

## **Seleção de Estratégias de Manutenção: aplicação do método AHP no processo de decisão, um estudo com o setor de manutenção Industrial em uma Cooperativa Agroindustrial da cidade de Castro – PR**

Mirian Betim Bueno (FASF) [mirianbetimbueno@hotmail.com](mailto:mirianbetimbueno@hotmail.com)  
Adriano Mesquita Soares, MSc (FASF) [adrianosoares711@hotmail.com](mailto:adrianosoares711@hotmail.com)

### **Resumo:**

O presente artigo descreve uma aplicação da ferramenta *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para selecionar a melhor estratégia de manutenção para uma empresa do ramo agroindustrial na cidade de Castro - PR. A pesquisa classifica-se como básica, quantitativa, descritiva e exploratória com uma revisão bibliográfica dos principais autores do tema. Três principais e mais relevantes estratégias são consideradas: manutenção preventiva, corretiva e preditiva, os resultados foram obtidos através de um questionário básico aplicado com um gestor responsável pela área. Através do estudo de caso, concluiu-se que a manutenção preditiva é a estratégia primordial para a melhor funcionalidade do setor, seguida da corretiva e preventiva.

**Palavras-chave:** Manutenção, Estratégia, Analytic Hierarchy Process (AHP).

## **Selection of Maintenance Strategies: application of the AHP method in the decision process, a study with the industrial maintenance sector in an Agroindustrial Cooperative of the city of Castro – PR**

### **Abstract**

This paper describes an application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) tool to select the best maintenance strategy for an agroindustrial company in the city of Castro - PR. The research is classified as basic, quantitative, descriptive and exploratory with a bibliographical review of the main authors of the theme. Three main and more relevant strategies are considered: preventive maintenance, corrective and predictive, the results were obtained through a basic questionnaire applied with a manager responsible for the area. Through the case study, it was concluded that predictive maintenance is the primary strategy for the best functionality of the sector, followed by corrective and preventive.

**Keywords:** Maintenance, Strategy, Analytic Hierarchy Process (AHP).

### **1. Introdução**

Durante anos, a manutenção passou por várias modificações na sua evolução, no começo pouco mecanizado e maquinários simples, onde a produtividade não era priorizada. Com o aumento da necessidade de maior disponibilidade de produtos, começou a busca para aumentar a vida útil dos equipamentos e sua funcionalidade que, a partir desse momento, começou a ser vista como uma atividade fundamental. Devido à exigência da seriedade do processo, o uso da tecnologia foi um salto para a evolução dos mesmos, pois tinham um melhor conhecimento dos

materiais e controle do processo produtivo, podendo obter informações sobre a próxima falha de equipamento, reparando com antecedência. (Kardec, 2005).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a missão ou objetivo de um processo de manutenção mecânica é o de restabelecer as condições originais dos equipamentos da empresa, ou seja, garantir que os equipamentos estejam disponíveis para atender à demanda de produção ou serviço, de maneira confiável, apresente segurança e garanta custos adequados ao processo, durante maior prazo e rendimentos possíveis. Por meio dessa assistência, os equipamentos minimizam as perdas, aumentando assim, a produtividade e mantendo a qualidade do produto.

Na indústria, todas as máquinas e equipamentos, sem exceção, precisam de ações para assegurar sua operabilidade, sua competência funcional e, por outro lado, a segurança dos indivíduos que operam os equipamentos, proporcionando assim, máximo rendimento dos instrumentos, prolongando sua vida útil e adquirindo segurança no manuseio do processo. Com a necessidade de manter os níveis de produtividade e qualidade dos produtos, os gestores de manutenção têm o grande desafio de programar uma estratégia, que maximize a disponibilidade e eficiência do equipamento, controle a taxa de deterioração, garantindo operação segura e ambientalmente confiável, minimizando os custos totais da operação. (Golonka e Brennan, 1996).

