



ANÁLISE DO PLANEJAMENTO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE CARREGADEIRAS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA MINERADORA

Dryelle Rodrigues de Freitas (Instituto Federal de Minas Gerais)
dryellerodriguesdefreitas@gmail.com

Lucas Henrique Maria (Instituto Federal de Minas Gerais)
lucasm2796@gmail.com

Paulo Victor Santana (Instituto Federal de Minas Gerais)
pv.san@hotmail.com

Victor Maximiliano Costa Gomes (Instituto Federal de Minas Gerais)
victor1997.costa@gmail.com

A manutenção é um dos setores estratégicos de uma empresa, visto que é a responsável por manter em pleno funcionamento as instalações e equipamentos de modo a garantir o desempenho de suas funções de forma satisfatória. Nesse sentido, esse setor se mostra bastante relevante quando se trata da indústria da mineração, que utiliza de vários equipamentos que requerem plenas condições de funcionamento para conseguir máxima produção. Com isso, o objetivo desse artigo é analisar o planejamento e a gestão das trocas de componentes das carregadeiras utilizadas no transporte de material em uma mineradora de médio porte, localizada no município de Ouro Preto (MG). Os resultados apontam para a diferença entre o planejamento da gestão da manutenção e o que ocorre na realidade, revelando que há necessidade de uma profunda análise do que acontece na operação das suas carregadeiras, de modo a reduzir possíveis falhas.

Palavras-chave: falhas, manutenção, tempo de troca.

1. Introdução

A manutenção está intimamente ligada com a história e com o desenvolvimento da humanidade. Sendo difícil afirmar uma data ou período específico em que ela se inicia (LEAL *et al*, 2008). A partir daí, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 5462/1994 define a manutenção como conjunto de operações que tem como propósito manter os componentes no estado de máximo funcionamento, de forma a desempenhar a função para a qual foi construído.

O fator estratégico se mostra bastante relevante quando as atividades de manutenção estão relacionadas a uma das principais atividades econômicas do Brasil: a mineração. Segundo dados do IBGE (2019) a participação das indústrias extrativas no PIB brasileiro de 2018 cresceu 3,9%, impulsionada principalmente pela extração de minério de ferro.

Nesse contexto, as principais mineradoras do país utilizam de vários equipamentos para realizar a extração, o transporte e movimentação de material. Dentre esses equipamentos estão as carregadeiras e caminhões que conforme Quevedo *et al*. (2009) auxiliam no carregamento de material em minas a céu aberto.

Nesse contexto, o presente artigo apresenta um estudo de caso no setor de manutenção de veículos pesados em uma empresa mineradora de médio porte, localizada no município de Ouro Preto-MG. A empresa tem a capacidade produtora de 3 milhões de toneladas/ano de minério de ferro e, durante o primeiro trimestre de 2019, aumentou a sua frota de veículos pesados para atender a demanda proveniente no aumento da capacidade produtiva.

Sendo assim, este estudo tem como objetivo na análise do planejamento e gestão das trocas de componentes das carregadeira utilizadas no transporte de material. O que pode ser de grande relevância pois com a expansão da organização, a mesma terá uma participação mais abrangente no setor minerário e precisará aperfeiçoar seus processos nesse setor, atuando com melhor qualidade e desempenho, e também com menores custos. Para a realização do estudo foram tomados como base os dados sobre as trocas de componentes das carregadeiras, atentando-se as trocas que são mais recorrentes e também ao tempo em que são trocados.

2. Referencial Teórico

Segundo Slack (2000), a manutenção é o termo utilizado para abranger o modo pelo qual a corporação visa evitar a ocorrência de falhas ao cuidar de seus equipamentos e instalações. Já para Wyrebski (1997), a manutenção pode ser definida como sendo a forma de se manter as unidades, o efetivo e os materiais em níveis estáveis.

Para Kardeck e Nascif (2009), manutenção trata-se do processo de garantia da confiabilidade e disponibilidade do funcionamento de instalações e equipamentos de modo seguro, sustentável, com custos equilibrados e que atendam da melhor forma um serviço ou processo de produção. Já para Siqueira (2005), manutenção é um conjunto de técnicas que visam garantir que os equipamentos e

instalações irão cumprir suas funções sem apresentar falhas.

Os primeiros registros ligados à atividade de manutenção ocorreram antes da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), período esse mencionado por Kardec e Nascif (2012) como sendo a Primeira Geração da Manutenção.

