



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MAURICI BATISTA AMORIM JÚNIOR

**APLICAÇÃO DO FMEA PARA MELHORIA DA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE BRITAGEM NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

SUMÉ - PB

2017

MAURICI BATISTA AMORIM JÚNIOR

**APLICAÇÃO DO FMEA PARA MELHORIA DA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE BRITAGEM NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Professor Me. Antonio Carlos de Queiroz Santos.

SUMÉ – PB

2017

A524a Amorim Júnior, Maurici Batista.

Aplicação do FMEA para melhoria da gestão da manutenção de uma empresa de britagem no Estado de Pernambuco. / Maurici Batista Amorim Júnior. Sumé - PB: [s.n], 2017.

47 f.

Orientadora: Professor Me. Antônio Carlos de Queiroz Santos.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Produção.

1. Gestão da manutenção – Engenharia de produção. 2. Ferramenta FMEA. 3. Empresa de Britagem. I. Título.

CDU: 62-7(043.1)

MAURICI BATISTA AMORIM JÚNIOR

**APLICAÇÃO DO FMEA PARA MELHORIA DA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA DE BRITAGEM NO
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

BANCA EXAMINADORA:



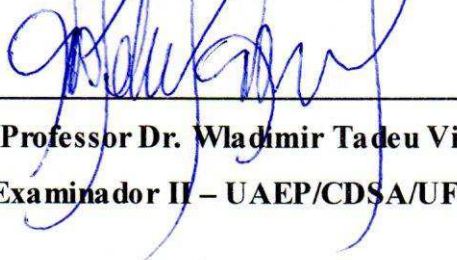
Professor Me. Antonio Carlos de Queiroz Santos

Orientador – UAEP/CDSA/UFCG



Professor Me. Daniel de Oliveira Farias

Examinador I – UAEP/CDSA/UFCG



Professor Dr. Wladimir Tadeu Viesi

Examinador II – UAEP/CDSA/UFCG

Trabalho aprovado em: 03 de Maio de 2017.

SUMÉ – PB.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente a Deus, por sempre me conceder forças e discernimento em meio a cada obstáculo encontrado e cada momento de aflição durante esta longa e gratificante caminhada. Ele é o começo de tudo e também o final, esteve e sempre estará presente em toda minha vida e a ele dedico minha gratidão por tamanha bondade em minha vida.

À minha família, que sempre me incentivou e fez acreditar que eu era capaz. Se não fosse por ela nada disso teria valor. Agradeço com tamanha honra a aquele que foi o meu grande exemplo e avô, o grande “Miro” que contribuiu diretamente desde os primeiros passos me passando ensinamentos, vivências e me dando conselhos tão sábios em meio a situações que eu não sabia como agir. Aos meus pais: sou muito grato a vocês por mesmo com todas as dificuldades, terem me dado todo o suporte que sempre precisei, agradeço o privilégio de ser vosso filho.

Aos meus irmãos e amigos, que se mostraram parceiros em todos os momentos e dividiram comigo toda a alegria, aflições e também os puxões de orelhas de todo esse caminho percorrido, saibam que é uma grande riqueza poder sempre contar com vocês e agradeço por cada gesto de afeto e coleguismo (que foram muitos). Agradeço a minha namorada pela paciência e atenção voltadas a mim, por sempre me incentivar e me dizer palavras cativantes quando eu precisei. Lhes amo grandemente.

Meu sincero agradecimento a todos os professores que contribuíram para minha capacitação e transmitiram conhecimentos profissionais que irei levar sempre comigo, em especial agradeço aos professores de Engenharia de Produção que durante esse tempo, transmitiram seus ensinamentos e como aplicar o aprendizado da graduação nas situações cotidianas.

Ao professor e orientador Antônio Carlos, que sempre se mostrou compreensivo e disposto a esclarecer e nortear esse projeto desde os primórdios. Sempre atencioso e dedicado, repassando todo o conhecimento necessário. Muito obrigado por sua valiosa contribuição. Um forte abraço.

Aos professores Daniel Farias e Wladimir Tadeu Viesi que me concederam a honra ao avaliar este trabalho e por toda contribuição ao longo do curso.

Enfim, minha eterna gratidão a todos que me ajudaram, direta ou indiretamente na realização dessa grande conquista.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King).

RESUMO

Este trabalho objetiva o desenvolvimento de um sistema de manutenção em uma empresa de britagem no sertão pernambucano. Foi feita uma revisão bibliográfica para se conhecer alguns conceitos para a compreensão do tema e estudo dos principais modos, causas e efeitos de falhas e aplicação da ferramenta FMEA. A realização desta pesquisa foi desenvolvida através de um estudo de caso. Também foram feitas entrevistas e visitas *in loco* na empresa objeto de estudo, para se conhecer a estrutura e realizar o levantamento das informações para posteriormente criar as tabelas do FMEA, onde a partir destas será desenvolvido um plano de manutenção, utilizando a ferramenta 5W2H para aplicação de manutenção preditiva. O plano de manutenção consiste na redução de quebras ou falhas inesperadas. A ferramenta FMEA consiste na identificação do que vem sendo o agente causador das falhas e busca oferecer uma maneira de solucionar os problemas. A pesquisa abordou ainda a criação de um plano de ação para auxiliar no gerenciamento da manutenção. Por fim, se fez a aplicação das ferramentas FMEA e 5W2H na empresa supracitada, tornando-se possível conhecer os principais modos, causas e efeitos de falhas dos seus processos. De acordo com a aplicação das ferramentas, foi possível concluir que os britadores Cone e Hydrocone são as máquinas mais críticas e carecem de maior atenção. Após essa pesquisa, o proprietário terá disponíveis as informações gerenciais necessárias que irão dar subsídio para um controle mais eficiente da manutenção e o auxílio na tomada de decisões da organização. A proposta do presente trabalho é desenvolver um programa de manutenção que possa dar suporte e oferecer competitividade a empresas de produção de britas no gerenciamento da manutenção de suas máquinas.

Palavras-chave: Gestão da Manutenção. FMEA. 5W2H. Britagem.

ABSTRACT

This work aims the development of a maintenance system in a rock crushing company in the outback region of Pernambuco. A bibliographic review was made to learn some concepts for the understanding of the subject matter and study of the main modes, causes and effects of failures and application of the FMEA tool. The execution of this research was developed through a case study. Interviews and on-site visits were also carried out at the company under study to learn about the structure and carry out the information to later create the FMEA tables, from which a maintenance plan will be developed using the 5W2H tool for the application of predictive maintenance. The maintenance plan consists of reducing unexpected breaks or failures. The FMEA tool consists in the identification of what has been the agent that causes the failures and seeks to offer a way to solve the problems. The research also addressed the creation of an action plan to assist in the maintenance management. Finally, the FMEA and 5W2H tools were applied to the above-mentioned company, making it possible to know the main modes, causes and effects of failures of its processes. According to the application of the tools, it was possible to conclude that the Cone and Hydrocone crushers are the most critical machines and need more attention. After this research, the owner will have available the necessary managerial information that will give support to a more efficient maintenance control and the aid in the decision making of the organization. The purpose of this work is to develop a maintenance program that can give support and provide competitiveness to rock crushing companies in the maintenance management of their machines.

Keywords: Maintenance management. FMEA. 5W2H. Rock crushing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Britador Tipo Mandíbula	17
Figura 2 - Britador Giratório	18
Figura 3 - Britador de Rolos	18
Figura 4 - Britador Cônico	19
Figura 5 - Britador de Impacto	20
Figura 6 - Britador de Martelos	20
Figura 7 - Britador Sizer.....	21
Figura 8 - Tipos de Manutenção.....	27
Figura 9 - interpretação do FMEA	29
Figura 10 - Organograma da empresa	37
Figura 11 - Fluxograma do processo produtivo	39
Figura 12 - Modelo da folha de verificação	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição da Escala de Severidade.....	30
Quadro 2 - Escala de Avaliação de Ocorrência.....	31
Quadro 3 - Escala de Detecção.	31
Quadro 4 - Etapas da pesquisa.	36

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis*)

5W2H: Ferramenta para Plano de Ação (*What? Why? Where? When? Who? How Much?*)

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR: Norma Brasileira Regulamentadora

TMF: tempo médio entre as falhas

NPR: Número de Prioridade de Risco

POP: Procedimento Operacional Padrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVO GERAL.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 TIPOS DE BRITADORES.....	16
2.1.1 Britadores de Mandíbulas.....	16
2.1.2 Britador Giratório.....	17
2.1.3 Britador de Rolos.....	18
2.1.4 Britador Cônico.....	19
2.1.5 Britador de Impacto.....	19
2.1.6 Britador de Martelos.....	20
2.1.7 Britador Sizer.....	21
2.2 MANUTENÇÃO.....	21
2.3 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	23
2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO	24
2.4.1 Manutenção Corretiva	24
2.4.2 Manutenção Preventiva	24
2.4.3 Manutenção Preditiva	25
2.4.4 Manutenção Detectiva.....	26
2.4.5 Engenharia de Manutenção.....	26
2.5 GESTÃO DA QUALIDADE	27
2.5.1 Fluxograma	28
2.5.2 Folha de Verificação.....	28
2.5.3 FMEA	28
2.5.4 5W2H.....	32
3 METODOLOGIA.....	34
4 RESULTADOS	37
4.1 ESTUDO DE CASO : Identificação da empresa	37

4.2 COLETA DE DADOS	40
4.2.1 Folha de verificação.....	40
4.3 FMEA	41
4.4 5W2H	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS	46
APÊNDICE A - FMEA	48
APÊNDICE B – PLANO DE AÇÃO 5W2H	49

1 INTRODUÇÃO

É de fácil percepção a importância das empresas do ramo da britagem e mineração para a construção civil em geral, as mesmas vem em uma larga crescente e abrangência no mercado. Atualmente, estas empresas vêm voltando cada vez mais à atenção para um setor que não tinha tanta abrangência e/ou destaque dentro de suas políticas, o setor da gestão da manutenção. O fato de os sistemas de produção se tornarem cada vez mais tecnológicos e competitivos, se faz necessário aliar a gestão da manutenção aos processos, visando evitar perdas e alcançar maior confiabilidade e competitividade no mercado.

