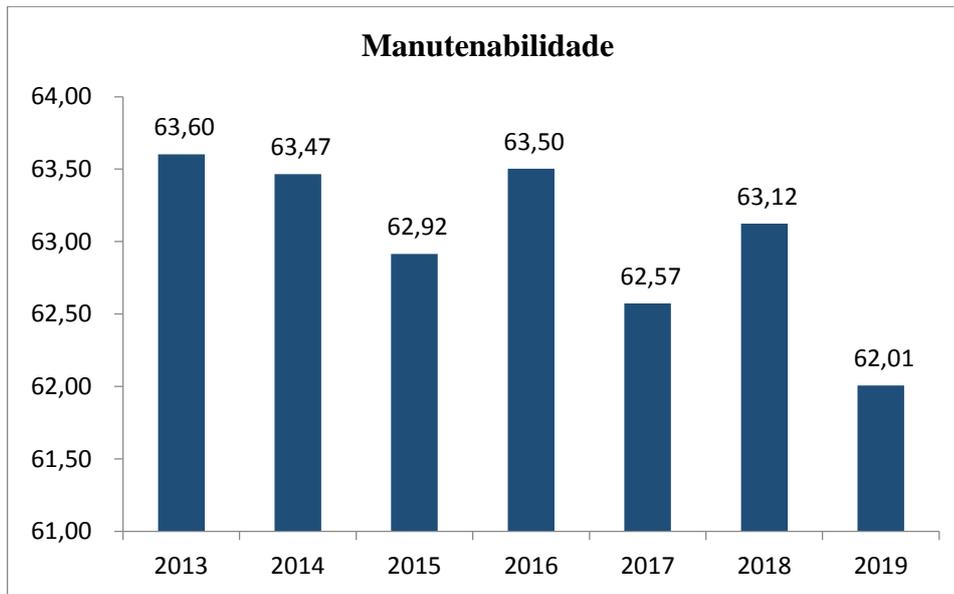
Gráfico 2: Confiabilidade para os anos estudados.



Fonte: Autor, 2019.

Ao se estudar o gráfico 2, pode-se afirmar que o ano de 2013 obteve os melhores resultados de confiabilidade e o ano de 2016 os menores valores para este indicador. O gráfico 3, que é mostrado a seguir, nos informa os valores de manutenibilidade para os anos de estudo.

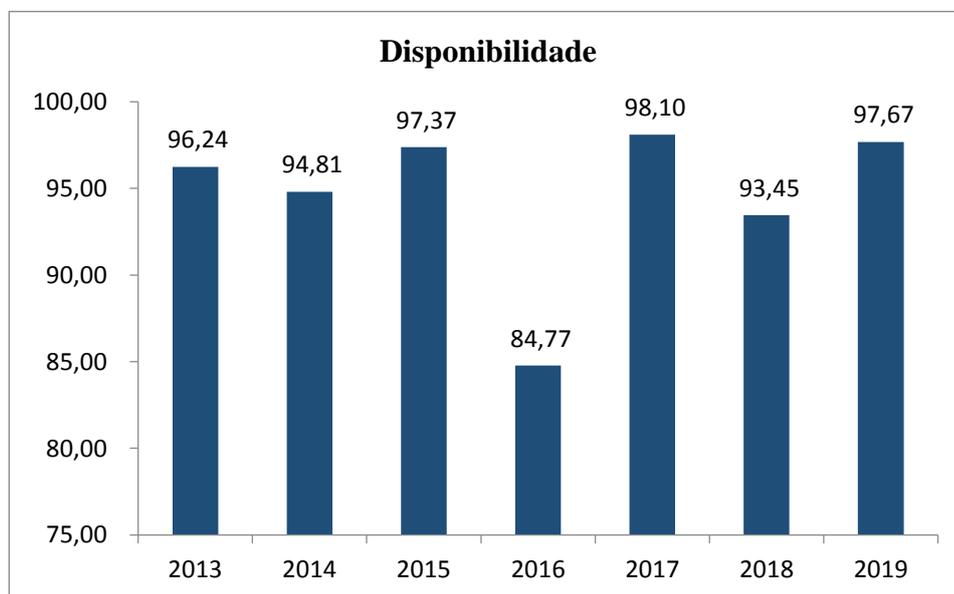
Gráfico 3: Manutenibilidade para os anos estudados.



Fonte: Autor, 2019.

Ao se analisar o gráfico 3, observa-se que manutenibilidade obteve os melhores valores no ano de 2013 e valores mais baixos no ano de 2017. O gráfico 4, mostrado abaixo, nos revela o indicador de disponibilidade entre 2013 e 2019.