Kardec e Nascif (2012) afirmam que durante a Primeira Geração as atividades se baseavam em realizar o conserto após a ocorrência da falha, sendo assim a manutenção era voltada especificamente para o reparo. A Segunda Geração, já abarcava das experiências da Grande Guerra, trouxe o conceito de aumento da disponibilidade dos equipamentos e começou-se a fazer intervenções intercaladas nos equipamentos, realizando manutenções preventivas.

Kardec e Nascif (2012), ainda citam a Terceira Geração, iniciada na década de 70 que foi bastante influenciada pelo avanço da automação e mecanização e pelo crescimento dos sistemas de *just-in-time*, o que reforçou os ideais de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Ainda de acordo com Kardec e Nascif (2012), durante a Quarta Geração a visão era diminuir as falhas prematuras e reduzir, cada vez mais, as intervenções nos equipamentos. O que se intensifica na Quinta Geração, que já coloca a manutenção como um fator estratégico das organizações.

Desse modo, para Kardec e Nascif (2009) há os seguintes tipos de manutenção: corretiva planejada que consiste na correção da falha por decisão gerencial e a não planejada, que trata da correção de falhas de maneira aleatória ou emergencial. A manutenção preventiva definida como a execução de tarefas que visam reduzir ou evitar falhas ou a redução do desempenho e a preditiva que ocorre quando há o monitoramento das condições de instalações ou equipamentos e assim é possível planejar e executar a ação corretiva quando necessário. A manutenção detectiva, que visa detectar falhas ocultas ou não perceptíveis e a engenharia de manutenção que trata a manutenção como estratégica de modo a aplicar técnicas modernas de gestão de modo a garantir a confiabilidade dos processos.

Além disso, Kardec e Nascif (2009) destacam que a manutenção tem passado por um processo de mudança ao longo dos anos, destacando nesse processo a Manutenção Produtiva Total (TPM) e a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Sendo a primeira de acordo com Yamagushi (2005) uma filosofia de gestão empresarial centrada na disposição do equipamento e instalação para a produção, devendo ser disseminada por todos os setores e níveis da organização. Já a segunda é definida por Fogliato e Ribeiro (2011) como aquela em que há a determinação das funções e dos padrões de funcionamento, seguido pelo detalhamento de falhas possíveis, assim como análise da razão de seu surgimento, consequências e estabelecimento de atos que impossibilitem ou atenuem sua ocorrência.

Bloom (2006) afirma que para implantar a MCC é de suma importância a disponibilidade de informações. Sendo vital designar um banco de dados que assinala e identifique as falhas analisadas no sistema, o que viabiliza estudos da confiabilidade que irão auxiliar na delimitação das atividades de manutenção.

Ainda de acordo com Flogliato e Ribeiro (2011) o sistema escolhido deve ser vantajoso tanto do lado operacional quanto do financeiro, fundamentando a utilização da MCC. Sendo que as funções padrões de desempenho estabelecem os requisitos de operação dos equipamentos que respondam de forma satisfatória às primordialidades dos processos, sendo dessa forma a base da análise. Outro ponto destacado pela MCC são os modos com que o equipamento pode apresentar a falhar e suas respectivas causas.

Já Garza (2002) alega que a MCC define a estratégia efetiva de manutenção que tem por objetivo reduzir ou mesmo eliminar os efeitos de uma falha sem analisar o componente ou equipamento isoladamente, mas visando a execução plena do processo de produção.

3. Metodologia

O método de pesquisa utilizado para execução do artigo foi o estudo de caso, definido por Yin (2001), como uma forma de estudo que visa compreender o assunto abordado através da utilização de coleta e análise de dados. E abordagem descritiva, definida por Gil (1999) como a pesquisa que tem por finalidade a descrição das propriedades de certo fenômeno ou população.

O objeto de estudo consistiu na identificação do tipo de manutenção adotada nas carregadeiras da empresa e na análise dos tempos de trocas de componentes das mesmas a fim de entender como é o comportamento dos dados em relação ao planejamento e gestão da manutenção. A escolha pelo caso se deu pela importância de entender como se dá a gestão e o planejamento do processo de manutenção em equipamentos, de modo a diagnosticar possíveis falhas que possam vir a ocorrer.

As informações utilizadas para a execução do estudo foram coletadas junto a uma empresa estudada e tabeladas com o auxílio do *Microsoft Excel*. Como os veículos possuem um sistema de contagem de horas trabalhadas que atualiza por dia, foram pegos dados de cinco diferentes modelos. Após a coleta, essas informações foram reunidas e analisadas para verificação de como foi feito o planejamento das trocas de seus conjuntos mecânicos.