O setor de produção de britas serve de base para a construção civil e diante do cenário econômico atual e da grande necessidade de obter capacitação produtiva, as empresas passaram a implantar em seus modelos de produção a gestão da manutenção. O objetivo tem sido otimizar suas produções e controlar seus sistemas, tornando os mesmos cada vez mais eficazes e lucrativos. A Brita ou pedra britada para construção civil é o produto do processo de cominação de vários tipos de rochas. Brita é um termo utilizado para denominar fragmentos de rochas duras, originários de processos de beneficiamento (britagem e peneiramento) de blocos maiores, extraídos de maciços rochosos (granito, gnaisse, basalto, calcário) com auxílio de explosivos.

A empresa de consultoria (J.Mendo, ligada ao desenvolvimento de estudos para a elaboração do plano duodecenal (2010 - 2030) de geologia, mineração e transformação mineral) apresenta um artigo de estudo que indica que o mercado de brita no Brasil ainda não está consolidado. Então, em qualquer micro mercado, pode haver de aquisições e fusões para proporcionar maior poder de competitividade. Além da diluição dos custos, as empresas buscam maior participação em cada micro mercado, ampliação de sua área de atuação, aumento da capacidade de fornecimento e fortalecimento de participações nos canais de distribuição, por exemplo, nos segmentos de concreto e asfalto.

Empresas de britagem possuem um longo tempo de vida, o que gera maior conforto quanto ao empreendimento e ao mesmo tempo uma maior dedicação voltada a manter a produção em um ritmo constante. São comuns os casos em que elas estejam em produção há mais de 30 anos. Algumas delas são utilizadas no fim da sua vida produtiva como depósitos de material inerte, tornando-se, depois de preenchidos áreas onde outras atividades podem ser instaladas.

A proposta do presente trabalho é desenvolver um programa de manutenção que possa dar suporte e oferecer competitividade a empresas de produção de britas no gerenciamento da manutenção de suas máquinas. Para que se possam atender as necessidades dessas empresas, procurou-se elaborar um programa de fácil entendimento e levando em consideração o brainstorm e feedback dos operários, tudo isso com demanda de poucos recursos. Com a implantação do programa, espera-se que as empresas de britas tenham um controle mais efetivo de suas instalações e máquinas, mediante as condições em que iram operar e possam suprir as necessidades ou expectativas voltadas as mesmas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Para que se possa montar uma pedreira, o investimento ou aplicação financeira necessária é bastante alto e a maior parte deste investimento é voltada para a aquisição do maquinário utilizado nas atividades de extração. Mas como consequência, o ativo da empresa ou longevidade da mesma torna-se um bem de uso a longo prazo. É com base nisso que as máquinas precisam sempre estar passando por manutenções periódicas, visando manter seu bom estado de funcionamento e conservação, o que resultará em maior disponibilidade, qualidade e segurança para os operários, além da redução de custos adicionais voltados a consertos e/ou troca de peças.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um plano de gestão da manutenção para a empresa “Pedreira G Cordeiro” aplicação das ferramentas da qualidade visando alcançar padronização nos processos e redução de quebras de maquinário.

Objetivos Específicos

- 1) Estudar a literatura de alguns conceitos da Gestão da manutenção para aplicar os mesmos em meio aos processos produtivos da empresa G Cordeiro;
- 2) Criar e aplicar folha de verificação em todo o setor produtivo da pedreira;
- 3) Coletar os dados contidos nas folhas verificadas durante o período analisado;
- 4) Analisar os modos de falhas, as causas e efeitos resultantes das mesmas;
- 5) Criar e implantar o FMEA para melhoria da gestão da manutenção;
- 6) Desenvolver e aplicar o plano de ação 5W2H para a melhoria da eficiência da manutenção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Britagem pode ser definida como o conjunto de operações que tem como objetivo a fragmentação de grandes materiais, levando-os a granulometria compatíveis para utilização direta ou para posterior processamento (FIGUEIRA *et al*, 2004).

De acordo com o portal metálica (2017), Britagem pode ser definida como o conjunto de operações que tem como objetivo a fragmentação de grandes materiais, levando-os a granulometria compatíveis para utilização direta ou para posterior processamento. A britagem é uma operação unitária, que pode ser utilizada, em sucessivas etapas, equipamentos apropriados para a redução de tamanhos convenientes.

As empresas do ramo da britagem fazem uso de equipamentos que tem função de culminar as rochas maiores em partículas menores, esses equipamentos são conhecidos como “Britadores”, a seguir serão descritos alguns dos seus tipos e características dos mesmos.

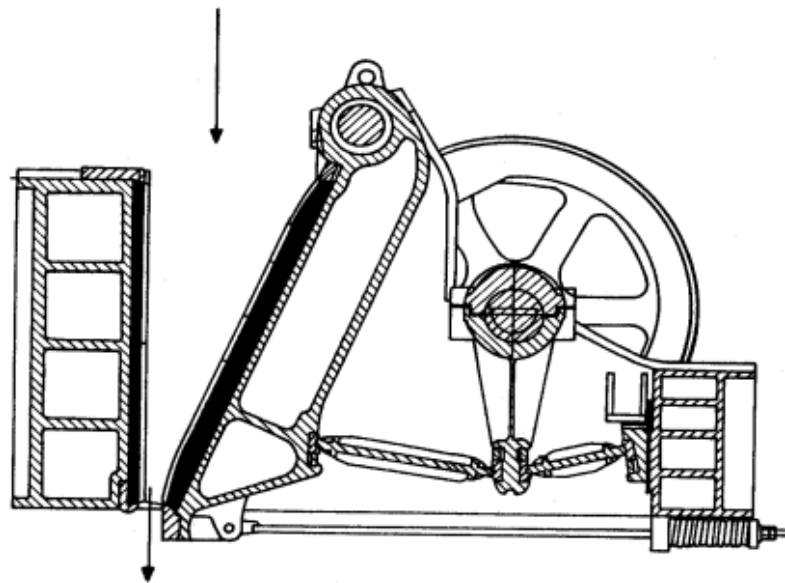
2.1 TIPOS DE BRITADORES

2.1.1 Britadores de Mandíbulas

Os britadores de mandíbulas são empregados principalmente como britadores primários, tendo como principal função produzir material que possa ser conduzido por transportador de correia aos estágios subseqüentes da instalação (Metso, 2005).

A britagem é realizada entre uma superfície, chamada mandíbula, fixa e outra superfície móvel, sendo esta integrada a um volante, o que fornece o movimento de vai e vem entre elas. Desta maneira o bloco alimentado na boca do britador vai descendo entre as mandíbulas enquanto recebe a compressão responsável pela fragmentação (Figueira, 2004). O produto é escoado por gravidade.

Figura 1 - Britador Tipo Mandíbula

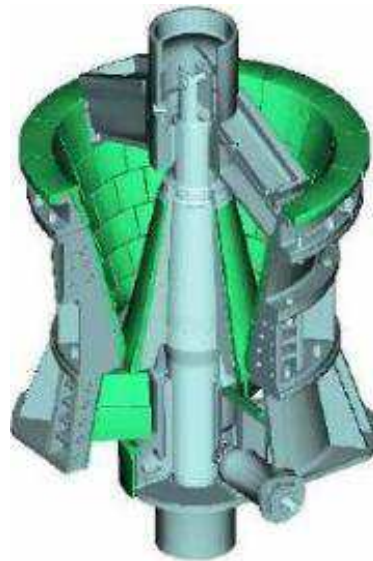


Fonte: Disponível em google imagens.

2.1.2 Britador Giratório

Este equipamento é utilizado na britagem primária quando existe uma grande quantidade de material a ser fragmentado. Pode receber alimentação de material por qualquer lado, podendo ocorrer diretamente de caminhões, e permite armazenagem de uma pequena quantidade de material no seu topo (Figueira, 2004).

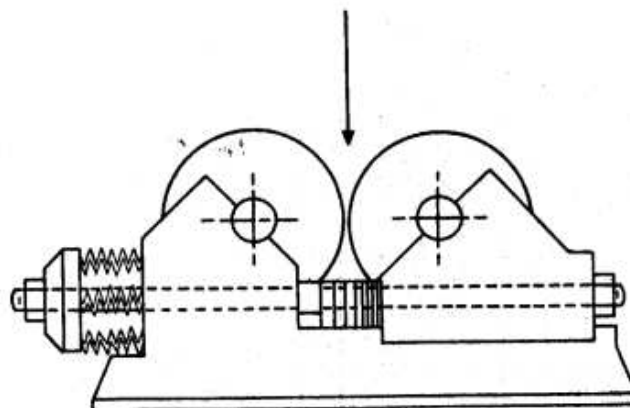
Os britadores giratórios são máquinas com eixo oscilante. A britagem ocorre entre um elemento fixo (revestimento da carcaça ou do bojo) e um elemento móvel interno (manto ou cone central), montado sobre o conjunto do eixo oscilante.

Figura 2 - Britador Giratório

Fonte: Disponível em google imagens

2.1.3 Britador de Rolos

Este equipamento consiste de dois rolos de aço lisos girando à mesma velocidade, em sentidos contrários, guardando entre si uma distância definida. A alimentação é feita, lançando-se os blocos de minério entre os rolos cujo movimento faz com que os mesmos sejam forçados a passar pela distância fixada previamente por parafusos de ajuste. Esta ação promove a fragmentação dos blocos (Figueira, 2004).

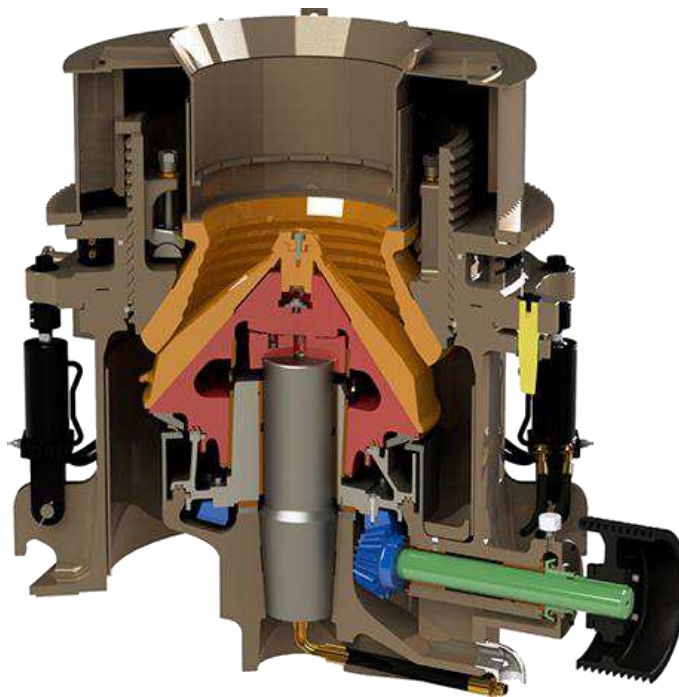
Figura 3 - Britador de Rolos

Fonte: Disponível em google imagens

2.1.4 Britador Cônico

O britador cônico possui o mesmo princípio de operação do britador giratório. Contrariamente ao que ocorre no britador giratório, no cônico, o manto e o cone apresentam longas superfícies paralelas, para garantir um tempo maior de retenção das partículas nessa região. No britador giratório a descarga se dá pela ação da gravidade, enquanto que no cônico, a descarga é condicionada ao movimento do cone (Figueira, 2004).

