

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
GERÊNCIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ADEMIR STEFANO PIECHNICKI

**IDENTIFICAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES
CRÍTICOS PARA O SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DA TPM PELO
MÉTODO AHP**

PONTA GROSSA

2013

ADEMIR STEFANO PIECHNICKI

**IDENTIFICAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES
CRÍTICOS PARA O SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DA TPM PELO
MÉTODO AHP**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Industrial, da Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação, do Campus Ponta Grossa, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Vanderley Herrero Sola

Co-orientador: Prof. Dr. Flavio Trojan

PONTA GROSSA

2013

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.038/13

P613 Piechnicki, Ademir Stefano

Identificação, priorização e análise dos fatores críticos para o sucesso na
implantação da TPM pelo método AHP. / Ademir Stefano Piechnicki. -- Ponta
Grossa, 2013.

124 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Vanderley Herrero Sola

Co-orientador: Prof. Dr. Flavio Trojan

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do
Paraná. Ponta Grossa, 2013.

1. Manutenção produtiva total. 2. Sucesso nos negócios. 3. Processo decisório.
4. Administração da produção. I. Sola, Antônio Vanderley Herrero. II. Trojan,
Flavio. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.
IV. Título.

CDD 670.42



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Ponta Grossa
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DA PRODUÇÃO**



FOLHA DE APROVAÇÃO

Título de Dissertação N° 233/2013

IDENTIFICAÇÃO, PRIORIZAÇÃO E ANÁLISE DOS FATORES CRÍTICOS PARA O SUCESSO NA IMPLANTAÇÃO DA TPM PELO MÉTODO AHP

por

Ademir Stefano Piechnicki

Esta dissertação foi apresentada às **14 horas e 30 minutos de 16 de dezembro de 2013** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, com área de concentração em Gestão Industrial, Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Rui Francisco Martins Marçal
(PUC-PR)

Prof. Dr. João Luiz Kovaleski (UTFPR)

Prof. Dr. Flavio Trojan (UTFPR)

Prof. Dr. Antônio Vanderley Herrero Sola
Orientador

Aldo Braghini Junior (UTFPR)
Coordenador do PPGEP

A FOLHA DE APROVAÇÃO ASSINADA ENCONTRA-SE NO DEPARTAMENTO DE
REGISTROS ACADÊMICOS DA UTFPR –CÂMPUS PONTA GROSSA

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

À Deus, pela existência e principalmente pelo maior presente de minha vida, a minha filha Luiza!!!

A minha esposa Michelle, Mãe, Pai, Flávio e Joseane pelos momentos de ausência durante este trabalho;

Aos meus amigos, pelo apoio e ajuda na elaboração desta pesquisa... além dos momentos de descontração, como os coffee breaks, happy hours e churrascos nos fins de semana.

Ao meu orientador Prof. Sola pela oportunidade, confiança e dedicação de sua parte.

. Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

Você faz suas escolhas, e suas
escolhas fazem você.
(William Shakespeare)

RESUMO

PIECHNICKI, Ademir Stefano. **Identificação, priorização e análise dos fatores críticos para sucesso na implantação da TPM pelo método AHP**. 2013.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

A TPM é uma abordagem de Melhoria Contínua reconhecida para o desenvolvimento de estratégias organizacionais, otimização do processo e o aumento de competitividade. Porém, durante sua implementação ocorrem muitas falhas e os resultados não ocorrem da maneira esperada. Para reduzir estas falhas, esta pesquisa tem como objetivo apresentar os Fatores Críticos de Sucesso (FCS) na implementação da TPM em um grupo de empresas brasileiras vencedoras do prêmio TPM Awards. Os FCS foram identificados através de uma pesquisa exploratória em casos de implementações bem sucedidas. Após identificados, estes fatores foram priorizados pelo método de Análise Hierárquica de Processo (AHP), por especialistas na metodologia TPM. As análises demonstram claramente, que o sucesso da metodologia TPM depende fortemente dos esforços dos gestores das empresas, principalmente a alta gestão. Desta forma, são apresentados os elementos fundamentais em que a gestão deve se concentrar em cada uma das quatro fases do programa. Este processo pode auxiliar os gestores a dar ênfase sobre os FCS e a identificar quais erros devem ser evitados para aumentar as chances de sucesso do programa da TPM.

Palavras-chave: TPM. Melhoria Contínua. Manutenção Produtiva Total. Fatores Críticos de Sucesso. Análise Hierárquica de Processo (AHP).

ABSTRACT

PIECHNICKI, Ademir Stefano. **Identification, prioritization, and analysis of the critical factors for successful implementation of TPM by AHP.** 2013. Dissertation (Master in Production Engineering) - Graduate Program in Production Engineering, Federal Technology University of Paraná. Ponta Grossa, 2013.

The TPM is a Continuous Improvement approach recognized for developing organizational strategies, process optimization and increased competitiveness. However, during its implementation many failures occur and the results do not occur as expected. To reduce these flaws, this study aims to present the Critical Success Factors (CSFs) in the implementation of TPM in a group of Brazilian companies winning the award TPM Awards. The FCS were identified through an exploratory research on cases of successful implementations. Once identified, these factors were prioritized by Analytic Hierarchy Process method (AHP), by experts in the TPM methodology. The analyzes clearly demonstrate that the success of TPM methodology depends heavily on the efforts of corporate managers, especially top management. Thus, the key elements that the management should focus on each of the four phases of the program are presented. This process can help managers to give emphasis on the FCS and identify what mistakes should be avoided to increase the chances of success of the TPM program.

Keywords: TPM. Continuous Improvement. Total Productive Maintenance. Critical Success Factors. Analytic Hierarchy Process (AHP).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Etapas para realização da Pesquisa	18
Figura 2: Empresas vencedoras do prêmio TPM Awards no Brasil	30
Figura 3: Dimensões do OEE Fonte: JIPM (2012)	33
Figura 4: Caracterização do OEE.....	34
Figura 5: Os Pilares da TPM	36
Figura 6: O processo de decisão multicritério.	65
Figura 7: Estrutura hierárquica básica.....	67
Figura 8: Matriz recíproca do método AHP.	68
Figura 9: Estrutura hierárquica do problema	72
Figura 10: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 1	81
Figura 11: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 2	83
Figura 12: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 3	85
Figura 13: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 4	86
Figura 14: Prioridades relativas dos FCS em relação ao programa TPM	88

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 A TPM NO CONTEXTO INDUSTRIAL	11
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.4 JUSTIFICATIVA.....	14
1.5 METODOLOGIA	17
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 WCM - WORLD CLASS MANUFACTURING	20
2.1.1 Componentes do WCM	20
2.1.2 Relação entre a TPM e o TQM com o Desempenho Empresarial.....	21
2.1.3 Relação da TQM e TPM com os Fatores Críticos de Sucesso.....	23
2.2 A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	25
2.2.1 Definição e Significados da TPM	25
2.2.2 Origem e Disseminação da TPM pelo Mundo	27
2.2.3 Objetivos da TPM	31
2.2.4 As Seis Grandes Perdas	31
2.2.5 OEE - Overall Equipment Effectiveness	32
2.2.6 Pilares de Sustentação da TPM	36
2.2.7 Manutenção Autônoma.....	40
2.2.8 Etapas de Implementação.....	41
2.2.9 Obstáculos da Implementação	43
2.2.10 Benefícios da TPM	45
2.3 FATORES CRITICOS DE SUCESSO DA TPM.....	46
2.3.1 Treinamento e Capacitação.....	49
2.3.2 Trabalho em Equipe	51
2.3.3 Planejamento e Preparação	52
2.3.4 Apoio da Gestão.....	53
2.3.5 Resistência a Mudança	56
2.3.6 Mudança de Cultura	57
2.3.7 Envolvimento dos Funcionários.....	59
2.3.8 Monitoramento dos Resultados	61
2.3.9 Comunicação.....	62
2.4 MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD).....	63
2.5 O MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA	66
3 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP	71
3.1 FASE 01 - ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA E A CONSTRUÇÃO DA HIERARQUIA.....	72

3.2	FASE 02 - A COLETA DE DADOS	73
3.3	FASE 03 - ELABORAÇÃO DAS MATRIZES DE COMPARAÇÃO.....	75
3.4	FASE 04 - CÁLCULO DA PRIORIDADE RELATIVA EM CADA FASE DA TPM 77	
3.5	FASE 05 - ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DAS OPINIÕES	78
	4 RESULTADOS E ANÁLISES.....	80
4.1	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 01 (PREPARAÇÃO)	80
4.2	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 02 (IMPLEMENTAÇÃO PRELIMINAR)	82
4.3	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 03 (IMPLEMENTAÇÃO DA TPM)	84
4.4	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 04 (CONSOLIDAÇÃO)	86
4.5	FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA AS QUATRO FASES	87
	5 CONCLUSÃO.....	91
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	93
	REFERÊNCIAS.....	94
	APÊNDICE A - CONVITE DA PESQUISA.....	103
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO NA FASE 01	105
	APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO NA FASE 02.....	107
	APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO NA FASE 03.....	109
	APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO NA FASE 04.....	111
	APÊNDICE F – EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 01	113
	APÊNDICE G - EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 02	116
	APÊNDICE H - EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 03.....	119
	APÊNDICE I - EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 04	122

1 INTRODUÇÃO

1.1 A TPM NO CONTEXTO INDUSTRIAL

Atualmente, as Organizações convivem em um ambiente de negócios muito turbulento, dinâmico e altamente desafiador. Onde a concorrência predatória e as rápidas inovações tecnológicas impõem uma enorme pressão sobre as organizações de manufatura em todo o mundo.

Desta forma, são forçadas a injetar grandes investimentos em inovações tecnológicas para aumentar a disponibilidade e otimizar o gerenciamento de seus custos. Os fatores envolvidos vão muito além dos custos e da disponibilidade, em que o atendimento ao cliente e a busca pela excelência em termos de qualidade, segurança e preservação do meio ambiente são requisitos básicos para a geração de forças competitivas (ETI *et al.*, 2004).

Para atender os desafios e exigências deste mercado altamente competitivo, se faz necessário a implementação de esforços de melhoria da produtividade dos processos produtivos. Neste sentido, as empresas devem promover a melhoria da gestão da qualidade e do desempenho em suas operações, em todos os aspectos.

Sendo assim, a melhoria contínua dos processos e produtos pode ser considerada como a base dos sistemas de produção baseados nos modelos de gestão, tornando-se um fator crucial para alcançar a excelência de desempenho de Produção Classe Mundial (WCM - *World Class Manufacturing*).

A melhoria contínua está associada ao conceito japonês do *kaizen*, que significa a busca constante por melhorias incrementais, ou seja, ocorrem continuamente e de forma gradual.

A partir deste conceito, a melhoria contínua se difundiu, ocupando um espaço significativo no gerenciamento das empresas, onde várias abordagens foram desenvolvidas. Os programas de melhoramento da qualidade são reconhecidos como poderosas armas na gestão dos processos produtivos, sendo largamente implementados com sucesso em muitas organizações.

Nas últimas décadas, a maioria das empresas modernas de manufatura já implementou pelo menos um programa de melhoria da qualidade (KONECNY e THUN, 2011). No entanto, os sistemas de manufatura em particular, na maioria das

vezes, funcionam abaixo de sua capacidade total (AHMED *et al.*, 2004; WANG e LEE, 2001; LJUNGBERG, 1998).

Para combater as perdas que ocorrem em um cenário altamente desafiador, as organizações dependem da implementação de várias estratégias, metodologias e ferramentas comprovadas. Estas práticas de produção voltadas para melhoria do desempenho mais disseminadas são: *Total Quality Management* (TQM), *Just-in-Time* (JIT) e a *Total Productive Maintenance* (TPM).

Dentro dos conceitos de melhoria contínua, a TPM têm sido reconhecida como uma estratégica consagrada, aumentando a eficácia dos meios de produção. A TPM é uma abordagem aceita para aumentar a competitividade e tem sido implementada com sucesso em muitas organizações.

Desta forma, a metodologia da TPM tem sido disseminada em todo o mundo, inclusive na indústria brasileira. Porém, o processo de implementação não é uma tarefa fácil, pois surgem inúmeras variáveis que contribuem para o insucesso do programa. Além do mais, a maioria da literatura disponível sobre a TPM é de origem japonesa e existe uma tendência da literatura em ressaltar a diferença entre a cultura japonesa e a cultura ocidental, o que torna o problema mais complexo.

Neste sentido, esta pesquisa procurou identificar os fatores críticos de sucesso (FCS) através da revisão da literatura disponível. Estes FCS foram investigados por especialistas em TPM de um grupo de seis empresas brasileiras que tem a metodologia da TPM consolidada e que foram certificadas pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*).

Para determinar o nível de importância relativa dos FCS foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) em cada uma das quatro fases da implantação da TPM. Desta forma, foi possível medir os potenciais de ocorrência dos FCS na implementação da TPM neste grupo de empresas brasileiras que tiveram excelência em práticas TPM, gerando uma base de conhecimentos que minimize os riscos de implantação da TPM em empresas ocidentais.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A implementação da TPM não é uma tarefa fácil e o número de empresas que implementaram o programa com sucesso é considerado pequeno. Mora (2002)

afirma que nos últimos anos muitas empresas tentaram implementar programas de TPM, mas menos de 10% destes projetos obtiveram sucesso. Esta alta taxa de insucesso demonstra que a TPM é um processo de difícil implementação em âmbito mundial (LJUNGBERG, 1998; COOKE, 2000).

Além disso, a maioria da literatura disponível sobre a TPM no ocidente é de origem japonesa. Ela é o resultado de uma grande experiência acumulada no Oriente por várias décadas. E esta teoria sobre a TPM parece não ser totalmente aplicável na Indústria ocidental na sua forma pura e que existe uma tendência da literatura em ressaltar esta diferença entre a cultura japonesa e a cultura ocidental.

Neste contexto, existe uma grande lacuna sobre os fatores de risco na implementação da TPM nas indústrias Ocidentais. Pois estas empresas não possuem no início da implementação os mesmos conceitos e tradições da cultura oriental que são fortemente enraizados na filosofia da TPM

É, portanto, crucial para uma implementação eficaz da TPM no ocidente, identificar e discutir seus fatores de risco. Eles serão fundamentais para aumentar as chances de sucesso na implementação da TPM e são conhecidos como Fatores Críticos de Sucesso (FCS).

A literatura tem apresentado alguns FCS relevantes na implementação da TPM. No entanto, estas pesquisas não tem destacado o grau de importância FCS em cada fase do processo de adoção da metodologia.

Dentro desta problemática, este trabalho tem como objetivo identificar e priorizar os FCS que influenciam em cada fase do processo da implementação TPM. Estes fatores permitem medir o seu potencial de ocorrência na implementação em empresas brasileiras que tiveram excelência em práticas TPM. Desta forma, esta base de conhecimentos poderá auxiliar os gestores a priorizar os fatores mais relevantes em cada fase. Este processo poderá melhorar a rentabilidade das empresas através do aumento da eficiência dos equipamentos com a participação de todos.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é criar um modelo para priorizar os Fatores Críticos de Sucesso que influenciam na implementação da Manutenção Produtiva Total (TPM) dentro de cada fase da metodologia.

Os objetivos específicos são:

- i. Levantamento do estado da arte do tema, a partir de uma revisão bibliográfica em inúmeras obras publicadas por pesquisadores acadêmicos (artigos de periódicos, livros e teses).
- ii. Identificar as relações da Manutenção Produtiva Total (TPM) com as metodologias de melhoria contínua.
- iii. Estabelecer a prioridade relativa dos FCS para cada fase do programa pelo método AHP.
- iv. Obter os julgamentos dos FCS por especialistas em TPM das empresas selecionadas.
- v. Analisar os resultados e identificar as ações que devem ser tomadas e quais erros devem ser evitados para garantir a implementação eficaz da TPM.

1.4 JUSTIFICATIVA

A TPM tem como elemento central a melhoria contínua, que aplica técnicas e ferramentas da qualidade para reduzir as avarias inesperadas das máquinas. Estas anomalias geram perdas que oneram em grandes prejuízos financeiros a rentabilidade das empresas. Gosavi (2006) afirma que estas perdas podem ultrapassar os milhões de dólares a cada ano, representando uma importância significativa no âmbito mundial.

No Brasil, o setor produtivo destaca-se na composição do Produto Interno Bruto, o que demonstra a relevância do estudo. Em 2012, a indústria da transformação foi responsável por 13,3% do PIB, segundo dados de 2012 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Essas afirmações são evidenciadas por uma pesquisa da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção), que afirma que as empresas estão gastando mais para ter seus equipamentos em ótimas condições de funcionamento. Esta

pesquisa ainda demonstra que o setor da manutenção movimentava valores próximos a 5% do PIB Brasileiro, o que significa cerca de US\$ 100 bilhões anuais. Para Lafraia (2011), se computarmos todos os gastos com todas as atividades relacionadas aos equipamentos, esses valores podem atingir 15% do PIB, possibilitando chegar aos US\$ 400 bilhões anuais.

Desta forma, é de suma importância identificar as razões por trás do fracasso dos programas da TPM nas organizações. Uma abordagem que pode apoiar esta tarefa é justamente a dos FCS. É comum definir-se FCS para diferentes funções organizacionais, como FCS de projeto, modelos de gestão, sistemas de informação, de marketing, entre outros.

Um grande número de pesquisas tem explorado e relatado os resultados da implementação da TPM em diversos países e segmentos industriais como, por exemplo, os trabalhos de Patterson *et al.* (1996), Ahuja e Khamba (2008), Adan e Geough (2000), Eti *et al.* (2004), McKone *et al.* (1999), Hatakeyama e Rodrigues (2006), Arca e Prado (2008), Carrijo (2008), Ireland e Dale (2006), Rajesh *et al.* (2012) e Tsang e Chan (2000).