Gráfico 4: Disponibilidade para os anos estudados.



Fonte: Autor, 2019.

De acordo com o gráfico 4, pode ser observado que a disponibilidade teve seu melhor ano em 2015, uma vez que o ano de 2019 ainda não acabou e foi colocado apenas a título de curiosidade, e o pior ano para este indicador foi em 2016.

Os resultados observados revelaram que a mesa alimentadora apresenta 94,06% de confiabilidade, considerando-se um período de 24:00 horas (um dia) de funcionamento. Já para o período de 168:00 horas (uma semana) há uma redução de sua confiabilidade, chegando a 65,15%, que demonstra uma significativa redução na confiabilidade. Verificando os resultados para o período de uma 720:00 horas (um mês) foi observado 15,94% de confiabilidade. O tempo médio para reparo da mesa alimentadora de cana foi de 14,11 horas, o que demanda uma manutenibilidade em torno de 63,28%, mostrando que esse tempo não é suficiente para o reparo do equipamento, para obter uma melhora na manutenibilidade é necessário aumentar o tempo médio de reparo para 30 horas com uma manutenibilidade seria de 88,01%.

Avaliando os indicadores para os anos estudados foi possível perceber que a confiabilidade teve seu melhor ano em 2013, como foi possível observar no gráfico 2, indicando um valor de 96,17% nesse ano tivemos um total de 30 ações corretivas com um tempo médio para reparo de 6,32 horas algo em torno de 25 % de uma dia, um tempo relativamente alto, mas considerando que nosso equipamento trabalha ininterruptamente durante os três turnos, pode ser um bom tempo. Por outro lado tivemos o ano de 2016 como o pior em confiabilidade, pois embora tivemos menos atividades corretivas com um total de 23, foram ações que necessitaram de um tempo maior para serem cumpridas o que acarretou em uma queda da confiabilidade.

Para a manutenibilidade o gráfico 3, no informa que também tivemos o ano de 2013 com os melhores resultados nesse indicador, verificando para os demais anos pode ser percebido que o tempo para a manutenção foi de 6,32 sendo o melhor do período analisado, o que pode ser causa do destaque nesse indicador para esse ano em específico. Por outro lado o ano de 2019 esta com o pior resultado para o período analisado, com um tempo para a manutenção de 7,4 horas valor bem próximo ao ano de 2013, no entanto devemos levar em consideração que o ano de 2019 ainda não acabou e que portanto esse valores podem alterar ser forem feitas novas análises.

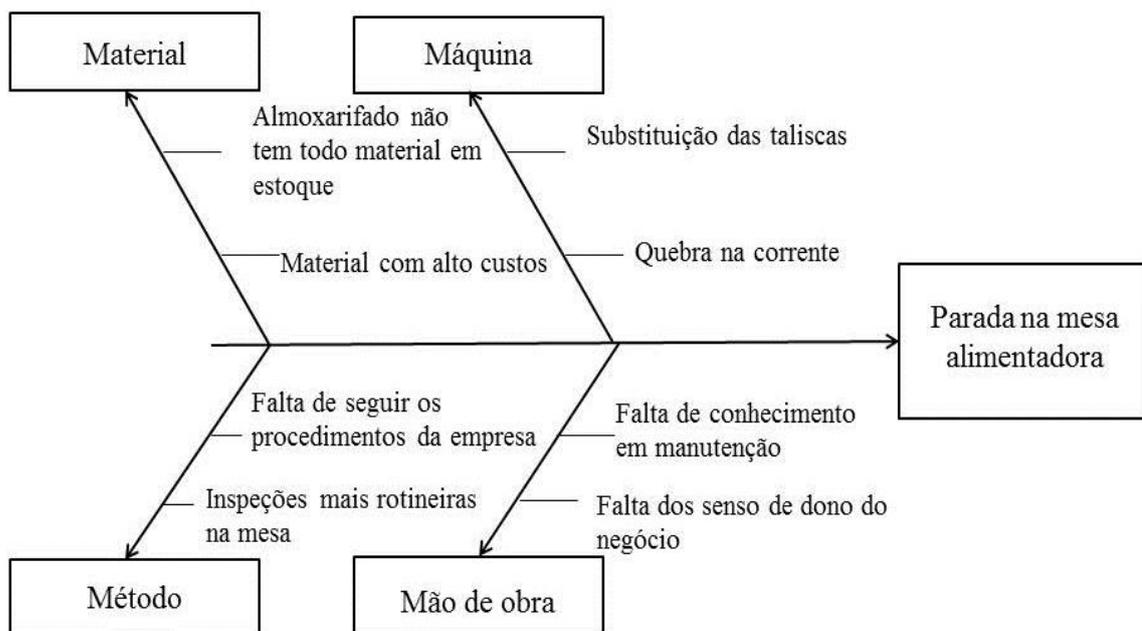
A disponibilidade teve seu melhor ano em 2017 com um resultado de 98,1% tais valores foram influenciados pelo baixo número de paradas que foram observadas nesse ano, com um total de 5 ações corretivas, que foram primordiais para valores de disponibilidades tão bons, outro fator que pode ter influenciado a disponibilidade desse ano foi a manutenibilidade que ficou com valores de 62,57% entre os menores valores. Por outro lado

