

CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO PELO MÉTODO DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO ELECTRE TRI

Flavio Trojan

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Monteiro Lobato, s/n – Campus Ponta Grossa - PR
trojan@utfpr.edu.br

Rui Francisco Martins Marçal

PUC-PR - Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Rua Imaculada Conceição, 1155 – Curitiba - PR
rui.marcal@pucpr.br

Leandro Roberto Baran

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Monteiro Lobato, s/n – Campus Ponta Grossa - PR
leandrobaran@gmail.com

RESUMO

A literatura existente trata da classificação dos tipos da manutenção industrial com diversas terminologias que normalmente causam confusão. Percebe-se que em cada uma dessas designações a abordagem foi conforme a necessidade de aplicação, o contexto ou simplesmente decorrente de neologismos próprios. O problema destacado neste trabalho é a falta de uma padronização para a classificação dos tipos de manutenção em terminologias adequadas. O objetivo principal é classificar os principais tipos de manutenção em classes que representem sua eficiência na aplicação, levando em consideração critérios pré-definidos. A metodologia utilizada é de exploração literária sobre os tipos comumente adotados e a utilização da análise multicritério com o método ELECTRE TRI como ferramenta para classificação proposta. Como resultado é apresentado para a gestão da manutenção industrial, um padrão organizado dessas nomenclaturas. Conclui-se que essa abordagem contribui de modo significativo aos conceitos abordados, que até então não apresentavam essa classificação com base em critérios.

PALAVRAS CHAVE: Análise multicritério, Tipos de manutenção, ELECTRE TRI.

ABSTRACT

The literature deals about the classification of industrial maintenance types with various terminologies that usually cause confusion. It is noticed that in each of these assignments was the approach as needed for the application, context or simply due to neologisms own. The problem highlighted in this work is the lack of a standard for the maintenance classification on appropriate terminology. The main objective is to classify the maintenance types in classes representing its efficiency in the application, taking into account pre-defined criteria. The methodology used is the literary exploration of the types commonly adopted and the use of multicriteria analysis method ELECTRE TRI as a tool for classification proposal. As result, is presented an organized pattern of these classifications for the management industrial maintenance. We conclude that this approach contributes significantly to the concepts addressed, which until then had not such classification based on criteria.

KEYWORDS: Multicriteria decision making, Maintenance types, ELECTRE TRI.

1. Introdução

No setor industrial e também na literatura especializada que trata da classificação da manutenção, ainda existe muita confusão quanto à nomenclatura utilizada para definir um padrão global para os tipos de manutenção. Isso se deve ao fato de ocorrer:

- Incorreta conceituação ou disseminação dos nomes adotados para os tipos de manutenção, nem sempre bem explicados ou compreendidos, mas que assumem costumes locais ou particulares,
- Neologismo próprio, muitas vezes derivado de traduções de línguas estrangeiras,
- Definição de diferentes nomes de um autor para outro.

As terminologias podem até variar, mas é necessário que o conceito esteja bem compreendido. Uma padronização criteriosa que permita uma conceituação clara pode auxiliar o decisor de manutenção na escolha do tipo mais conveniente para um determinado equipamento, instalação ou sistema. Os conceitos da manutenção evoluem de acordo com as expectativas do setor produtivo em relação às técnicas aplicadas que garantam atender as necessidades emergentes do momento. Atualmente, encontram-se filosofias tais como: manter sistemas confiáveis e disponíveis na maior parte do tempo produtivo, paradas programadas de manutenções, sensoriamento e monitoramento de parâmetros que indiquem o melhor momento para realizar manutenção, a fim de antecipar falhas. Outros conceitos tais como: projetos para garantir a confiabilidade/manutenibilidade e a terotecnologia surgem como reforços para antecipar ações de manutenção, ainda na fase de projeto. Para que um decisor da área de manutenção tenha tranquilidade em aplicar uma técnica de manutenção eficientemente é preciso conhecer os conceitos sobre os tipos mais adequados que deverá utilizar. Até mesmo a combinação de dois ou mais tipos de manutenção deve ser bem delimitada, pois saber onde termina uma aplicação e começa outra é imprescindível para planejar e fazer uma gestão eficiente na manutenção industrial. O fato é que tanto a literatura especializada quanto as aplicações publicadas em artigos científicos, criam constantemente novas terminologias e designações, que variam pouco em relação aos conceitos tradicionais, porém recebem nomes diferentes e acabam causando confusão e sobreposição de conceitos.

Assim, este trabalho procura através de uma técnica de análise multicritério, encontrar características comuns entre os principais tipos de manutenção apresentados na literatura, a fim de classificar esses diversos tipos em classes de eficiência, levando em consideração critérios comuns entre os conceitos apresentados. A metodologia de apoio à tomada de decisão multicritério deriva do fato de que, na maioria das situações em que se tem que decidir, não existe apenas um objetivo e sim, são considerados vários pontos de vista, sendo eles, geralmente conflitantes entre si. O método ELECTRE TRI é utilizado na aplicação numérica deste trabalho, através do *software* desenvolvido pelo LAMSADE *Laboratory* da Universidade de Dauphine, França. O principal objetivo é reconhecer, depois da aplicação do método e através da análise multicriterial, um padrão para os tipos de manutenção industrial distribuídos em classes de eficiência, que englobem as características comuns dos vários tipos apresentados na literatura e no setor industrial brasileiro.

Espera-se com esta aplicação, encontrar aglomerados de designações que apresentem características comuns, alocados em suas respectivas classes de eficiência. Com isso, será possível também conhecer as variabilidades desses conceitos em um estudo futuro e mais detalhado sobre essas classes separadamente e as características intrínsecas dos elementos de cada conjunto.

2. Referencial Teórico

Para Moubray (2000), a evolução da manutenção pode ser dividida em gerações e a linha do tempo destas gerações está descrita na figura 1. Esta evolução apresenta, conforme as

necessidades industriais de cada época, como foram surgindo os conceitos centrais sobre os tipos de manutenção e como, posteriormente eles podem ter sido classificados.