Devido à constante mudança no desenvolvimento da manutenção, a busca por manter os padrões de produção, níveis de segurança e qualidade dos produtos e serviços, os gestores devem escolher a melhor estratégia de manutenção, avaliando pontos como as condições do equipamento, orçamento da empresa. Essa escolha tem que ser embasada em informações reais e claras para ser assertiva. Utilizando método multicritério, o supervisor pode analisar as estratégias de manutenção e optar pela mais apropriada. (Bevilacqua, 2000)

Desta forma, esta pesquisa tem como problemática: Qual a melhor estratégia de manutenção? Com intuito de responder a esta problemática de pesquisa, o presente estudo tem como objetivo: avaliar as diferentes estratégias de manutenção, escolhendo assim, a que melhor se aplica, utilizando o método multicritério Processo de Análise Hierárquica (AHP).

Segundo Kardec (2005),

[...] É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz, ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

O presente estudo justifica-se pela necessidade de se compreender e auxiliar na decisão das estratégias de manutenção, suas influências e alterações no processo, identificando qual a melhor estratégia a ser utilizada, contribuindo, assim, para melhorar os resultados e qualidade de produção da empresa.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Conceito de manutenção**

A manutenção é definida como a combinação de 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. (NBR5462, 1994)

Xenos (1998) citou a manutenção dos equipamentos pode incluir atividades relacionadas com o tratamento de falhas – detecção, reparo, investigação das causas fundamentais e estabelecimento de contramedidas para sua reincidência.

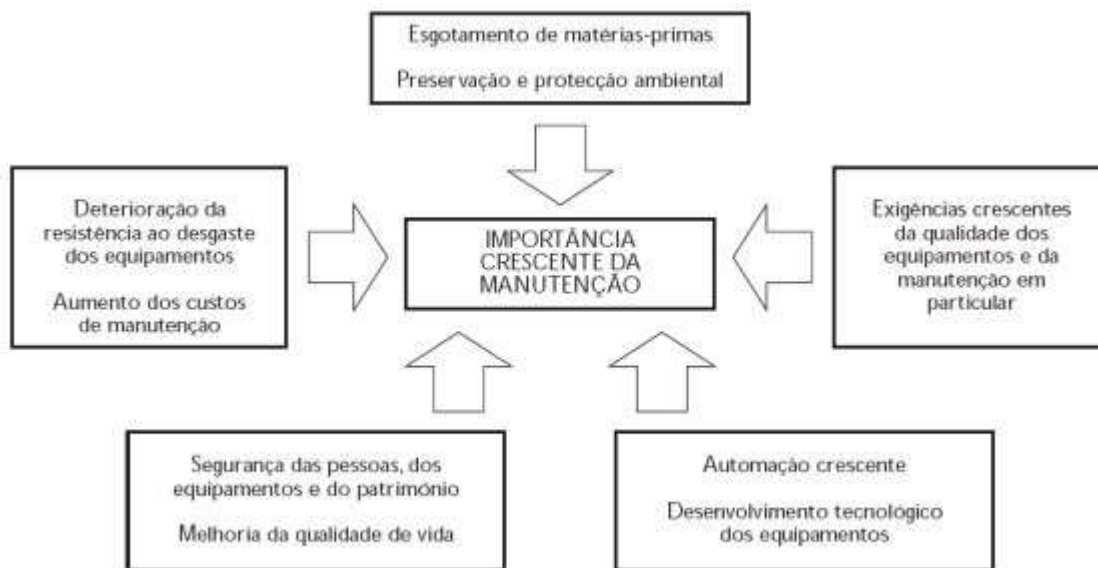
A partir do final do século XX, as atividades de manutenção têm passado por grandes modificações, tanto no que se refere a estudos teóricos que visam sua otimização, quanto em ações práticas implementando esses estudos. A manutenção ocorre devido à grande diversidade de equipamentos que são utilizados em cada etapa de produção, exigindo a realização de projetos mais complexos e equipamentos autômatos, o que demanda técnicas de manutenção, mais eficientes e eficazes (ALMEIDA; CAVALCANTE, 2005).

Segundo Kardec e Nascif (2009), o objetivo de um processo de manutenção é o de restabelecer as condições originais dos equipamentos da empresa, garantindo que os equipamentos estejam disponíveis para atender à demanda de produção ou de serviço, de maneira que seja confiável, apresente segurança e garanta custos adequados ao processo, durante o maior prazo e rendimento possíveis.