De certa forma, todos estes trabalhos apresentam de forma direta, ou não, as características que favorecem para que um programa de TPM possa ser implementado com êxito. Sendo assim, é importante aprender com os erros e acertos de empresas que se esforçaram para aplicar estes conceitos. Estas experiências contribuem para a identificação dos fatores que interferem na implementação da metodologia com sucesso. Eles são conhecidos como fatores críticos de sucesso (FCS) e tem o objetivo de garantir uma alta probabilidade de sucesso na implementação. Cooke (2000) evidenciou a partir de seu estudo que a implementação da TPM não é uma tarefa fácil e torna-se oneroso por inúmeras barreiras organizacionais. Portanto, é crucial identificar e discutir os FCS's para uma implementação mais eficaz da metodologia dentro das organizações.

É justamente esse o ponto que motivou as pesquisas de Ahuja e Khamba (2007) e (2008). Eles realizaram uma pesquisa na Indústria indiana, identificando os FCS para a superação dos obstáculos e desafios na implementação das práticas da TPM. Estes estudos enfatizam o compromisso da alta administração e envolvimento dos operadores e manutentores. Cooke (2000) também defende estes fatores e acrescenta a mais importante em seu ponto de vista, a mudança de atitude

de todos. Hatakeyama e Rodrigues (2006) analisaram as causas do insucesso na implementação da TPM e concluíram que existem várias barreiras organizacionais, principalmente relacionadas aos fatores humanos. Em uma pesquisa mais recente Langeland (2012) pesquisou a autonomia das equipes da manutenção em um programa de TPM e seus resultados também apontam para esta direção.

Davis e Willmott (1999) recomendam dois fatores que contribuem significativamente para implementação. No primeiro, sugerem uma abordagem estruturada que utiliza uma série de ferramentas e técnicas para aumentar a eficácia dos equipamentos de produção e medir o seu desempenho. O segundo refere-se a uma filosofia de incentivo à capacitação para todos os funcionários. Park e Han (2001) também têm enfatizado sobre duas questões importantes que a implementação deste programa. Uma sugere que no processo de adoção da TPM é necessário estabelecer um planejamento relacionado com a estratégia da empresa. A outra enfatiza que a aplicação dos aspectos operacionais da TPM, sem considerar os da metodologia, não garante o sucesso do programa.

McKone *et al.* (1999) sugere medidas de curto prazo para facilitar a implementação da TPM em uma planta, como limpeza, treinamento, desenvolvimento rápido da manutenção autônoma e o controle de informações para a manutenção planejada. Swanson (1997) recomenda quatro componentes chave: a formação dos trabalhadores, o envolvimento do operador, a formação de equipes e a manutenção preventiva. Bamber *et al.* (1999) pesquisou os fatores que afetam o sucesso da implementação da TPM nas pequenas e médias empresas (PME) no Reino Unido. Este estudo apresenta recomendações para superar as barreiras e melhorar o desenvolvimento do programa, que incluem: o alinhamento das estratégias com a missão da empresa, melhorar a organização existente, o envolvimento de pessoas, estabelecimento de um plano de implementação, foco no conhecimento, alocação de tempo para a implementação, estabelecimento de medidas de desempenho, compromisso da gestão e a motivação de todos.

Eti *et al.* (2004) analisaram algumas empresas que implementarem a TPM na Nigéria e concluíram que os empregados devem estar devidamente treinados e completamente comprometidos como programa. Eles sugerem a auto auditoria e benchmarking como pré-requisitos desejáveis para a implementação da TPM. Tsang e Chan (2000) também revelaram em seu estudo alguns fatores importantes,

para a aplicação da TPM no contexto chinês: a liderança, o envolvimento, treinamento, planejamento estratégico e a comunicação.

Desta forma, esta pesquisa pode contribuir a disseminar os FCS nas organizações ocidentais, que ainda são pouco explorados. Além do mais, poderá apoiar os profissionais envolvidos para superar obstáculos e garantir a implementação da TPM com sucesso.

1.5 METODOLOGIA

Do ponto de vista de seus objetivos, esta pesquisa é caracterizada como exploratória, que visa promover um maior conhecimento e familiaridade sobre os FCS relacionados ao êxito na aplicação das técnicas da TPM. Esta pesquisa pode ser classificada segundo a sua natureza, como aplicada. A maneira da abordagem do problema é quantitativa, pois objetiva traduzir em números as opiniões coletadas, para classificá-las e analisá-las (GIL, 2002). Abaixo se descreve os procedimentos metodológicos adotados para conduzir o processo de investigação desta pesquisa. Esta metodologia serviu de guia para alcançar os objetivos propostos e suas etapas são demonstradas na Figura 1.

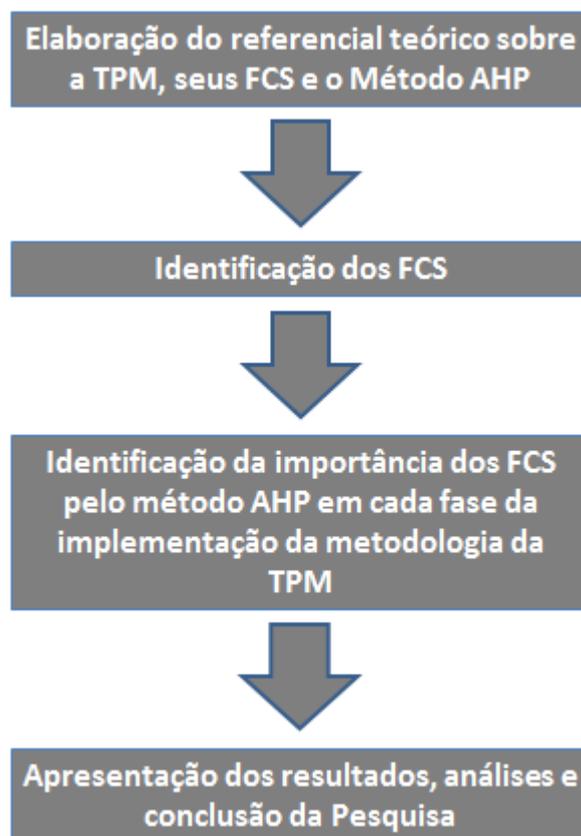


Figura 1: Etapas para realização da Pesquisa
Fonte: Autoria própria (2013)

Na primeira etapa foi realizada uma Revisão da Literatura. Esta revisão teórica teve por objetivo levantar o “estado da arte” sobre os aspectos relevantes da metodologia da TPM, identificando as principais barreiras e lacunas existentes. Além do embasamento teórico sobre os métodos de decisão multicritério, mais especificamente o método AHP. Este procedimento de investigação foi conduzido por uma revisão em inúmeras obras publicadas por pesquisadores acadêmicos e teve por objetivo identificar experiências e estudos de caso bem sucedidos. A partir da análise bibliográfica disponível pode-se identificar, fundamentar e discutir os Fatores Críticos de Sucesso para a Implementação da TPM.

Na segunda etapa foi aplicado um questionário a um grupo de gestores de programas da TPM de seis Empresas vencedoras do prêmio TPM Award. Este prêmio é concedido pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* - JIPM às empresas que se destacam na aplicação da metodologia e atingiram excelentes resultados.

Por questões de confidencialidade de informações, as seis empresas pesquisadas são tratadas conforme a tabela abaixo. Estas empresas foram selecionadas por serem consideradas referência na implementação da TPM em

âmbito nacional e também porque consolidaram a metodologia através das quatro fases propostas pelo JIPM.

Tabela 1 - Perfil das organizações pesquisadas

Empresa	Tipo da Empresa
1	Alimentos
2	Embalagem
3	Papel e Celulose
4	Usina
5	Bens de Consumo
6	Bebidas

Os dados coletados pelo questionário foram manipulados matematicamente pelo Método AHP. Ele serviu para determinar o nível de importância relativa dos FCS em cada fase da implantação da TPM. Desta forma, chegou-se ao resultado representativo do grupo, possibilitando demonstrar os valores das prioridades relativas dos fatores críticos de sucesso para a implementação da TPM, assim como todas as conclusões sobre a pesquisa.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Incluindo a introdução, esta dissertação é composta por cinco capítulos.

No capítulo 1 é contextualizado a Manutenção Produtiva Total (TPM) na indústria, apresentado o problema desta pesquisa, seus objetivos, as suas justificativas, os procedimentos metodológicos e a estrutura.

No capítulo 2 é realizada toda fundamentação teórica para desenvolvimento do trabalho, descrevendo todos os conceitos relacionados com a Manutenção Produtiva Total, os FCS da TPM, e o modelo de decisão multicritério empregado na pesquisa.

No capítulo 3 são apresentadas as formas como foram utilizados os métodos e as justificativas de utilização da proposta.

No capítulo 4 são apresentados os resultados e as análises realizadas nos dados dos questionários.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões do trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 WCM - WORLD CLASS MANUFACTURING

As tendências competitivas atuais forçam as empresas a buscar alternativas para melhorar a rentabilidade de seu negócio, em termos de qualidade, preço, entrega, velocidade, disponibilidade, segurança e inovação. Para conseguir a melhoria do desempenho nestes requisitos é necessário incorporar um conjunto explícito de métodos e estratégias (KEDAR *et al.*, 2008).

Neste contexto desafiador, o WCM - *World Class Manufacturing* emerge como um processo que as organizações devem enfrentar e é um resultado direto da globalização (AHUJA e KHAMBA, 2008). O WCM é um conceito utilizado para aumentar a competitividade das empresas em seu ramo de atuação. Desta forma, o WCM refere-se a uma busca pela melhoria contínua da qualidade para atingir satisfação do cliente, ou seja, ocorre nas empresas que demonstrem as melhores práticas (KHOLOPANE, 1999).

McKone *et al.* (2001) e Carrijo (2008) defendem que para atingir o status de WCM devem utilizar estas práticas continuamente. Ahmed *et al.* (2004) complementam que a aplicação destes programas de melhoria não deve ser apenas incidental ou para o momento.

2.1.1 Componentes do WCM

.As três principais metodologias de melhoria contínua que são consideradas componentes do WCM são: *Just-in-Time* (JIT); *Total Quality Management* (TQM) e a *Total Productive Maintenance* (TPM) (SCHONBERGER, 1986; MCKONE *et al.*, 1999).

O JIT é uma técnica que tem o objetivo de reduzir continuamente o desperdício através do estabelecimento de procedimentos durante todo o processo de produção envolvendo a força de trabalho (ETI *et al.*, 2004). Porém, Friedli *et al.* (2010) afirma que a maior parte das empresas estão investindo na eficácia (TQM e TPM), ao invés de focar na eficiência (JIT). Sob o mesmo ponto de vista, Konecny e Thun, (2011) afirmam que ao longo das últimas décadas, a TQM e a TPM tornaram-se os conceitos de melhoria contínua mais aceitos para melhorar a rentabilidade e atingir o *status* de WCM.

A TQM é uma abordagem que visa melhorar a qualidade e o desempenho organizacional para satisfazer ou exceder as expectativas dos clientes. Isto pode ser alcançado através da integração de todas as funções e processos da empresa em prol da qualidade (KAUR *et al.*, 2013). Em outras palavras, a TQM tem como ponto central a melhoria contínua de produtos e processos para melhor satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes (KEDAR *et al.*, 2008, KONECNY e THUN, 2011; OPRIME *et al.*, 2011). Já Ahuja e Khamba (2008) afirmam que ela centra-se na capacitação dos funcionários para melhorar a qualidade do produto. Desta forma, o TQM é considerado como uma abordagem holística, que procura transformar a cultura e a estrutura da organização em um compromisso total com a qualidade (HANSSON *et al.*, 2003).

Já a TPM é uma abordagem inovadora para manutenção da planta que é complementar a outras estratégias de WCM (SCHONBERGER, 1986; CUA *et al.*, 2001). É uma técnica direcionada para melhorar a competitividade das empresas com ênfase sobre as instalações, objetivando maximizar a produtividade dos equipamentos. Ela possibilita mudar a mentalidade dos funcionários, possibilitando uma alteração visível na cultura de trabalho das organizações (NAKAJIMA, 1988). Além disso, ajuda a melhorar a disponibilidade, confiabilidade, qualidade e o custo em seus ativos, sem a necessidade de grandes investimentos (AHUJA e SINGH, 2012).

A TPM é considerada como componente fundamental *World Class Manufacturing* (CHAND e SHIRVANI, 2000). Ela pode ser a alternativa gerencial que impedirá o fracasso de uma organização (ETI *et al.*, 2004). Suzuki (1994) ainda complementa: se WCM é um destino, então Manufatura Produtiva Total é um veículo, que deverá conduzir as empresas até ele.

2.1.2 Relação entre a TPM e o TQM com o Desempenho Empresarial

O objetivo central da TPM é aumentar a rentabilidade das empresas através do aumento da eficiência dos equipamentos com a participação de todos os funcionários. Já o objetivo principal do TQM é gerar qualidade do produto para melhorar o desempenho da empresa (KAUR *et al.*, 2013). Desta forma, o TQM e a

TPM têm objetivos básicos muito semelhantes, como a redução de desperdícios com a participação de todos os funcionários (CUA *et al.*, 2001; KONECNY e THUN, 2011).

Além do mais, essas práticas podem formar um conjunto abrangente e consistente de boas práticas de fabricação voltadas para um melhor desempenho produtivo (CUA *et al.*, 2001). A aplicação combinada destas técnicas traz melhorias significativas (SETH e TRIPATHI, 2005). Por isso, muitas organizações devem considerar a aplicação simultânea destes programas, com o intuito de alcançar efeitos sinérgicos (KAUR *et al.*, 2013).

Park e Han (2001) e Arca e Prado (2008) complementam que a TPM é uma abordagem quase sempre compatível com outros modelos de melhoria contínua e que sua implementação não deve ser considerada de forma isolada. Ela deve estar sincronizada com os outros programas de melhoria em uma empresa. Nesta mesma linha, Oprime *et al.* (2010) afirmam que a TPM pode ser considerada parte do TQM, e que seus métodos e técnicas têm as mesmas características. Cooke (2000) também defende que a TQM e a TPM têm muitos pontos em comum, e cita como exemplo o envolvimento dos trabalhadores, a abordagem multifuncional e a melhoria contínua.

A TPM fornece uma solução eficaz para a manutenção dos equipamentos, em resposta às necessidades do TQM (HANSSON *et al.*, 2003). Neste sentido, Dale (1993) afirma que a estratégia TPM é considerada como um controlador adicional, que é complementar ao TQM, ou seja, a TQM forma subconjunto muito importante para a introdução dos conceitos da TPM.

A relação entre as estratégias proativas da TPM e do TQM podem auxiliar as empresas para alcançar resultados rápidos e de forma sustentável (MCKONE *et al.* 2001; AHUJA e KHAMBA, 2008). Nesse processo de adoção, Labib (1999) faz uma interessante analogia, em que estes programas possibilitam a obtenção de um bom cérebro (TQM) com poderosos músculos (TPM).

Estas relações foram exaustivamente discutidas na literatura e demonstram que os programas TQM e TPM estão intimamente ligados (KONECNY e THUN 2011; OPRIME *et al.*, 2010; BRAH e CHONG, 2004; WANG e LEE, 2001; SETH e TRIPATHI, 2005; YAMASHINA, 2000; LAZIM *et al.*, 2008; CUA *et al.*, 2001) e que

podem ser implementados individualmente ou simultaneamente (MCKONE *et al.*, 1999; OPRIME *et al.*, 2010).

Alguns estudos apontam que o processo de Melhoria Contínua pode ser implementado com sucesso como um programa independente (OPRIME *et al.*, 2010; MARIN GARCIA *et al.*, 2008). No entanto, ao aplicar simultaneamente o TPM e TQM, um conjunto abrangente e consistente de boas práticas pode surgir para melhorar o desempenho da empresa (KONECNY e THUN, 2011). Esta implementação simultânea não garante um desempenho superior. Sun *et al.* (2003) não recomenda que TQM e TPM sejam implementados em paralelo, pois irá confundir as pessoas e será um fardo para os administradores e empregados.

Adan e Geough (2000) estabelecem uma sequência temporal de implantação, em que o TQM deve ser implementado antes da TPM. Em razão disso, McKone *et al.* (1999) acreditam que as empresas que possuem um Programa de TQM estruturado são mais propensas a desenvolver um programa TPM. Em contraste, Konecny e Thun (2011) e Oprime *et al.* (2010) afirmam que não é necessário começar com o TQM antes da TPM.

Sendo assim, estes programas de gestão da Manufatura Classe Mundial não devem não ser avaliados de forma isolada (MCKONE *et al.*, 2001; ARCA e PRADO, 2008). Além disso, os resultados da maioria das pesquisas que relatam experiências da implantação da metodologia TPM consideram que a sua integração com outros programas é benéfico ao sistema produtivo. Desta forma, o TPM forma um componente fundamental, que prepara as empresas para enfrentar os desafios do mercado e se consagrar como manufatura de classe mundial (WCM) (SHARMA *et al.*, 2006; CHAND e SHIRVANI, 2000).

2.1.3 Relação da TQM e TPM com os Fatores Críticos de Sucesso

Existem várias pesquisas em todo o mundo que objetivam identificar os fatores críticos de sucesso (FCS) para implementação das metodologias de melhoria contínua. No entanto, muitas vezes esses relatos são semelhantes para ambas às metodologias (TQM e TPM).