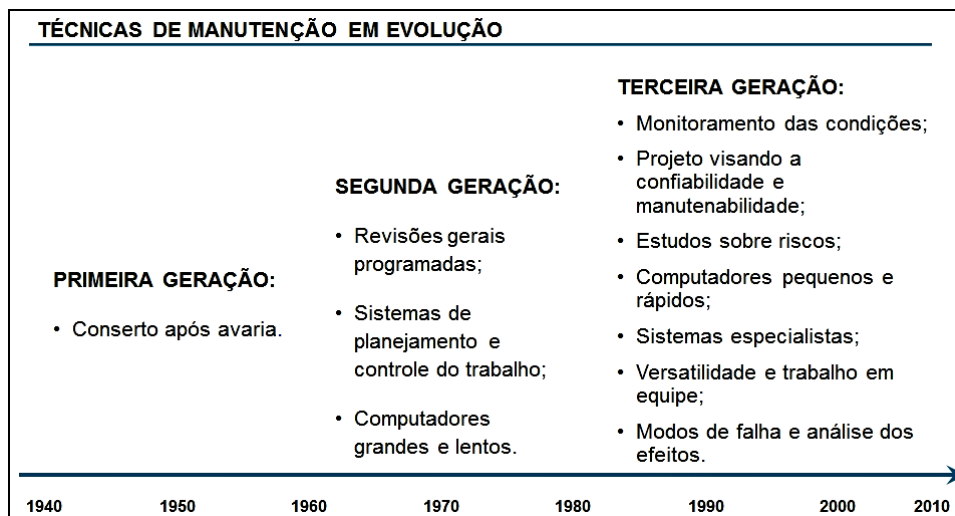


Figura 1 - Linha do tempo – Gerações da manutenção.
Fonte: Moubray, (2000)

Com a evolução da manutenção em gerações, também evoluíram os conceitos sobre os tipos de manutenção mais eficientes para serem aplicados no contexto da manutenção industrial. A primeira geração deu suporte para a evolução do conceito de manutenção corretiva, sendo ela: programada, não programada, curativa, paliativa ou reparo, a manutenção corretiva ainda é o “conserto após avaria” que surgiu na primeira geração. A segunda geração, por sua vez trouxe elementos conceituais para o surgimento da manutenção preventiva. A manutenção preventiva ainda baseia-se em revisões gerais programadas, sistemas de planejamento e controle do trabalho e a evolução da informática aplicada. Na terceira geração a evolução das técnicas de monitoramento de condições, análise de falhas e estudos sobre riscos, trouxeram uma visão para conceituar a manutenção preditiva. A evolução desses conceitos se deu pelas expectativas crescentes sobre a manutenção. Essas expectativas forçavam ao desenvolvimento de novas tecnologias que auxiliassem o setor produtivo a manter a segurança, qualidade, disponibilidade e confiabilidade nos seus equipamentos e conseqüentemente nos processos produtivos.

Tipos de Manutenção

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são as formas de encaminhar as intervenções nos instrumentos de produção, ou seja, nos equipamentos que compõem uma determinada planta. Neste sentido, quando se considera como critério “formas de intervir nos instrumentos”, observa-se que existe um consenso, salvo algumas variações irrelevantes, quanto aos tipos de manutenção. Para Viana (2002), os principais tipos de manutenção são os seguintes:

Manutenção Corretiva

- **Manutenção Corretiva Não-Planejada:** Este tipo de manutenção acontece após a falha ou perda de desempenho de um equipamento, sem que haja tempo para a preparação dos serviços. Esse tipo de manutenção, que apesar de todos os transtornos, ainda é muito praticada atualmente. Na visão de Pinto e Xavier (1999), a manutenção corretiva não planejada é caracterizada pela “atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho inferior ao esperado”.
- **Manutenção Corretiva Planejada:** É a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. (PINTO e XAVIER, 2007).

Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva, ao contrário da corretiva, visa evitar a falha do equipamento. Este tipo de manutenção é realizado em equipamentos que não estejam em falha, ou seja, ainda estejam operando com um mínimo de condições. Desta forma, podem-se ter duas situações bastante diferentes:

- a primeira é quando desativa o equipamento bem antes do necessário para fazer a manutenção;
- a segunda situação é a falha do equipamento, por estimar o período de reparo de maneira incorreta.

A norma NBR 5462 da ABNT (1994), define manutenção preventiva como: “Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”.

Manutenção Preditiva

Este tipo de manutenção, nada mais é do que uma manutenção preventiva baseada na condição do equipamento. É interessante, pois permite o acompanhamento do equipamento através de medições realizadas quando ele estiver em pleno funcionamento, o que possibilita uma maior disponibilidade, já que este vai sofrer intervenção, somente quando estiver próximo de um limite estabelecido previamente pela equipe de manutenção. Pode-se dizer que a manutenção preditiva prediz a falha do equipamento e quando se resolve fazer a intervenção para o reparo do mesmo, o que acontece, é na verdade uma manutenção corretiva programada. As condições básicas para que seja estabelecido este tipo de manutenção, são as seguintes:

- a) o equipamento, sistema ou instalação deve permitir algum tipo de monitoramento;
- b) o equipamento, sistema ou instalação deve ter a escolha por este tipo de manutenção justificada pelos custos envolvidos;
- c) as falhas devem ser originadas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.

Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total ou TPM (*Total Productive Maintenance*) surgiu no Japão no período pós Segunda Guerra Mundial, apresentando uma filosofia de trabalho que deve ser seguida por todos os segmentos da empresa. Em relação aos equipamentos, o autor Tavares (1999) ressalta que significa promover a revolução junto à linha de produção, através da incorporação da "Quebra Zero", "Defeito Zero" e "Acidente Zero". Trata-se da efetivação de um "*Equipment Management*", isto é, a administração das máquinas por toda a organização. Dessa filosofia também surge o conceito da Manutenção Autônoma, em que os operadores são motivados e treinados a realizar checagens, pequenas verificações e ações de manutenção no equipamento que operam. Tahashi e Osada (1993) reforçam o significado da TPM como: “uma manutenção preventiva mais ampla, baseada na aplicabilidade econômica vitalícia de equipamentos, matrizes e gabaritos que desempenham os papéis mais importantes na produção”.