4. Resultados

Com os dados obtidos junto a mineradora e com conversas com os responsáveis pelo setor de manutenção, pode-se perceber que o tipo de manutenção adotado com as carregadeiras é a manutenção preditiva, visto que o monitoramento é feito por meio de dispositivos integrados aos equipamentos, que determinam o melhor momento para realizar a troca das peças, seja por tempo de uso ou desgaste.

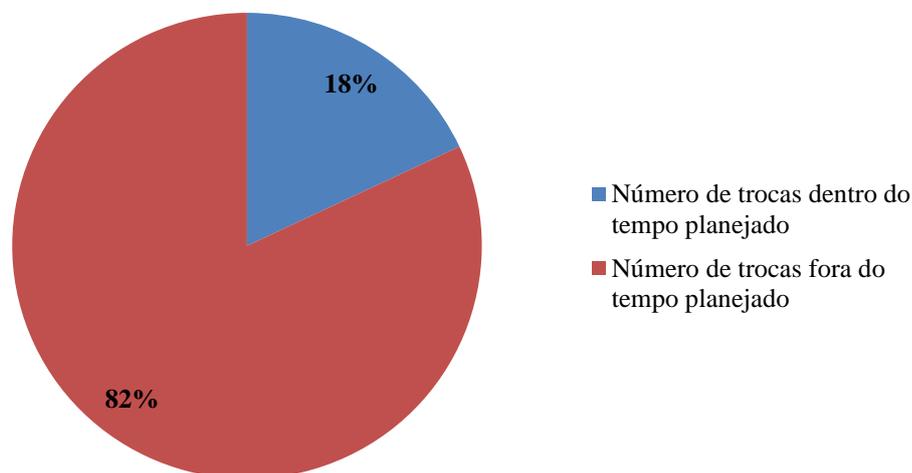
Nesse sentido, a partir da análise dos dados das cinco carregadeiras utilizadas pela mineradora diagnosticou-se que a troca dos componentes ocorre na maioria das vezes fora do tempo programado. A Tabela 1 e o Gráfico 1 apresentam a quantidade de trocas de componentes por equipamento e de trocas feitas fora do tempo planejado, onde é possível ver que em mais de 80% das vezes são feitas fora do tempo planejado.

Tabela 1 – Número de Trocas x Trocas fora do tempo planejado

| Carregadeira | Número de trocas por equipamento | Trocas fora do tempo planejado |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 13 | 7 |
| 2 | 17 | 13 |
| 3 | 19 | 17 |
| 4 | 12 | 12 |
| 5 | 16 | 14 |
| Total em unidades | 77 | 63 |

Fonte: Autores

Gráfico 1- Porcentagem de trocas fora do tempo programado



Fonte: Autores

Ao observar a Tabela 2 é possível verificar os tempos previstos para troca da peça, o tempo médio que a empresa tem realizado as trocas e a diferença entre os dois, que nos mostra o tempo que as peças excederam o tempo programado para troca. Os dados chamam atenção devido a grande diferença entre os tempos planejados em relação ao tempo em que a troca foi realizada, onde em alguns casos, como o da Bomba de Alta Pressão a Diesel, Bomba D’água, Cilindro de Direção, Cilindro de Elevação, Cilindro de Inclinação, o tempo excedente é muito maior que o tempo estimado para a troca, nos casos citados, as peças estavam sendo utilizadas o dobro das horas previstas. Vale ressaltar que estes dados são referentes aos componentes que estão operando mais tempo que o previsto.

Tabela 2 – Relação de tempo para troca e médio de trabalho dos principais conjuntos das carregadeiras