Para o TQM, Lau e Idris (2001) citam a organização dos dados e informações como um dos principais FCS. Anderson e Sohal (1999) identificaram a liderança, foco no cliente, ineficiência dos sistemas de qualidade e a falta disponibilidade de informação. Jiju *et al.* (2002) fez uma pesquisa em Hong Kong e identificou oito fatores críticos, que podem ser organizadas em uma hierarquia de importância, mas o comportamento da gestão é o fator mais importante. Sun (2003) também relatara a importância da liderança e ainda reforça a atenção sobre os recursos humanos em práticas de gestão da qualidade.

Desta forma, existem vários estudos que descrevem os fatores críticos de sucesso da TPM. Cooke (2000) evidenciou a partir de seu estudo que a implementação da TPM torna-se onerosa por inúmeras barreiras organizacionais. Eti *et al.* (2004) concluíram que os empregados devem ser devidamente treinados e estar completamente comprometidos com o programa.

Tsang e Chan (2000) também revelaram em seu estudo alguns fatores importantes para a aplicação da TPM no contexto chinês: a liderança, o envolvimento, treinamento, planejamento estratégico e a comunicação. Davis e Willmott (1999) recomendam uma política de incentivo à capacitação para todos os funcionários. Hatakeyama e Rodrigues (2006) analisaram as causas do insucesso na implementação da TPM e revelam que os fatores humanos exercem forte influência.

A relação da TQM e TPM com os FCS também tem sido relatada pela literatura. No estudo de Seth e Tripathi (2005) foi examinado a relação entre os fatores críticos que influenciam a implementação em três abordagens: implementação isolada da TQM; implementação isolada da TPM e a implementação simultânea da TPM com a TQM. Essa pesquisa identificou que a gestão dos processos, o planejamento estratégico, a gestão dos equipamentos e o foco na satisfação do cliente afetam de forma positiva a implementação dos programas. Davis e Willmott (1999) e Ahuja e Khamba (2008) afirmam que a capacitação e incentivo ao pessoal em todas as áreas da organização devem ser previstos por estas filosofias, além disso, os investimentos também se tornam componentes críticos (MCKONE *et al.*, 1999). Cua *et al.* (2001) citam alguns FCS em comum dos programas, como o comprometimento da liderança, planejamento estratégico, treinamento e envolvimento dos funcionários. A pesquisa de Seth e Tripathi (2005)

identificam dois conjuntos de fatores que são críticos para o aumento da eficácia da TQM e TPM:

- Fatores universais para as abordagens, como o processo de liderança, a gestão e o planejamento estratégico;
- Uma abordagem específica da gestão de equipamentos e o foco na satisfação do cliente.

Arca e Prado (2008) defendem que a dificuldade na implementação do programa TPM (como parte da política TQM) é causada, entre outros fatores, pela complexidade da obtenção do compromisso e o envolvimento do pessoal afetado. Sob o mesmo ponto de vista, Jostes e Helms (1994) afirmam que o ingrediente chave para o sucesso nestes programas é o envolvimento do trabalhador. O verdadeiro poder, tanto na TPM e TQM está no aproveitamento do conhecimento e da experiência de todos os trabalhadores para gerar ideias e contribuir para as metas e objetivos da empresa.

Como apontado por vários pesquisadores, pode-se evidenciar que o envolvimento das pessoas é considerado um FCS para ambos os programas (MCKONE *et al.* 1999; KONECNY e THUN, 2011; PARK e HAN, 2001). No entanto, Konecny e Thun (2011) sugerem que mais pesquisas devem ser realizadas para identificar os FCS que ocorrem na implementação de conceitos de qualidade como TQM ou TPM.

2.2 A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

2.2.1 Definição e Significados da TPM

Na literatura atual, existem inúmeras definições disponíveis para descrever os conceitos da TPM. Entretanto Seichii Nakajima (1988), o criador da metodologia, estabeleceu em sua definição original como um sistema de manutenção dos equipamentos executado por todos os funcionários, através de suas próprias iniciativas e em toda a empresa.

Nakajima (1988) e o JIPM (*Japão Institute for Plant Maintenance*), que promove a disseminação da TPM no mundo, também definem conceito através de cinco elementos:

- 1- A TPM objetiva maximizar a eficácia do equipamento.
- 2- A TPM estabelece a estratégia da Manutenção Planejada para maximizar o ciclo de vida do equipamento.
- 3- A TPM é implementada através do envolvimento de vários departamentos de uma empresa.
- 4- A TPM envolve cada funcionário, em todos os departamentos e níveis da empresa, inclusive a alta administração.
- 5- A TPM é uma estratégia que tem o objetivo de promover a melhoria por grupos autônomos.

Patra *et al.* (2005) e Chan *et al.*, (2005) definem a metodologia através de sua sigla TPM, que significa:

- Manutenção: Significa manter o homem, a máquina e os materiais em suas condições ideais.
- Produtiva: Realça a utilização eficiente e eficaz de todos os recursos.
- Total: Significa o envolvimento Total das pessoas em todas as funções e em todos os níveis hierárquicos.

Além disso, a TPM pode ser definida como uma abordagem inovadora e complementar a outras estratégias de melhoria contínua, como o TQM e o JIT, que possibilita alcançar uma rápida melhora dos processos, envolvendo e capacitando todos os funcionários num fluxo contínuo de melhoria da qualidade (NAKAJIMA, 1988; KONECNY e THUN, 2011; AHUJA e KHAMBA, 2008; MCKONE *et al.*, 2001).

Em outras palavras, pode ser definido como uma metodologia de gerenciamento da produção que identifica e elimina as perdas, maximizando a eficácia dos equipamentos. Ainda mais, promove uma cultura que explora o talento e as habilidades de todos os indivíduos, pela formação de pequenos grupos de trabalho em toda a organização (PATTERSON *et al.*, 1996; AHUJA e KHAMBA, 2008; SHARMA *et al.*, 2006; LJUNGBERG, 1998; CARRIJO 2008; ETI *et al.*, 2004).

Sendo assim, os princípios desta filosofia estão fundados na otimização dos recursos humanos e dos equipamentos. Quanto aos recursos humanos a TPM é direcionado a explorar plenamente as capacidades intelectuais de seus funcionários. Já para os equipamentos, reduz a ocorrência de avarias inesperadas das máquinas que interrompem a produção (AHUJA e KHAMBA, 2008; GOSAVI, 2006; PARK e HAN, 2001).

A TPM estabelece uma relação sinérgica entre todos os setores organizacionais, mais particularmente entre produção e a manutenção, para promover a melhoria contínua de todo o processo produtivo (CHAN *et al.*, 2005; AHUJA e KHAMBA, 2008; PARK e HAN, 2001). A ideia principal da TPM é aproximar a manutenção e a produção, para que trabalhem em conjunto, através de atividades desenvolvidas por pequenos grupos em que todos os membros participam, reduzindo o desperdício, minimizando o tempo ocioso e melhorando a qualidade do produto final (CHAN *et al.*, 2005, LABIB, 1999; ETI *et al.*, 2004).

Desta forma, esta iniciativa de gestão tem sido amplamente empregada com sucesso na indústria, sendo indispensável para atender às demandas dos clientes em termos de qualidade, preço e prazos de entrega (AHUJA e KHAMBA, 2008; GOSAVI, 2006; BRAH e CHONG; 2004). Vários pesquisadores demonstram em seus estudos a importância da implementação da TPM nas Organizações (TSANG e CHAN, 2000; FERRARI *et al.*, 2002; TSAROUHAS, 2007; AHUJA e KHAMBA, 2007; BRAH e CHONG, 2004; SETH e TRIPATHI, 2005; LAZIM e RAMAYAH, 2010; SHARMA *et al.*; 2006).

2.2.2 Origem e Disseminação da TPM pelo mundo

Segundo Nakajima (1988) e Ahuja e Khamba (2008), os Estados Unidos desempenharam um papel de destaque na inovação tecnológica e na manutenção dos equipamentos. Eles foram os primeiros a adotar a manutenção preventiva, que evoluiu para técnicas de Prevenção da Manutenção e a Engenharia de Manutenção. O Japão desenvolveu todos estes conhecimentos e a partir de 1971, a empresa Japonesa Nippon Denso Co do Grupo Toyota foi à primeira empresa a implantar o programa da TPM com sucesso. Esta empresa recebeu a premiação do TPM Awards, em reconhecimento a suas boas práticas de manutenção. Este prêmio foi criado pelo JIPM - *Japan Institute of Plant Maintenance* e marcou o início de um modelo referencial de utilização dos conceitos da TPM.

O sistema de premiação TPM Awards tem a função de garantir a aplicação correta dos conceitos da TPM e ainda possibilitar as organizações de atingir o status de WCM. Estes prêmios são concedidos anualmente às empresas que demonstrarem consistência metodológica e a consolidação do processo de

implementação da TPM. Para se candidatar ao prêmio as empresas devem elaborar um relatório, que será avaliado por um comitê. Se este relatório receber uma boa pontuação, a empresa pode ser submetida a uma avaliação no local por especialistas (KEDAR et al., 2008). Normalmente, após três anos e meio da introdução da TPM consegue-se atingir estes resultados e concorrer ao prêmio TPM Award do JIPM (WANG e LEE, 2001; NAKAJIMA, 1988).

Para candidatar-se a esse processo de certificação as empresas devem possuir alguns requisitos para cada categoria, conforme especificado abaixo (JIPM, 2013):

1) Award for TPM Excellence, Category B - Para concorrer a este prêmio, a empresa deve atender a alguns pré-requisitos: mínimo de dois anos de atividades da metodologia, ter implementado os cinco pilares básicos, ter concluído o 4º passo da manutenção autônoma e ter desenvolvido a infraestrutura para as atividades da TPM com resultados tangíveis e intangíveis.

2) Award for TPM Excellence, Category A - Para serem candidatas a este prêmio, as empresas devem cumprir os seguintes requisitos: mínimo três anos de atividades da metodologia, ter implementado os oito pilares do programa, ter concluído o 4º passo da manutenção autônoma e ter desenvolvido a infraestrutura para as atividades da TPM com resultados tangíveis e intangíveis.

3) Award for Excellence in Consistent TPM Commitment - Podem ser candidatas as empresas que: receberam o Award for TPM Excellence (Categoria A ou B), possuem cerca de 2 anos de atividades da TPM após ter recebido o Prêmio de TPM Excellence, ter implementado os oito pilares do programa, deve ter mantido ou de preferência, melhorado os resultados obtidos na premiação da TPM Excellence e ainda tenha implementado medidas para a sua manutenção e continuação.

4) Special Award for TPM Achievement – Para se candidatarem a este prêmio, as empresas devem possuir: mínimo de 2 anos de atividade após a conquista do Award for Excellence in Consistent TPM Commitment, ter implementado os oito pilares do programa, ter mantido ou melhorado os resultados obtidos no Award for Excellence in Consistent TPM Commitment e ainda implementado atividades distintas e revolucionárias.

5) Advanced Special Award for TPM Achievement - Para atingir esta premiação a empresa deve: ter um mínimo de 2 anos de atividades depois de receber o Special

Award for TPM Achievement com atividades baseadas nos oito pilares e ainda demonstrar uma melhora significativa nos resultados. Deve estabelecer itens importantes, por exemplo: Gestão (manutenção da produção, manutenção da qualidade, meio ambiente, manutenção dos ativos, redução de custos, etc.), Desenvolvimento do Supply Chain Management, novos produtos, novas instalações, etc., e outros critérios que são determinados de forma independente, de acordo com a categoria de negócios da empresa a ser avaliada.

6) Award for World-class TPM Achievement – Podem se candidatar as empresas que tiverem um mínimo de 2 anos de atividade de implantação com base em oito pilares da TPM, depois de receber o Special Award for TPM Achievement ou o Advanced Special Award for TPM Achievement, também devem ter implantado atividades TPM distintas e criativas e ainda demonstrar os resultados.

Desta forma, o Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) e seus critérios de premiação da TPM Awards julgaram e certificaram cerca de 2000 plantas em todo mundo (JIPM, 2013). No Brasil, os conceitos da TPM foram introduzidos a partir de 1986. E a sua implementação esta sendo impulsionada por empresas multinacionais, através de modelos adotados globalmente (CARRIJO, 2008). No ano de 1995, a Pirelli Cabos, Unidade de Cerquilha (SP) foi a primeira empresa brasileira que se candidatou ao Prêmio TPM Awards-JIPM (CARRIJO, 2008). A figura 02 apresenta a evolução das empresas premiadas pelo JIPM no Brasil nos últimos dez anos.

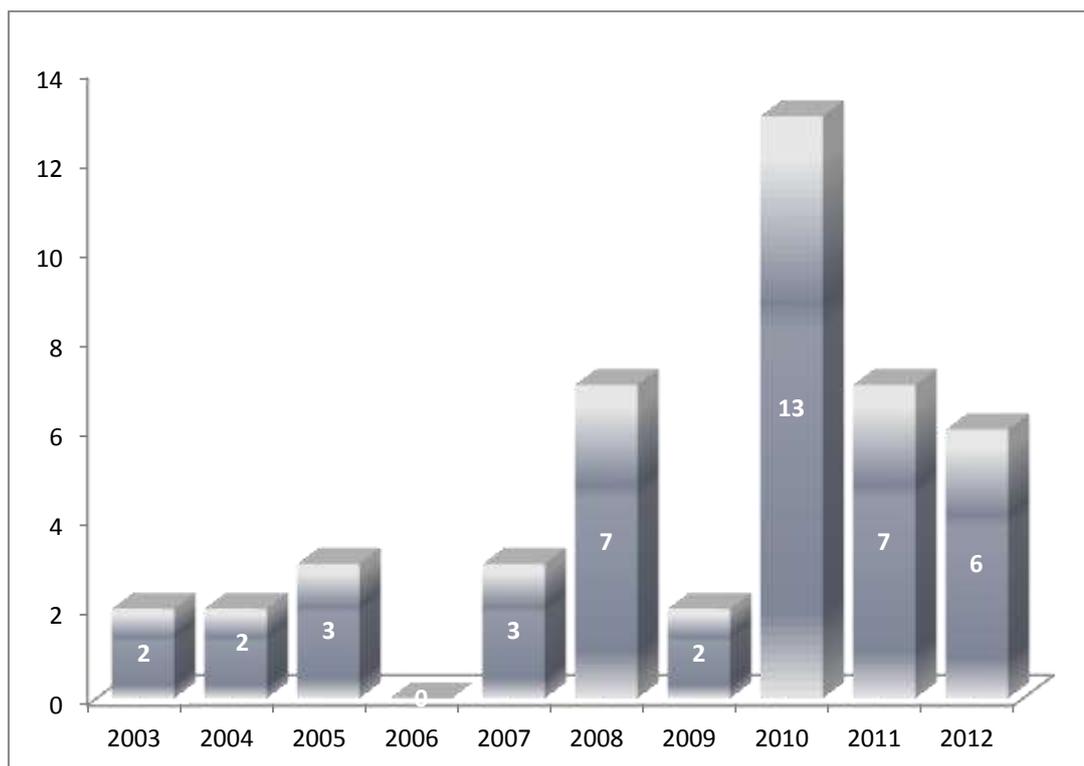


Figura 2: Empresas vencedoras do prêmio TPM Awards no Brasil
Fonte: JIPM (2013)

Este a implementação da TPM incentiva a busca de patamares de excelência nas diversas áreas organizacionais (CARRIJO, 2008). Desta forma, as empresas encontram no processo premiação do JIPM uma certificação para garantir a aplicação correta da metodologia TPM e atingir o status do WCM. Além do mais, estimula as organizações a reforçar o processo de melhoria de seus processos, contribuindo para a otimização e o desenvolvimento de tecnologias, garantindo assim, a rentabilidade e competitividade em seu ramo de atuação.

. Atualmente, a TPM vem sendo disseminado por pesquisadores em todo o mundo. Por exemplo, Ahuja e Khamba (2008) e Seth e Tripathi, (2005) na indústria Indiana; Sun *et al.*, (2003) e Tsang e Chan, (2000) na China; Friedli *et al.*, (2010) na Suíça; Eti *et al.*, (2004) em empresas na Nigéria; Shamsuddin *et al.*, (2004) na Malásia; Van Der Wal e Lynn, (2002) na África do Sul; Ferarri *et al.*, (2002) na Itália; Graisa e Al-Habaibeh, (2011) na Líbia; e Hatakeyama e Rodrigues, (2006) no Brasil.

Sua concepção original faz referência aos conceitos pragmáticos da manutenção autônoma, sendo sustentado por oito Pilares e implementado em 12 fases (GONZÁLEZ, 2006; TSAROUHAS, 2007; LJUNGBERG, 1998), que serão detalhados nos capítulos posteriores.

2.2.3 Objetivos da TPM

Para vários autores (NOON *et al.*, 2000; AHUJA e KHAMBA, 2008; ETI *et al.*, 2004), existem três principais objetivos da TPM: zero defeitos, zero acidentes e zero quebras.

Para Nakajima (1988), os objetivos da TPM são:

- Aumento da confiabilidade dos equipamentos.
- Eliminação das quebras.
- Melhorias dos índices de disponibilidade das máquinas.
- Garantia da qualidade dos produtos.
- Melhoria da produtividade e competitividade.

Para Labib (1999), o principal objetivo de um programa de TPM é fazer com que os manutentores e os operários da produção trabalhem juntos, em prol do bom funcionamento dos equipamentos. Outro objetivo da TPM, no que diz respeito ao equipamento, é de aumentar a sua eficácia ao máximo e mantê-lo nesse nível. Isto pode ser conseguido através da compreensão das perdas e dos meios para eliminá-las (BEN-DAYA e DUFFUAA, 1995). Além disso, conforme Schippers (2001), a TPM objetiva reduzir e controlar a variação nos processos e equipamentos.