Figura 4 - Britador Cônico



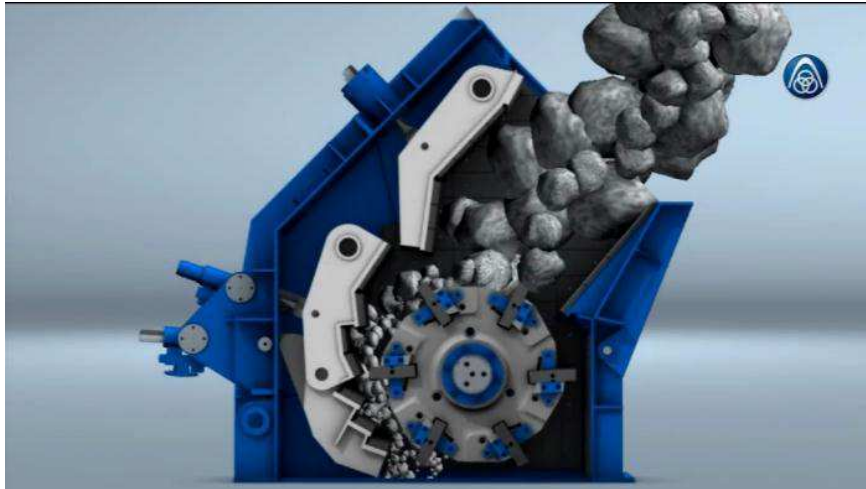
Fonte: Disponível em google imagens

2.1.5 Britador de Impacto

Neste tipo de britador, a fragmentação se dá por impacto. O equipamento é constituído de uma carcaça de chapas de aço que contém um conjunto de eixo e rotor (Metso, 2005).

O britador de impacto tem alta capacidade, sendo destinados ao processamento de 200 a 2500 t/h (Varela, 2011). Dentre todos os tipos de britadores primários, o impactador é o que gera o produto mais cúbico (Metso, 2005). Uma característica especial deste tipo de britador é a possibilidade de inclusão de um sistema de proteção da câmara de britagem contra corpos metálicos estranhos (Varela, 2011).

Figura 5 - Britador de Impacto



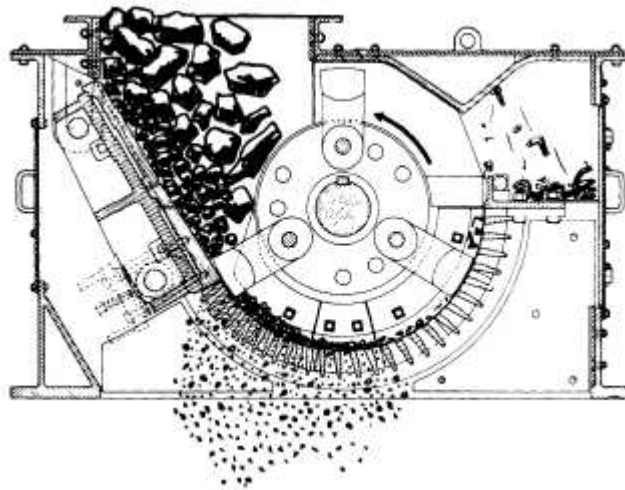
Fonte: Disponível em google imagens

2.1.6 Britador de Martelos

Os britadores de martelos foram desenvolvidos para o esmagamento de material grosseiro, de dureza média para as indústrias de cimento, gesso e calcário. Eles estão disponíveis como britadores de martelo de impacto, britadores de martelo de um eixo e britadores de martelo de dois eixos (ThyssenKrupp, 2003).

A fragmentação do britador de martelos ocorre através da rotação dos martelos entre o rotor e a bigorna (Varela, 2011). O tamanho do produto final é fixado pela abertura da grelha posicionada na região de descarga do material (ThyssenKrupp, 2003).

Figura 6 - Britador de Martelos

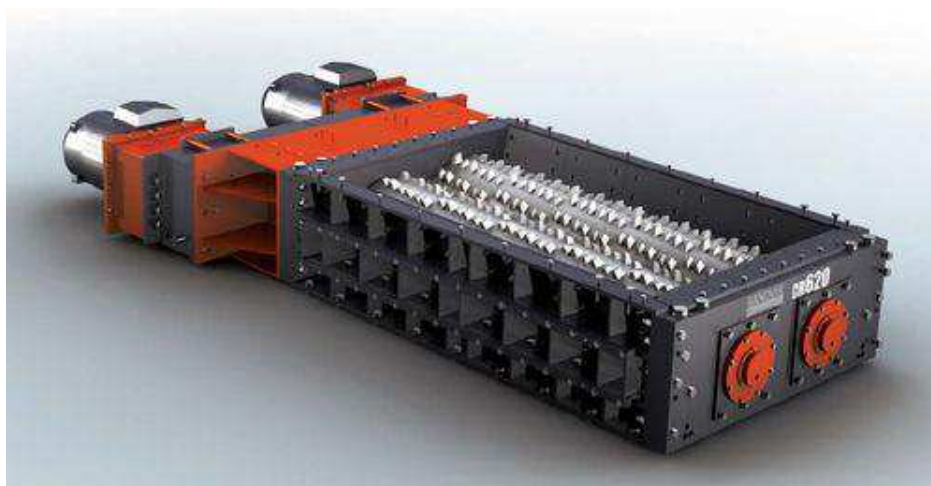


Fonte: Disponível em google imagens

2.1.7 Britador Sizer

O britador sizer consiste em dois eixos inseridos em uma câmara de britagem em estrutura parafusada ou soldada. O britador sizer possui duas variações: o tipo central (britagem primária e secundária) e o lateral (britagem secundária e/ou terciária) sendo a diferença relacionada com o sentido de rotação dos rolos. O tamanho e número de dentes também influenciam na sua aplicação. Em geral, na britagem primária utilizam-se dentes maiores (fator de 10:1 entre o diâmetro do eixo e altura do dente), espaçamento entre dentes maior e um número de dentes menor quando comparado com britagens secundária e/ou terciária (Varela, 2011).

Figura 7 - Britador Sizer



Fonte: (Sandvik, 2010).

2.2 MANUTENÇÃO

A busca por processos mais eficientes é uma constante nos setores produtivos, em especial na indústria de minério. A otimização dos processos de fragmentação, do ponto de vista da produtividade, custos de investimento e operação, é um dos temas mais discutidos na indústria de mineração (Varela, 2011).

As etapas de britagem são responsáveis pela redução granulométrica e adequação do tamanho de partícula aos processos de classificação e concentração subsequentes. Entre os inúmeros fatores que influenciam a escolha e, conseqüentemente, o desempenho dos

equipamentos utilizados na britagem, encontram-se as características físicas das matérias-primas minerais, como a dureza, a abrasividade e a coesividade (Varela, 2011).

Tavares (1996) afirma que manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um equipamento ou instalação em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A manutenção é composta por um conjunto de ações e/ou técnicas que são indispensáveis para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada. Cabe à manutenção a missão de garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequado (KARDEC & NASCIF, 2013).

De acordo com Slack (2009), os benefícios da manutenção são significativos, incluindo segurança melhorada, confiabilidade aumentada, qualidade maior (equipamentos mal mantidos têm maior probabilidade de causar problemas de qualidade), custos de operação mais baixos (dado que muitos elementos de tecnologia de processo funcionam mais eficientemente quando recebem manutenção regularmente), tempo de vida mais longo para processo de tecnologia e “valor residual” mais alto (dado que equipamentos bem mantidos são, geralmente, mais fáceis de vender no mercado de segunda mão).

Segundo Vitoriano (2012), a maioria das empresas acredita que a manutenção se resume apenas a custos. Em contrapartida a isso, a gestão de manutenção veio para demonstrar como o possível minimizar os impactos dos gastos com manutenção com estratégias que refletem diretamente nos resultados da organização. Segundo Wendland e Tauchen (2013), a manutenção tem impacto direto e indireto no atendimento dos requisitos do cliente, tornando o setor altamente estratégico na condução das empresas em busca de seus objetivos. Os mesmos dizem ainda que o caráter estratégico da manutenção envolve diversos aspectos na condução das atividades, como o planejamento das ações baseado nos objetivos globais da empresa, controle eficaz do processo e melhoria contínua baseada nos cenários almejados.

Kardec e Nascif (2006) esclarecem que para obter o sucesso almejado com o negócio, a manutenção é estratégica, pois tem a capacidade de: interferir na produtividade através da disponibilidade dos ativos; interferir nos lucros, pois afeta diretamente os custos; interferir na segurança interna e do meio ambiente; e interferir na qualidade percebida pelos clientes.

2.3 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

De acordo com Moro e Auras (2007), a manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.

Formas simples de manutenção, como conservação de objetos e ferramentas de trabalho, estendendo-se até pequenas atividades de reparo, podem ser observadas desde os primórdios das civilizações. No entanto, foi apenas com a Revolução Industrial do século XVIII, aliada a um grande avanço tecnológico, que a função manutenção emergiu na indústria, como forma de garantir a continuidade do trabalho. Neste caso, o próprio operador da máquina era responsável pela sua manutenção, sendo treinado para realizar reparos (WIREBSK, 2007)

Em 1975, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, pela norma TB-116, definiu o termo manutenção como sendo o conjunto de todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição desejada. Anos mais tarde, em 1994, a NBR-5462 trazia uma revisão do termo como sendo a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994).

A partir de 1980, com desenvolvimento dos microcomputadores a custos mais acessíveis e controles mais simples, as equipes de manutenção adquiriram maior independência para criar e aplicar seus programas, sem necessidade de analista externo à área. Isso possibilitou enorme avanço no manejo de informações e análise de dados que envolviam manutenção e produção. Houve grande aproximação dessas duas áreas, que buscaram trabalhar com sinergia para otimizar qualidade e produtividade (TAVARES, 2000). Observou-se aumento da confiabilidade dos processos industriais e da disponibilidade de equipamentos e máquinas; intervenções mais curtas, conscientes e precisas com análises dos riscos envolvidos; melhoria da segurança e condições ambientais em geral; sistematização dos programas de manutenção, favorecendo a interseção com a própria produção (NETTO, 2008).