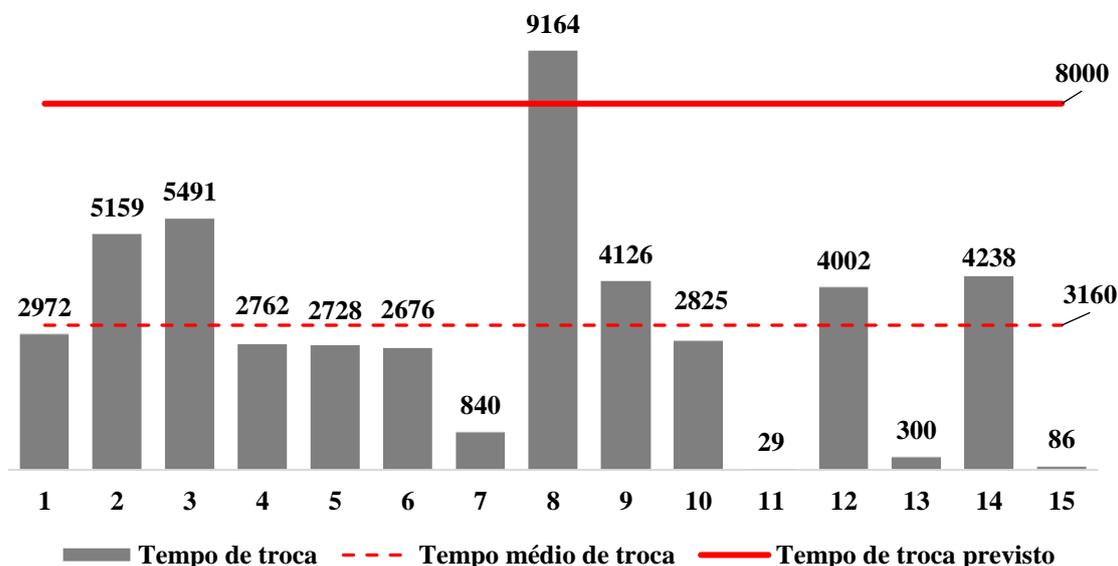
| Conjunto | Tempo para troca | Tempo médio de troca | Tempo excedente |
|---------------------------|------------------|----------------------|-----------------|
| BICO INJETOR | 6000 | 11033,3 | 5033,3 |
| BOMBA ALTA PRESSÃO DIESEL | 6000 | 12241,2 | 6241,2 |
| BOMBA D' ÁGUA | 5000 | 12241,2 | 7241,2 |
| CAIXA DE TRANSMISSÃO | 9000 | 11018,0 | 2018,0 |
| CILINDRO DE DIREÇÃO | 5000 | 11033,3 | 6033,3 |
| CILINDRO DE ELEVAÇÃO L.D. | 5000 | 11180,0 | 6180,0 |
| CILINDRO DE ELEVAÇÃO L.E | 5000 | 11180,0 | 6180,0 |
| CILINDRO DE INCLINAÇÃO | 5000 | 12506,0 | 7506,0 |
| EIXO CARDAN DIANTEIRO | 6000 | 10886,5 | 4886,5 |
| EIXO CARDAN TRASEIRO | 6000 | 12241,2 | 6241,2 |
| EIXO TRASEIRO | 9000 | 11033,3 | 2033,3 |
| MOTOR DA HELICE | 10000 | 12568,0 | 2568,0 |
| REDUTOR DE DISTRIBUIÇÃO | 10000 | 11180,0 | 1180,0 |
| TURBOCOMPRESSOR | 4000 | 8984,3 | 4984,3 |

Fonte: Autores

Além desses casos onde a troca é feita após o tempo previsto, foram observados também, os casos onde as trocas são feitas antes do previsto, sendo que foram analisados apenas os componentes que tiveram três ou mais trocas no período e que consequentemente são os que mais impactam nos serviços de manutenção.

Dentre os conjuntos analisados, merece destaque a Bomba de Translação, que no período de dados analisados foram realizadas 15 trocas, sendo um dos componentes com mais trocas. Ao analisar os tempos de troca, é possível notar uma grande diferença entre o tempo estimado para troca, 8000 horas, e os tempos em que a mesma é realizada, que é em média, 3160 horas. Também é possível notar que nas 15 trocas efetuadas do conjunto da bomba, somente em uma o tempo de uso superou o tempo previsto, como pode ser visto no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Tempo de troca do conjunto: Bomba de Translação