Em outras palavras, a TPM tem o objetivo de atingir um sistema de produção confiável, com a redução de resíduos e anomalias nos processos. Melhorando continuamente o sistema de produção, para atingir o máximo de eficácia no processo e manter os equipamentos em suas condições ideais (PARK e HAN, 2001; AHUJA e KHAMBA, 2008; KONECNY e THUN, 2011; CHAND e SHIRVANI, 2000).

2.2.4 As Seis Grandes Perdas

Como já mencionado anteriormente, as atividades da TPM concentram-se ao redor dos equipamentos, através do aumento de sua eficiência, ou seja, atingindo sua máxima potencialidade operacional. Isso só é possível através da redução e eliminação de suas perdas. Estas falhas ocasionam a redução da quantidade de produtos e aumentam a incidência de defeitos. Nakajima (1988) caracterizou estas perdas dos equipamentos em seis categorias:

1. Perdas por quebras: estas perdas ocorrem devido às falhas esporádicas do equipamento, elas são acompanhadas de perdas de tempo (declínio da produção) e as perdas de volume (ocorrência de defeitos).
2. Perdas de ajuste: referem-se as perdas devido ao *set-up*, ou seja, ajustes e configurações no equipamento para a correção de parâmetros operacionais ou para a produção de um novo item.
3. Pequenas paradas: ocorrem quando a produção é interrompida por um mau funcionamento temporário, em pequenos intervalos de tempo.
4. Perdas de velocidade: São perdas que ocorrem quando a velocidade do equipamento é relativamente lenta e esta associada a especificação da velocidade do equipamento pelo fabricante.
5. Defeitos e retrabalho: são oriundas das perdas de volume e ao retrabalho, ou seja, é o tempo necessário para reparar defeitos em produtos.
6. Perdas por *Start-up*: são perdas de arranque, que são caracterizadas pelo tempo e volume desperdiçados com o início de operação até a estabilização do processo.

Tsarouhas (2007) e Sharma *et al.* (2006) afirmam que a quantificação destas perdas é um requisito importante no processo de melhoria contínua. Neste sentido, estas seis perdas são combinadas em uma medida global de eficácia dos equipamentos, conhecida como *Overall equipment effectiveness* (OEE).

2.2.5 OEE - Overall Equipment Effectiveness

A implementação da TPM só poderá ter sucesso, se proporcionar o tempo necessário para monitorar o sucesso ou fracasso de todas as iniciativas de melhoria que surgirem (ETI *et al.*, 2004). Neste sentido, o OEE é considerado como indicador chave para medir o sucesso do programa de implementação da TPM (JEONG e PHILLIPS, 2001; AHUJA e KHAMBA, 2007). Sendo assim, a maximização do OEE se torna o objetivo principal da TPM, que se estabelece como uma referência neste modelo de gestão (WAEYENBERGH e PINTELON, 2002; TSAROUHAS, 2007).

Ele vem sendo considerado como uma ferramenta quantitativa crucial para medir a produtividade e o sucesso nas empresas de manufatura (CHAND e SHIRVANI, 2000; SAMUEL *et al.*, 2002). Ahuja e Khamba (2008) afirmam que a

utilização do OEE pode ajudar uma organização a focar nos parâmetros críticos através do monitoramento de seus resultados.

A função do OEE vai muito além da tarefa de monitorar e controlar o desempenho de um sistema. (AHUJA e KHAMBA, 2008b). Ele é um elemento central para a formulação e execução de uma estratégia de melhoria da TPM (LJUNGBERG, 1998; AHUJA e KHAMBA, 2008). Além disso, fornece um método sistemático para o estabelecimento de metas de produção. Ele incorpora ferramentas e técnicas de gestão para alcançar uma visão equilibrada do processo, como: o desempenho, a disponibilidade, a eficiência e a taxa de qualidade (AHUJA e KHAMBA, 2008; BULENT *et al.*, 2000).

Sob o mesmo ponto de vista, vários autores (ROSA, 2006; LJUNGBERG, 1998; TSAROUHAS, 2007; SHARMA *et al.*, 2006) estabelecem o OEE como um percentual de rendimento. Este valor emerge da relação entre o volume produzido e a capacidade de produção de um equipamento ou sistema, considerando um determinado período de tempo e um ambiente com três dimensões de eficácia, conforme apresentado na figura 03 abaixo.

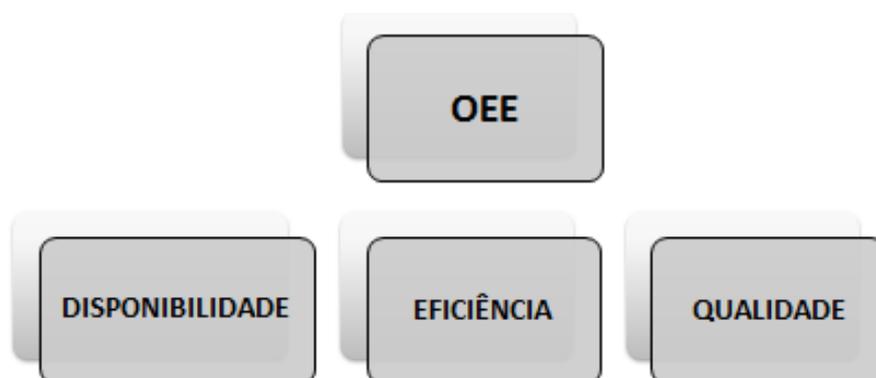


Figura 3: Dimensões do OEE
Fonte: JIPM (2012)

Esta divisão fornece uma estrutura destinada a facilitar a avaliação e a identificação das perdas que são geradas pela operação, manutenção dos equipamentos e a gestão dos recursos disponíveis no processo produtivo (ETI *et al.*, 2004; CHAN *et al.*, 2005). Ou seja, é obtido pela relação das perdas que reduzem a eficiência dos equipamentos. Estas perdas podem ser relacionadas e agrupadas nestas três dimensões, conforme demonstrado na figura 04 abaixo.

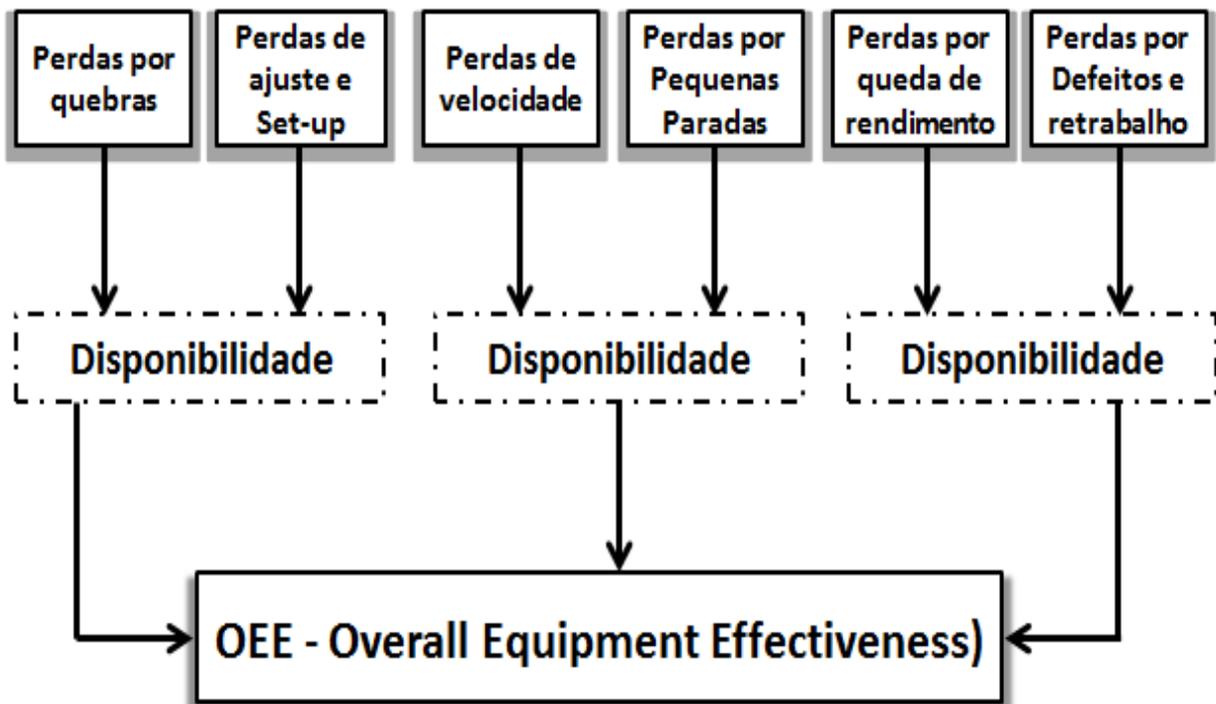


Figura 4: Caracterização do OEE
 Fonte: Adaptado de Sharma et al., (2006)

O indicador OEE é calculado através do produto entre o índice de disponibilidade, índice de performance e o índice de qualidade, conforme demonstrado abaixo (NAKAJIMA, 1988; KWON e LEE, 2004).

OEE = Índice de Disponibilidade (ID) x Índice de Performance (IP) x Índice de Qualidade (IQ).

A primeira dimensão do cálculo do OEE é o índice de disponibilidade (ID). Ele indica o percentual de tempo que o equipamento esteve disponível para produção em relação ao tempo planejado.

$$ID = \frac{\text{Tempo de produção planejado} - \text{Tempo de paradas não planejadas}}{\text{Tempo de produção planejado}} \times 100$$

A segunda dimensão do cálculo do OEE é o índice de performance (IP). Ele representa o percentual entre a velocidade real de produção sobre a velocidade nominal do equipamento.

$$IP = \frac{\text{Tempo de ciclo unitário} - \text{Quantidade de produtos processados}}{\text{Tempo de produção}} \times 100$$

A terceira e última dimensão do OEE é o índice de qualidade (IQ), que indica a quantidade de defeitos em relação ao volume total de produtos processados.

$$IQ = \frac{\text{Quantidade de produtos processados} - \text{Quantidade de produtos refugados}}{\text{Quantidade de produtos processados}} \times 100$$

Para Sharma *et al.* (2006), Dal *et al.* (2000) e Eti *et al.* (2004), estes parâmetros visam incentivar o estabelecimento de metas ambiciosas, mas atingíveis, concentrando-se nas perdas relacionadas com a disponibilidade, eficiência e qualidade de um sistema produtivo.

Nakajima (1988) afirma que o índice OEE ideal para um equipamento deve ser de 85%. Empresas que superaram o OEE em 85% ganharam o prêmio TPM Award (BLANCHARD, 1997; MCKONE *et al.*, 1999). Este valor de OEE é considerado como desempenho da manufatura de classe mundial (AHUJA e KHAMBA, 2008; BLANCHARD, 1997; MCKONE *et al.*, 1999). Para atingir este percentual de OEE, é necessário que os índices do sistema sejam de: 90% para disponibilidade, 95% performance e 99% qualidade (NAKAJIMA, 1988).

Chan *et al.* (2005) e Ljungberg (1998) afirmam que a definição do OEE não leva em conta todos os fatores que afetam a capacidade produtiva do processo. Ele apenas sugere e estabelece uma oportunidade para a gestão da produção considerar algumas das perdas que não são de sua responsabilidade. Para Ljungberg (1998) não existe um acordo geral sobre a magnitude dos diferentes tipos de perdas, nem sobre suas razões, mas elas podem revelar os caminhos para as soluções. Nesta mesma linha, Dal *et al.* (2000) detectaram que o OEE pode ser apenas adequado para grandes volumes de produção, ou seja, em processos críticos, em que as paralisações ou interrupções são mais onerosas.

Em conclusão, OEE é um método fundamental para a medição do desempenho de um sistema. Isso requer a classificação das perdas para melhor compreensão da utilização da capacidade de máquina. Além disso, os fatores críticos durante a implementação da TPM podem ser avaliados através da medição do OEE, possibilitando um direcionamento das estratégias do negócio da empresa.

2.2.6 Pilares de Sustentação da TPM

As principais atividades desenvolvidas pela TPM podem ser classificadas em oito pilares de TPM. Eles sustentam a metodologia, abrindo caminho para o planejamento, organização e acompanhamento destas práticas. (IRELAND e DALE, 2001; AHUJA e KHAMBA, 2008; HATAKEYAMA e RODRIGUES, 2006; SANGAMESHWARAN e JAGANNATHAN, 2002). A figura 05 abaixo demonstra estes pilares de sustentação da TPM.

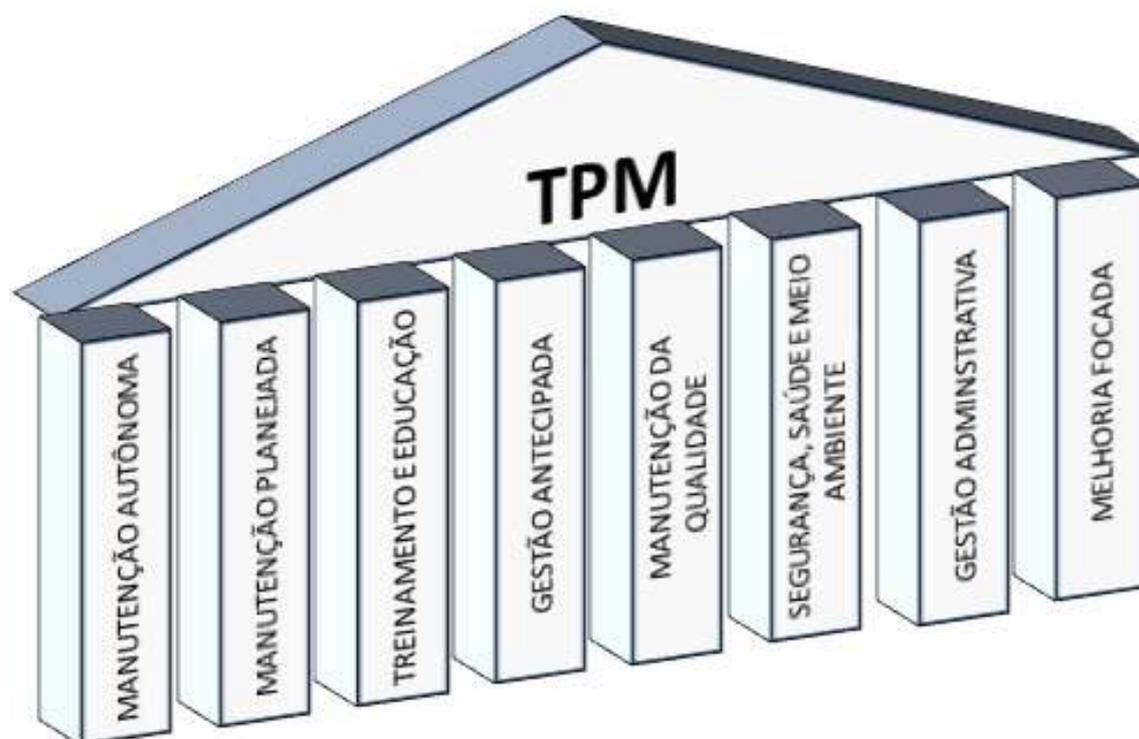


Figura 5: Os Pilares da TPM
Fonte: Adaptado de JIPM, (2002)

- **Pilar da Manutenção planejada:** Este pilar possibilita a evolução dos esforços reativos de manutenção para um método mais proativo. Ele tem o objetivo de manter os ativos com a mais alta disponibilidade e confiabilidade, com um custo adequado e com total satisfação do sistema produtivo. Desta forma, o Pilar seleciona a melhor prática de manutenção para cada equipamento, visando à melhoria contínua e a máxima eficiência dos equipamentos. As atividades do Pilar de manutenção planejada incluem: a organização do local de trabalho, a restauração das condições básicas, a eliminação dos pontos fracos dos equipamentos, análise de quebras, implementação de inspeções sensitivas, estabelecimento de grupos de

trabalho, construção de um sistema da gestão informação; classificação dos equipamentos; apoio a Manutenção Autônoma, implementação de técnicas preditivas, gerenciamento de custos, introdução da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), entre outras. (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

- **Pilar de Treinamento e Educação:** este pilar refere-se à capacitação técnica para todos os envolvidos com o programa. O objetivo do Pilar é criar um quadro de operadores com vários especialistas. Eles devem ser treinados para realizar as quatro fases de habilidades: fase 1-Não sabe; fase 2-conhece a teoria, mas não pode fazer; fase 3- pode fazer, mas não sabe ensinar; fase 4- pode fazer e também ensinar. Esta Política de formação é o foco do pilar para a melhoria de conhecimentos e habilidades, estabelecendo um ambiente de autoaprendizagem com base nas reais necessidades. As principais atividades deste pilar são: a definição das políticas de educação e formação, estabelecimento de um sistema de treinamento para a operação e a manutenção, controle das necessidades e da evolução de cada funcionário; elaboração do calendário de treinamento e avaliação dos treinamentos. (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

- **Pilar da Gestão antecipada:** é a aplicação de conceitos da prevenção da manutenção desde o projeto dos equipamentos, com o objetivo de fabricar os equipamentos com maior confiabilidade e manutenibilidade (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

- **Pilar da Manutenção da Qualidade:** relaciona a confiabilidade dos equipamentos com a qualidade dos produtos e com a capacidade do atendimento a produção. O objetivo básico deste pilar é buscar o Zero Defeito nos produtos. Ele é voltado para satisfação do cliente através de mais alta qualidade com a produção livre de defeitos. O foco é na eliminação das não-conformidades de forma sistemática. As atividades deste pilar definem as condições dos equipamentos que impedem os defeitos de qualidade. Ou seja, ele tem foco na prevenção de defeitos e na implementação efetiva da qualidade pelo operador (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