2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existem alguns tipos de manutenção que são classificados de acordo com sua filosofia ou pela maneira como é feita a intervenção no sistema. A seguir, serão descritas seis práticas básicas de manutenção, consideradas como principais por diversos autores. São elas: manutenção corretiva planejada e não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

2.4.1 Manutenção Corretiva

Pode ser descrita como a pioneira e a mais simples em relação as demais. Segundo SLACK et al. (2002, p. 625) “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido [...]”. Apesar de esta definição apontar para uma manutenção simplesmente entregue ao acaso, essa abordagem ainda se subdivide em duas categorias: planejada e não-planejada.

- Manutenção corretiva não-planejada: a correção da falha ou do desempenho abaixo do esperado é realizada sempre após a ocorrência do fato, sem acompanhamento ou planejamento anterior, aleatoriamente. Implica em altos custos e baixa confiabilidade de produção, já que gera ociosidade e danos maiores aos equipamentos, muitas vezes irreversíveis (OTANI & MACHADO, 2008).

- Manutenção corretiva planejada: quando a manutenção é preparada. Ocorre, por exemplo, pela decisão gerencial de operar até a falha ou em função de um acompanhamento preditivo. OTANI & MACHADO (2008, p. 4) apontam que “pelo seu próprio nome 23 planejado, indica que tudo o que é planejado, tende a ficar mais barato, mais seguro e mais rápido”.

2.4.2 Manutenção Preventiva

Tem como foco principal evitar a ocorrência de falhas através de programas de manutenção em intervalos de tempo pré-definidos. De acordo com SLACK et al. (2002, p. 645), “visa eliminar ou reduzir as probabilidade de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de tempo pré-planejados”.

O que torna esse tipo de manutenção um pouco problemática é que a mesma se baseia em estatísticas e muitas vezes não se levam em conta as algumas variáveis específicas no que diz respeito a vida operacional do maquinário. ALMEIDA (2000, p.3) é muito feliz ao citar como exemplo que “o tempo médio entre as falhas (TMF) não será o mesmo para uma bomba que esteja trabalhando com água e bombeando polpas abrasivas de minério”. Tais generalizações são as principais responsáveis pelos dois problemas mais comuns ao se adotar a manutenção preventiva: reparos desnecessários ou bastante antecipados e falhas inesperadas (ALMEIDA, 2000).

No primeiro caso, adota-se um horizonte temporal conservador, sendo o reparo realizado muito antes do necessário, desperdiçando peças e trabalho. Já no segundo caso, o mais crítico, apesar dos esforços para prevenir a falha, esta acabou acontecendo, associando gastos preventivos aos corretivos que, conforme mostrado anteriormente, são bem maiores.

2.4.3 Manutenção Preditiva

Busca baseado em dados evitar quebras e aumentar a capacidade produtiva juntamente com o tempo de vida útil de um determinado maquinário. É a manutenção que realiza acompanhamento de variáveis e parâmetros de desempenho de máquinas e equipamentos, visando definir o instante correto da intervenção, com o máximo de aproveitamento do ativo (OTANI & MACHADO, 2008).

Para ALMEIDA (2000, p. 4): “[...] trata-se de um meio de se melhorar a produtividade, a qualidade do produto, o lucro, e a efetividade global de nossas plantas industriais de manufatura e de produção”. Isso porque tal abordagem se utiliza de ferramentas mais efetivas para obter a condição operativa real dos sistemas produtivos, ou seja, consegue fornecer dados sobre a condição mecânica de cada máquina, determinando o tempo médio real para falha. Portanto, todas as atividades de manutenção são programadas em uma base “conforme necessário”.

ALMEIDA (2000, p. 4) ainda destaca a diferença mais substancial entre a manutenção corretiva e a preditiva:

“[...] Talvez a diferença mais importante entre manutenção reativa e preditiva seja a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado de manutenção reativa é substancial e raramente pode ser recuperado. A maioria das plantas industriais,

durante períodos de produção de pico, operam 24 horas por dia. Portanto, o tempo perdido de produção não pode ser recuperado.”

2.4.4 Manutenção Detectiva

Como o nome já indica tem como base a palavra “detectar”. O objetivo da prática desta política é aumentar a confiabilidade dos equipamentos, haja vista, é caracterizada pela intervenção em sistemas de proteção para detectar falhas ocultas e não perceptíveis ao pessoal da operação (SOUZA, 2008).

Ferreira (2008, p. 23) cita um exemplo da aplicação de manutenção detectiva, de maneira a facilitar a compreensão no que diz respeito ao aumento na confiabilidade do processo:

Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha, o gerador não entra. Por isso, este circuito é testado/acionado de tempos em tempos, para verificar sua funcionalidade.

De acordo com isto, é notória a importância da manutenção detectiva quando o nível de automação dentro das indústrias aumenta ou o processo é crítico e não pode haver presença de falhas.

2.4.5 Engenharia de Manutenção

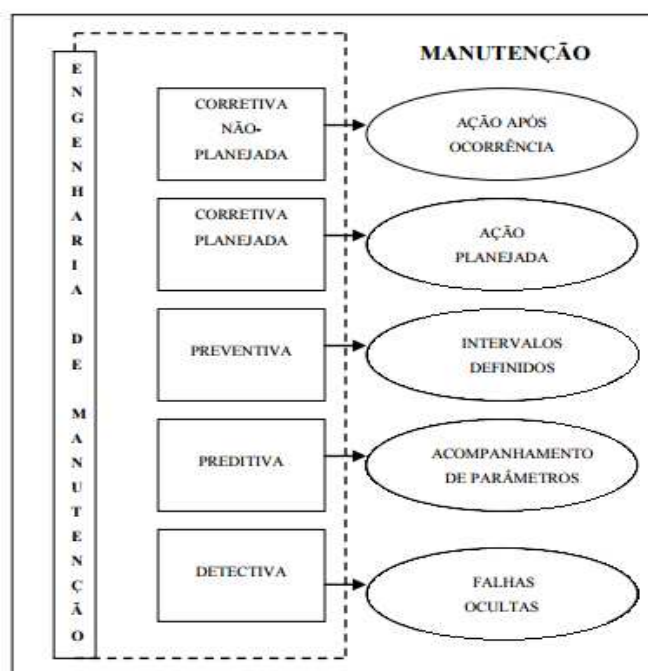
Depois da manutenção preditiva, a presença da Engenharia de Manutenção serviu como uma quebra de padrão, devido a mudanças agora principalmente nas rotinas de atividades e a política de melhoria contínua para a área em questão.

De acordo com Kardec & Nascif (2009, p. 50) a Engenharia de Manutenção significa “perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”. Para tanto, visa, dentre outros fatores, aumentar a confiabilidade, disponibilidade, segurança e manutenibilidade; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar gestão de pessoal, materiais e sobressalentes; participar de novos projetos e dar suporte à execução; fazer análise de falhas e estudos; elaborar planos de manutenção, fazer análise crítica e acompanhar indicadores, zelando sempre pela documentação técnica.

Além de tudo é uma forma de tornar a empresa mais competitiva, pois a mesma não irá apenas realizar acompanhamento preditivo de seus equipamentos e máquinas, mas também estará alimentando sua estrutura de dados e informações a respeito de manutenção que irão lhe permitir realizar análises e estudos para proposição de melhorias no futuro.

A Figura 8 ilustra melhor as diferenças entre os diversos tipos de manutenção e a posição da Engenharia de Manutenção neste cenário.

Figura 8 - Tipos de Manutenção



Fonte: Adaptado de KARDEC E NASCIF, 2009.

2.5 GESTÃO DA QUALIDADE

De acordo com Carvalho e Paladini (2012) a qualidade é uma forma intrínseca ao nosso cotidiano, porém, se perguntarmos as pessoas o que ela significa, raramente chegaremos a uma concordância. A gestão da qualidade faz uso de diversas ferramentas que servem de base e/ou suporte para aplicações de seus métodos dentro de processos e sistemas operacionais.

Ainda de acordo com Carvalho e Paladini (2010) há ferramentas tradicionais, como é o caso dos histogramas e fluxogramas, bem como aquelas que derivam de novas formas de organizar as operações produtivas (como é o caso das células de produção) e existem ferramentas que decorrem de concepções mais recentes do que seja qualidade. Além dessas

ferramentas citadas como clássicas, existem outras que já vêm sendo bastante utilizadas na gestão da qualidade que são elas, FMEA, Folhas de Verificação e 5W2H.

2.5.1 Fluxograma

O fluxograma é uma ferramenta que serve para aumentar a eficiência do estudo de um conjunto de atividades e proporcionar uma visão mais detalhada para que se possa conseguir oferecer melhorias a um determinado processo. Rebouças (2009) define o fluxograma como uma representação gráfica que apresenta a sequência de um trabalho de forma analítica, caracterizando as operações, os responsáveis e/ou unidades organizacionais envolvidos no processo.

2.5.2 Folha de Verificação

De acordo com Andre Silva (2014) A folha de verificação é uma ferramenta utilizada a partir de uma pesquisa feita por meio de questionários ou entrevistas, para padronizar e verificar resultados de trabalhos ou para facilitar e organizar o processo de coleta e registro de dados. Sua construção é simples, sendo que em uma coluna relacionam-se os principais defeitos/problemas apontados pelos clientes pesquisados e, em outra coluna, o total de citações que aqueles problemas tiveram.

2.5.3 FMEA

O FMEA, do inglês Failure Mode and Effect Analysis, é um método usado no desenvolvimento de produto e processo para o desenvolvimento de ações de melhorias para a minimização ou eliminação de falhas consideradas mais críticas segundo alguns critérios. Pode ser aplicado tanto na melhoria de produto quanto na melhoria de processo de fabricação. Em caso de novos produtos ou processos, o FMEA pode ser usada para desenvolver ações que visem minimizar a chance de ocorrência de uma falha potencial. (CARPINETTI. 2012. p,125).