### 2.1.1. Necessidade e objetivos da Manutenção

Todo o equipamento em atividade está sujeito a um processo de deterioração, que pode ser mais rápido ou não, de acordo com a atividade que o componente desempenha e, assim, eventualmente, todo equipamento vem a falhar. (Gregori, 2017)

Figura 1 – Importância da manutenção



Fonte: Brito (2003, Apud CONTERATO, Picolloto Gregori, 2017)

Segundo Brito (2005):

[...] “manutenção industrial pode ser definida como o conjunto de ações que permitem manter ou controlar o estado original de funcionamento de um equipamento ou bem. De outra forma, pode-se definir manutenção como o conjunto das ações destinadas a garantir o bom funcionamento dos equipamentos, através de intervenções oportunas e corretas, com o objetivo de que esses mesmos equipamentos não avariem ou baixem seus rendimentos e, no caso de tal suceder, que a sua reparação seja efetiva e a um custo global controlado. De forma mais abrangente, poderemos dizer que manutenção de um equipamento ou bem é um conjunto de ações realizadas ao longo da vida útil desse equipamento ou bem, de forma a manter ou repor a sua operacionalidade nas

melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, de uma forma segura”.

### **2.1.2 Tipos de Manutenção**

Segundo Vianna (2002), deve-se intervir nos instrumentos de produção, de acordo com cada variação de manutenção existente. A manutenção se divide em:

**Manutenção corretiva:** atua nos equipamentos para corrigir falhas, defeitos ou quebras. Na maioria das vezes, são procedimentos de emergência, realizados para que o equipamento retorne à operação, gerando alto custo para a empresa, pois necessita que o processo produtivo seja interrompido.

“Do ponto de vista do custo de manutenção, a manutenção corretiva é mais barata do que prevenir as falhas nos equipamentos. Em compensação, também pode causar grandes perdas por interrupção da produção”. Xenos (1998).

**Manutenção preventiva:** proporciona ao equipamento um melhor desempenho, pois o mesmo precisa ser realizado periodicamente. Para esta categoria é feito um cronograma, onde os reparos são feitos em intervalos de produção.

Segundo Xenos (1998, p. 136)

A manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa. Na verdade, a manutenção preventiva é o coração das atividades de manutenção! Ela envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como inspeções, reformas e trocas de peças, principalmente.

**Manutenção preditiva:** permite o constante monitoramento do equipamento, necessita de investimento para instalação de softwares específicos, para acompanhar as diversas condições do maquinário.

Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível, ou seja, a Manutenção Preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo. Kardec (2005).

### **2.2 Método *Analytic Hierarchy Process* (AHP)**

O método multicritério AHP surgiu no final da década de 60, do século XX, e foi desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty, quando trabalhava para a Agência de Controle de Armas e Desarmamento do Departamento de Estado Americano (Forman & Selly, 2002). Foi devido à observação de Saaty sobre a dificuldade de comunicação entre os membros do governo americano que surgiu a motivação para desenvolver um método de apoio à tomada de decisão.

O método AHP foi desenvolvido para modelar problemas desestruturados do cotidiano das pessoas, por elas tomarem decisões sem, necessariamente, ter a noção exata da importância dos parâmetros utilizados (Saaty, 1980; Saaty 1991). No método AHP, ocorre a elucidação das preferências dos tomadores de decisão por meio dos julgamentos subjetivos dos participantes,

fazendo com que quantifiquem numericamente seus julgamentos, levando em consideração a importância relativa dos fatores que estão sob análise (Yang & Lee, 1997; Vargas, 1990).