- **Pilar de Segurança, Saúde e Meio Ambiente:** tem o objetivo de melhorar as condições de trabalho e reduzir os riscos de acidentes e danos ao meio ambiente. As metas deste pilar são: zero acidentes, zero danos a saúde e zero incêndios. Para criar a consciência relacionada com a segurança entre os funcionários, podem ser

organizadas em intervalos regulares algumas competições, como slogans de segurança, *quiz*, teatro, cartazes, etc. (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

- **Pilar da Gestão Administrativa**- também conhecido como TPM de escritório (TPM *Office*). Este pilar tem o objetivo de otimizar o trabalho administrativo, eliminando os desperdícios e as perdas geradas pelo trabalho nas áreas de compras, contabilidade, marketing e vendas. Estas perdas geram o aumento de estoques, perda de comunicação; quebra de equipamento de escritório, aumento do tempo gasto na recuperação de informações; queixas de cliente devido a logística e as despesas de procedimentos de emergência. Para combatê-las podem-se analisar os processos e procedimentos administrativos e/ou aumentar de automação nas atividades. Os principais benefícios que podem ser obtidos são: o envolvimento de todas as pessoas, redução do trabalho repetitivo, redução dos custos administrativos, redução do custo de manutenção do estoque, redução no número de arquivos, redução de reclamações de clientes e o estabelecimento de um ambiente de trabalho limpo e agradável (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

- **Pilar da Melhoria Focada**: Este pilar corrige os defeitos e anomalias, através da introdução de melhorias, atuando nas perdas crônicas relativas aos equipamentos e produção (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

- **Pilar da Manutenção Autônoma**: Este pilar é voltado para o desenvolvimento dos operadores. Eles assumem responsabilidades sobre o equipamento, a fim de evitar a deterioração e otimizar o desempenho dos equipamentos. Os operadores são capacitados a executar atividades de manutenção de baixa complexidade, como limpeza, lubrificação, inspeção e pequenos reparos. Desta forma, promove-se uma mudança de cultura em seu ambiente de trabalho, estabelecendo o conceito principal do Pilar: “deste equipamento, cuido eu”. Além disso, retira-se a carga de trabalho das pessoas qualificadas da manutenção, para dedicar-se as atividades mais complexas. Os passos da Manutenção Autônoma exigem a preparação dos funcionários, limpeza inicial das máquinas, ações proativas, estabelecimento de normas, fiscalização, inspeção autônoma e padronização. (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

Thun (2006) analisou as estruturas fundamentais e as inter-relações entre vários pilares da TPM. Ele discutiu as causas do insucesso da implementação desta abordagem e identificou que a prevenção da manutenção e as interdependências

existentes no âmbito da manutenção devem ser considerados pela gerencia do programa.

Ireland e Dale (2001) realizaram um estudo em três empresas que implementaram a TPM. Foi constatado que elas adotaram diferentes pilares, porém, os pilares de Melhoria Focada, Treinamento e Educação, Segurança e Manutenção da Qualidade foram comumente implementados.

Para Mirshwaka e Olmedo (1994), o processo de implementação precisa ser adaptado às peculiaridades de cada tipo de indústria, instalação ou serviço. Neste sentido, a definição dos pilares adotados na TPM depende muito sobre a estrutura e a filosofia de que a empresa vai usar internamente, sendo personalizada de acordo com a cultura empresarial existente e da nova cultura a ser implementada. (HATAKEYAMA e RODRIGUES, 2006).

Segundo Ahuja e Khamba (2008), para absorver completamente o programa da TPM é pertinente combinar as práticas dos pilares com as atividades de desenvolvimento do programa. Além disso, todos estes pilares exercem forte influência entre si, diretamente ou indiretamente e possuem uma relação de interdependência dos conceitos da metodologia. Para Chan *et al.* (2005), a TPM é uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, particularmente entre produção e manutenção. Essa busca pela interação entre manutenção e produção tem sido de grande intensidade no escopo da TPM (HATAKEYAMA e RODRIGUES, 2006).

Sendo assim, a abordagem da TPM enfatiza a importância da cooperação entre os vários departamentos na execução das atividades de manutenção. Lazim e Ramayah (2010) e Shamsuddin *et al.* (2005) complementam que o foco é permitir que os operadores estejam emocionalmente envolvidos nestes trabalhos, abrangendo uma série de funções estratégicas dentro de uma organização.

Neste sentido, um dos Pilares básicos da TPM é a manutenção autônoma, em que o foco está na operação dos equipamentos e o operador de máquina torna-se o centro das atenções. Por isso, o envolvimento do funcionário é essencial, mais particularmente a pessoa que opera o equipamento (LAZIM e RAMAYAH, 2010).

2.2.7 Manutenção Autônoma

A Manutenção Autônoma é o principal Pilar da TPM, é ele que garante o sucesso da TPM, conforme conceito definido por Nakajima (1988). É uma abordagem mais proativa para a manutenção, que desenvolve um planejamento mais disciplinado, promovendo a integração entre manutenção e produção (MCKONE *et al.*, 1999).

A Manutenção Autônoma pode ser melhor definida considerando quatro objetivos principais do programa TPM (NAKAJIMA, 1988; TAJIRI e GOTOH, 1992; SUZUKI, 1994; MCKONE *et al.*, 1999).

Primeiro, a interação entre manutenção e produção para aumentar a eficiência dos equipamentos. Em segundo lugar, pelo envolvimento dos operadores nas atividades diárias de manutenção, melhorando a eficiência global do equipamento. Em terceiro lugar, a TPM pode auxiliar os operadores na compreensão do funcionamento dos equipamentos, identificando os problemas mais comuns que podem ocorrer e como podem ser prevenidos. Desta forma, permite e qualifica os operadores na solução de muitos problemas básicos nos equipamentos. Em quarto lugar, a TPM promove o envolvimento do operador nas atividades de manutenção e engenharia, para a melhoria do desempenho e da confiabilidade do equipamento, podendo contribuir no processo de análise e a determinação de contramedidas para as perdas.

Alguns estudos (ADAN e GEOUGH, 2000; MCKONE *et al.*, 2001; IRELAND e DALE, 2006; ARCA e PRADO, 2008; PATTERSON *et al.*, 1996; TAJIRI e GOTOH, 1992; YEOMANS e MILLINGTON, 1997; LAZIM *et al.*, 2008) relatam os benefícios da implementação da manutenção autônoma e existe um consenso que os fatores que envolvem o operador são mais críticos para o sucesso do programa. Dentre os fatores mais importantes, destaca-se a necessidade de uma estrutura adequada para a provisão de treinamento e a capacitação dos envolvidos diretamente com a manutenção autônoma.

Como abordado anteriormente, a TPM explora as capacidades intelectuais dos seus funcionários e tem como ponto central o envolvimento dos operadores. No entanto, o pré-requisito para o sucesso da manutenção autônoma é aplicação de programas de treinamento e educação. Desta forma, é muito importante acompanhar todos os programas de treinamento e educação, a fim de assegurar

que os operadores estejam comprometidos e devidamente preparados para exercer suas funções (LAZIM e RAMAYAH, 2010).

2.2.8 Etapas de Implementação

Para introduzir a TPM e seus princípios é necessário aplicar um método sistêmico de implementação. Apesar de existirem muitas abordagens sugeridas por diferentes profissionais e pesquisadores para a implementação da TPM nas diferentes organizações em todo o mundo, elas se deparam com um grande desafio, de qual a melhor sequência para a implantação com sucesso das práticas de TPM (AHUJA e KHAMBA, 2008). Embora não exista um único método para a implementação de um programa de TPM (WIREMAN, 1990), a adoção de um processo estruturado de implementação é um fator crítico de sucesso da TPM (AHUJA e KHAMBA, 2008).

A metodologia da TPM fornece às organizações um guia para transformar radicalmente a cultura, os processos e a tecnologia (MOORE, 1997; AHUJA e KHAMBA, 2008b). No entanto, para trazer resultados significativos, estas iniciativas devem ser implantadas em um razoável período de tempo, podendo demorar até cinco anos para implementar em toda sua extensão (KEDAR *et al.*, 2008). Em outras palavras, a implementação da TPM não é uma solução de curto prazo (ETI *et al.*, 2004). Ahmed *et al.* (2004) complementam que dependendo do tamanho e complexidade da empresa, bem como nível de habilidade do empregado, seu tempo de implementação pode variar.

Normalmente, é TPM iniciado como um exercício de “*top-down*”, mas só implementado com sucesso através “*bottom-up*” (ETI *et al.*, 2004). Ou seja, a TPM exige o comprometimento e a participação de todos os empregados, principalmente os trabalhadores dos níveis hierárquicos inferiores.

Para Park e Han (2001), Labib (1999) e Nakajima (1988), qualquer programa da TPM é implementado a partir de quatro fases e os descrevem da seguinte forma:

Fase 1 – Preparação - A alta administração tem a responsabilidade primária de preparar um ambiente adequado para a introdução da TPM. Ela deve demonstrar a importância do programa para sensibilizar os gestores. Durante esta fase, devem-se realizar visitas em outras plantas que utilizam a TPM, determinar uma comissão de

implementação da TPM, criar as políticas e metas do programa e estabelecer as estratégias para a implantação de todos os pilares do programa.

Fase 2 - Implementação Preliminar - Esta fase é caracterizada pelo "pontapé de saída" do programa TPM. Nesta fase, os operadores começam a ser treinados para a eliminação das seis grandes perdas. Esta é uma fase muito importante e tem que ser cuidadosamente monitorada. A gestão tem que assegurar o treinamento aos operadores e o apoio dos técnicos da manutenção na disseminação dos conhecimentos e na elaboração dos procedimentos técnicos.

Fase 3 - A implementação da TPM – Esta etapa centra-se na melhoria da eficácia dos equipamentos e na superação da resistência a mudança de cultura. Para aumentar o rendimento dos equipamentos, é utilizada uma variedade de ferramentas da qualidade para direcionar os esforços sobre os equipamentos e eliminar suas perdas crônicas. Neste processo, grande parte das tarefas da manutenção podem ser transferidas para os operadores. Entretanto, os gestores devem diagnosticar cuidadosamente o progresso da implementação do programa, para determinar as necessidades de treinamentos e assegurar que as principais competências estão sendo desenvolvidas.

Fase 4 - A estabilização da TPM – Esta fase garante que a TPM possa se perpetuar na organização. Ela exige que os grupos de TPM iniciem um ciclo de melhoria contínua dos seus resultados. Os gestores de todos os níveis devem se concentrar em melhorar as habilidades e diagnosticar o desempenho de cada grupo de trabalho. Algumas metas devem criar um impulso para fazer as mudanças necessárias na cultura para focar na maximização da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Essas metas poderão auxiliar a empresa para mudar o velho paradigma de minimizar os custos de manutenção para o novo paradigma de maximizar os benefícios de investimentos em manutenção.

Segundo Nakajima (1988), estas quatro fases são desdobradas em doze etapas:

I - Estágio de Preparação

Etapa 1: anúncio da implementação da TPM pela alta administração.

Etapa 2: treinamento e conscientização sobre a introdução da TPM.

Etapa 3: formação de uma estrutura de organização.

Etapa 4: definição dos princípios básicos, objetivos e metas da metodologia.

Etapa 5: formulação de um cronograma de implementação.

II – Início da Implementação

Etapa 6: início do Programa (*Kickoff*).

III - Estágio de Execução

Etapa 7: criação de um sistema para melhorar a eficiência do departamento de produção, com a implementação dos pilares da Manutenção Autônoma, Melhorias Específicas, Manutenção Planejada e Educação e Treinamento.

Etapa 8: estabelecimento do pilar de controle inicial para o gerenciamento de novos produtos e equipamentos.

Etapa 9: estabelecimento de um sistema do gerenciamento da qualidade.

Etapa 10: criação de um sistema de melhoria de eficiência para as áreas administrativas.

Etapa 11: estabelecer ações de melhorias nas áreas de segurança, saúde e meio ambiente.

IV - Estágio de Consolidação

Etapa 12: consolidação, utilização completa dos conceitos de TPM e definição de novas metas;

2.2.9 Obstáculos da Implementação

Todas as pesquisas relacionadas a TPM relatam que a implementação não é uma tarefa fácil. Neste sentido, ocorrem muitas falhas e os resultados não ocorrem da maneira esperada, dificultando uma organização de manufatura em alcançar a excelência em iniciativas TPM.

Davis (1997) delineou várias razões para o fracasso da TPM dentro do Reino Unido, bem como: falta de compromisso da alta gestão, participação de consultores e formadores inexperientes, falta de estrutura para as necessidades estratégicas e operacionais, falta de educação e treinamento para os funcionários, falta de esforços para envolver os operadores do chão de fábrica, falta de participação dos trabalhadores e falta de apoio a mudança de cultura.

Ahuja e Khamba (2008) classificaram essas variáveis em três grandes obstáculos: falta de formação suficiente, falta de apoio da gestão e a falta de tempo suficiente para a evolução do programa.

Desta forma, vários autores (AHMED *et al.*, 2004; ADAM *et al.*, 1997; CO *et al.*, 1998; DAVIS, 1997; ARCA e PRADO, 2008; ADAN e GEOUGH, 2000; HATAKEYAMA e RODRIGUES, 2006) apontam que o maior problema está relacionado a falta de recursos humanos, tanto em termos de número, quanto habilidade e também quanto ao seu gerenciamento.

Labib (1999) complementa que a falta de êxito da TPM não está relacionada com a metodologia, mas pela falta de atenção na gestão dos fatores humanos. Hatakeyama e Rodrigues (2006) confirmam esta hipótese em sua pesquisa sobre as causas das falhas no processo de implementação, onde grande parte da responsabilidade do insucesso é devido aos gestores do processo e da alta administração das empresas. Ainda nesta linha, Cooke (2000), Ahuja e Khamba, (2008) e Fredendall *et al.* (1997) também atribuem o fracasso da implementação da TPM com a incapacidade das organizações para coordenar seus recursos.

Como metodologia é altamente dependente de seus recursos humanos, os gestores devem focar no envolvimento e na motivação de suas equipes. Konecny e Thun (2011) ainda sugerem que mais pesquisas devem se concentrar em práticas relacionadas aos recursos humanos, pois eles parecem desempenhar um papel crítico para o sucesso da implementação da TPM.

Outras duas contribuições significativas que são frequentemente citadas na literatura e que contribuem para o fracasso do programa são: a incapacidade das empresas em mudar sua cultura (COOKE, 2000; PATTERSON *et al.*, 1996; LAWRENCE, 1999; SHAMSUDDIN *et al.*, 2005); e a falta de mensuração e visualização dos resultados (LJUNGBERG, 1998; DAL *et al.*, 2000; BLANCHARD, 1997; LAWRENCE, 1999; ADAM *et al.*, 1997; CO *et al.*, 1998; AHMED, *et al.*, 2004).

Desta forma, pode-se afirmar que existem inúmeros fatores que contribuem para o fracasso na implementação da TPM nas empresas. Neste processo, as empresas necessitam de um comprometimento a longo prazo para colher os benefícios da metodologia. Treinamento, suporte e gestão são essenciais para uma implementação bem-sucedida.

2.2.10 Benefícios da TPM

A TPM possibilita excelentes resultados na rentabilidade das empresas e na satisfação de seus funcionários, com ganhos tangíveis e mensuráveis sobre a produção. Nakajima (1988) cita alguns casos de implementações bem-sucedidas, demonstrando empresas que atingiram 15 a 30% de redução dos custos de manutenção, outras revelaram 90% de redução dos defeitos do processo e 40 a 50% de aumento da produtividade. Willmott (1994) complementa que a implementação da TPM nas indústrias japonesas pode elevar a eficiência de seus processos para a ordem de 60 a 90% de sua capacidade instalada. Sangameshwaran e Jagannathan (2002) relataram em seu estudo que a metodologia da TPM pode trazer retornos de 12 vezes maior do que os investimentos.

Empresas que praticam TPM, podem alcançar resultados surpreendentes em várias dimensões organizacionais, bem como: melhorias em termos de qualidade, produtividade, custo, flexibilidade, moral, entrega e segurança (SHARMA *et al*, 2006; CUA *et al*, 2001; MCKONE *et al*, 1999, 2001; SETH e TRIPATHI, 2005; ETI *et al.*, 2004).

Desta forma, a implementação pode trazer vários benefícios. Por exemplo: aumento de produtividade (AHUJA e KHAMBA, 2007; LJUNGBERG, 1998; CHAN *et al.*, 2005); melhora no comportamento organizacional (AHUJA e KHAMBA, 2008; LJUNGBERG, 1998; SETH e TRIPATHI, 2005); grande retorno com pequenos investimentos (AHUJA e KHAMBA, 2008); otimização de recursos (MCKONE *et al.*, 1999); aumento da disponibilidade dos equipamentos (GOSAVI, 2006; LJUNGBERG, 1998).

Além disso, a TPM contribuem para o ganho de benefícios intangíveis (SUZUKI, 1994; CARANNANTE, 1995):

- melhor qualidade de vida no trabalho;
- redução do absenteísmo;
- criação de um sistema de manutenção permanente;
- melhoria contínua das competências dos funcionários;
- esclarecimento das responsabilidades dos funcionários;
- comunicação aberta entre os locais de trabalho.