O FMEA é uma ferramenta que deve ser aplicada em equipe para se obter resultados mais concisos. É preciso definir alguns conceitos para a criação da FMEA que são: (i) modos de falha; (ii) efeitos; (iii) severidade; (iv) causas; (v) ocorrência; e (vi) detecção. Estes conceitos são definidos segundo Palady (2007) como:

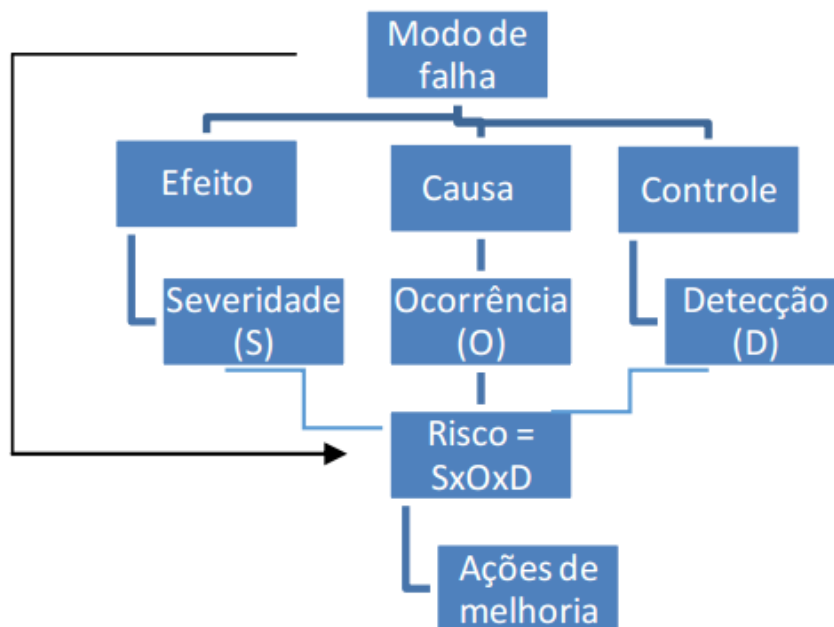
- Modos de falha: define como o projeto, processo ou serviço pode deixar de desempenhar as suas funções;

- Efeitos: descreve as consequências de cada um dos modos de falha;
- Severidade: é uma avaliação normalmente medida em uma escala de 1 a 10, o número 1 indica que o efeito não é sério aos olhos do cliente ou que este talvez não o perceba. O número 10 reflete os piores efeitos resultantes do modo de falha;
- Causas: identifica todas as razões que podem resultar na ocorrência do modo de falha;
- Ocorrência: é uma estimativa que pode ser baseada na experiência da equipe e em dados históricos de projetos semelhantes e é comumente realizada com base em uma escala de 1 a 10;
- Detecção: estima a chance de que o modo de falha seja repassado aos próximos clientes, normalmente, é medida em uma escala de 1 a 10.

Para a interpretação do FMEA, a abordagem tradicional utilizada é o Número de Prioridade de Risco (NPR), que é o resultado da multiplicação da Ocorrência (O) pela severidade da falha identificada (S) e pela detectabilidade (D) e está na equação (1).

$$\text{NPR} = \text{O} \times \text{S} \times \text{D} \quad (1)$$

Figura 9 - interpretação do FMEA



Fonte: (CARPINETTI, 2012, P.125).

Os quadros seguintes indicam a classificação referente a grau de severidade, ocorrência e detecção. A severidade está relacionada com o efeito da falha e é avaliada por

meio de uma escala de 1 a 10 (Quadro 1); já ocorrência e a detecção estão relacionadas com o modo de falha e também são avaliados por meio de uma escala de 1 a 10 (Quadro 2 e Quadro 3, respectivamente).

Quadro 1 - Descrição da Escala de Severidade.

Descrição da Escala de Severidade	Grau
Efeito não percebido pelo cliente.	1
Efeito bastante insignificante, percebido pelo cliente; entretanto não faz com que o cliente procure o serviço.	2
Efeito insignificante, que perturba o cliente, mas não faz com que procure o serviço.	3
Efeito bastante insignificante, mas perturba o cliente, fazendo com que procure o serviço.	4
Efeito menor, inconveniente para o cliente; entretanto, não faz com que o cliente procure o serviço	5
Efeito menor, inconveniente para o cliente, fazendo com que o cliente procure o serviço.	6
Efeito moderado, que prejudica o desempenho do projeto levando a uma falha grave ou a uma falha que pode impedir a execução das funções do projeto.	7
Efeito significativo, resultante em falha grave; entretanto, não coloca a segurança do cliente em risco e não resulta em custo significativo da falha.	8
Efeito crítico que provoca a insatisfação do cliente, interrompe as funções do projeto, gera custo significativo da falha e impõe um leve risco de segurança (não ameaça a vida nem provoca incapacidade permanente) ao cliente.	9
Perigoso, ameaça a vida ou pode provocar incapacidade permanente ou outro custo significativo da falha que coloca em risco a continuidade operacional da organização.	10

Fonte: Palady 2007.

Quadro 2 - Escala de Avaliação de Ocorrência

Escala de Avaliação de Ocorrência	Grau
Extremamente remoto, altamente improvável	1
Remoto, improvável	2
Pequena chance de ocorrência	3
Pequeno número de ocorrências	4
Espera-se um número ocasional de falhas	5
Ocorrência moderada	6
Ocorrência frequente	7
Ocorrência elevada	8
Ocorrência muito elevada	9
Ocorrência certa	10

Fonte: Palady 2007.

Quadro 3 - Escala de Detecção.

Escala de Detecção	Grau
É quase certo que será detectado	1
Probabilidade muito alta de detecção	2
Alta probabilidade de detecção	3
Chance moderada de detecção	4
Chance média de detecção	5
Alguma probabilidade de detecção	6
Baixa probabilidade de detecção	7
Probabilidade muito baixa de detecção	8
Probabilidade remota de detecção	9
Detecção quase improvável	10

Fonte: Palady 2007.

O FMEA em questão é descrito como de processo: Onde se leva em consideração o sistema ou linha de produção. Segundo Toledo e Amaral (2006, p.02) em uma FMEA de processo são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o

objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

2.5.4 5W2H

A ferramenta 5W2H consiste em um *check list* fácil e prático com atividades a serem executadas para qualquer situação desejada. É um mapeamento de atividades no qual são estabelecidas as informações mais importantes e significativas sobre qualquer projeto, processo ou atividade (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

De um modo geral essa ferramenta prática que procura envolver as questões que dizem respeito a 7 perguntas que englobam um conjunto de levantamentos, são elas:

- O que?

Qual a atividade? Qual é o assunto? O que deve ser medido? Quais os resultados dessa atividade? Quais atividades são dependentes dela? Quais atividades são necessárias para o início da tarefa? Quais os insumos necessários?

- Quem?

Quem conduz a operação? Qual a equipe responsável? Quem executará determinada atividade? Quem depende da execução da atividade? A atividade depende de quem para ser iniciada?

- Onde?

Onde a operação será conduzida? Em que lugar? Onde a atividade será executada? Onde serão feitas as reuniões presenciais da equipe?

- Por quê?

Por que a operação é necessária? Ela pode ser omitida? Por que a atividade é necessária? Por que a atividade não pode fundir-se com outra atividade? Por que A, B e C foram escolhidos para executar esta atividade?

- Quando?

Quando será feito? Quando será o início da atividade? Quando será o término? Quando serão as reuniões presenciais?

- Como?

Como conduzir a operação? De que maneira? Como a atividade será executada? Como acompanhar o desenvolvimento dessa atividade? Como A, B e C vão interagir para executar esta atividade?

- Quanto Custa?

Quanto custa a operação atual? Qual é a relação custo / benefício? Quanto tempo está previsto para a atividade?

Esta é uma ferramenta que pode economizar tempo e recursos, aprimora o planejamento de forma simples, logo seu uso neste trabalho se mostra expressivo.

3 METODOLOGIA

Este estudo se caracteriza como pesquisa. Minayo (1993, p.23), define pesquisa como a “atividade básica das ciências na sua indagação e descoberta da realidade. É uma atitude e uma prática teórica de constante busca que define um processo intrinsecamente inacabado e permanente. É uma atividade de aproximação sucessiva da realidade que nunca se esgota, fazendo uma combinação particular entre teoria e dados”. Gil (2010, p.1) conceitua pesquisa como:

O procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionado ao problema.

A pesquisa consiste num conjunto de ações que tem por objetivo procurar respostas para indagações propostas baseando-se em procedimentos racionais e sistemáticos.

A metodologia utilizada para a realização dessa pesquisa pode ser classificada da seguinte forma: quanto à natureza, do ponto de vista da forma de abordagem do problema, do ponto de vista de seus objetivos e, por fim, quanto aos procedimentos técnicos.

Em relação à natureza esta pesquisa classifica-se como uma Pesquisa Aplicada, pois, segundo Gil (2010, p.27) a pesquisa aplicada é uma “pesquisa voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica”. Seguindo o mesmo raciocínio, Collis e Hussey (2005, p.27) afirmam que a pesquisa aplicada “foi projetada para aplicar suas descobertas a um problema específico existente”. Nesse sentido, a pesquisa aplicada tem como finalidade gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Logo, este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, haja vista que se fez uso da teoria existente sobre gestão da manutenção, realizando sua aplicação em uma pedreira, localizada no Estado de Pernambuco.

Do ponto de vista da forma de abordagem caracteriza-se como qualitativa. A pesquisa qualitativa, segundo Silva e Menezes, mostra que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, não podendo ser expresso em números, e a análise dos dados é feita indutivamente. Assim, examinou-se os dados da pedreira indutivamente para se obter um entendimento de atividades de modo subjetivo.

Quanto aos objetivos, a pesquisa se classifica como exploratória, pois buscou se familiarizar com o tema proposto, proporcionando o aprimoramento de ideias. Gil (2010,

p.27) ressalta que a pesquisa exploratória “têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir hipóteses”. Também se caracteriza como descritiva, que no entender de Vergara (2000) é aquela que expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno, mas não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação. A pesquisa descritiva também pode estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Logo, a pesquisa é descritiva pois analisou o sistema de produção da empresa para realização de um plano de manutenção.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos constitui-se pesquisa bibliográfica. Na concepção de Severino (2007, p. 122) “é aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc. utiliza-se de dados ou de categorias teóricas já trabalhados por outros pesquisadores e devidamente registrados”. A pesquisa envolveu o levantamento bibliográfico em materiais publicados, como livros, artigos científicos, páginas de web sites, e o que a coleta trouxe de informação. Caracteriza-se também como pesquisa documental, que para Silva e Menezes (2001, p. 21) ocorre “quando elaborada a partir de materiais que não receberam tratamento analítico. Na pesquisa documental obteve-se as informações necessárias e que não receberam o tratamento analítico como históricos de quebras, planilhas de preços de peças e máquinas, quantidades produzidas, tempo de *setup* e etc.