Além de o método AHP permitir a resolução de problemas com critérios conflitantes, uma das vantagens apontadas por Gomes (2009) se deve ao fato de o método permitir a participação de diversas pessoas, em que decisões envolvem diversos atores, diversos critérios e múltiplas alternativas e consequências. Por fim, a utilização do método AHP é também indicada pelo fato de mensurar critérios tangíveis com intangíveis, por meio de uma escala de razão, podendo o problema ser dividido em diversas partes, relacionando-as e conectando os juízos de comparação com o objetivo final da aplicação (Vargas, 1990)

Visualiza-se a montagem de um sistema de intensidade de importância, na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 – Intensidade de importância

| Intensidade de Importância | Definição                                          | Explicação                                                                                                             |
|----------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                          | Igual importância                                  | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo                                                               |
| 3                          | Importância pequena de uma sobre a outra           | A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.                                                    |
| 5                          | Importância grande ou essencial                    | A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.                                    |
| 7                          | Importância muito grande ou demonstrada            | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática. |
| 9                          | Importância absoluta                               | A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.                                 |
| 2,4,6,8                    | Valores intermediários entre os valores adjacentes | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.                                                   |

Fonte: Roche (2004, Apud CS Marins, DO SOUZA, MS BARROS - XLI SBPO, 2009)

Conforme citado por Maldonado (2017), a tabela acima consiste em uma matriz de comparação de prioridades entre os elementos para cada nível da hierarquia. O primeiro ponto a ser considerado é a determinação de uma escala de valores para comparação, que não deve exceder um total de nove fatores, a fim de se manter a matriz consistente.

### 3. Metodologia

Neste tópico, apresenta-se a classificação deste estudo quanto à sistemática de pesquisa. Dessa forma, caracteriza-se de natureza básica, como citado por Prodanov e Freitas (2013, p.51) “objetiva gerar conhecimentos novos úteis para o avanço da ciência sem aplicação prática prevista. Envolve verdades e interesses universais”.

Quanto aos objetivos, optou-se pela exploratória, pois possui um planejamento flexível, permitindo que o estudo do tema seja de vários aspectos, também facilita a delimitação do tema da pesquisa, podendo definir hipóteses ou, até mesmo, descobrir outra perspectiva. (Gil 2002, p.52). A pesquisa também se caracteriza como descritiva. Conforme Gil, (2002) “suas características mais significativas estão na utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário e a observação sistemática”.

No que se refere à abordagem do problema, definiu-se a pesquisa quantitativa como sendo a mais adequada, pois segundo Prodanov e Freitas (2013, p.69), “é aquela que significa traduzir em números, opiniões e informações para classificá-las e analisá-las”, dessa forma, a pesquisa

utilizará de técnicas estatísticas (porcentagem, média, mediana).

Os procedimentos técnicos adotados para este projeto serão pesquisas bibliográficas e pesquisa de campo. Severino (2007, p.122) escreve que “a pesquisa bibliográfica é aquela realizada, a partir do registro disponível decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc.” o que contribuirá, significativamente, para construção do corpo teórico deste trabalho.

Segundo Severino (2007, p.123),

Na pesquisa de campo, o objeto/fonte é abordado em seu meio ambiente próprio. A coleta de dados é feita nas condições naturais em que os fenômenos ocorrem, sendo assim diretamente observados, sem intervenção e manuseio por parte do pesquisador. Abrange desde os levantamentos (surveys), que são mais descritivos, até estudos mais analíticos.

Para a realização da pesquisa foram seguidos os seguintes passos:

- Identificação das principais estratégias de manutenção e sua importância;
- Confecção da matriz AHP com base nas estratégias mais relevantes;
- Aplicação do método com o gestor da área;
- Conferência e análise dos resultados.

### **3.1. Principais estratégias e sua importância**

De acordo com Murça (2012), “a manutenção é uma combinação de ações técnicas, incluindo as de verificação, destinadas a manter ou reparar um bem de um equipamento, para que possa desempenhar a sua função”. De acordo com Bevilacqua (2000) as principais características dos três grupos são as seguintes:

- **Manutenção preditiva:** Uma falha das máquinas pode levar a graves consequências em termos de segurança dos trabalhadores, planta e danos ambientais, perdas de produção. Significativas poupanças podem ser obtidas através da redução da frequência de falha e o cumprimento de tempo de inatividade. A manutenção cuidadosa pode levar a bons níveis de empresa de valor agregado.
- **Manutenção preventiva:** Os danos derivados de uma falha podem ser graves, mas, em geral, eles não afetam o ambiente externo. Uma redução de custos pode ser obtida com uma manutenção eficaz, mas dispendiosa. Em seguida, uma análise custo / benefício apropriada deve ser conduzida para limitar os investimentos de manutenção (isto é, de controle, de diagnóstico, etc.) por esta razão, há uma política de previsão mais cara.(???) \*Verificar essa afirmação.
- **Manutenção corretiva:** As falhas não são relevantes. Peças de substituição não são caras e, como consequência, os baixos níveis de economia podem ser obtidos através de uma redução das existências de peças e à frequência de falhas. Com um orçamento apertado os investimentos em manutenção para estes tipos de instalações devem ser reduzidos, também porque o valor acrescentado, derivado de um plano de manutenção é insignificante, sendo assim mais barato.

Na tabela 2, podemos observar o percentual de recursos que as indústrias brasileiras, investem em cada tipo de manutenção.

Tabela 2- Aplicação dos recursos de manutenção.

| Aplicação dos Recursos na Manutenção (%) |                      |                       |                      |        |
|------------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------|
| Ano                                      | Manutenção Corretiva | Manutenção Preventiva | Manutenção Preditiva | Outros |
| 2013                                     | 30,86                | 36,55                 | 18,82                | 13,77  |
| 2011                                     | 27,40                | 37,17                 | 18,51                | 16,92  |
| 2009                                     | 26,69                | 40,41                 | 17,81                | 15,09  |
| 2007                                     | 25,61                | 38,78                 | 17,09                | 18,51  |
| 2005                                     | 32,11                | 39,03                 | 16,48                | 12,38  |
| 2003                                     | 29,98                | 35,49                 | 17,76                | 16,77  |
| 2001                                     | 28,05                | 35,67                 | 18,87                | 17,41  |
| 1999                                     | 27,85                | 35,84                 | 17,17                | 19,14  |
| 1997                                     | 25,53                | 28,75                 | 18,54                | 27,18  |
| 1995                                     | 32,80                | 35,00                 | 18,64                | 13,56  |

Fonte: Documento Nacional (ABRAMAN, 2013).

### 3.2. Aplicação do método com o gestor da área

Através da ferramenta AHP, o questionário foi feito com perguntas objetivas, no qual o gestor entrevistado, o supervisor da área de manutenção da Cooperativa estudada, formado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, deu pesos às principais estratégias de manutenção, levando em consideração seus pontos positivos e negativos. Com base em alguns critérios e informações, tal como citadas acima, o gestor irá quantificar as alternativas e a pesquisa será analisada.

### 4. Análise e discussão dos dados da pesquisa

Os resultados deste artigo foram levantados por meio da aplicação de um questionário básico, através do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), conforme Thomas Saaty (1991), com o objetivo de identificar qual a estratégia de manutenção mais relevante para o processo produtivo da Cooperativa Agroindustrial de Castro- PR.

Para resolução foi identificado que as estratégias de manutenção mais utilizadas e relevantes para o processo são as estratégias preventiva, corretiva e preditiva. Ao dar os pesos para cada uma, o gestor analisou suas variáveis mais importantes, conforme sua experiência na empresa, no setor de manutenção e escolheu a que possui melhor custo benefício.

#### 4.1. Estudo de caso

De acordo com as informações obtidas na pesquisa, foi possível identificar, conforme a Tabela 1, que a estratégia de manutenção mais relevante e utilizada pela Cooperativa Agroindustrial é a manutenção preditiva, conforme relatado pelo gestor da área. Através desta estratégia, sua equipe consegue fazer o acompanhamento dos equipamentos com maior frequência, utilizando ferramentas para coleta de dados, identificando futuras falhas nos equipamentos e melhorando

a programação de manutenções preventivas, evitando assim, a necessidade de fazer manutenções corretivas em equipamentos de suma importância para o processo.

## 4.2. Aplicação da Matriz AHP

O resultado obtido pela aplicação do método AHP acontece por meio da comparação paritária dos critérios, subcritérios e alternativas, quantificando-os (Saaty, 1991).