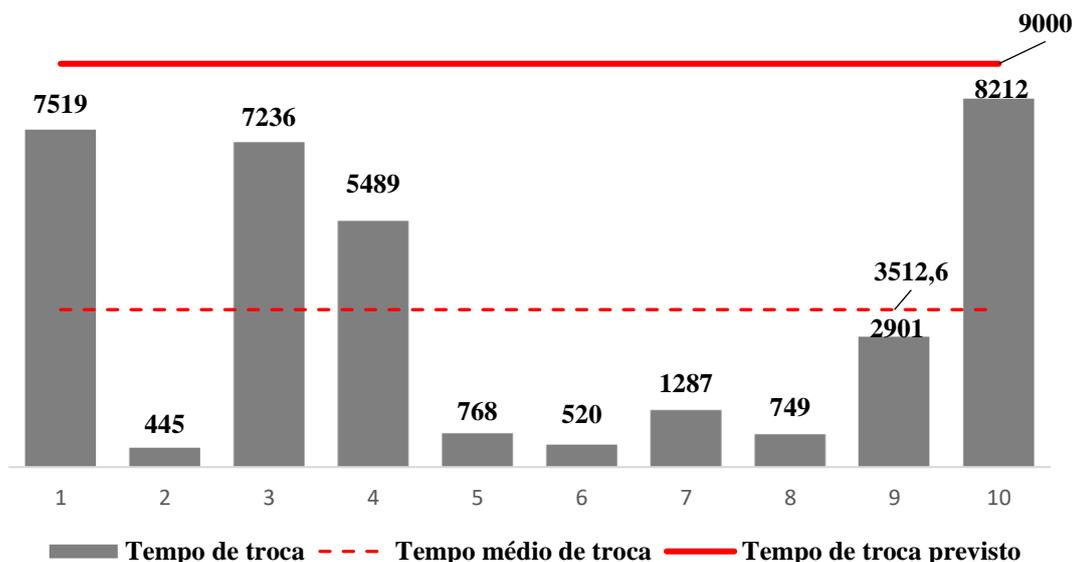


Fonte: Autores

É importante notar que o tempo médio de troca representa aproximadamente 40% do tempo previsto, onde o conjunto é trocado antes da metade do tempo que é a referência. Como há outliers, também foi feita a análise desconsiderando-os, onde o tempo médio de troca foi de aproximadamente 4195 horas, o que seria 53% do tempo previsto, o que mostra que mesmo sem causas que podem ser consideradas especiais, o tempo de troca ainda é bem menor que o previsto.

Outro caso bastante semelhante e que também merece destaque é o do Eixo Dianteiro, conforme Gráfico 3.

Gráfico 3 – Tempo de troca do conjunto: Eixo Dianteiro

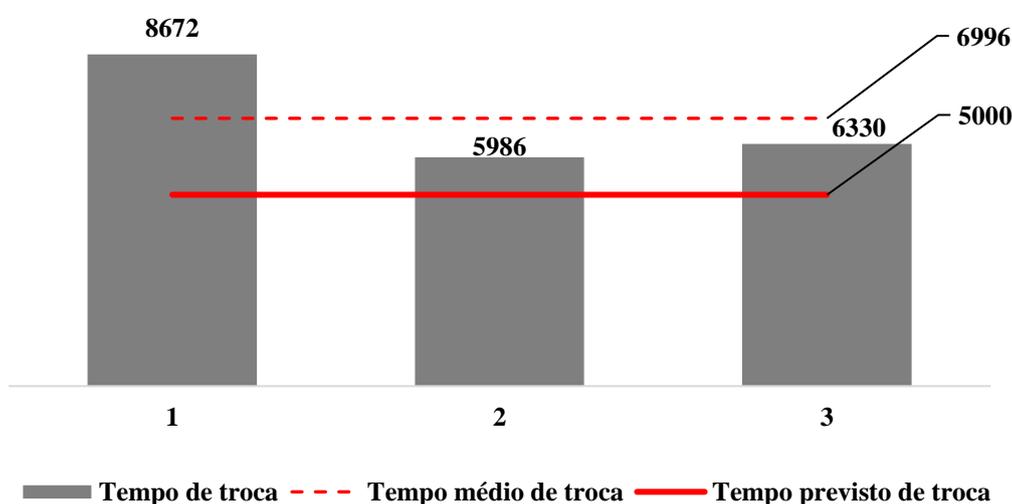


Fonte: Autores

O tempo previsto para troca é de 9000 horas trabalhadas e a média de tempo no período analisado foi de aproximadamente 3512 horas, menos de 40% do total previsto, como neste caso também houveram outliers, foi feita a análise da média desconsiderando esses valores, o valor foi de aproximadamente 6271 horas, o que representa 70% do tempo previsto para troca do conjunto, também vale ressaltar que em nenhuma das trocas o componente atingiu o tempo previsto de troca.

Dos componentes que tiveram três ou mais trocas no período estudado e que não apresentaram trocas antes do período previsto, merece ênfase o cilindro de inclinação, onde o tempo previsto de troca é de 5000 horas trabalhadas e o tempo de troca foi em média de 6996 horas, cerca de 40% maior que a previsão, como pode-se ver no Gráfico 4.