Essa pesquisa ainda é classificada como levantamento. Conforme Gil (2010) esse tipo de pesquisa ocorre quando envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer. Procede-se à solicitação de informações a um grupo de pessoas com relação ao problema estudado para, em seguida, obterem-se as conclusões correspondentes aos dados coletados. Os dados foram coletados em visitas a empresa entre os dias 21 de fevereiro a 10 de abril de 2017. Por fim, caracteriza-se como estudo de caso, que segundo Silva e Menezes (2001, p. 21) ocorre “quando envolve o estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento” e Severino (2007, p. 121) ratifica, afirmando que “se concentra no estudo de um caso particular, considerado representativo de um conjunto de casos análogos, por ele significativamente representativo.

No caso da pesquisa, estudou-se especificamente se existia algum procedimento para manutenção de máquinas e equipamentos para, em seguida, elaborar um plano de manutenção para a empresa.

O primeiro passo foi: Levantamento de dados e informações com o gerente e os funcionários. Depois foi elaborada e aplicada uma folha de verificação durante três semanas,

contendo nomes das máquinas e a quantidade de quebras ou paradas decorrentes das mesmas e no final do preenchimento de cada folha de verificação ainda se tem a sugestão de cada funcionário a respeito de cada quebra que ocorresse naquela diária, tudo para que se pudesse ter mais clareza e ideias na resolução dos problemas encontrados.

Após isso, foram coletadas as folhas de verificação contendo as informações necessárias para detenção de conhecimento a respeito da rotina na empresa e com isso se analisar os dados para criar o FMEA.

Foram identificadas as causas, modos de falhas e efeitos no que diz respeito ao funcionamento das máquinas e equipamentos em questão, para com isso se ter soluções possíveis para resolver o problema de paradas inesperadas provenientes de quebras e/ou defeitos funcionais.

Por fim, tendo em mãos todas as informações e os dados necessários foi criado um plano de manutenção para oferecer uma melhor gestão e monitoramento de todas as máquinas inseridas direta ou indiretamente na linha de produção das britas.

No Quadro 4 descrevem-se todas as etapas do trabalho para uma melhor compreensão do desenvolvimento da metodologia utilizada.

Quadro 4 - Etapas da pesquisa.

Período	Atividade
Janeiro	Escolha e definição do tema
Fevereiro	Definição e delimitação do problema a ser resolvido
Fevereiro – Março	Revisão bibliográfica
Fevereiro – Março	Levantamento de dados e informações;
Fevereiro – Março	Elaborar folha de verificação;
Março	Coleta e análise das folhas;
Março – Abril	Identificação das causas de quebras;
Março – Abril	Identificação dos efeitos
Abril	Conclusão da elaboração do FMEA;
Abril	Aplicação do FMEA;
Abril	Sugerir padronização dos planos de manutenção.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

Segue-se os resultados obtidos na pesquisa com a aplicação das ferramentas utilizadas.

4 RESULTADOS

4.1 ESTUDO DE CASO: IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

A empresa G Cordeiro do Amaral, “Pedreira Cordeiro”, está localizada na zona rural, especificamente no sítio Boa Vista, cidade de Sertânia-PE, de propriedade do senhor Givanilton Cordeiro do Amaral, fundada no ano de 1996, atua no ramo de extração de rochas e britagem da mesma para sua comercialização. Conta com vinte e um funcionários, e sua estrutura organizacional está dividida por nível hierárquico, formado da seguinte forma:

Presidente: Dono da empresa

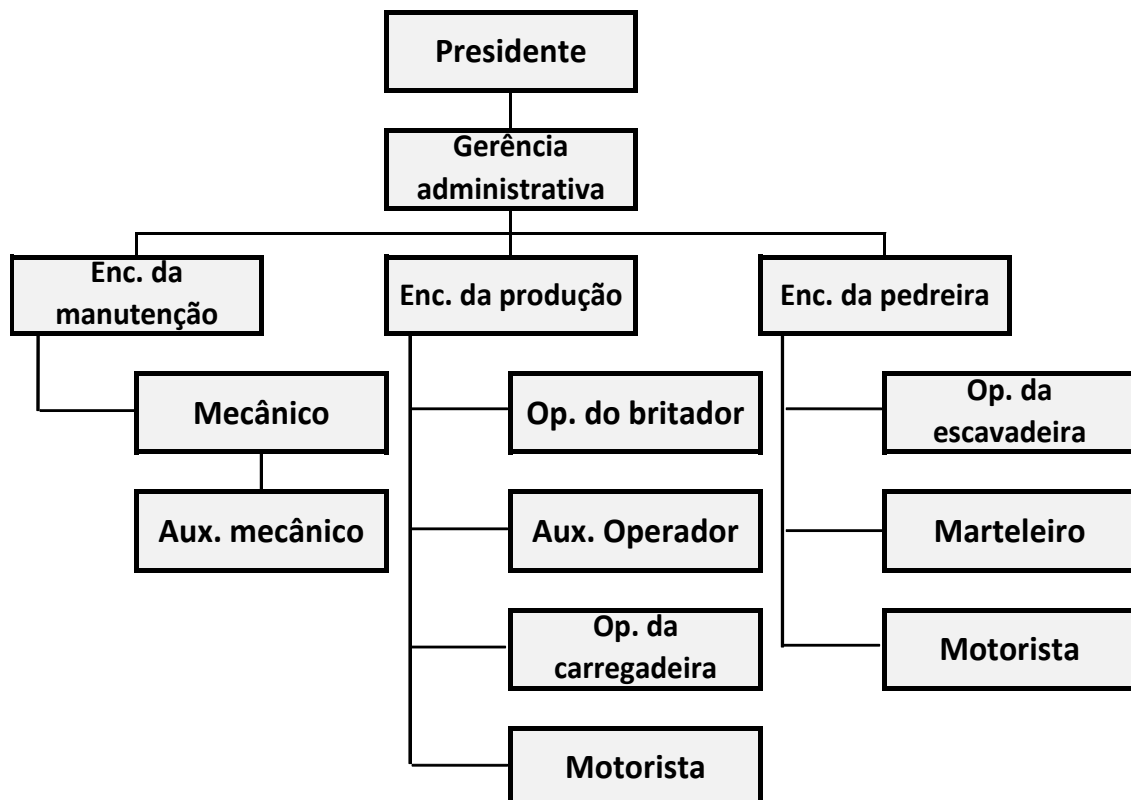
Gerência administrativa: Formada pelo financeiro, secretária e uma auxiliar de secretária.

Encarregado da manutenção: Responsável pelo setor de manutenção e mecânica das máquinas.

Encarregado da produção: Responsável pela coordenação do setor e sua produção.

Encarregado da pedreira: Responsável pela extração das rochas e sua distribuição para a fase seguinte de britagem.

Figura 10 - Organograma da empresa



Fonte: Elaborado pelo autor

Para chegar ao final do processo produtivo e ao produto desejado, a empresa conta com vários maquinários apropriados para as diversas atividades. Dentre os quais podemos destacar:

- Rock, tem como objetivo perfurar as grandes rochas para que se possam colocar os materiais para detonação;
- Compressor grande, faz com que comprima ar para fazer com que o rock trabalhe;
- Martelo, perfura as rochas menores já detonadas para uma nova detonação, também conhecidas como fugasto;
- Compressor pequeno, com que comprima ar para fazer com que o martelo trabalhe;
- Escavadeira, responsável pelo carregamento dos caminhões no setor da pedreira;
- Caminhões, responsáveis pelo transporte das pedras da pedreira até o início do processo de britagem;
- Britadores têm como objetivo quebrar as pedras em tamanhos específicos;
- Carregadeiras, definida para carregar os produtos aos caminhões de entrega.

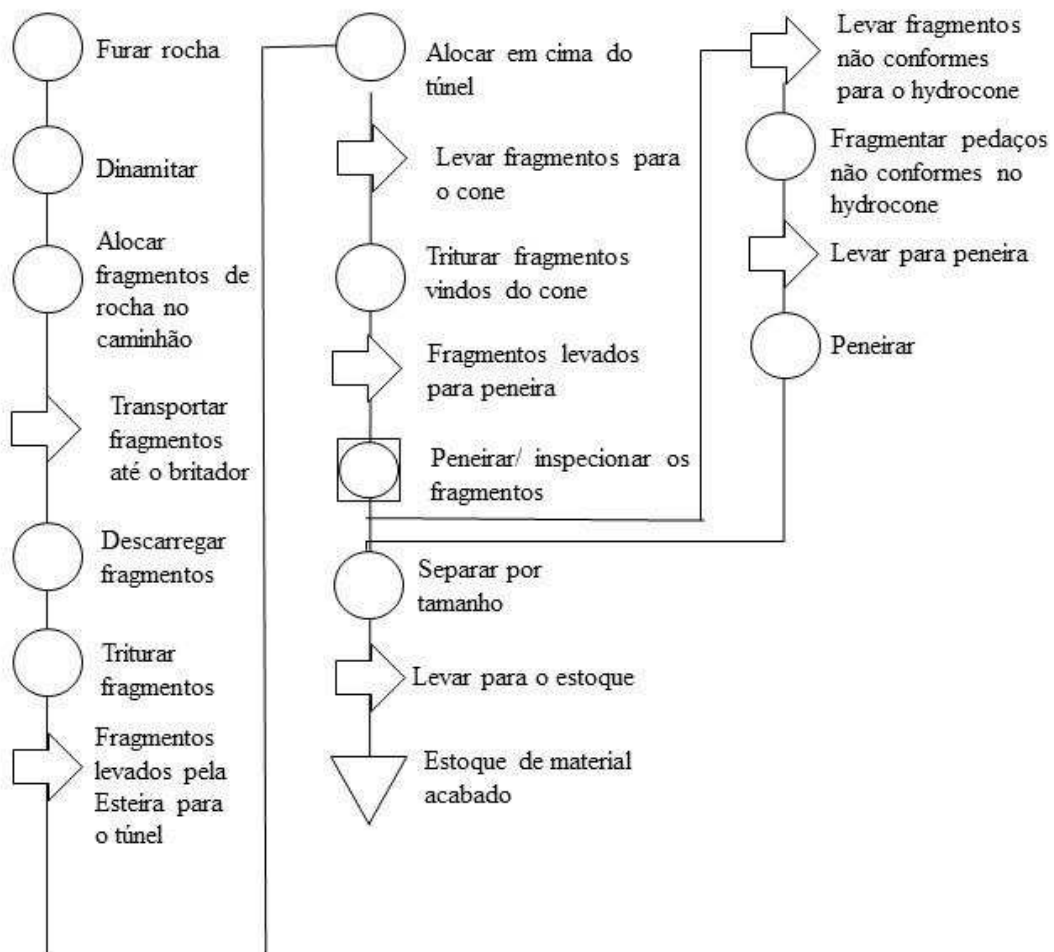
Para obtenção do tema proposto (aplicação do FMEA), foi necessário conhecer todo o processo produtivo e administrativo da empresa levando em consideração a variação de produtividade e distribuição de vendas da mesma. O estudo trata do processo de produção de britas.