Manutenção Centrada na Confiabilidade

A origem da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) está relacionada com processos tecnológicos e sociais decorrentes da segunda guerra. Os benefícios da MCC foram percebidos e a metodologia rapidamente aplicada em diversos setores: submarinos nucleares, indústria elétrica, construção civil, indústria química, siderurgia, etc. A generalidade dos conceitos e técnicas da MCC são aplicáveis hoje, a qualquer sistema independente da tecnologia. Na MCC, os objetivos da manutenção são definidos pelas funções e padrões de desempenho requeridos para qualquer item no seu contexto operacional e sua aplicação é um processo contínuo, devendo ser reavaliada na medida em que a experiência operacional é acumulada (LIMA e CASTILHO, 2006).

Segundo as normas AFNOR NF X60-010 e NF X60-011 *apud* Monchy (1989) os diversos tipos de manutenção podem ser assim classificados:

- Manutenção Corretiva: é a manutenção efetuada após a falha;
- Manutenção Preventiva: tem o objetivo de reduzir a probabilidade de falha.

A manutenção preventiva pode ainda ser: Preventiva Sistemática e Preventiva de Condição.

Monchy (1989), complementando as definições das normas da AFNOR, divide, ainda, a Manutenção Corretiva em duas modalidades que são: - Manutenção Corretiva Curativa e - Manutenção Corretiva Paliativa.

A ABNT, na NBR 5462 (1994), classifica os diversos tipos de manutenção:

- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Corretiva;
- Manutenção Controlada ou Preditiva;
- Manutenção Programada;
- Manutenção Não-Programada;
- Manutenção no campo;
- Manutenção fora do local de utilização;
- Manutenção Remota;
- Manutenção Automática;
- Manutenção Deferida.

A figura 2 traz uma classificação adotada pela ONU *apud* Tavares (1999), na segunda geração da evolução da manutenção. Essa classificação aborda uma característica interessante sobre as manutenções preventiva e corretiva. Elas estão alocadas juntas em uma árvore denominada “planejada”. Assim, a classificação da ONU considera a manutenção corretiva com certo nível de planejamento e as ações de manutenção são consideradas para atuar no equipamento enquanto este estiver operando, não operando ou até que ele quebre (reparo por fadiga). O conceito de atuação após a falha, nesta classificação é abordado pela manutenção por “Quebra” ou não planejada.

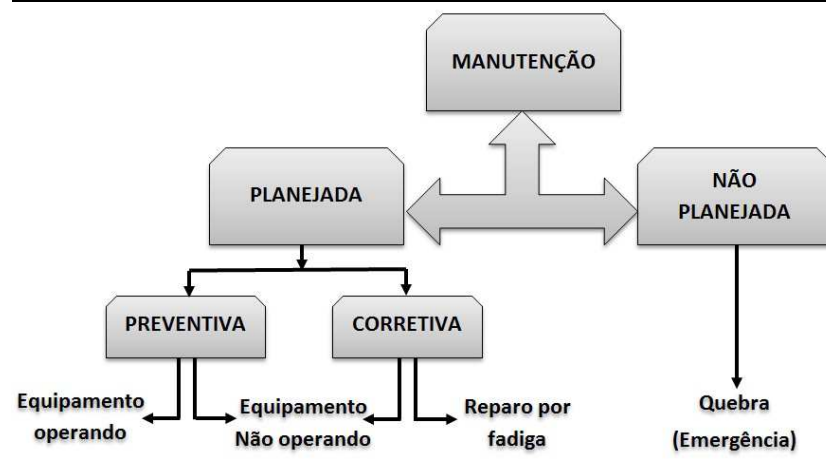


Figura 2 – Classificação da Manutenção – ONU
Fonte: ONU *apud* Tavares, (1999)

Já na figura 3, os autores Mirshawka e Olmedo (1993) adotam uma classificação que separa a manutenção preventiva da corretiva, porém englobam a manutenção preditiva dentro da classificação preventiva, considerando-a como preventiva condicional. A manutenção corretiva traz ainda o conceito de “conserto após avaria” e aprimoram o conceito com o melhoramento na execução da manutenção corretiva. O critério planejamento está implícito nos conceitos adotados.

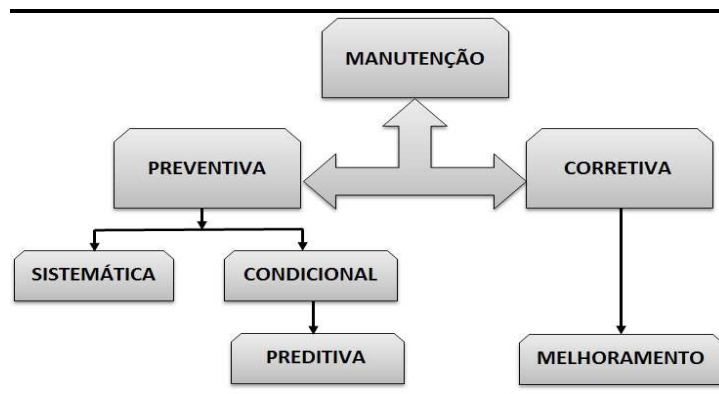


Figura 3 – Classificação da Manutenção – Mirshawka e Olmedo
Fonte: Mirshawka e Olmedo, (1993)

A Associação Brasileira de Manutenção - Abraman (2005), apresenta conforme figura 4, uma conceituação mais abrangente, procurando atender as expectativas de confiabilidade e manutenibilidade da terceira geração da manutenção. A manutenção é classificada em três principais ramos (ou tipos) representados pelas manutenções: Corretiva, Preventiva e Preditiva. Dentro desses ramos, outras nomenclaturas conceituam algumas das variações adotadas em cada uma dessas subdivisões.