os pior ano em disponibilidade foi 2016, onde tivemos tempos de manutenção de 23,8 horas, quase um dia para consertar o equipamento, o que influencia diretamente a disponibilidade.

4.1 Aplicação do diagrama de Ishikawa

Os resultados dos indicadores analisados pode nos levar a uma visão dos problemas que ocorrem na mesa alimentadora nos últimos anos, com essa informações foram elaborados um diagrama de Ishikawa, apresentado na figura 10 que está logo abaixo, onde foi empregado o método 4M, para ajudar o indício do problema raiz da mesa alimentadora, analisando o fator material, máquina método e mão de obra, e verificando os efeitos que causaram no equipamento. Na Figura 10, temos uma representação do diagrama utilizado na mesa alimentadora.

Figura 9: Diagrama de Ishikawa da mesa alimentadora.



Fonte: Autor, 2019.

Na Figura 10, o item referente ao material mostra que a ausência de componentes de pronta entrega no almoxarifado leva a utilização de peças com uso em estado avançado ocasionando maior quantidade de quebras. O item método representa a não utilização dos procedimentos de inspeção por parte dos funcionários, acarretando alguns defeitos que acabam se tornando falhas e algumas vezes paradas na produção. O item máquina, no diagrama, chama a atenção para o ritmo de trabalho do equipamento que é de 24 horas, o que produz um estresse nos componentes do equipamento e dessa forma geram problemas decorrente do desgaste natural. Já a mão de obra mostrado no diagrama, nos informa que os

operadores muitas vezes não tem conhecimento de manutenção o que poderia auxiliar no levantamento do problema e agilidade na solução, pois a maioria das vezes há necessidade de espera da equipe de manutenção.

4.2 FMEA - Análise modo efeito de falha

Com os dados levantados junto ao sistema de gestão da manutenção, da empresa, bem como o auxílio de profissionais da área em que a mesa alimentadora esta instalada, foi possível identificar a ocorrência a gravidade ou severidade e a detecção de cada defeito apresentado pelo equipamento durante o período analisado. Essas informações serviram para se calcular o número de prioridade de risco, ou NPR, dessa forma pode se fazer uma melhora análise das causa dos defeitos. A Tabela 1 mostra os defeitos da mesa alimentadora e os valores dos pesos dos componentes de NPR para a mesa alimentadora de cana.

Tabela 1: – Defeitos da mesa alimentadora e pesos dos componentes do NPR.

Causa da parada/Defeito ou falha apresentado	Ocorrência (O)	Gravidade (S)	Detecção (D)	NPR
Esteira de cana travada	13	8	1	104
Retirar taliscas da mesa	18	6	2	216
Solda na mesa alimentadora de cana	18	6	1	108
Manutenção em motor de acionamento da mesa	9	8	3	216
Vazamento na mesa alimentadora	11	5	2	110
Tensionar corrente da esteira	8	4	6	192

Fonte: Autor, 2019.

Os dados apresentados na tabela 1 indicam os valores de NPR para a mesa alimentadora, onde destacam-se 3 (três) defeitos que se sobressaem-se aos demais devido os altos, número de prioridade de risco, onde se seguem problemas nas taliscas da mesa alimentadora, manutenção no motor de acionamento da mesa e tensionar a corrente da mesa. Os defeitos apresentados na tabela 1 foram os que ocorrem com uma maior frequência.

Dentre os problemas levantados através da prioridade de risco, nenhum pode ser realizado com o equipamento rodando, o tensionamento da corrente da esteira é o de menor

gravidade, no entanto é mais a difícil a detecção, uma vez que depende das inspeções feita pelos operadores de campo junto ao equipamento, apesar de simples não pode ser feito com o equipamento em uso, de modo que para fazer esses ajustes é necessário esperar uma parada por oportunidade, onde este tipo de parada acontece devido a alguma ocorrência inesperada, como chuva nas frentes de colheita, indisponibilidade de colhedoras ou alguma manutenção corretiva urgente em outro equipamento que necessite parar a usina e aproveita-se essa oportunidade para realizar outras manutenções menores, mas que não podiam se feito como o equipamento funcionando.