O processo produtivo na empresa se dá na seguinte maneira: inicia com o abastecimento de todas as máquinas. Logo após, caso já se tenha pedras, ocorridas da detonação, será feito o carregamento dos caminhões (caso contrário, será necessária a perfuração das rochas para ocorrer a detonação) com as mesmas que as transportarão até o começo do processo de britagem, onde é feita pelo britador Mandíbula. Daí, acontecido a primeira fase da britagem, o produto, agora chamado de rachinha é jogado a calha por uma transportadora, fazendo com que se aglomerem, formando uma “pilha” como é conhecida, pronta para o próxima fase. Chegando à pilha, outra transportadora (transportadora do túnel), carrega a rachinha até a próxima etapa de quebra, que agora será realizado pelo britador Cone. Saindo do Cone, agora ainda menores do que as primeiras, as pedras chegam pela transportadora principal, passando pela Peneira, até a última etapa de quebra, agora feita pelo britador Hydrocone. Partindo do Hydrocone, o produto é jogado pela transportadora de retorno até a transportadora principal, aonde irá até a Peneira. Está por sua vez, tem a função de separar a brita. Dentro dela se concentram as “telas”, de tamanhos específicos do que se

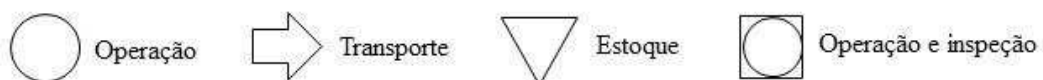
quer o produto final (brita 12 mm, brita 19 mm, 25 mm, pó de pedra), que vão separando os produtos de acordo com seus tamanhos e jogados as suas transportadoras respectivas. A partir daí a brita ou o pó já estarão prontos para comércio.

A seguir pode se conhecer melhor o fluxograma de todo o processo produtivo descrito anteriormente, conforme a Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma do processo produtivo



Legenda:



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 COLETA DE DADOS

Para aplicação do método e conhecimento do processo, foi necessária a coleta de dados que oferecesse uma base de informações no que diz respeito ao processo produtivo e disponibilidade das máquinas, através da elaboração de uma folha de verificação.

Com a elaboração do FMEA foi possível descrever todas as etapas de produção e detalhar as operações descritas e construir um plano de ação voltado a metodologia 5W2H.

4.3.1 Folha de verificação

Inicialmente, para se obter as informações da disposição das máquinas e suas respectivas quebras foi aplicada uma folha de verificação durante um período de 15 dias de trabalho

A folha consiste em relatar o resultado de uma diária de trabalho, registrando a data, horário e turno de ocorrência, também informa a causa da falha, a ação realizada para sanar o problema ocorrido e a sugestão do operador para evitar que o ocorrido se repita. Além disso, a folha informa também a quantidade de quebras e/ou falhas das máquinas mais críticas, ou seja, aquelas que possuem maior probabilidade de quebras. São elas:

- Britador Mandíbula;

- Britador Cone;

- Britador Hydrocone;

- Peneira.

É possível visualizar na Figura 12 o modelo da folha de verificação aplicada na empresa.

Figura 12 - Modelo da folha de verificação

Data: __/__/__ Horário: _____ Turno: _____	Quant	Falhou	Máquinas
			Britador Mandíbula
			Cone
			Hydrocone
			Peneira
Causa da falha			
Ação Realizada			
Sugestões			

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a aplicação da folha de verificação, foi possível conhecer os modos de falhas, causas de falhas e o efeito das mesmas. Durante os 15 dias de coleta e registro foram preenchidas diariamente 2 folhas para cada máquina. O registro foi feito pelo responsável ou operador de cada máquina naquele turno. Com isto foi possível coletar os devidos dados para a criação do FMEA.

4.4 FMEA

Um dos requisitos das normas da qualidade para as organizações é a identificação prévia de riscos potenciais. O FMEA é uma das alternativas existentes para prognóstico de riscos, com uma boa eficiência na identificação de falhas e soluções eficazes. Com isto a análise de riscos na pedreira será realizada utilizando este método.

O tipo de FMEA aplicado foi o de processo, onde o mesmo trata da análise de riscos potenciais inerentes ao sistema ou fluxo de produção. Isso possibilita a quantificação e descrição dos principais problemas e/ou riscos intrínsecos a cada setor ou máquina atuante no processo. Com base nisso se torna possível descobrir quais equipamentos carecem de maior

atenção no que diz respeito à manutenção e produtividade, para oferecer soluções práticas que aumentem a capacidade produtiva das máquinas e elimine aquilo que vem sendo os gargalos do sistema.

Por meio de visitas *in loco*, da aplicação das folhas de verificação e do fluxograma elaborado, bem como as demais informações fornecidas pelo supervisor de produção, foi possível elaborar as tabelas do FMEA, definindo as principais falhas que podem ocorrer no processo produtivo. Assim, elaborou-se o FMEA que pode ser visto detalhadamente no APÊNDICE A.

De acordo com o FMEA, foi possível calcular o NPR para cada máquina supracitada e determinar a criticidade de cada uma. As máquinas referidas no FMEA são as mais críticas, ou seja, aquelas que são mais carentes de gestão de manutenção, pois apresentam grandes quantidades de ocorrências de falhas, além de apresentarem altos níveis de severidade e detecção no que diz respeito a modos de falhas.

Com base nisso, foi feito o levantamento de vários efeitos potenciais e causas de falhas potenciais referentes a cada modo de falhas especificado, para diante disso, se ter um maior detalhamento sobre os riscos. O FMEA relata ainda os controles preventivos e detectivos que existem no processo para cada caso citado. Depois de informar as quantidades de severidade, ocorrência e detecção é possível calcular o NPR (Número de Prioridade de Riscos).

Por fim, se tem a definição das máquinas mais críticas de acordo com o cálculo efetuado para cada modo de falhas, foram elas: Hydrocone e Cone. Estas máquinas apresentam maior índice de prioridade e necessitam de uma melhor gestão para manutenção das mesmas, para que assim seja possível aumentar suas produtividades. Além disso, foram levantadas as ações recomendadas, ou seja, nesta etapa o método FMEA começa a ser aplicado diretamente na produção de acordo com cumprimento de prazos estabelecidos para se tomar as ações e com isso obter maior controle de manutenção e produtividade das máquinas.

4.5 5W2H

O plano de ação de filosofia 5W2H envolve uma série de questões que possibilita maior auxílio na tomada de decisões, esse plano se adequa a inúmeros tipos de negócio e por

isso se torna essencial quando se deseja obter soluções práticas e aplicadas visando um aumento da qualidade do bem ou serviço produzido.

A partir da análise realizada, a ferramenta 5W2H foi utilizada para propor um plano de ação para gerenciamento de manutenção preditiva dos principais riscos que podem comprometer o processo produtivo e/ou serviço. O plano de ação contempla manutenção preditiva, controle de processo do sistema e abordagens de segurança do trabalho. O 5w2h pode ser visto detalhadamente no APÊNDICE B.

O plano de ações engloba os principais riscos analisados na pedreira. No plano 5W2H foi possível determinar o que deveria ser feito, por que fazer, onde, quando, quem, como e quanto custa para se obter determinada solução para os problemas tratados.

De acordo com a aplicação do plano, foram encontrados os problemas de maior criticidade e com isso foi feita a priorização dos mesmos, os seguintes problemas supracitados dizem respeito a: entupimentos de pedras, falhas operacionais, furos nas telas da peneira, vibrações do motor que gera e alimenta a peneira e acidentes com os operadores.

Por fim, fazendo aplicação do plano foi possível tratar de maneira qualitativa e também quantitativa os principais riscos analisados e sugerir ações de melhorias para cada tipo de problema priorizado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para uma determinada organização conseguir obter sucesso se faz necessário um alto nível de comprometimento apresentando processos produtivos que sejam eficientes e eficazes. Com base nisso, a mesma deve buscar desenvolver processos que sejam à prova de erros. Nesta pesquisa, foi utilizada gestão da manutenção no âmbito de fazer um controle dos processos produtivos relacionados a quebras e paradas de equipamentos e máquinas de uma pedreira, localizada no sertão de Pernambuco, além e baseado nisso há proposta de um plano de manutenção com as principais soluções, visando uma maior eficácia e redução de custos.

Para fazer a escolha do método que seria adotado e aplicado, buscou-se primeiramente identificar as necessidades da pedreira G Cordeiro e adaptar tais necessidades às particularidades da gestão da manutenção. Baseando-se nas informações levantadas, verificou-se que o método que mais se adequa às necessidades da empresa é o método FMEA. Tal escolha se deu pelo fato de que nesse método o gestor sabe precisamente quais máquinas estão parando e apontando maior criticidade, informa sugestões de melhorias e calcula o número de prioridade de riscos, possibilitando a tomada de decisões a partir de informações reais e pode vislumbrar no que diz respeito a redução de custo adicionais devido a perdas. Considerou-se o arranjo da organização que encontra-se dividida em setores, sendo apta para aplicação desse método.

Num primeiro momento, estudou-se toda a bibliografia sobre a gestão da manutenção para obtenção de conhecimento e com base nisso se aplicar as ferramentas ou métodos voltados à manutenção de maquinário. Partindo da necessidade de se ter um sistema de produção que não seja ocioso no que diz respeito a paradas por quebras e/ou falhas inesperadas, examinou-se a importância da gestão de manutenção na organização, constatando o quanto uma boa gestão de manutenção pode ser útil para aumentar a produtividade dos equipamentos ou máquinas e reduzir os custos no que diz respeito a perdas por quebras.