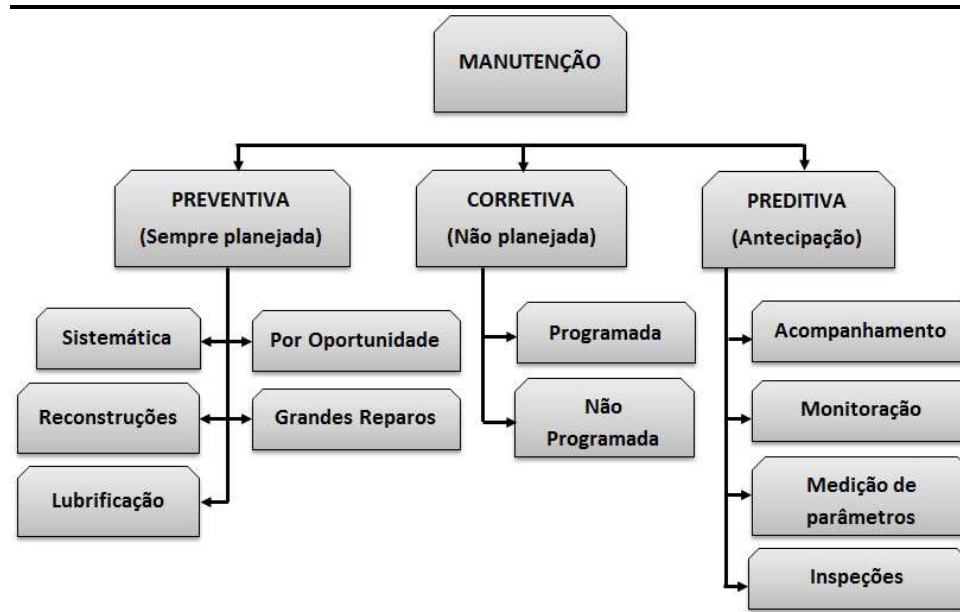


Figura 4 – Classificação da Manutenção - Abraman
Fonte: Abraman, (2005)

Apesar de consideradas irrelevantes, como afirmado por Viana (2002), as variações que ocorrem em relação aos tipos de manutenção criam uma nova terminologia e um novo “potencial conceito ou tipo de manutenção”, que emerge de uma aplicação específica, porém não significa afirmar que se deva ampliar os tipos e conceitos existentes, mas sim enquadrar essas novas terminologias em classes que representem os conceitos sobre como os tipos de manutenção estão estruturados, conforme sua especificidade e com base em critérios pré-definidos. Definir esses critérios para a classificação não é uma tarefa fácil, pois as discussões que abrangem os conceitos de manutenção dentro da gestão da manutenção surgem constantemente, devido à crescente utilização de técnicas avançadas de manutenção nas diversas áreas do conhecimento e do setor industrial. Viana (2002) fornece elementos para a definição de pelo menos um dos critérios que este trabalho pretende abordar, o qual representa as formas de intervenção sobre os

equipamentos/instrumentos. Essas formas podem ser inicialmente divididas em: *Intrusivas, Não-intrusivas e Em operação*.

3. Metodologia

Análise Multicritério

A relevância de uma metodologia de apoio à tomada de decisão multicritério deriva do fato de que, na maioria das situações em que se tem que decidir, não existe apenas um objetivo e sim, são considerados vários pontos de vista, sendo eles, geralmente conflitantes entre si. Por isso, o processo de decisão, deve ser orientado por uma análise com métodos multicritério para apoiar o decisor na otimização das alternativas. Essa metodologia, por um lado visa auxiliar no processo de escolher, ordenar ou classificar as ações potenciais e, por outro lado, busca incorporar múltiplos aspectos no processo, ao invés dos métodos monocritérios da pesquisa operacional tradicional. Segundo Vincke (1992), existem vários métodos e técnicas multicritério, dentre eles, pode-se identificar: os modelos aditivos, que geram um critério único de síntese (*Multiple Attribute Utility Theory – MAUT; Analytic Hierarchy Process - AHP*) e os métodos de sobreclassificação, ou *outranking methods* (ELECTRE e PROMETHEE). Esses modelos e métodos seguem duas principais vertentes, a *Multiple Criteria Decision Making – MCDM* e a *Multicriteria Decision Aid – MCDA*, decorrentes de estudos das Escolas Americana e Européia. A adoção de um desses modelos é normalmente justificada por argumentos ditados pela natureza do problema a analisar. A mais conhecida família de métodos de Subordinação é a família ELECTRE (*Elimination Et Choice Traidusaint la REalite*). Atualmente, a família ELECTRE é composta dos seguintes métodos: ELECTRE I, ELECTRE II, ELECTRE III, ELECTRE IV, ELECTRE IS e ELECTRE TRI (YU, 1992).

O método ELECTRE TRI

O ELECTRE TRI é um método multicritério que aloca alternativas em categorias pré-definidas. Essa alocação de uma alternativa “a” resulta da comparação de “a” com perfis definidos de limites das categorias (MOUSSEAU e SLOWINSKI, 1998; YU, 1992).

Dado um conjunto de índices de critérios $\{g_1, \dots, g_i, \dots, g_m\}$ e um conjunto de índices de perfis $\{b_1, \dots, b_h, \dots, b_p\}$, definem-se $(p+1)$ categorias, em que b_h representa o limite superior da categoria C_h e o limite inferior da categoria C_{h+1} , $h= 1, 2, \dots, p$.

Duas condições devem ser verificadas para validar a afirmação aSb_h (a sobreclassifica b_h):

- **Concordância:** para uma sobreclassificação aSb_h ser aceita, a maioria dos critérios deve estar a favor da afirmação aSb_h .
- **Não-discordância:** quando a condição de concordância não for atendida, nenhum dos critérios deve opor-se à afirmação aSb_h .

Na construção de S é utilizado um conjunto de limiares veto ($v_1(b_h), v_2(b_h), \dots, v_m(b_h)$), usado no teste de discordância. $v_j(b_h)$, que representa a menor diferença $g_j(b_h) - g_j(a)$, incompatível com a afirmação aSb_h . Os índices de concordância parcial $c_j(a,b)$, concordância $c(a,b)$ e discordância parcial $d_j(a,b)$ são calculados pelas expressões (1), (2) e (3):

$$c_j(a,b) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \geq p_j(b_h) \\ 1 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq q_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + g_j(a) - g_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)} & \text{noutros casos} \end{cases} \quad (1)$$

$$c(a,b) = \frac{\sum_{j \in F} k_j c_j(a, b_h)}{\sum_{j \in F} k_j} \quad (2)$$

$$d_j(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h) \\ 1 & \text{se } g_j(b_h) - g_j(a) > v_j(b_h) \\ \frac{g_j(b_h) + g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)} & \text{noutros casos} \end{cases} \quad (3)$$

O ELECTRE TRI constrói um índice ($\sigma(a, b_h) \in [0, 1]$ ($\sigma(b_h, a)$, respectivamente) que representa o grau de credibilidade da afirmação que aSb_h , $a \in A$, $h \in B$ (Expressão 4).