A falta de taliscas na corrente da mesa é o problema com maior ocorrência, pois o contato direto com a matéria prima causa esse efeito, esse problema afeta o rendimento do equipamento, uma vez que a entrada de cana no processo ficará prejudicada; as taliscas sofrem por entrar em contato direto com a matéria prima, e tem desgaste alto e daí a necessidade de uma troca regular, é um serviço relativamente simples, mas não pode ser feito com o equipamento funcionando.

A manutenção do motor de acionamento da mesa é a de maior gravidade, uma vez que se este equipamento parar de funcionar, a mesa alimentadora será afetada diretamente e conseqüentemente todo o processo, uma vez que a mesa não irá cumprir sua função no processo produtivo. Para os defeitos destacados acima, usaremos a ferramenta dos 5 porquês para encontrar a causa raiz, e são apresentados na tabela 2 que esta logo abaixo.

Tabela 2: Causa raiz da troca das taliscas.

Porque as taliscas da mesa alimentadora precisam ser trocadas ?
Porque estão desgastadas
Porque as taliscas estão desgastadas ?
Porque a materia prima esta ruim
Porque está chegando materia prima ruim ?
Porque as máquinas estão com ajustes alterados
Porque as colhedoras estão com ajustes alterados ?
Porque assim aumeta a capacidade da colhedora
Porque aumentar a capacidade de colheita?
Porque há pressão das lideranças para atingir metas

Fonte: Autor, 2019.

De acordo com essas respostas a ação foi: Orientação das lideranças quanto a necessidade de se manter o equilíbrio entre produção e manutenção, uma vez que ao forçar o

equipamento além de sua capacidade haverá mais paradas corretivas ocasionando perdas maiores da produção.

Tabela 3 Causa raiz do problema no motor de acionamento.

Porque o motor de acionamento da mesa esta com defeito ?
Porque o rolamento esta com problemas
Porque o rolamento esta com falhas?
Porque usaram um tempo além do normal
Porque usaram o rolamento nessas condições?
Porque o defeito não foi detectado na preditiva
Porque este problema não foi detectado?
Porque o equipamento utilizado na preditiva estava descalibrado
Porque o equipamento estava descalibrado?
Porque a empresa terceira não se atentou para este problema.

Fonte: Autor, 2019.

De acordo com essas respostas a ação foi: Procedimento de calibração do equipamento que faz a inspeção preditiva para avaliar os parâmetros de análises dos rolamentos do motor de acionamento da mesa.

Tabela 4: Causa raiz da folga da corrente.

Porque a corrente da mesa esta folgada ?
Porque aconteceu um desgaste no equipamento
Porque o equipamento ficou desgastado ?
Porque ocorreram varias buchas na mesa
Porque ocorreram as buchas ?
Porque a materia prima esta excesso de impurezas
Porque a materia prima esta chegando assim?
Porque as frentes de colheitas estão sobrecarregadas
Porque as colhedoras estão assim?
Porque não houve disponibilidade de equipamento

Fonte: Autor, 2019.

De acordo com essas respostas a ação foi: A indisponibilidade de colhedoras acontece devido um grande número de equipamentos estarem e manutenção o que afeta as frentes de colheitas. Como um procedimento paliativo recomenda-se a regulagem das correntes pela equipe de manutenção.

4.3 Proposta do plano de manutenção

Através das informações coletadas por meio dos indicadores de manutenção, somando se a isso a análise geral das causas dos problemas nos equipamentos, bem como resultados das ferramentas da qualidade e a aplicação do FMEA e 5 porquês foi possível a realização de um plano de manutenção com a utilização da ferramenta 5W2H, que podem ser conferidas na tabela número 5 a seguir. As atividades de manutenção que serão propostas abrangem a solução dos problemas levantados durante a realização do estudo e usando como base a metodologia RAM, para que se pudesse levantar o plano de manutenção.

As ações de correção descritas no plano de manutenção proposto para a mesa alimentadora, está baseada na experiência dos colaboradores da empresa ouvidos durante o estudo e gestores, que foram de fundamental importância para realização deste trabalho, bem como a utilização da ferramenta 5 porquês. Na tabela 5, pode ser visto o plano de manutenção que foi criado baseado nos indicadores coletados.

Tabela 5: Plano de manutenção para a mesa alimentadora.