Em seguida, foram realizadas visitas *in loco* para conhecimento e criação do fluxograma de processo produtivo da empresa e também para a aplicação de folhas de verificação com os colaboradores e assim, foi possível elaborar obter as informações necessárias. A partir disso, foi possível fazer o uso do método FMEA na pedreira. Foram encontrados os principais modos potenciais de falhas e causa e efeitos potenciais. A interpretação do FMEA se deu por a metodologia proativa do cálculo do NPR, que lida com a atribuição de valores voltados a Severidade (S), Probabilidade de Ocorrência (O) e Detecção

de um defeito (D). Se tendo isso de forma expressa é feito o produto destas variáveis para se obter o NPR.

De acordo com os cálculos obtidos com o FMEA, foi possível quantificar quais os riscos potenciais mais críticos inerentes ao processo de produção para de acordo com isto, tratá-los com a devida atenção e prioridade. Além disso, ainda no FMEA foi possível sugerir ações de melhorias, sejam estas de caráter corretivas ou preditivas.

O plano de ação voltado à metodologia 5W2H teve como intuito fazer o levantamento dos principais modos potenciais de falhas e indicar a soluções de acordo com pesquisas aplicadas no que diz respeito a mercado, setor administrativo e preço de equipamentos ou serviços, tudo isso para que se fosse possível quantificar os mesmos os dados existentes e informar em valores o resultado de cada um dos principais modos.

Levando em consideração os resultados obtidos e expressos, pode-se afirmar que os objetivos definidos na pesquisa foram alcançados. A análise de risco no processo produtivo teve uma abordagem prática e as ações que foram sugeridas são de simples adoção e execução.

Como proposta para trabalhos futuros, recomenda-se a implantação das sugestões, que devem incluir as diretrizes sobre como devem ser feita a gestão da manutenção, inspeções e intervenções e a criação de POPs (procedimento Operacional Padrão) para padronizar as atividades.

REFERÊNCIAS

AGUIAR. C. D. **Modelo conceitual para a aplicação de FMEA de processo na indústria automotiva**. 136 f. Tese apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica na área de Gestão e Otimização. Guaratinguetá, 2016.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção preditiva: confiabilidade e qualidade**. 2000. Disponível em: http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf

ARTHUR. C. P. E ANTONIO. P. C.E. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/1901666/teoria-e-pratica-do-tratamento-de-minerios---vol3>. Acesso em 02/03/2017.

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.

BRITADOES CÔNICOS FBC, ALTA TECNOLOGIA EM BRITAGEM: Disponível em: <http://www.fbcmaquinas.com.br/britador-conico-hidraulico.html>. Acesso em 15/03/2017.

FABRICIA, Ana; STREIT, Fernanda. **Redução de tamanho (moagem)**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/optransf/moagem.htm>. Acesso em: 14/03/2017.

FRANK. **Engenharia e Sustentabilidade**. Disponível em: <http://engenhafrank.blogspot.com.br/2016/08/dados-sobre-reciclagem-de-entulhos.htm>. Acesso em 15/03/2017.

FURLAN. **Divisão de equipamentos/moinhos**. Limeira: s.n, 2010. Disponível em: <http://www.furlan.com.br>. Acesso em: 12/03/2017.

GASTALDON. C. **Britadores**. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgbn4AL/britadores>. Acesso em: 14/03/2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, R. J. **A importância de definir um plano de ação.** Disponível em: <http://www.ibccoaching.com.br/portal/coaching-carreira/importancia-definir-plano-acao/>. Acesso em 10/03/2017.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento.** São Paulo: Hucitec, 1993.

OAKLAND, John S. **Gerenciamento da qualidade total.** São Paulo: Nobel, 1994.

PALADY, P. **FMEA: Análise de modos de falhas e efeitos:** provendo e prevenindo problemas antes que ocorram. 4. Ed. São Paulo: IMAM, 2007.

PORTAL METÁLICA: **BRITADORES E MOINHOS.** Disponível em: <http://www.metalica.com.br/artigos-tecnicos/britadores-e-moinhos>. Acesso em 12/03/2017.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico.** – 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

TAHARA, S. **FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).** Disponível em: <http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/FMEA-Failure-Mode-and-Effect-Analysis>. Acesso em 8 de mar de 2017.

LOPES, Thiago Oliveira. **Britadores e moinhos.** Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAABbs8AE/britadores-moinhos>. Acesso em 12/03/2017.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

SILVA, André. **Séries de ferramentas da qualidade _ folha de verificação.** 2014. Disponível em: https://logisticatreinamentos.wordpress.com/2014/08/17/serie-ferramentas-da-qualidade-_folha-de-verificacao/. Acesso em 05/02/2017.

APÊNDICE A - FMEA

Legenda:

CRITICIDADE

ALTA	
MÉDIA	
BAIXA	

FMEA DE PROCESSO

Data início: 13/02/2017; Última revisão: 24/04/2017

Processo: Processo de Britagem Preparado por: Maurici Júnior.

Produtos/Modelos: Brita e pó de pedra

Etapa do Processo Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeitos Potenciais da Falha	Severidade	Causas e Mecanismos Potenciais da Falha	Ocorrência	Controles preventivos existentes no processo	Controles detectivos existentes no processo	D E T	N P R	Ações recomendadas	Prazo	Resultado das ações						
													Ações tomadas	S E V	O C V	D E T	N P R		
Cuminação de Pedras	Britador Hydrocone	Entupimento de pedra (Acumulo excessivo de pedra)	O eixo bate na bucha	6	Esquenta o óleo	7	-	Termostático de injeção visual	3	126	Instalação de um display para desarme do hydrocone caso o óleo esquente	13/02/2017	05/03/2017	6	7	3	126		
			Entupimento	4	Acumulo excessivo de pedra	8	-	Inspeção visual	2	64	Implementar alarme sonoro. (sensores)	13/02/2017	-	4	8	2	64		
			Queima o motor	9	Aumeta a amperagem	3	Display para desarme do motor	3	-	Inspeção visual	1	27	-	30/03/2017	-	9	3	1	27
			Tora as correias	5	Peso nas transportadoras	6	-	-	Inspeção visual	4	120	Controlar de modo que não se sobrecarregue as correias	28/02/2017	13/02/2017	5	6	4	120	
				5	Rotação muito rápida														
			Queima o motor dos transportadores	8	Acúmulo excessivo de brita nas transportadoras	4	-	Inspeção visual	2	64	Instalação de um display para desarme caso o motor dos transportadores sofra sobrecarga	01/04/2017	-	8	4	2	64		
			Quebra do redutor	6	Acúmulo excessivo de brita	5	-	Inspeção visual	2	60	-	-	-	-	6	5	2	60	
			Quebra dos mancais	7	Rotação muito rápida dos transportadores	8	Diminuição da velocidade de produção	8	-	Controles de velocidade das transportadoras	4	224	Controlar a velocidade das esteiras para não haver sobrecarga ou gargalo	20/02/2017	21/02/2017	7	8	4	224
	Fundir o motor	9	Esforço excessivo	2	-	Inspeção visual	1	18	Instalação de um sensor de resfriamento para o motor	25/03/2017	-	9	2	1	18				
	Falha operacional	Quebra do pinhão	8	Falta de experiência ou conhecimento por parte do operador	2	-	-	5	80	Oferecer treinamento aos operadores em questão	20/02/2017	01/05/2017	8	2	5	80			
		Quebra da coroa	8	Falta de experiência ou conhecimento por parte do operador	2	-	-	5	80	Oferecer treinamento aos operadores em questão	20/02/2017	01/05/2017	8	2	5	80			
	Britador Cone	Entupimento de pedra (Acumulo excessivo de pedra)	Quebra de rolamento	8	Travamento do eixo (impede a culminação)	7	Manutenção preventiva	Inspeção visual	2	112	Fazer limpeza diária nas partes dos rolamentos para evitar acúmulos de fragmentos de pedras	17/02/2017	17/02/2017	8	7	2	112		
			O eixo bate na bucha	8	Deformação da bucha/ o eixo não roda para quebrar as pedras	8	Manutenção preventiva	Inspeção visual	4	256	Elaborar uma rotina de manutenção preditiva	17/02/2017	-	8	8	4	256		
	Peneira	Telas furadas	Não separa as britas por tamanho	6	Desgaste	2	-	Inspeção visual	4	48	Fazer manutenções semanais nas telas	17/02/2017	28/02/2015	6	2	4	48		
			Acúmulo de pedras	3		2												24	
Vibração da peneira		Tora as correias que ligam o motor	5	Constante vibração do motor da peneira	3	-	Inspeção visual	4	60	Implantar sistemas de amortecimentos	13/02/2017	27/02/2017	5	3	4	60			
		Danifica as telas da peneira	7		1	-	Inspeção visual	1	7								7	1	1
Britador Mandibula	Entupimento de pedra (Acumulo excessivo de pedra)	Quebra da mandíbula	2	Pedras grandes	2	Fragmentação manual	Inspeção visual	2	8	Inspeccionar se há inconformidade no tamanho das pedras transportadas	13/02/2017	-	2	2	2	8			
	Falha inesperada (acidente)	Tora da correia ou esmagamento	4	Falta de experiência ou conhecimento por parte do operador	3	Cabine de Segurança	Inspeção visual	1	12	Fazer treinamento de segurança do trabalho com o operador e enclausurar partes móveis	20/02/1995	01/05/2017	4	3	1	12			

APÊNDICE B – PLANO DE AÇÃO 5W2H

PLANO DE AÇÃO - 5W2H

Nº	What (O que)	Why (Por que)	Where (Onde)	When (Quando)	Who (Quem)	How (Como)	How much (Quanto Custa)
1	Controlar entupimento de pedras	Para não haver paradas de produção	Nos britadores	A partir de 24/04/17	Eletricista	Fazendo a regulagem da calha do túnel da transportadora	-
2	Evitar falha operacional	Para não ocasionar quebra de equipamentos	No maquinário	A partir de 24/04/18	Operador	Oferecer treinamento para os operadores responsáveis por esta função	1.000,00 R\$
3	Evitar furos nas telas	Para não misturar os tipos e nem acumular britas	Na peneira	Em intervalos de 2 meses a partir do dia 24/04/17	Mecânico	Fazendo manutenção preditiva	400,00 R\$
4	Diminuir vibração	Para evitar quebras	Na peneira	Em intervalos de 6 meses a partir do dia 24/04/17	Mecânico	Instalando um sistema de amortecimento que reduza as vibrações advindas do motor	300,00 R\$
5	Evitar acidentes com os operadores	Evitar acidentes de trabalho	No britador mandíbula	A partir de 24/04/17	Técnico de Segurança	Treinamento; disponibilizando EPIs; enclausuramento de partes móveis	1.000,00 R\$