Estes resultados não estão limitados a empresas de grande porte. Apesar de terem um menor capital para investir em equipamentos sofisticados e de assegurar uma capacidade adequada nos programas de treinamento e educação, muitas pequenas e médias empresas também se esforçam para implementar a melhoria contínua em seus processos (LAZIM e RAMAYAH, 2010). Em seu estudo sobre a implementação da TPM nas pequenas e médias empresas, Shicheng (2011), conclui que a TPM é eficaz nas pequenas e médias empresas. Wang e Lee (2001) também confirmam em seu estudo que as pequenas plantas podem implementar TPM com sucesso. Em contraste, Shamsuddin *et al.* (2004) estudou o grau de manutenção praticado nas pequenas e médias empresas na Malásia e evidenciou que a TPM para muitas empresas ainda não é uma prioridade. Isso demonstra muitas lacunas a serem exploradas no âmbito da TPM.

Enfim, empresas que praticam TPM, invariavelmente, podem alcançar resultados surpreendentes, especialmente no aumento da produtividade e na redução das quebras dos equipamentos, das pequenas paradas, dos defeitos de qualidade, dos custos e acidentes.

2.3 FATORES CRITICOS DE SUCESSO DA TPM

Na literatura acadêmica existe um consenso geral sobre alguns FCS, que são considerados fundamentais para a preparação da empresa para o sucesso da TPM. Com base nestes relatos, foi composta a tabela 02, formando os nove FCS mais importantes.

Tabela 2– Fatores críticos de Sucesso da Implementação da TPM

FATOR CRÍTICO DE SUCESSO	AUTORES	RESUMO
TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO	Davis e Willmott, (1994); Patterson <i>et al.</i> , (1996); Adam <i>et al.</i> , (1997); Blanchard, (1997); Davis, (1997); Fredendall <i>et al.</i> , (1997); Swanson, (1997); Co <i>et al.</i> , (1998); Bamber <i>et al.</i> , (1999); Cooke, (2000); Eti <i>et al.</i> , (2004);	As competências dos funcionários devem ser priorizadas e atualizadas constantemente. Sendo assim, o conhecimento, a habilidade e a atitude constituem as competências essenciais para o desenvolvimento

	<p>Tsang e Chan, (2000); Wang e Lee, (2001); Hansson <i>et al.</i>, (2003); Ahmed <i>et al.</i>, (2004); Chan <i>et al.</i>, (2005); Ireland e Dale, (2006); Sharma <i>et al.</i>, (2006); Tsarouhas, (2007); Ahuja e Khamba, (2008); Carrijo, (2008); Lazim <i>et al.</i>, (2008); One <i>et al.</i>, (2008) Lazim e Ramayah, (2010); Ng <i>et al.</i>, (2011); Rajesh <i>et al.</i>, (2012);</p>	<p>dos operadores.</p>
<p>TRABALHO EM EQUIPE</p>	<p>Nakajima, (1988); Tajiri e Gotoh, (1992); Jostes e Helms, (1994); Patterson <i>et al.</i>, (1996); Swanson, (1997); Yeomans e Millington, (1997); Bamber <i>et al.</i>, (1999); Cooke, (2000); Mckone <i>et al.</i>, (2001); Park e Han, (2001); Chan <i>et al.</i>, (2005); Ireland e Dale, (2006); Arca e Prado, (2008); Ahuja e Khamba, (2007); Lazim e Ramayah, (2010)</p>	<p>A metodologia da TPM enfatiza o estabelecimento e a integração das equipes de trabalho para otimizar o funcionamento dos equipamentos e buscar soluções criativas para a eliminação das perdas geradas pelo processo.</p>
<p>PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO</p>	<p>Bamber <i>et al.</i>, (1999); Jackson, (2000); Lycke, (2000); Tsang e Chan, (2000); Park e Han, (2001). Eti <i>et al.</i>, (2004); Ahuja e Khamba, (2008); Ahuja e Khamba, (2011);</p>	<p>A TPM é uma abordagem altamente estruturada, onde a preparação e um minucioso planejamento serão chaves para o sucesso da implementação em toda empresa. Em que as metas e os objetivos da TPM devem estar plenamente integrados aos planos estratégicos e de negócios das organizações.</p>
<p>APOIO DA GESTÃO</p>	<p>Nakajima, (1988); Tajiri e Gotoh, (1992); Jostes e Helms, (1994); Bohoris <i>et al.</i>, (1995); Patterson <i>et al.</i>, (1996); Adam <i>et al.</i>, (1997); Davis, (1997); Fredendall <i>et al.</i>, (1997); Yeomans e Millington, (1997); Co <i>et al.</i>, (1998); Bamber <i>et al.</i>, (1999); McKone <i>et al.</i>, (1999); Cooke, (2000); Tsang e Chan, (2000); Park e Han, (2001); Hansson, <i>et al.</i>, (2003); Sun <i>et al.</i>, (2003); Chan <i>et al.</i>, (2005); Ahmed <i>et al.</i>, (2004); Patra <i>et al.</i>, (2005); Rodrigues e Hatakeyama, (2006); Ireland e Dale,</p>	<p>A gestão de topo deve ter um forte compromisso com o programa para melhorar o desempenho e garantir que os objetivos e metas da TPM sejam cumpridos. O apoio e envolvimento da gestão de topo deve otimizar sua estrutura organizacional, comunicação e eficiência financeira.</p>

	(2006) Sharma <i>et al.</i> , (2006); Ahuja e khamba, (2008); Arca e Prado, (2008); Carrijo, (2008); Shetty e Chapdelaine, (2009); lazim e Ramayah, (2010); Ng, (2011); Langeland, (2012);	
RESISTÊNCIA A MUDANÇA	Mcadam e Duffner, (1996); Lawrence, (1999); Ng <i>et al.</i> , (2001); Park e Han, (2001); Sun, <i>et al.</i> , (2003); Shamsuddin <i>et al.</i> , (2004); Ahuja e khamba, (2008); Rungchat <i>et al.</i> , (2008);	Na TPM a manutenção deixa de ser responsabilidade exclusiva do departamento de manutenção e passa ser responsabilidade de todos. Isso requer uma mudança de atitude, em especial por parte do pessoal de produção e manutenção. Essa mudança é frequentemente resistida por estes funcionários e conseqüentemente se torna um fator crítico de sucesso.
MUDANÇA NA CULTURA	Patterson <i>et al.</i> , (1996); Davis, (1997); Bamber <i>et al.</i> , (1999); Labib, (1999); Lawrence, (1999); McKone <i>et al.</i> , (1999); Cooke, (2000); Park e Han, (2001); Hansson <i>et al.</i> , (2003); Eti <i>et al.</i> , (2004); Chan <i>et al.</i> , (2005); Ahuja e Khamba, (2008); Carrijo, (2008); Oprime <i>et al.</i> , (2011); Rajesh <i>et al.</i> , (2012);	A sua implementação implica em mudanças organizacionais e quebras de paradgmas. Neste processo, o maior desafio para as organizações é a capacidade de transformar radicalmente a sua cultura, para garantir a participação total do empregado no desempenho da produção.
ENVOLVIMENTO DOS FUNCIONÁRIOS	Nakajima, (1988); Tajiri e Gotoh, (1992); Patterson <i>et al.</i> , (1996); Adam <i>et al.</i> , (1997); Chen, (1997); Fredendall <i>et al.</i> , (1997); Swanson, (1997); Yeomans e Millington, (1997); Co <i>et al.</i> , (1998); Hutchins, (1998); Bamber <i>et al.</i> , (1999); McKone <i>et al.</i> , (1999); Adan e Geough, (2000); Cooke, (2000); Sahin, (2000); Tsang e Chan, (2000); Park e Han, (2001); Robbins, (2002); Hansson <i>et al.</i> , (2003); Eti <i>et al.</i> , (2004); Chan <i>et al.</i> , (2005); Hatakeyama e Rodrigues, (2006); Ireland e Dale, (2006); Ahuja e Khamba, (2008); Arca e Prado, (2008); Carrijo,	Um dos significados da palavra Total refere-se ao envolvimento Total das pessoas em todas as funções e em todos os níveis da hierarquia. Neste sentido, a TPM exige o envolvimento e a participação de todas as equipes de produção e de manutenção na execução das atividades em pequenos grupos voltados a melhorar a eficácia do equipamento.

	(2008); Lazim e Ramayah (2010);Ng <i>et al.</i> , (2011); Graisa e Al-Habaibeh, (2011); Langeland, (2012) Rajesh <i>et al.</i> , (2012);	
MONITORAMENTO DOS RESULTADOS	Jostes e Helms, (1994); Ben-Daya e Duffuaa, (1995); Groote, (1995); Leblanc, (1995); Al-Najjar, (1996); Blanchard, (1997); Davis, (1997); Ljungberg, (1998); Bamber <i>et al.</i> , (1999); Lawrence, (1999); Johnson e Lesshammar, (1999); Dal <i>et al.</i> , (2000); Ireland e Dale, (2006); Parida e Kumar, (2006); Rodrigues e Hatakeyama (2006); Ahuja e Khamba, (2008); One <i>et al.</i> , (2008); Gonzalez e Martins, (2011);	Um fator crítico de sucesso para a implementação da TPM é o monitoramento e a divulgação dos resultados positivos. Pois se os resultados não aparecerem em breve, a força motriz da mudança será reduzida e tenderá a desaparecer, promovendo uma insatisfação e frustração dos indivíduos envolvidos.
COMUNICAÇÃO	Fredendall <i>et al.</i> , (1997); Bamber, 1998; Tsang e Chan, (2000); Park e Han, (2001); Mora, (2002); (2006); Hansson <i>et al.</i> , (2003); Ahuja e Khamba, (2008).	A implementação de qualquer tecnologia ou programa pode gerar muita preocupação e curiosidade dentro e fora de uma organização. Para que minimizar este efeito, os funcionários devem estar sintonizados na mesma frequência, recebendo um grande número de informações sobre a nova cultura. Este canal deve estabelecer uma comunicação eficaz entre todos os níveis da organização, principalmente entre os operadores, as pessoas da manutenção e os engenheiros.

2.3.1 Treinamento e Capacitação

Como já mencionado anteriormente, a TPM é altamente dependente de seus trabalhadores, mais particularmente da pessoa que opera o equipamento. Desta forma, os benefícios da TPM são fortemente dependentes das competências dos funcionários (AHUJA e KHAMBA, 2008). Estas competências estão se tornando componentes cruciais na implementação da TPM e devem ser considerados e atualizados constantemente (NG *et al.*, 2011). Nesta mesma linha, vários autores

salientam que a formação e a educação contribuem para o aumento do desempenho do programa (DAVIS, 1997, LAZIM e RAMAYAH 2010; AHMED *et al*, 2004; IRELAND e DALE, 2006; SHARMA *et al*, 2006; TSAROUHAS, 2007).

Swanson (1997) e Ahuja e Khamba (2008) também tem enfatizado sobre esta dimensão, na qual a formação dos trabalhadores deve ser abordado com muita atenção. Estas atividades educativas tornaram-se um dos fatores mais críticos na implementação bem-sucedida da TPM (BLANCHARD, 1997). Sendo assim, a educação e a formação, constituem as competências essenciais para o desenvolvimento das habilidades dos operadores.

Para que isso ocorra, Davis (1997) sugere o estabelecimento um amplo programa de treinamento para todos os funcionários. Estes programas de treinamento devem ser suficientes e eficazes para ajudar os operadores a detectar anormalidades no funcionamento do equipamento o mais rápido possível (LAZIM E RAMAYAH, 2010). Além disso, é muito importante acompanhar todos os programas de treinamento, a fim de assegurar que o comprometimento, as competências e os conhecimentos dos operadores estão em um nível excepcional (BAMBER *et al.*, 1998).

Como um dos objetivos da TPM é o de transferir a habilidade e os conhecimentos da manutenção para os operadores da produção, os treinamentos devem estar relacionadas com o trabalho técnico e com o aperfeiçoamento do lado comportamental dos funcionários. Ou seja, os objetivos da formação devem incluir o desenvolvimento sistemático do conhecimento, habilidade e a atitude (ONE *et al.*, 2008). Desta forma, eles poderão desempenhar adequadamente seus trabalhos, quebrando paradigmas e a resistência a mudança. Estes conhecimentos servirão como um agente facilitador para que os operadores possam realizar as atividades propostas pela manutenção autônoma (CHAN *et al.* 2005). Isso criara um sentimento de posse na utilização do equipamento, garantindo que o equipamento seja sempre mantido limpo e em bom estado de conservação (NAKAJIMA, 1988). Além do mais, retira-se a carga de trabalho das pessoas qualificadas da manutenção para dedicar-se as atividades mais complexas.

É notório que para desenvolver um sistema de formação é necessário dispor de certos investimentos. Normalmente, esses investimentos são maiores nas grandes empresas, pois disponibilizam um maior capital para investir nos programas

de treinamento e educação. No entanto, muitas pequenas e médias empresas também se esforçam para assegurar a melhoria contínua de seus processos. (LAZIM e RAMAYAH, 2010). Ou seja, estes esforços não estão restritos as grandes empresas. Além do mais, existem vários relatos de sucesso em pequenas e médias empresas. Por exemplo, Shicheng (2011), que conclui em seu estudo que a TPM é eficaz nestas empresas. Wang e Lee (2001) também confirmam em seu estudo que tanto as pequenas como as grandes empresas podem implementar a TPM com sucesso.

Outro fator que afeta de forma negativa a implantação do programa é o baixo nível de escolaridade, pois alguns funcionários não estão ansiosos para aprender novos conhecimentos (CHAN *et al.*, 2005). Esta formação educacional dos membros selecionados vai afetar seriamente a velocidade da implementação (SUN, *et al.*, 2003). Desta forma, para de garantir a rápida implementação, a seleção dos membros da equipe será muito crítico.

Além do exposto, existem outras variáveis que contribuem para o aumento da eficácia do treinamento nas empresas, são eles:

- A comunicação deve ser reforçada, pois forma um elemento fundamental na formação e educação dos participantes do programa (BAMBER, 1998);
- O sistema de treinamento precisa ser atualizado com frequência, pois a tecnologia muda rapidamente (CHAN *et al.*, 2005);
- A participação efetiva dos coordenadores e supervisores para treinar e convencer seus subordinados a absorver os conceitos da metodologia (CHAN *et al.*, 2005);
- A formação deve estar orientada para a superação do medo, pois alguns funcionários sentem-se ameaçados no seu emprego e esta insegurança merece uma atenção especial (HANSSON *et al.*, 2003).

2.3.2 Trabalho em Equipe

Vários autores defendem que trabalho em equipe é muito importante em um projeto de implementação da TPM (ARCA E PRADI, 2008; BAMBER *et al.*, 1998; IRELAND e DALE, 2001). Na verdade, o trabalho em equipe não é apenas essencial nas práticas TPM, mas é considerado como um dos critérios para o seu sucesso

(IRELAND e DALE, 2006; LAZIM e RAMAYAH, 2010). Portanto, é muito importante associá-lo como um aspecto essencial para o programa da TPM, garantindo o bom funcionamento das equipes de trabalho e o envolvimento de seus participantes (2003; JOSTES e HELMS, 1994, ARCA e PRADO, 2008). Além disso, McKone *et al.*, (2001) recomenda a determinação do trabalho em equipe como uma das medidas de desempenho para avaliar o nível da implementação da TPM.

A metodologia da TPM enfatiza o estabelecimento e a Integração das equipes de trabalho para otimizar o funcionamento dos equipamentos e buscar soluções criativas para a eliminação das perdas geradas pelo processo (NAKAJIMA, 1988; AHUJA e KHAMBA, 2007; CHAN *et al.*, 2005). Cooke (2000) ainda descreve que o objetivo principal na aproximação entre a produção e a manutenção é estabelecer uma compreensão mútua e conjunta de responsabilidade.

Park e Han (2001) afirmam que é necessário que este grupo heterogêneo de pessoas e com preocupações diferentes trabalhem em cooperação. Estes mesmos autores propõem dois pontos importantes a saber: O primeiro refere-se sobre a comunicação eficaz, para que garanta a identificação adequada dos papéis dos integrantes das equipes e os requisitos de formação e recrutamento. O segundo aspecto cita que as ferramentas informatizadas nas atividades cooperativas será essencial. Pois existe a necessidade de reduzir o desperdício de tempo e as limitações na comunicação, que são causados por uma distribuição geográfica e outros comportamentos indesejados. Desta forma, todas as pessoas envolvidas estarão muito bem informadas.

2.3.3 Planejamento e Preparação

Lycke (2000) aponta que a TPM é uma abordagem altamente estruturada, onde a preparação e um minucioso planejamento serão chaves para o sucesso da implementação em toda empresa. Em que as metas e os objetivos da TPM devem estar plenamente integrados aos planos estratégicos e de negócios das organizações (AHUJA e KHAMBA, 2011).

Desta forma, antes de lançar o programa da TPM é muito importante que a organização integre a TPM com suas estratégias de negócio (JACKSON, 2000). Nesta linha, Park e Han (2001) afirma que é muito relevante que uma empresa

questione quais serão as motivações do uso da metodologia antes da implementação, além do mais, deve estar alinhada com a missão empresarial e o planejamento estratégico. Na visão destes mesmos autores, para realizar esta análise é necessário:

- Análise externa: mercados, concorrentes, clientes, tendências, oportunidades e ameaças;
- Análise interna: análise de pontos fortes da empresa, fraqueza e recursos;

2.3.4 Apoio da Gestão

Como já abordado anteriormente, a implementação bem-sucedida da TPM requer apoio, compromisso e envolvimento da alta administração. Esta relação da alta gestão com a implantação eficaz da TPM têm sido enfatizada por muitos pesquisadores como fatores cruciais na implementação da TPM. Por exemplo: Shetty e Chapdelaine (2009) e Hansson *et al.* (2003) afirmam que o foco sobre a gestão é uma condição prévia para implementação e será a força motriz por trás de sucesso implementação. Ahmed *et al.* (2004) afirmam que a compreensão e participação da alta administração no programa é uma obrigação. Onde a alta gestão deve ter um forte compromisso com o programa (AHUJA e KHAMBA, 2008) para melhorar o desempenho da organização e garantir que os objetivos e metas da TPM sejam cumpridos. (LAZIM e RAMAYAH, 2010; CHAN *et al.*, 2005, HANSSON *et al.* 2003).