A afirmação aSb_h é considerada válida se $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$. λ inicia um nível de corte tal que $\lambda \in [0.5, 1]$. (MOUSSEAU *et al.*, 2001)

$$\sigma(a, b_h) = c(a, b_h) \cdot \prod_{j \in \bar{F}} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - c(a, b_h)} \quad (4)$$

onde, $\bar{F} = \{j \in F : d_j(a, b_h) > c_j(a, b_h)\}$

4. Modelo de Classificação para os tipos de manutenção

O modelo proposto neste trabalho aborda a problemática de classificação e propõe classificar os tipos de manutenção em classes de eficiência, baseando-se em parâmetros coletados na literatura e que representam as características relevantes a serem levadas em consideração nas definições sobre os critérios e limites desejados.

O diagrama da figura 5 apresenta uma síntese do modelo, que trata da problemática multicritério de classificação com a estruturação e sequência de etapas, juntamente com a aplicação do método multicritério ELECTRE TRI. No diagrama é possível visualizar uma sequencialização de etapas e tarefas que devem ser cumpridas para a eficiência deste modelo proposto. Essas etapas representam uma forma de organizar e tornar mais eficiente o modelo, colocando as informações importantes numa sequência que torna mais clara a visão sobre ele. As informações que darão relevância ao modelo devem representar as características dos tipos de manutenção, os quais se pretende classificar. Essas características serão definidas pelo decisor da área de gestão da manutenção, pois ele é quem pode dar sugestões por conhecer o problema em sua especificidade. Então, os dados poderão ser aferidos de forma manual ou através de levantamentos bibliográficos.

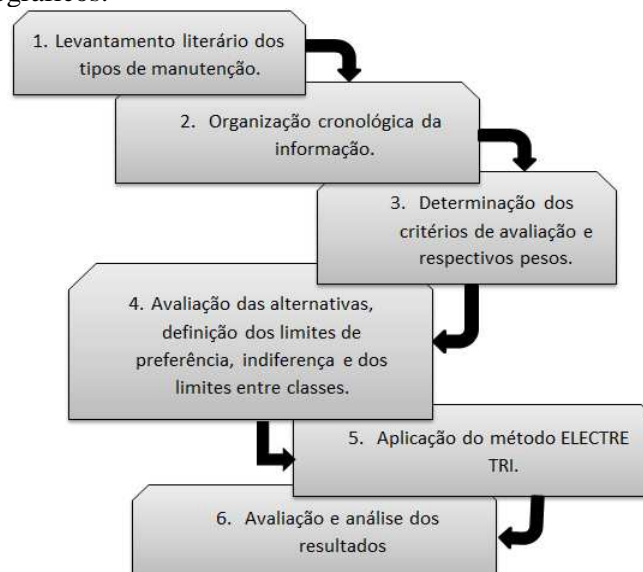


Figura 5 – Diagrama do modelo de classificação
Fonte: Autores, (2013)

As definições devem prever que tipo de classes o decisor deseja explicitar. Por exemplo, classes onde estão concentrados os graus de criticidade que envolvem os equipamentos ou ainda, classes que se destinam a promover alternativas mais eficientes para manutenção do sistema, como é o caso deste estudo. Definidos os tipos de classes e priorizações que se desejam, os critérios para a avaliação das alternativas devem explicitar a preferência do decisor em atender determinados parâmetros mínimos para que uma determinada alternativa se enquadre na classe prevista e com eficiência previamente determinada. Para o cálculo do desempenho das alternativas, algumas técnicas são utilizadas, como a definição de escalas subjetivas e a normalização dessas escalas em um padrão numérico no intuito de representar a verdadeira importância do critério de análise. É com base nestas normalizações que o cálculo é realizado pelo método ELECTRE TRI, para que classificação seja efetivada, pois cada alternativa apresenta características numéricas que serão levadas em consideração para o enquadramento das alternativas nas suas respectivas classes. Nesta fase também se deve relacionar os limites entre as classes a que as alternativas estarão sujeitas para que o enquadramento seja feito sem nenhuma dúvida.

Aplicação do Modelo: classificação dos tipos de manutenção

Para a aplicação do ELECTRE TRI foi utilizado o software ELECTRE TRI 2.0a, disponível na Lamsade (Paris-Dauphine University, Paris, France).

O problema foi estruturado com o objetivo em questão para aplicar a metodologia ELECTRE TRI em um cenário relativo ao número de alternativas e critérios ponderados para avaliação na problemática de classificação por eficiência dos tipos de manutenção. A subjetividade, característica inerente do processo decisório, foi também considerada para o estabelecimento dos pesos relativos dos critérios de avaliação fixados. A tabela 1 apresenta um resumo a que o estudo chegou, organizado cronologicamente, relativo aos tipos mais comuns de manutenção utilizados, conforme a ação adotada.

Tabela 1 – Resumo das classificações dos tipos de manutenção

Autores	Classificação conforme ação adotada			
	Não Planejar	Planejar	Monitorar	Destinar
ONU, (1975)	- Quebra	- Corretiva - Preventiva	-	-
AFNOR, (1985)	- Corretiva	- Preventiva Sistemática - Preventiva de Condição	-	-
Monchy, (1989)	- Corretiva Curativa - Corretiva Paliativa	- Preventiva Sistemática - Preventiva de Condição	-	-
Mirshawka, (1993)	- Corretiva - Melhoramento	- Preventiva Sistemática - Preventiva Condicional - Preditiva	-	-
ABNT, (1994)	- Corretiva - Não-Progr.	- Preventiva - Programada	- Preditiva	- No campo - Fora do Local - Remota - Automática

Autores	Classificação conforme ação adotada			
	Não Planejar	Planejar	Monitorar	Destinar
Viana, (2002)	- Corretiva - Planejada - Não-Planej.	- Preventiva - TPM - Autônoma - MCC	- Preditiva	-
Abraman, (2005)	- Corretiva - Programada - Não-Progr.	- Preventiva - Sistemática - Reconstruções - Oportunidade - Reparos - Lubrificação	- Preditiva - Acompanh. - Monitoração - Medição - Inspeções	-
Pinto & Xavier, (2007)	- Corretiva - Planejada - Não-Planej.	- Preventiva	- Preditiva - Detectiva	- Engenharia Manutenção

Fonte: Diversas, (2013)

Após este levantamento, os critérios para a avaliação devem ser definidos para que as alternativas sejam enquadradas corretamente em classes que representam a eficiência dos diversos tipos de manutenção estudados. A tabela 2 apresenta a definição desses critérios e seus pesos relativos no processo de classificação da manutenção, conforme algumas características encontradas na literatura especializada sobre o assunto.