Gráfico 4 – Tempo de troca dos conjuntos: Cilindro de Inclinação



Fonte: Autores

5. Considerações finais

Ao analisar os dados e os gráficos, pode-se afirmar que há um comportamento muito diferente do que é previsto pelo setor de manutenção, pois a maioria dos componentes estudados tem trocas em períodos distantes dos períodos previstos. Analisando a Tabela 2, é possível notar que há a possibilidade de utilizar alguns componentes além do tempo previsto e devem ser realizados estudos a fim de entender os impactos que ocorrem nos equipamentos quando ocorre esse prolongamento da vida útil e também o motivo desse aumento.

Entretanto, como a maior parte das trocas, 82%, é realizada antes do prazo previsto, e analisando os conjuntos em que aconteceram mais vezes é possível notar uma oportunidade de melhoria, principalmente na redução de gastos financeiros e dos conjuntos de peças, pois como foi observado somente a retirada dos outliers pode trazer um aumento substancial na vida útil dos componentes analisados. Sendo que na Bomba de Translação, o aumento é de aproximadamente 1035 horas, 33%, e

no Eixo Dianteiro o aumento é de 2759 horas, o que representa 79%. Como os outliers podem ser considerados variações de causas especiais, conforme Ramos (1997), há a necessidade de atuar somente no foco da causa, que provavelmente será fácil de encontrar, a empresa pode melhorar a vida útil desses componentes de forma mais fácil. Porém, também serão necessários estudos mais profundos, pois somente a eliminação dos outliers não trará o desempenho desejado.

Desse modo, o objetivo da pesquisa foi cumprido, uma vez que a mesma se propunha a mostrar como uma mineradora de médio porte planeja as trocas de componentes em seus equipamentos e como se comportam os principais componentes das suas carregadeiras. Nesse caso, ficou nítida a diferença entre o planejamento e o que ocorre na realidade da empresa, mostrando que há a necessidade de uma profunda análise do que acontece na operação das suas carregadeiras, de modo a reduzir possíveis falhas.

Fica como proposta para estudos futuros, buscar mais dados junto ao setor de manutenção dessa empresa, a fim de obter informações que possam mostrar as causas geradoras das trocas fora do prazo, com o objetivo de mensurar os possíveis ganhos após a solução delas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 5462/1994**: confiabilidade e manutenibilidade. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4086>>. Acesso em 07 de junho de 2019.
- BLOOM, N. *Reliability Centered Maintenance: implementation made simple*. **New York: McGraw-Hill**, 2006.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.
- GARZA, L. **A Case Study of the Application of Reliability Centered Maintenance (RCM) in the Acquisition of the Advanced Amphibious Assault Vehicle (AAAV)**. 85 f. Thesys (Master) – Naval Postgraduate School, United States Navy. California, 2002.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- IBGE. **PIB cresce 1,1% em 2018 e fecha ano em R\$ 6,8 trilhões**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/23886-pib-cresce-1-1-em-2018-e-fecha-ano-em-r-6-8-trilhoes>. Acesso em 07 de junho de 2019.
- JANSEN, R. B. **Dams and Public Safety, A Water Resources Technical Paper**, U. S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, CO, EUA, 1983.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3a . ed. São Paulo: Qualitymark, 2009.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 4a . ed. São Paulo: Qualitymark, 2012.
- LEAL, Claudiana Maria da Silva; BATISTA, Ana Paula da Silva; FUZARI, Dayelly Gonçalves. **Diagnóstico da Manutenção Preventiva das Instalações Prediais de Água Fria do CEFET-PB, Unidade João Pessoa**. **Revista Principia**, v. 16, p. 47-56, 2008. Disponível em: <http://servicosweb.ifpb.edu.br/cefetpb/conteudo/Principia/Revista_Principia16.pdf>. Acesso em 07 de junho de 2019.
- PIOVESAN, Armando; TEMPORINI, Edméa Rita. **Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública**. *Revista de Saúde Pública*, v. 29, p. 318-325, 1995.

QUEVEDO, J. M. G.; DIALLO, M.; LUSTOSA, L. J. **Modelo de simulação para o sistema de carregamento e transporte em mina a céu aberto. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2009.

RAMOS, Alberto Wunderler. Controle estatístico de processo. **Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**, v. 2, 1997.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação.** 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005. 408 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WYREBSKI, Jerzy. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - UM MODELO ADAPTADO.** 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997. Disponível em:< <http://deps.ufsc.br/disserta98/jerzy>>. Acesso em: 08.03/2019.

YAMAGUCHI, C. T. **TPM–Manutenção Produtiva Total.** São Paulo Del Rei: ICAP, 2005.

YIN, Roberto K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.