What ?	Who ?	Where?	When ?	Why ?	How?	How much ?
O que?	Quem?	Onde?	Quando?	Porque?	Como ?	Quanto?
Treinamento das lideranças quanto aos procedimentos operacionais padrao	Lideranças do planejamento de manutenção e produção	Na unidade	A cada fechamento de mês afim de rever os procedimentos se necessarios	Para conscientização quanto a importância da produção e manutenção	Por meio de palestras e reuniões	Colaboradores da empresa
Calibração dos equipamentos	Empresa terceirizada responsável pela inspeção preditiva	Na unidade, para agilizar o processo	Sempre que o processo necessitar de atenção	Para evitar erros nas medições futuras	Utilizando procedimentos pre estabelecidos	Valores incluso no contrato de prestação de serviço
Inspeção na esteira de cana	Equipe de manutenção e operação	Na esteira de cana	Semanalmente afim de verificar problemas precocemente	Para se descobrir problemas com antecedencia	Inspeções sensitivas e preventivas	Colaboradores da empresa
Inspeção no motor de acionamento	Equipe de manutenção e operação	No motor da unidade acionadora	Semanalmente, afim de verificar desgastes de componentes	Para se fazer uma manutenção preventiva	Inspeções sensitivas e preventivas	Colaboradores da empresa
Inspeção no redutor do acionamento da mesa	Equipe de lubrificação e manutenção	No redutor da mesa alimentadora	Semanalmente conforme as rotas de inspeção	Para evitar problemas com vazamentos ou falta de lubrificação	Inspeções sensitivas	Colaboradores da empresa
Rotina de inspeção nas taliscas	Operação de campo	Na esteira de cana	Diariamente, pois o regime de trabalho do equipamento exige este procedimento	Para que se percebe os desgastes das taliscas e possam ser feito a troca antes da quebra	Inspeção sensitiva no equipamento	Colaboradores da empresa

Fonte: Autor, 2019.

As propostas de manutenções sugeridas pelo plano acima, dizem respeito a ações que podem ser executada na mesa alimentadora, estes problemas ao serem solucionados foram levantados com base nos defeitos apresentados pelo método FMEA, bem como a análise dos dados retirados do sistema de manutenção da empresa, onde houveram situações que não ocorreram muitas vezes, mas que merecem um destaque pela sua gravidade de ocorrência.

O treinamento das lideranças faz-se necessário uma vez que, geralmente há um desentendimento entre produção/operação/manutenção, em que cada um quer produzir, operar

e manter de maneira mais rápida possível, não levando em consideração as limitações do equipamento ou a situação da outra área que não podem atender com o tempo solicitado, este tipo de situação não traz benefícios para nenhuma das partes e é essencial que haja um equilíbrio entre essas áreas para que a produção no geral seja a melhor para todos.

Quando ocorre falta de cana na indústria os gestores das áreas produtoras tendem a solicitar o aumento da velocidade das colhedoras para aumentar a produção de matéria prima, isso força o equipamento que desgastará com mais facilidade e também afeta a qualidade da matéria prima, uma vez que acelerando a produção não haverá uma preocupação com a qualidade deste produto o que conseqüentemente afetará a produção da usina e também acarretará no maiores desgastes dos equipamentos bem como a mesa alimentadora que é a primeira ter contato com essa material, acaba sofrendo os impactos dessa má qualidade.

A calibração dos equipamentos de inspeção preditiva é importante no sentido de evitar leitura equivocadas, uma vez que os parâmetros da empresa contratada podem estar fora do normal e assim não detectará os problemas no equipamento. Podendo vir a apresentar desgastes nos componentes internos, como no caso de rolamentos e deficiência de lubrificação ou folgas internas.

As inspeções sensitivas na mesa alimentadora, no motor e no redutor são importante no sentido de poder-se captar algumas variações no processo de operação desses equipamentos, a operação realiza vistorias periódicas nesses componentes, nesses casos é importante ressaltar os detalhes que devem ser observados, uma vez que ainda vem ocorrendo problemas nessas peças, talvez algum detalhe esteja passando despercebido pelo operadores de área, pelo não conhecimento da gravidade do problema.

A verificação diária das condições das taliscas faz-se necessárias, pois o regime de trabalho do equipamento, predispõe para que aconteçam desgastes acentuados dessas peças, pois as mesmas entram em contato diretamente com a matéria prima, essas observações diárias previnem quebras inesperadas e um acompanhamento mais de perto aumentam as oportunidades de se realizar essa troca no melhor momento, geralmente quando acontece uma parada por falta de cana.