Tabela 2 – Critérios adotados e pesos

Critérios	Pesos (%)	Critérios considerados
g_1	25	<i>Grau de Criticidade</i>
g_2	15	<i>Formas de Intervenção</i>
g_3	25	<i>Nível de Planejamento</i>
g_4	20	<i>Nível dos Custos</i>
g_5	15	<i>Disponibilidade de Recursos</i>

Assim, os critérios: Criticidade de equipamentos, Formas de intervenção em equipamentos/instrumentos, Nível de planejamento, Nível de custos e Disponibilidade de recursos para manutenção foram considerados importantes nesta fase do estudo para compor um processo de análise multicritério e classificação. Os pesos desses critérios também são definidos nesta fase, demonstrando a importância relativa de cada critério dentro do processo.

Tabela 3 – Limites de Preferência e Indiferença

Fronteiras	Indiferença (q)	Preferência(p)
b_1	5	10
b_2	5	10
b_3	5	10

Para que as alternativas não se tornem irrelevantes ou totalmente preferidas foram definidos na tabela 3 os limiares indiferença e preferência, para que as comparações possam ser eficientes e oferecerem um resultado objetivo, oriundo das comparações. Os limites entre classes também é uma definição necessária para que se possam enquadrar as alternativas sem nenhuma dúvida. A tabela 4 delimita as bordas ou fronteiras entre as classes consideradas neste estudo.

Tabela 4 – Fronteiras entre as classes

Classes	Eficiência	Fronteira	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
C_{01}	Alta	b_1	90	20	90	25	90
C_{02}	Media	b_2	60	75	50	55	50
C_{03}	Baixa	b_3	40	90	25	90	25
C_{04}	Baixíssima	b_4	-	-	-	-	-

Na tabela 5 são definidas as escalas numéricas para os critérios com o objetivo de atribuir valores para a avaliação. Esses valores, normalizados darão suporte às comparações realizadas pelo método ELECTRE TRI e para as alocações das alternativas nas suas respectivas classes de eficiência. Nessas escalas foram considerados valores subjetivos (Alta, Média, Baixa, Planejada, Não-Planejada, etc.) e seus respectivos valores numéricos (entre 0 e 100), a fim de servirem como entrada para o *software* ELECTRE TRI 2.0a, que necessita de tais valores para realizar o cálculo e comparações.

Tabela 5 – Escalas numéricas dos critérios

Crítérios	Pesos (%)	Crítérios	Escala	Valor (%)
g_1	25	Críticidade	- Baixíssima	100
			- Baixa	80
			- Mediana	60
			- Regular	40
			- Alta	20
			- Altíssima	0
g_2	15	Intervenção	- Intrusiva Não Planej.	0
			- Intrusiva Planejada	25
			- Em operação	50
			- Não- intrusiva NPlanej.	75
			- Não-intrusiva planejada	100
g_3	25	Planejamento	- Nenhum	0
			- Baixo	25
			- Médio	50
g_4	20	Custos	- Alto	100
			- Médio	50
			- Baixo	0
g_5	15	Disponibilidade de Recursos	- Imediata	0
			- Não Planejada	25
			- Planejada	75
			- Baixa	100

Na tabela 6 é realizada a avaliação das 29 alternativas (tipos de manutenção encontrados no estudo), especificamente em relação aos critérios elencados e utilizando a escala numérica definida na tabela 5.

Tabela 6 – Avaliação numérica dos tipos de manutenção

a_n	Tipos (terminologias)	Criticidade	Intervenção	Planejamento	Custo	Disp. Recursos
		g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
a_1	Corretiva	0	0	0	100	0
a_2	Preventiva	40	25	50	50	75
a_3	Preditiva	0	75	100	0	75
a_4	Detectiva	60	100	25	50	25
a_5	Fora do Local	60	25	25	50	0
a_6	Remota	20	50	50	0	25
a_7	Programada	40	25	50	50	75
a_8	Não Programada	20	0	0	100	0
a_9	Prev. Sistemática	20	25	100	50	75
a_{10}	Prev. Condição	0	0	50	50	100
a_{11}	Corr. Curativa	0	0	0	100	0
a_{12}	Corr. Paliativa	0	0	25	100	25
a_{13}	Melhoramentos	20	50	50	50	75
a_{14}	Condicional	60	0	50	0	100
a_{15}	No Campo	80	50	25	50	0
a_{16}	Automática	0	50	50	0	0
a_{17}	TPM	40	100	100	0	100
a_{18}	Autônoma	60	25	25	50	25
a_{19}	MCC	20	100	100	0	100
a_{20}	Planejada	40	25	50	50	75
a_{21}	Não Planejada	0	0	0	100	0
a_{22}	Reconstruções	60	25	25	50	100
a_{23}	Reparos	0	50	25	100	25
a_{24}	Lubrificação	60	50	50	50	100
a_{25}	Eng. de Manut.	0	100	100	0	75
a_{26}	Oportunidade	20	0	50	50	50
a_{27}	Monitoramento	0	100	100	0	100
a_{28}	Medição	20	75	50	50	25
a_{29}	Inspeções	60	75	50	50	25

5. Resultados e discussões

Após a aplicação do *software* ELECTRE TRI 2.0a, disponível na Lamsade (Paris-Dauphine University, Paris, France) chegou-se aos seguintes resultados. As figuras 6 e 7 apresentam os resultados alcançados com a classificação realizada pelo *software*. Esses resultados denotam a capacidade do método de apresentar uma versão otimizada dos diversos tipos de manutenção, explorados por este trabalho. Nos resultados de classificação, a atribuição “**otimista**” foi adotada, em função de representar melhor o objetivo a que se pretendia chegar.