Park e Han (2001) complementam que o fator de sucesso mais importante é o apoio e envolvimento da alta gestão, garantindo que este suporte fique visível para a organização, otimizando sua estrutura organizacional, comunicação e eficiência financeira.

Para atingir esses objetivos, a gestão deve investir na preparação de um ambiente adequado para a introdução dos conceitos da TPM, tanto no planejamento como na coordenação (AHUJA e KHAMBA, 2008; FREDENDALL *et al.*, 1997; NAKAJIMA, 1988). Este ambiente deve ser altamente motivador, em que todos os funcionários devem estar convencidos de que a alta gestão está comprometida com o programa. O comprometimento da alta administração pode levar ao aumento da

conscientização sobre o projeto e auxiliar a eliminar os obstáculos (SHETTY e CHAPDELAINE, 2009).

Fredendall *et al.* (1997) e Chan *et al.* (2005) reforçam este papel da alta administração no treinamento e motivação seus empregados para o lançamento e implementação do programa. Com a motivação das equipes de trabalho, os funcionários poderão perceber que o seu trabalho é realmente importante para a organização. Ainda mais, irá manter a moral dos membros da equipe, para incentivá-los a continuar o seu trabalho, pois eles irão perceber que a alta gestão esta determinada com resultados da TPM (SUN *et al.*, 2003), ou seja, o pessoal de chão de fábrica deve sentir o apoio e o pleno envolvimento da alta gestão (NG *et al.*, 2011).

Outro ponto importante a ser considerado antes da implementação é o envolvimento da gestão no desenvolvimento de políticas e estratégias da organização (FREDENDALL *et al.*, 1997). Este processo inclui a criação de um plano estratégico e uma missão de negócios clara e sólida (PARK e HAN, 2001). A gestão deve empregar um método de análise externa das informações sobre a situação atual do mercado, concorrentes, clientes, tendências de negócios, oportunidades e ameaças (NG *et al.*, 2011).

A experiência de Davis (1997) no Reino Unido mostrou que o fator central para as implementações com sucesso é o apoio dos coordenadores. Pois o Coordenador é o principal responsável pela inicialização da TPM. Dependendo do tamanho da empresa, será responsabilidade exclusiva dessa pessoa. No entanto, esta tarefa é muitas vezes compartilhada com outras responsabilidades (SHETTY e CHAPDELAINE, 2009) e isso pode tornar-se uma barreira. Estes coordenadores devem ter alguns pré-requisitos, como: saber como motivar a todos, ter uma sólida compreensão da metodologia, possuir qualificações adequadas, paciência, perseverança, ser capaz de lidar com o processo de mudança e conquistar seus funcionários (PARK e HAN, 2001).

Para conquistar e obter o comprometimento do chão de fábrica, a gestão tem que preparar e fornecer treinamento adequado desde as fases iniciais da implementação da TPM (NG *et al.*, 2011). A gestão deve estar disposta a investir em educação para capacitar a força de trabalho. Ela deve se esforçar para treinar e desenvolver as competências de seus funcionários, atualizando seus

conhecimentos, habilidades e atitudes. A gestão tem a responsabilidade de elaborar as necessidades de formação, metas de treinamento, plano de formação, calendário de treinamento, além de garantir a execução e a avaliação da eficácia da formação (AHUJA e KHAMBA, 2008).

Outro ponto muito importante ligado a gestão, é o apoio aos grupos de trabalhos, que também se apresenta como uma estratégia-chave para impulsionar a implementação da TPM. Existem grandes catalisadores nesse processo, como a comunicação, a participação dos trabalhadores nas decisões, a aceitação de ideias e feedback frequentes. Desta forma, a equipe de gestão deve fornecer informações consistentes, incentivando, facilitando e apoiando a tomada de decisão (AHUJA e KHAMBA, 2008)

Além dos fatores apresentados até agora, existem várias recomendações de diversos autores, baseados em casos de sucesso de implementações da TPM, que podem auxiliar os gestores:

- Estabelecer medidas para o monitoramento do desempenho (AHUJA e KHAMBA, 2008);
- Monitorar e divulgar os benefícios alcançados em termos financeiros (AHUJA e KHAMBA, 2008);
- Aceitar que a TPM vai levar um longo tempo para se espalhar por toda a organização (DAVIS, 1997);
- Treinar e desenvolver uma rede de coordenadores que irão promover e apoiar as atividades de TPM todos os dias (DAVIS, 1997);
- Destacar continuamente a todos os funcionários a necessidade de melhorar as condições dos equipamentos e manter o foco no aumento do desempenho (DAVIS, 1997);
- Disponibilizar a todos os colaboradores as mesmas oportunidades e estabelecer um sistema de recompensas (DAVIS, 1997);
- Desenvolvimento das políticas e estratégias da TPM, bem como as metas, objetivos e um plano mestre (FREDENDALL *et al.*, 1997);
- Estabelecer uma comunicação eficaz em todos os níveis da organização (FREDENDALL *et al.*, 1997);
- Criar um programa de treinamento abrangente (FREDENDALL *et al.*, 1997);

- Foco na melhoria contínua de produção (BOHORIS *et al.*, 1995);
- Garantir relação sinérgica da produção e manutenção (BOHORIS *et al.*, 1995);
- Implementação gradual da TPM e nas máquinas mais importantes para o processo (BOHORIS *et al.*, 1995; BAMBER, 1998; CHAN *et al.*, 2005).

2.3.5 Resistência a Mudança

Na TPM todos os funcionários devem participar da função da manutenção dos equipamentos, ou seja, a manutenção deixa de ser responsabilidade exclusiva do departamento de manutenção e passa ser responsabilidade de todos. Isso requer uma mudança de atitude de todos, em especial por parte do pessoal de produção e manutenção (AHUJA e KHAMBA, 2008). Essa mudança é frequentemente resistida por estes funcionários e conseqüentemente se torna um fator crítico de sucesso (LAWRENCE, 1999).

Para mudar esse comportamento dos trabalhadores é uma tarefa muito difícil e isso ocorre devido a dois fatores. No primeiro, os trabalhadores da manutenção ficam relutantes em repassar responsabilidades para funcionários da produção, pois acreditam que não irão executar as tarefas de forma adequada e que isto poderá gerar retrabalhos (LAWRENCE, 1999). Já na segunda, muitos operadores não querem responsabilidade adicional, pois estão satisfeitos com a situação atual (RUNGCHAT *et al.* 2008; MCADAM e DUFFNER, 1996).

Existem outros fatores que afetam de forma positiva ou negativa a resistência a implementação da TPM, dentre os principais pode-se destacar:

- O movimento por parte das empresas para tentar fazer mais com menos (LAWRENCE, 1999);
- A comunicação frequente entre os funcionários, engenheiros, supervisores, gerentes e o chão de fábrica faz com que ocorra um maior envolvimento e compromisso, que pode minimizar a resistência na implementação (PARK e HAN, 2001);
- A orientação participativa dos supervisores, juntamente com a formação adequada reduz essa resistência (SUN *et al.*, 2003);
- A adoção do programa exige uma equipe de implementação dirigida por um agente de mudança altamente qualificado (PARK e HAN, 2001). Essa equipe

é responsável para garantir e ajudar a gerir a mudança em toda a organização (NG *et al.*, 2001).

- Além disso, a resistência da organização para a mudança cultural também é outro obstáculo que está sempre ligada ao fracasso da implementação da TPM (SHAMSUDDIN *et al.*, 2004).

2.3.6 Mudança de Cultura

A TPM é uma cultura, que aproveita as habilidades e competências de todos os indivíduos de uma organização (PATTERSON *et al.*, 1996). A sua implementação implica em mudanças organizacionais e quebras de paradigmas (CHAN *et al.* 2005). Neste processo, o maior desafio para as organizações é a capacidade de transformar radicalmente a sua cultura, para garantir a participação total do empregado no desempenho da produção (AHUJA e KHAMBA, 2008). Essa cultura corporativa será o agente de mudanças que vai refletir na maneira que os funcionários participam, desempenhando um papel crítico para garantir o sucesso da implementação (ETI *et al.*, 2004; CHAN *et al.*, 2005; BAMBER *et al.*, 1998; AHUJA e KHAMBA, 2008). Park e Han (2001) complementam que essa cultura deve gerar uma força motriz fundamental para o programa, que rege a rotina dos funcionários e influência nas suas decisões.

Para Lawrence (1999) um dos aspectos mais difíceis é o de superar a resistência a mudança, para provocar a absorção da cultura organizacional. Essas mudanças são incorporadas por meio de uma crença. Na qual a TPM é necessária para facilitar a melhoria das atividades dos funcionários e só pode ser promovida através da sensibilização, formação e prática (BAMBER *et al.*, 1999).

Na verdade, muitos programas falham porque as empresas não são capazes de mudar a cultura existente. Estas falhas ocorrem quando as empresas não estão prontas e são caracterizados pela desconfiança e má comunicação entre os operadores, pessoal da manutenção e da gestão (PATTERSON *et al.*, 1996).

Hansson *et al.* (2003) têm enfatizado o papel da gestão sobre a mudança organizacional para melhorar o desempenho. A estratégia da gestão deve ser considerada antes e durante a implementação da TPM, para que a mudança na cultura alcance todos os níveis de empregados (NG, 2011). Para Lawrence (1999) o

apoio da alta gerência é fundamental para a mudança cultural. Os gestores precisam priorizar as atividades de manutenção e de capacitação, além disso, devem disponibilizar sistemas de recompensa para apoiar a nova abordagem.

Park e Han (2001) alertam que na gestão da mudança cultural geralmente envolve:

- Uma definição clara da missão empresarial, que seja de propriedade de toda a organização e relevante para o mercado;
- Estabelecimento de uma organização em que a análise, planejamento e controle sejam equilibradas com a informalidade e a liberdade de questionar, desafiar e experimentar;
- O apoio de uma gestão visível, planos estruturados, uma equipe organizada e ênfase na comunicação.

Lawrence (1999) sugere a utilização da modelagem matemática para proporcionar a mudança cultural necessária durante o processo de implementação. Para o autor, os modelos matemáticos podem ser os agentes impulsionadores para acelerar a implementação com sucesso da TPM. Esses modelos e ferramentas podem otimizar o processo de gestão da manutenção, tornando os benefícios da TPM mais tangíveis e os objetivos mais claros para todos os níveis de funcionários.

Para McKone *et al.* (1999), a questão cultural fornece uma explicação para as diferenças nos resultados da implementação da TPM nas empresas. Como hipótese, o autor cita o Japão com maiores níveis de sucesso na implementação em relação aos EUA e a Itália. As empresas japonesas têm sistemas de planejamento mais eficientes para apoiar os seus esforços de TPM, especialmente na manutenção autônoma. Labib (1999) revelou em sua pesquisa bibliográfica que a TPM na sua forma pura não é totalmente aplicável para Indústria ocidental e que existe uma tendência da literatura em ressaltar esta diferença entre a cultura japonesa e a cultura ocidental. Esse raciocínio é complementado por Willmott (1994), afirmando que a ética no trabalho é muito forte no Japão.

Para mudar a cultura, a metodologia da TPM fornece às empresas um guia para transformá-la radicalmente (MOORE,1997; AHUJA e KHAMBA, 2008). Neste sentido, Takahashi (2000) afirma que para sistematizar a metodologia, primeiramente, deve-se promover uma revolução cultural na consciência das pessoas, pois, do contrário serão criados mais problemas que soluções.

Estes aspectos culturais presentes em uma organização podem influenciar positiva ou negativamente, os comportamentos e os valores de seus funcionários, (OPRIME *et al.*, 2011; ETI *et al.*, 2004). A cultura de uma organização surge através do desenvolvimento de normas e valores que o ajudam a empresa sobreviver e prosperar nesses ambientes (ETI *et al.*, 2004).

Sendo assim, os gestores devem priorizar seus esforços para promover a mudança de cultura. Ela deve ser considerada antes da implementação e deve promover a mudança em todos os níveis de funcionários. Ela servirá como um agente motivador para a rotina e a tomada de decisões de todos os funcionários.

Finalmente, a dificuldade em implementar uma cultura de melhoria contínua é causada pela complexidade da obtenção do compromisso e envolvimento dos envolvidos (ARCA e PRADO, 2008). Contudo, a gestão parece formar um componente extremamente crítico para garantir o envolvimento dos funcionários. Além disso, pode-se estabelecer uma relação da gestão com os outros fatores críticos de sucesso já mencionados, como: liderança e apoio, planejamento estratégico, treinamento e educação, monitoramento e avaliação, capacitação, informação e comunicação. É imperativo que a gestão esteja comprometida com a implementação. Na verdade, a liderança e apoio à alta gestão afetam significativamente os resultados do programa (HANSSON *et al.*, 2003, NG *et al.*, 2011;). Ela também deve abordar os fatores intangíveis, como o envolvimento, a motivação e a aceitação, a fim de fomentar a vontade de mudar (HANSSON e LYCKE, 2003).

2.3.7 Envolvimento dos Funcionários

Nakajima (1988), considerado como o pai da Manutenção Produtiva Total, definiu que um dos significados da palavra Total refere-se ao envolvimento Total das pessoas em todas as funções e em todos os níveis da hierarquia. Neste sentido, a TPM exige o envolvimento e a participação de todas as equipes de produção e de manutenção na execução das atividades em pequenos grupos voltados a melhorar a eficácia do equipamento. Além disso, todos os funcionários devem estar envolvidos com o processo de implementação e com os objetivos estratégicos da empresa (AHUJA e KHAMBA, 2008b). Como se pode notar em vários estudos (MCKONE *et*

al., 1999; ARCA e PRADO, 2008; NG *et al.*, 2011; CHAN *et al.*, 2005; HANSSON *et al.*, 2003; LAZIM e RAMAYAH, 2010), o envolvimento dos trabalhadores é comumente citado como um fator complexo e crítico para o sucesso implementação da TPM.

Sahin (2000) também defende que a motivação é um fator crítico e ainda complementa que o operador deve estar emocionalmente envolvido com o programa. Ele deve desenvolver um sentimento de posse do seu equipamento. Desta forma, ele poderá cuidar e garantir que o equipamento esteja sempre limpo e em condições ótimas de funcionamento (NG, 2011). Sem dúvida, a TPM depende muito do envolvimento dos trabalhadores. Este fato é evidenciado através da manutenção autônoma, onde as ações dos operadores são cruciais para a sustentação do programa. Para isso, além de operar o equipamento, os operadores de produção devem assumir responsabilidades para executar pequenas atividades de manutenção. Esta consciência voltada para o aumento da eficiência dos equipamentos devem estar integrados na sua rotina de trabalho (CHEN, 1997). Estas iniciativas podem ajudar a desafogar o volume de trabalho da equipe de manutenção, disponibilizando mais tempo para que eles realizem atividades mais complexas, como a solução de problemas para a melhoria da eficiência dos equipamentos.

Park e Han (2001) defendem que o método mais eficaz para garantir que os todos aceitem a implementação da TPM é o envolvimento dos empregados em um estágio preliminar ao início do programa. Desta forma, fica muito difícil para os envolvidos rejeitar a implementação em uma fase posterior.

Já para Ahuja e Khamba (2008), o envolvimento esta intimamente ligado ao alinhamento dos funcionários com os objetivos da organização. Os principais fatores responsáveis por este envolvimento são: o estabelecimento de um sistema de reconhecimento dos esforços dos funcionários e o foco sobre a capacitação dos funcionários. Os mecanismos de recompensa servem para despertar nos funcionários a motivação para executar seus trabalhos e para o desenvolvimento de novas propostas para a melhoria contínua. Hutchins (1998) cita que os esforços voltados ao reconhecimento dos funcionários permite demonstrar que seu trabalho é importante para a empresa. Para garantir o sucesso da TPM deve-se reconhecer o processo de melhoria, beneficiando tanto o funcionário quanto a organização.

Robbins (2002) afirma que para envolver os funcionários e mantê-los motivados é necessário estreitar a relação entre o desempenho dos funcionários com as recompensas organizacionais, e/ou entre as recompensas que os funcionários recebem com as que desejam. Em contraste, Graisa e Al-Habaibeh, (2011) afirmam que os funcionários não devem ser motivados como resultado de uma recompensa futura e que a falta de formação e desenvolvimento pessoal é a principal causa do problema.

No que diz respeito a capacitação, os empregados devem ser assistidos por um amplo programa desenvolvimento de habilidades. Isso os tornam mais valiosos para a organização, criando um melhor ambiente de trabalho com mais segurança ao empregado (ARCA e PRADO, 2008). Sendo assim, a oferta de formação suficiente tornaram-se um dos fatores críticos de sucesso, conforme detalhado anteriormente.

2.3.8 Monitoramento dos Resultados

Um fator crítico de sucesso para a implementação da TPM é o monitoramento e a divulgação dos resultados positivos. Pois se os resultados não aparecerem em breve, a força motriz da mudança será reduzida e tenderá a desaparecer, promovendo a insatisfação e frustração dos indivíduos envolvidos (LJUNGBERG, 1998; GONZALEZ e MARTINS, 2011).