5 Conclusão

A partir dos resultados obtidos das análises dos dados revelaram que a mesa alimentadora tem uma boa confiabilidade para um período de 24 horas de operação onde os resultados indicam um valor de 94,06% , contudo essa confiabilidade cai consideravelmente ao se verificar o período 168 horas que é de uma semana, onde temos uma redução para 65,15%, há uma grande probabilidade que ela venha apresentar algum defeito nesse tempo, considerando período de 720 horas de operação que se refere há um mês, esses valores reduzem para 15,94%, diminuindo ainda mais a confiabilidade nesse tempo. Os dados analisados mostraram que quanto maior o intervalo de tempo para fazer a manutenção do equipamento, maior é a probabilidade de ocorrer danos na máquina, ou seja, a realização do reparo em um pequeno intervalo de tempo proporciona uma maior utilização da mesa.

No que se refere a utilização da metodologia RAM foi verificado que o tempo médio para reparo da mesa alimentadora de cana, que chegou se a um valor de 14,11 horas, levou a uma manutenabilidade em torno de 63,28%, o que nos levou a acreditar que há uma grande possibilidade de esse tempo não ser suficiente para o reparo do equipamento, para se ter uma melhora na manutenabilidade se faz necessário aumentar o tempo de reparo, para 30 horas e nesse caso nossa manutenabilidade seria de 88,01%. Contudo o aumento do tempo para se fazer o reparo no equipamento, afeta a disponibilidade com uma redução de 4%, no entanto não estamos levando em consideração todos os tempos decorridos na parada de uma atividade.

Ainda sobre o modelo RAM, foram levantados os dados de confiabilidade, manutenabilidade e disponibilidade da mesa alimentadora, para os anos de 2013 a 2019 e juntamente com as ferramentas de qualidade, foi possível observar os principais problemas que ocorreram na mesa, de posse desses valores e aplicando no método FMEA foi observados os números de índices de prioridades de riscos para cada uma das falhas analisadas nos dados da ferramenta de gestão da manutenção da empresa.

Por fim, os resultados mostraram a importância de uma base de manutenção em uma empresa. Outra observação é a respeito da impossibilidade de levantar falhas mais detalhadas, por conta da generalização das descrições das atividades realizadas na mesa. Os autores deste trabalho sugerem para investigações futuras que sejam realizadas análises *in loco* para verificação das atividades de manutenção no equipamento.

6 Referências

MOCELLIM, Renato; CARMARGO, Roseane. Projeto Apoema. História sétimo ano. 1 ed – São Paulo: Editora do Brasil, 2013.

ABUD, A.,S.; SILVA,C.,F.: Bioethanol in Brazil: Status, Challenges and Perspectives to Improve the Production. *Bioethanol Production From Food Crops*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-813766-6.00021-7>. Elsevier, 2019.

CONAB: Companhia nacional de abastecimento: Perfil do setor do açúcar e etanol no Brasil. Brasília. ISSN:2448-3737, 2019.

SILVA,D.;F.;S.; BOMTEMPO,J.;D.; ALVES,F.; C.; Innovation opportunities in the Brazilian sugar-energy sector. Universidade Federal do Rio de Janeiro. *Journal of Cleaner Production* 218 (2019) 871e879. Elsevier, 2019.

ÚNICA: União da indústria de cana de açúcar; CEISE: Centro nacional das indústrias do setor sucroenergético e biocombustíveis. São Paulo, SP- Brasil, 2016.

ANEEL: Agencia Nacional de Energia Elétrica. Atlas da energia elétrica do Brasil/Agencia nacional de energia elétrica – Brasília: ANEEL, 2018.

OLIVEIRA,M.; LOPES,I.; RODRIGUES,C.: Use of maintenance performance indicators by companies of the industrial hub of Manaus. ALGORITMI Research Centre, Department of Production and Systems, University of Minho, Guimarães, Portugal . *Procedia CIRP* 52 (2016) 157 – 160. Elsevier, 2016.

RUSHEL, E.; SANTOS.,E.,A.,P.; LOURES, E.,F.,R.; Industrial maintenance decision-aking: A systematic literature review. Pontifical Catholic University of Parana, Prado Velho, Curitiba, Parana, Brazil. *Journal of Manufacturing Systems* 45 (2017) 180–194 Contents. Elsevier, 2017.

FACCIO,M.; PERSONA,A.; SGARBOSSA, F.; ZANIN,G.: Industrial maintenance policy development: A quantitative framework. Department of Management and Engineering, University of Padova, Stradella San Nicola 3, Vicenza, Italy. *Journal of Production Economics* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.08.018>. Elsevier, 2012.

MENDES, A.,A.; RIBEIRO,J.,L.,D.: Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS. Brasil. *Production*, v. 24, n. 3, p. 675-686, July/Sept. 2014 doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132013005000065>, 2014.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. USP - Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2018.