Alternative Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
Corretiv	C04	C04
Prevent	C03	C02
Preditiv	C04	C01
Detectiv	C03	C03
ForaLoc	C03	C03
Remota	C04	C02
Program	C03	C02
NProgram	C04	C04
PrevSist	C04	C01
PrevCond	C04	C01
CorrCura	C04	C04
CorrPali	C04	C04
Melhoram	C04	C02
Codicion	C02	C01
NoCampo	C03	C02
Automat	C04	C02
TPM	C03	C01
Autonoma	C03	C03
MCC	C04	C01
Planejad	C03	C02
NPlanej	C04	C04
Reconstr	C03	C02
Reparos	C04	C04
Lubrific	C02	C02
EngManut	C04	C01
Oportuni	C04	C03
Monitora	C04	C01
Medicao	C04	C03
Inspec	C02	C02

Cutting Level: 0.76

Figura 6 – Resultados da classificação
Fonte: Software ELECTRE TRI 2.0a - Lamsade, (2013)

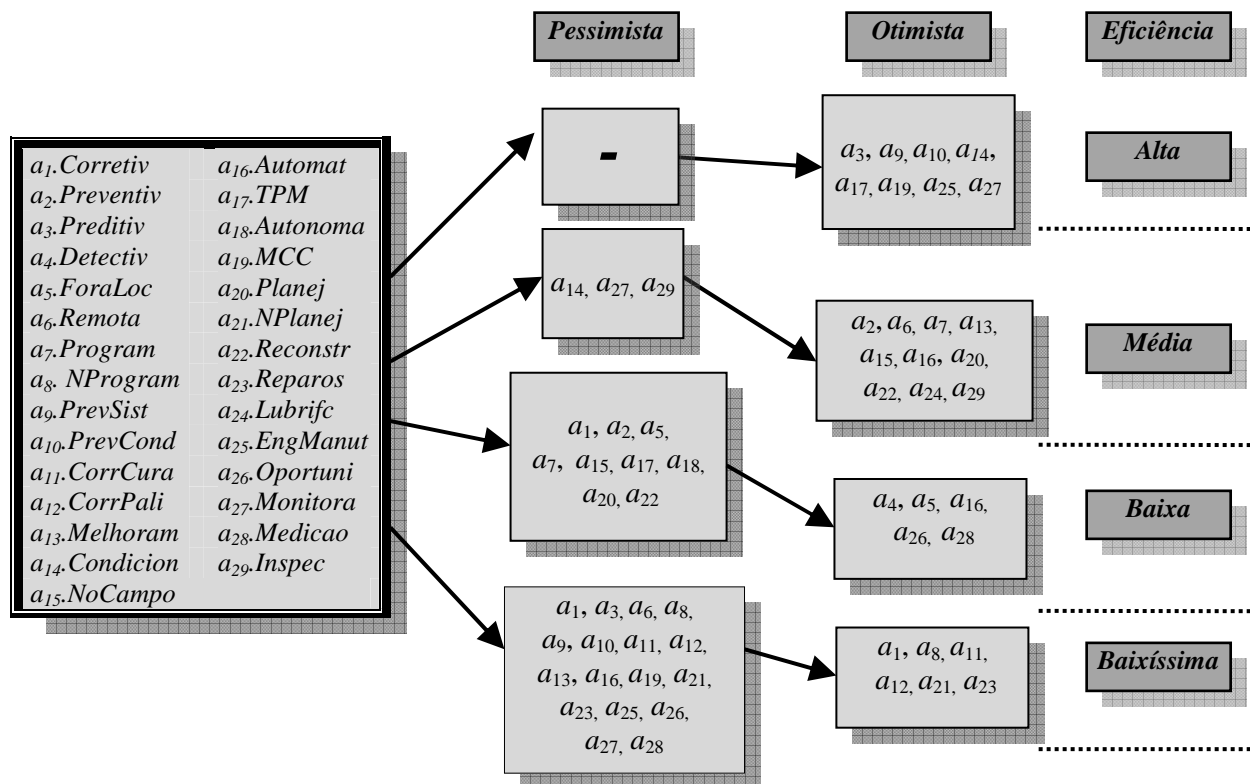
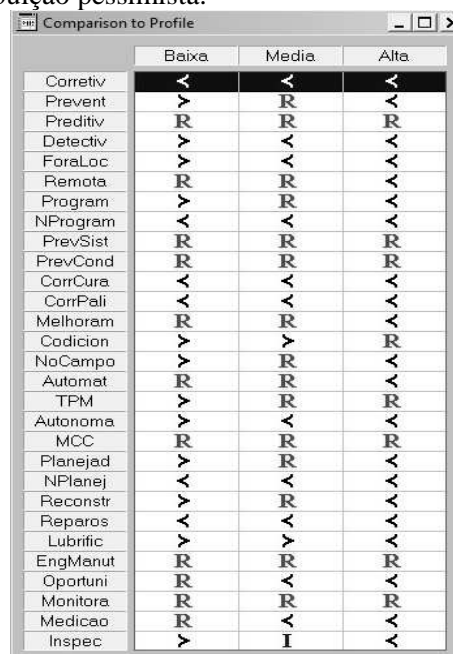


Figura 7 – Resultados da classificação
Fonte: Autores, (2013)

Percebe-se que na classe de alta eficiência foram alocados os tipos de manutenção que demandam maior planejamento e maior criticidade: a_3 (Preditiva), a_9 (Preventiva Sistemática), a_{10} (Preventiva por Condição), a_{14} (Condicional), a_{17} (TPM), a_{19} (MCC), a_{25} (Engenharia de Manutenção) e a_{27} (Monitoramento). No outro extremo, ou seja, na classe de baixíssima eficiência, ficaram alocadas as alternativas: a_1 (Corretiva), a_8 (Não Programada), a_{11} (Corretiva Curativa), a_{12} (Corretiva Paliativa), a_{21} (Não Planejada) e a_{23} (Reparos). Nas classes intermediárias (Média e Baixa) foi possível perceber a alocação da manutenção preventiva e detectiva, entre outras afins, que possuem características comuns em relação à criticidade, planejamento, custos e disponibilidade de recursos. Os resultados alcançados demonstraram coerência na classificação e seguiram uma lógica compatível com os conceitos estudados.