A Tabela 3 demonstra a aplicação do método, as matrizes são preenchidas com base na escala fundamental, as alternativas passaram por uma nova codificação: Manutenção Corretiva = A, Manutenção Preventiva = B e Manutenção Preditiva = C. Destas matrizes, são calculados os autovetores máximos e o lambda max ( $\lambda$ -max). Pode-se observar, também, o cálculo autovetor máximo, que ocorre, primeiramente, pelo cálculo dos somatórios dos pesos da avaliação dos critérios.

Tabela 3 – Cálculo dos somatórios dos pesos da avaliação dos critérios

|          | A    | B    | C    |
|----------|------|------|------|
| A        | 1    | 4    | 3    |
| B        | 1/4  | 1    | 2    |
| C        | 1/3  | 1/2  | 1    |
| $\Sigma$ | 1,58 | 5,50 | 6,00 |

Fonte: Pesquisa (2018)

Na Tabela 4, calcula-se a matriz de comparação par a par normalizada, dividindo cada elemento da matriz original pelo somatório dos pesos da avaliação dos critérios.

Tabela 4 – Matriz de comparação par a par normalizada

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \text{A} \\
 \text{B} \\
 \text{C}
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 0,6316 & 0,7273 & 0,5000 \\
 0,1579 & 0,1818 & 0,3333 \\
 0,2105 & 0,0909 & 0,1667
 \end{bmatrix}
 \times
 \begin{bmatrix}
 0,6301 \\
 0,2184 \\
 0,1515
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{array}{c}
 1,9582 \\
 0,6789 \\
 0,4707
 \end{array}
 \end{array}$$

Fonte: Pesquisa (2018)

Uma vez calculados os autovetores, verifica-se o Índice de Consistência (IC) que mensura a consistência das comparações, é aconselhado que este índice esteja abaixo de 0,20. Neste caso, o IC encontrado foi de 0,0539 e um Lambda max de 3,1078. Finalizando o cálculo com a Razão de Consistência (CR) que considera um erro aleatório, relacionado com a ordem da matriz, oriundo do Índice de Consistência Aleatória (RI) que vai de 1 a 10, o RI usado para este cálculo foi o de 0,58, alcançando o CR de 0,0930, considerado adequado, uma vez que se o RC for maior que 0,20, o julgamento do decisor deve ser revisto.

## 5. Considerações Finais

Em resposta ao objetivo geral da pesquisa que seria avaliar as diferentes estratégias de manutenção, escolhendo assim, a que melhor se aplica, utilizando o método multicritério Processo de Análise Hierárquica (AHP), obtiveram-se resultados satisfatórios, constatando que a estratégia de manutenção mais utilizada e viável para a empresa é a manutenção corretiva (Alternativa A).

O método utilizado nesta pesquisa pode servir como base para outras aplicações focadas em manutenção industrial, ainda que os critérios sejam notórios como sendo os mais conhecidos, podem ser utilizados para novas avaliações em diferentes indústrias.

## Referências

ARUNRAJ, N. S. ; MAITI, J. **Seleção de políticas de manutenção baseada em riscos usando AHP e programação de metas**. Ciência da segurança, v. 48, n. 2, p. 238-247, 2010.

Associação Brasileira de Manutenção e Ativos. **Documento Nacional**. Resultados 2013. Disponível em: < <http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional> > Acesso em: 21/08/2018.

BEVILACQUA, Maurizio; BRAGLIA, Marcello. The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. **Reliability Engineering & System Safety**. v. 70, n. 1, p. 71-83, 2000.

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas EPS 7009 - **Teoria da Decisão**. 2017. Disponível em: < <https://pt.slideshare.net/MauricioUrionaMaldon/ahp-analytic-hierarchy-proces> > Acesso em: 21/08/2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. 12. reimp. São Paulo: Atlas, 2009.

MURÇA, Vítor Armando de Almeida. Aplicação da filosofia Lean na área de Manutenção. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012.

PINTO, Alan Kardec. **Manutenção: função estratégica**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

PRODANOV e FREITAS, Cleber Cristiano e Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2ª ed. Rio Grande do Sul: Feevale, 2013.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23ª ed. rev e atualizada. São Paulo: Cortez, 2007.

XENOS, Harilaus Georgius d'Philippos. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 1ª ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.