CNA: Confederação da agricultura pecuária do Brasil. O agronegócio no Brasil. SGAN QD 601, modulo K- Ed. Antonio Ernesto de Salvo – Brasília – DF. Brasil, 2018.

LEMOS, S., V., SALGADO, A., P., DUARTE, A., SOUZA, D., A., A., ANTUNES, F., A.,: Agroindustrial best practices that contribute to technical efficiency in Brazilian sugar and ethanol production mills. Department of Business Administration. School of Economics, Business Administration and Accounting at Ribeirão Preto – University of São Paulo. 3900 Bandeirantes Avenue, Monte Alegre, 14040-905, SP, Brazil.. Energy doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.053>, 2019.

FIRMINO, E., A.; OLIVEIRA, W., L.; RAPANELLO, R., M.: automação das mesas alimentadoras de cana de açúcar. Revista Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade na Engenharia Elétrica, Bebedouro SP, 1 (1):71-93, 2018. unifafibe.com.br/revistaeletrica, 2018.

ABNT: Associação brasileira de normas técnicas: NBR: 5462/1994: Confiabilidade e manutenibilidade. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/catalogo>. Acessado em: 01/08/2019.

KUMAR, D. Sustainable Management of Coal Preparation. Chapter 18: Maintenance Management. 2018 Elsevier Inc. All rights reserved, 2018.

MOSTAFA, S.; LEE, S.; DUMRAK, J.; CHILESHE, N. Lean thinking for a maintenance process. Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal, 2015 Vol. 3, No. 1, 236–272, <http://dx.doi.org/10.1080/21693277.2015.1074124>. Taylor e Francis, 2015.

FARIA, N., A., C., Elaboração e implementação de um plano geral de manutenção preditiva, preventiva e curativa na Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto. 2013. 116 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2013.

NETO, T., C., M. A história da evolução do sistema de gestão de manutenção. disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/a-historia-da-evolucao-do-sistema-de-gestao-de-manutencao/75650>. Acessado em: 01/08/2019.

ANDRADE, Bruno Manuel Machado dos Santos. Implementação de melhorias na gestão da manutenção da Seara – Indústria de Carnes, 2012. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade do Minho, Portugal, 2012.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L. Maintenance concept development: A case study. Centre for Industrial Management, Catholic University of Leuven, Celestijnenlaan 300A, Heverlee, B-3001 Belgium. Production Economics 89 (2004) 395–405. Elsevier, 2004.

RATBY, M.; MABROUKI, M. Optimization of the Maintenance and Productivity of Industrial Organization. University Sultan Moulay Slimane, Faculty of science and technology, Industrial Engineering Laboratory, Beni Mellal, Morocco. International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 13, Number 8 (2018) pp. 6315-6324. India publications, 2018.

SELLITTO, M., A; Fachini, S., J. Análise estratégica da gestão da manutenção industrial de uma empresa de metal-mecânica. **E-Tech: Tecnologias para competitividade industrial**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 49-66, 2014.

CALIXTO, E.; Gas and oil reliability engineering: Modeling and Analysis. Gulf Professional Publishing, 2016. Cambridge, USA. Second edition, 2016.

SOUSA, E., D.: grau de confiabilidade operacional de transformadores de instrumentos para sistemas de energia elétrica. Universidade federal do Pará .instituto de tecnologia programa de pós-graduação em engenharia elétrica. Belém, 2018.

BOGO, S., E., S.: manutenção preventiva de equipamentos produtivos e seu impacto na redução dos gargalos no processo industrial em uma empresa do ramo eletroeletrônico do PIM. Universidade federal do Amazonas. Manaus, 2017.

BORGES, C. S. de A. P. Proposta de implementação de um novo modelo de organização e gestão da manutenção na Adega cooperativa de Covilhã. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e gestão industrial) – Universidade da Beira interior, Covilhã, 2013.

SANTOS, W.,B.; COLOSIMO,E.,A.; MOTTA,S.,B.: Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório. Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 1, p. 193-202, jan.-abr, 2007.

JONGE, B.; DIJKSTRA,A.; ROMEIJNDERS, W.: Cost benefits of postponing time-based maintenance under lifetime distribution uncertainty. Department of Operations, Faculty of Economics and Business, University of Groningen, P.O. Box 800, 9700 AV Groningen, The Netherlands. Reliability Engineering and System Safety 140(2015)15–21. Elsevier, 2015.

BLOCH, H.: Petrochemical Machinery Insights. Chapter 18: No Fast Path to Maintenance Brilliance. Elsevier, 2017.