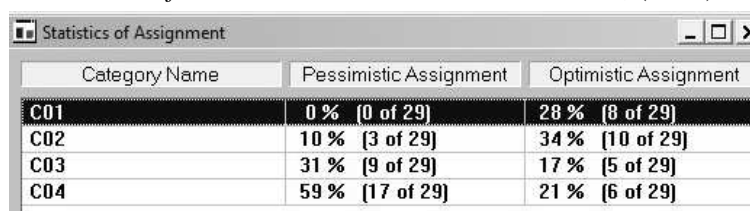
A figura 8 justifica a escolha da atribuição otimista para os resultados, destacando algumas das incomparabilidades encontradas no processo de comparação. O principal motivo de adotar a atribuição otimista é para descartar essas incomparabilidades existentes no processo de avaliação e presentes na atribuição pessimista.



	Baixa	Media	Alta
Corretiv	<	<	<
Prevent	>	R	<
Preditiv	R	R	R
Detectiv	>	<	<
ForaLoc	>	<	<
Remota	R	R	<
Program	>	R	<
NProgram	<	<	<
PrevSist	R	R	R
PrevCond	R	R	R
CorrCura	<	<	<
CorrPali	<	<	<
Melhoram	R	R	<
Codicion	>	>	R
NoCampo	>	R	<
Automat	R	R	<
TPM	>	R	R
Autonoma	>	<	<
MCC	R	R	R
Planejad	>	R	<
NPlanej	<	<	<
Reconstr	>	R	<
Reparos	<	<	<
Lubrific	>	>	<
EngManut	R	R	R
Oportuni	R	<	<
Monitora	R	R	R
Medicao	R	<	<
Inspec	>	I	<

Figura 8 – Resumo das comparações

Fonte: Software ELECTRE TRI 2.0a - Lamsade, (2013)



Category Name	Pessimistic Assignment	Optimistic Assignment
C01	0 % (0 of 29)	28 % (8 of 29)
C02	10 % (3 of 29)	34 % (10 of 29)
C03	31 % (9 of 29)	17 % (5 of 29)
C04	59 % (17 of 29)	21 % (6 of 29)

Figura 9 – Estatísticas

Fonte: Software ELECTRE TRI 2.0a - Lamsade, (2013)

Na figura 9 podem-se aferir os resultados estatísticos sobre os tipos de manutenção que foram alocados em cada uma das classes. Por exemplo: 28% das terminologias de manutenção foram alocadas na Classe C01 (Classe de Alta eficiência); 34% na Classe C02 (Eficiência Média); 17% na Classe C03 (Baixa) e 21% na Classe C04 (Baixíssima eficiência).

6. Considerações finais

A gestão manutenção ao longo dos anos, tem se tornado uma aliada importante para a otimização e eficiência dos processos produtivos. Entender os conceitos e suas especificidades é de vital importância para o decisor, no momento em que ele decide adotar técnicas para auxiliar

no aumento da eficiência e da produtividade industrial através da gestão da manutenção.

Este trabalho procura trazer uma contribuição aos conceitos tradicionais de manutenção, consolidando terminologias similares em classes de atuação das diversas técnicas conhecidas, sobre os tipos de manutenção atualmente utilizados.

O uso da análise multicritério, associado a utilização do método ELECTRE TRI permite visualizar a classificação dos tipos de manutenção por um ponto de vista inovador, no qual o gestor da área de manutenção poderá decidir com base em um estudo especializado, sobre as características desses tipos e em qual nível de eficiência ele deseja atuar. Após o desenvolvimento deste trabalho foi possível perceber as similaridades que até então causavam confusão no entendimento dos conceitos sobre a classificação dos tipos de manutenção. As classes delimitadas como: Alta, Média, Baixa e Baixíssima *performance* agora aglomeram tipos de manutenção que outrora traziam confusão no entendimento. Certamente as variações características de cada contexto ainda existirão, porém agora elencadas em conceitos que dão diretrizes globais e claras sobre cada um dos tipos desenvolvidos pelos diversos autores da área.

Agradecimentos

Agradecimentos especiais à Fundação Araucária pelo apoio financeiro a esta pesquisa.

Referências

- Abraman** (2005), Associação Brasileira de Manutenção, *Revista oficial da Abraman*, Vinte anos da ABRAMAN, n. 54.
- ABNT** (1994), Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5462: *Confiabilidade e mantabilidade*, Rio de Janeiro.
- ELECTRE TRI 2.0a software**. *Methodological guide and user's manual*. LAMSADE Laboratory, Available: <www.lamsade.dauphine.fr/mcda/biblio/PDF/mous3doc199.pdf>
- Lima, F. A. e Castilho, J. C. N.** (2006), *Aspectos da Manutenção dos Equipamentos Científicos da Universidade de Brasília*, Dissertação da Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação (FACE), Brasília, DF.
- Mirshawka, V. e Olmedo, N. L.** (1993), *Manutenção - Combate aos Custos da Não-Eficácia: A Vez do Brasil*, Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo.
- Monchy, F.** (1989), *A função manutenção*, Editora Ebras/Durban, São Paulo.
- Moubroy, J.** (2000), *Reliability-centred Maintenance (RCM): Manutenção Centrada em Confiabilidade*, Tradução de Kleber Siqueira, Aladon, Grã Bretanha.
- Mousseau, V. e Slowinski, R.** (1998), *Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples*. *Journal of Global Optimization*, n 12, p. 157-174.
- Mousseau V.; Figueira J. e Naux J. P.** (2001), *Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results*. *European Journal of Operational Research*. v. 130, n. 2, pp. 263-275.
- Pinto, A. K. e Xavier, J. N.** (1999), *Manutenção: função estratégica*, Qualitymark, Rio de Janeiro.
- Pinto, A. K. e Xavier, J. N.** (2007), *Manutenção: função estratégica*, Qualitymark, Rio de Janeiro.
- Tahashi, Y. e Osada, T.** (1993), *TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total*, Instituto IMAM, São Paulo.
- Tavares, L.** (1999). *Administração Moderna da Manutenção*, Novo Pólo Publicações, Rio de Janeiro.
- Viana, H. R. G.** (2002), *PCM, Planejamento e controle da manutenção*, Qualitymark, Rio de Janeiro.
- Vincke, P.** (1992), *Multicriteria Decision-Aid*, John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 0-471- 93184-5.
- Yu, W.** (1992), *ELECTRE TRI. Aspects Méthodologiques et Guide d'Utilisation*. Document du LAMSADE, 74, Université de Paris - Dauphine.