TOAZZA, G., F.; SELLITO,M.,A.: Estratégia de manutenção preditiva no departamento gráfico de uma empresa do ramo fumageiro. Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, RS. Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v.15, n. 3, p.783-806, jul./set, 2015.

PHOGAT, S., GUPTA, A.,M.: Expected maintenance waste reduction benefits after implementation of Just in Time (JIT) philosophy in maintenance (a statistical analysis). Journal of Quality in Maintenance Engineering. © Emerald Publishing Limited 1355-2511 DOI 10.1108/JQME-03-2017-0020, 2018.

MORATO, A. P. F. Estudo dos fatores RAM numa central de produção de energia elétrica em Timor-leste. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Escola de Engenharia da Unversidade do Minho, Portugal, 2014.

FORSTHOFFER, M., S., More Best Practices for Rotating Equipment. Chapter 11: Predictive and Preventive Maintenance. Elsevier, 2017.

SUTTON,I.: Process Risk and Reliability Management. Gulf Professional Publishing it a imprint of Elsevier. The Boulevard, Langford Lane, Oxford, USA. second edition. Elsevier, 2015.

SUTTON,I.: Process Risk and Reliability Management. Gulf Professional Publishing it a imprint of Elsevier. The Boulevard, Langford Lane, Oxford, USA. First edition. Elsevier, 2010.

LIU,Q., DONG,M., CHEN, F.: Single-machine-based joint optimization of predictive maintenance planning and production scheduling. Department of Industrial Engineering, Business School, University of Shanghai for Science and Technology, 516 Jungong Road, Shanghai, 200093, PR China . Robotics and Computer–Integrated Manufacturing 51 (2018) 238–247 . Elsevier, 2018.

BATAINEH, O.;AL-HAWARI, T.; ALSHRAIDEH, H.; DALALAH,D.: A sequential TPM-based scheme for improving production effectiveness presented with a case study. Journal of Quality in Maintenance Engineering © Emerald Publishing Limited 1355-2511 DOI 10.1108/JQME-07-2017-0045, 2018.

COSTA,W.R., SILVA, T., N., EDUARDO,A.,S., RIBEIRO,J.,S.: MANUTENÇÃO PREVENTIVA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO –Estudo de caso em uma usina no Vale do Rio Ivinhema. I Encontro Internacional de gestão, desenvolvimento e inovação. Naviraí – MS, 2017.

COELHO,F.P.; SILVA,A.,M.; MANIÇOBA,R.,R.: APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE: ESTUDO DE CASO EM PEQUENA EMPRESA DE PINTURA . Revista FATEC – ISSN 2359-182X- V.3, N.1 –OUTRUBRO, 2016.

LIU,Y.; KONG, Z.; ZHANG, Q.: Failure modes and effects analysis (FMEA) for the security of the supply. chain system of the gas station in China. Ecotoxicology and Environmental Safety 164 (2018) 325–330. ELSEVIER, 2018.

MAHMOUDI,M.; MAHDIRAJI, H.,A.; JAFARNEJAD, A.; SAFARI, H.: Dynamic prioritization of equipment and critical failure modes . Kybernetes © Emerald Publishing Limited 0368-492X DOI 10.1108/K-08-2018-0417, 2018.

DALOSTO, D.; N.: UMA ABORDAGEM PARA FMEA BASEADA EM MÉTODOS QUANTITATIVOS. Universidade Federal de Itajubá – Programa de pós graduação em engenharia de produção. Itajubá, MG. 2018.

BARAZZA, M.,S.; GONZALEZ,F.,R.: Cornerstone root causes through the analysis of the Ishikawadiagram, is it possible to find them?A first research approach. International Journal of Quality and Service Sciences © Emerald Publishing Limited 1756-669X DOI 10.1108/IJQSS-12-2017-0113. Emerald, 2018.

MUHAMMAD, S. Quality Improvement Of Fan Manufacturing Industry By Using Basic Seven Tools Of Quality: A Case Study. Journal of Engineering Research and Applications, v. 5, p .30-35, 2015.

RIBEIRO, V. R. Proposta de um plano de manutenção por meio do método SMART e abordagem TPM: um estudo de caso em uma empresa do ramo de aspersão térmica, usinagem e soldagem na cidade de Marabá – PA. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. Marabá PA. 2019.

GANGIDI, P.: "A systematic approach to root cause analysis using 3 × 5 why's technique", International Journal of Lean Six Sigma, <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0114> Permanent link to this document: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0114>. Emerald, 2018

LIMA, Aldemi Coelho et al. Estudo da aplicação de revestimento duro por soldagem com arames tubulares quanto à resistência ao desgaste de facas picadoras de cana-de-açúcar. 2008.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa. Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. In: Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade. 2010.