Rodrigues e Hatakeyama (2006) alertam sobre a importância em estabelecer indicadores chaves para a avaliação do desempenho do programa. Os principais índices de desempenho utilizados para verificar o progresso da TPM são: a produtividade, custo, qualidade, satisfação do cliente e segurança. One *et al.* (2008) acrescenta alguns indicadores importantes a serem mensurados em sua visão, como: a moral dos funcionários do chão de fábrica, o número de sugestões geradas pelo chão de fábrica e a taxa de participação dos trabalhadores nos pequenos grupos de trabalho.

Já para Ahuja e Khamba (2008), os programas da TPM devem ser avaliados pela utilização de indicadores chaves (*Key Performance Indicators* - KPI). Estes por sua vez, são amplamente utilizados nas organizações como estratégia para avaliar o sucesso dos programas da TPM. Os KPI são necessários para estabelecer os

objetivos, medir o desempenho e dar ênfase sobre os comportamentos positivos. Esses resultados devem ser profundamente explorados e compartilhados com todos os funcionários, de modo a motivá-los e garantir a sua participação nas melhorias (AHUJA e KHAMBA, 2008).

Nesta linha, existem outras abordagens sobre o monitoramento dos resultados, como por exemplo: Al-Najjar (1996), que defende a utilização extensiva de ferramentas estratégicas, como a identificação e eliminação dos desvios de qualidade, além do uso de *feedback* para garantir produtos de alta qualidade. Groote (1995) propôs uma abordagem de manutenção de avaliação de desempenho com base em uma auditoria de qualidade e indicadores de desempenho quantificáveis para a manutenção. Para Davis (1997), é necessário divulgar os benefícios atingidos em termos financeiros. Sob o mesmo ponto de vista, Leblanc (1995) aponta que a avaliação da redução de custos deve ser previsto e medido, com o objetivo de perceber o verdadeiro potencial da TPM.

Entretanto, a utilização do OEE se estabelece como uma ferramenta fundamental para o monitoramento da eficácia da TPM, conforme revelado em sua revisão da literatura. É uma forma eficaz de analisar a eficiência de um equipamento (LJUNGBERG, 1998), avaliando e diagnosticando o progresso do programa continuamente. Ele servirá como apoio a motivação dos envolvidos, permitindo a visualização positiva de seu trabalho e a avaliação da eficácia interna da empresa.

Para Parida e Kumar (2006) o mensuramento da eficácia pelas organizações deve ir além do OEE. Deve-se estabelecer indicadores para serem avaliados por auditorias (internas e externas) e por atividades de *Benchmarking*. Estas avaliações fornecem informações vitais para melhorar a produtividade e garantir a sobrevivência do programa (BEN-DAYA e DUFFUAA, 1995).

2.3.9 Comunicação

A implementação de qualquer tecnologia ou programa pode gerar muita preocupação e curiosidade dentro e fora de uma organização (PARK e HAN, 2001). Para que minimizar este efeito, os funcionários devem estar sintonizados na mesma frequência, recebendo um grande número de informações sobre a nova cultura

(MORA, 2002). Portanto, uma comunicação adequada pode ajudar a organização a enfrentar os medos das pessoas afetadas pelas mudanças (PARK e HAN, 2001).

Neste sentido, a comunicação é um fator crucial no processo de implementação de um projeto da TPM. Um esforço concentrado deve ser feito para informar aqueles que deveriam saber, formando um canal de comunicação que deve ser mantido durante toda a vida do projeto (PARK e HAN, 2001). Este canal deve estabelecer uma comunicação eficaz entre todos os níveis da organização (FREDENDALL *et al.*, 1997), principalmente entre os operadores, as pessoas da manutenção e os engenheiros. Pois estes funcionários devem interagir e colaborar coletivamente entre si, paralelamente com os esforços e atividades da manutenção autônoma.

A comunicação deve ser reforçada, pois forma um elemento fundamental na formação dos participantes do programa (BAMBER, 1999). Nesta mesma direção, Hansson *et al.*, (2003) tem enfatizado sobre o envolvimento do departamento de comunicação corporativa. O autor relata a importância da participação deste departamento durante a Implementação da TPM para garantir que todos os funcionários afetados recebam as informações adequadas e no momento certo. Desta forma a organização poderá garantir o alinhamento dos colaboradores com os objetivos da organização, fornecendo a compreensão dos princípios básicos (AHUJA e KHAMBA, 2008).

2.4 MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD)

Dentro de um processo de planejamento e de gestão é muito comum surgir a necessidade de selecionar uma alternativa entre várias outras. Neste sentido, a eficácia na seleção da melhor alternativa pelos tomadores de decisão é crucial para otimizar o desempenho de suas atividades.

Normalmente as decisões mais simples são tomadas de modo empírico. Já para os problemas complexos e com vários critérios conflitantes, as decisões podem ser apoiadas com a utilização de ferramentas e métodos estruturados de tomada de decisão.

Desta forma, os métodos AMD ou, em inglês, *Multiple Criteria Decision Aiding* (MCDA) surgem como alternativa para solução deste problema. Os métodos AMD

são indicados para a solução de problemas complexos, com situações conflitantes e de difícil mensuração. Estes métodos de apoio multicritério à decisão, formam uma base para o diálogo entre os agentes da tomada de decisão, possibilitando operar com subjetividade e incertezas, além do mais, oferecem a visualização de cada solução em potencial (GOMES, 2002).

Estas metodologias podem gerar uma hierarquização das alternativas, de acordo com o grau de afinidade delas com o tomador de decisão. Elas ainda compartilham as características de conflito entre os critérios e as dificuldades na seleção das alternativas. Desta forma, a melhor alternativa é selecionada, fazendo comparações entre as alternativas em relação a cada atributo (GOMES, 2002). O processo de decisão multicritério é demonstrado na Figura 06 e os diferentes métodos de AMD são descritos abaixo:

- *Weighted sum method (WSM);*
- *Weighted product method (WPM);*
- *Analytical hierarchy process (AHP);*
- *Preference ranking organization method for enrichment evaluation (PROMETHEE);*
- *The elimination and choice translating reality (ELECTRE);*
- *The technique for order preference by similarity to ideal solutions (TOPSIS);*
- *Compromise programming (CP);*
- *Multi-attribute utility theory (MAUT).*

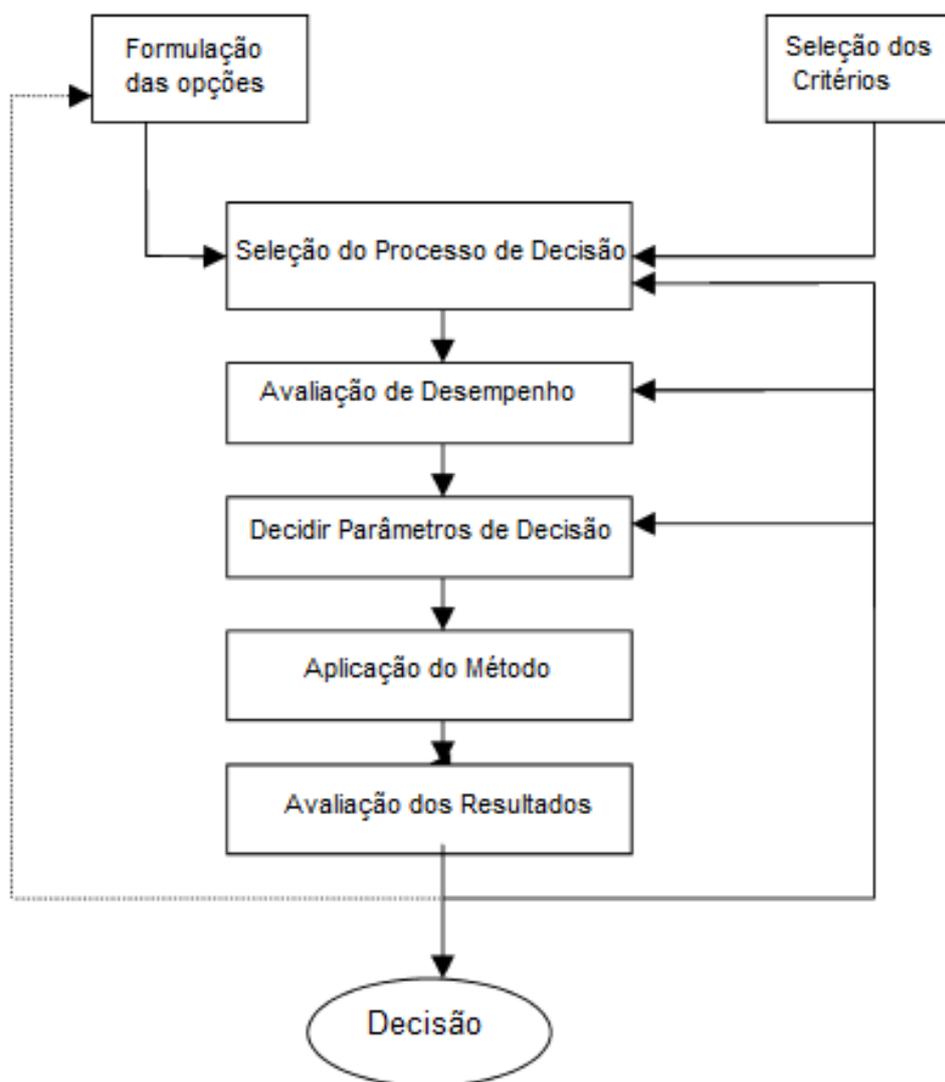


Figura 6: O processo de decisão multicritério.
Fonte: Traduzido de Pohekar e Ramachandran, (2004)

Para Gomes (2002), esta seleção depende das características do problema a ser analisado, da estrutura de preferências, do contexto e da problemática considerada. Para este trabalho foi selecionado o método AHP, que será detalhado no capítulo abaixo.

2.5 O MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

O Método de Análise Hierárquica (MAH), ou ainda, *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, foi desenvolvido por Saaty (1980). Este método tem sido extensivamente utilizado em quase todas as aplicações relacionadas com a tomada de decisão de múltiplos critérios, por exemplo nas áreas de: educação, engenharia, governamentais, indústria, gestão, produção, pessoal, político, social e esportes (Vaidya e Kumar, 2006).

Este método de análise multicriterial é destinado para o estudo de sistemas complexos. Ele é caracterizado pela construção de níveis hierárquicos, onde o problema é decomposto em vários atributos, que são novamente decompostos em um novo nível de atributos. Desta forma, o problema é estruturado em um processo de ponderação ativa, em que os atributos mais importantes são representados pela sua importância relativa. Como resultado o Método AHP atribui pesos numéricos aos seus objetivos, parâmetros e alternativas levantadas anteriormente (SAATY, 1991).

O Método AHP integra, simultaneamente, as informações qualitativas e quantitativas para priorização de alternativas quando vários critérios devem ser considerados. De acordo com Saaty (1991), uma abordagem de tomada de decisão deve ter as seguintes características:

- Uma estrutura simples;
- Adaptável a ambos os grupos e a tomada de decisão individual dos ambientes;
- Ser natural a intuição humana e do pensamento em geral;
- Incentivar o compromisso e consenso;
- Não requerer especialização excessiva;

Para atingir os objetivos e conseqüentemente solucionar os problemas propostos, o Método de Análise Hierárquica consiste em três operações principais, incluindo (SAATY, 1991):

- Construção de hierarquia,
- Análise de prioridade,
- Verificação de consistência.

Na primeira etapa do Método de Análise Hierárquica proposto por Saaty (1991), o problema deve ser estruturado em níveis hierárquicos, que tem o objetivo de facilitar o entendimento e avaliação da análise. Cada nível da hierarquia é formado pelo agrupamento dos fatores específicos para a tomada de decisão. Esta hierarquia pode ter quantos níveis forem necessários e deve conter os objetivos, parâmetros e alternativas encontradas na análise. No topo da hierarquia está localizado o objetivo principal, em seguida os objetivos intermediários e no próximo nível estão os parâmetros para realizar a tomada de decisão. Já no nível inferior estão alocadas as alternativas que serão selecionadas para atingir o objetivo. Na figura 06 abaixo, é demonstrado uma estrutura hierárquica básica conforme descrito.

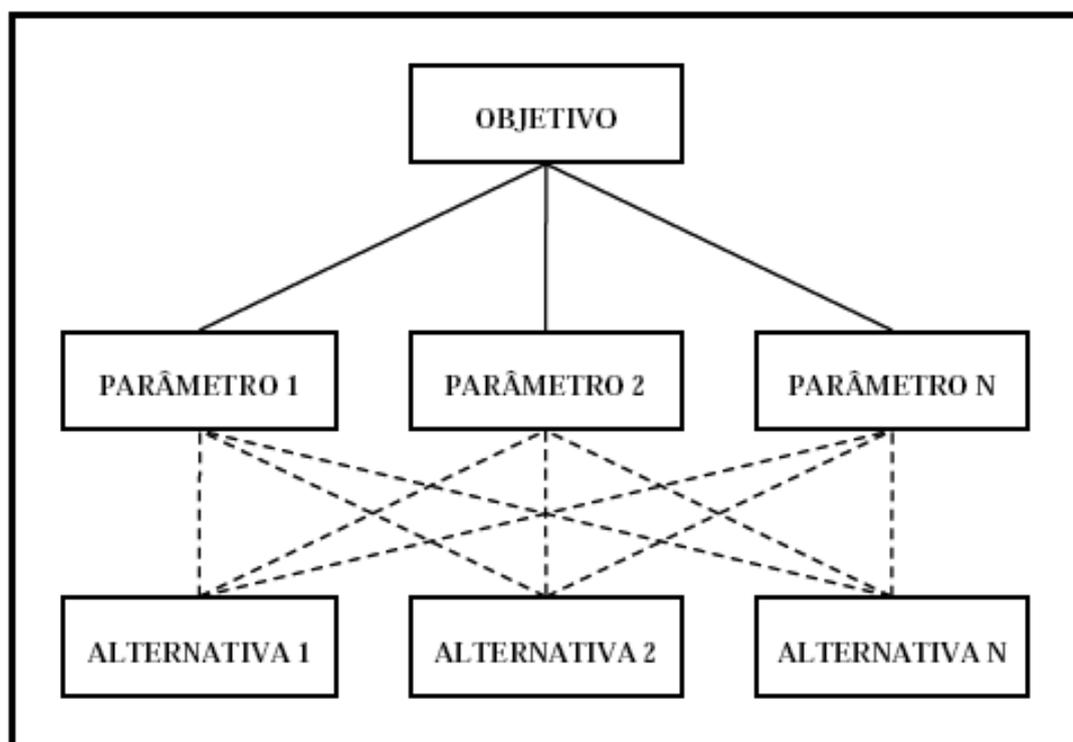


Figura 7: Estrutura hierárquica básica
Fonte: SAATY (1991)

Após feita a montagem da estrutura hierárquica do problema, são feitas comparações par a par em cada nível, entre todos os elementos. Desta forma, são construídas matrizes de julgamento, onde os atributos são julgados de forma paritária, ou seja, é possível levantar a importância relativa dos atributos pela habilidade do avaliador em perceber o relacionamento entre as situações observadas, comparando par a par sob o direcionamento de um critério.

Esta metodologia utiliza julgamentos recíprocos, onde as matrizes de decisão devem ser adequadas para este método, em função de suas necessidades. Esta formatação pode ser visualizada na figura 07 abaixo, em que as alternativas (A_1, A_2, \dots, A_n), são comparadas entre si, com referência ao parâmetro (P_k).

P_k	A_1	A_2	...	A_n
A_1	1	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	$a_{21}=1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
...	1	...
A_n	$a_{n1}=1/a_{1n}$	$a_{n2}=1/a_{2n}$...	1

Figura 8: Matriz recíproca do método AHP.
Fonte: SAATY (1991)

Cada elemento da matriz representa a importância relativa de uma alternativa em relação às outras e deve ser expressa através de um valor numérico. Para realizar esta etapa deve-se utilizar a escala fundamental do método AHP. Esta escala é baseada na escala Likert, que é representada por uma tabela de julgamentos que emprega valores de 1 a 9. Desta forma, ela tem o objetivo de determinar quantas vezes um elemento é mais dominante em relação ao outro, sob a ótica de um mesmo critério (SAATY, 1991). Esta escala esta representada na tabela 3.

Tabela 3– Escala de comparação (SAATY, 2006).

Intensidade da importância	Definição	Explicação
1	A_i tem igual importância que A_j .	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	A_i levemente mais importante que A_j .	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra.
5	A_i mais importante que A_j .	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	A_i muito mais importante que A_j .	Uma atividade é fortemente favorecida e sua dominância é demonstrada na prática.
9	A_i extremamente mais importante que A_j .	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é a mais alta ordem.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários.	Quando é necessário maior compromisso entre julgamentos sucessivos.

Esta tabela representa a comparação paritária, na qual o decisor representará sua preferência. Por exemplo, se o tomador de decisão está convicto de que o critério X é mais importante do que o critério Y, então este julgamento é representado pelo valor 5. O peso correspondente ao critério Y é recíproco a 1/5, demonstrando sua menor importância em relação ao critério X (SAATY, 1991).

Segundo Saaty (1991), a matriz tem que ser normalizada, para isso deve-se calcular o principal auto vetor, que se torna o vetor de prioridade da matriz. Para normalizar a matriz de prioridades Saaty (1991) apresenta quatro formas:

- **o mais grosseiro** – somam-se os elementos em cada linha e normaliza-se o resultado pela divisão de cada soma pelo total de todas as somas;
- **o melhor** – somam-se os elementos em cada coluna e formam-se os recíprocos destas somas;
- **bom** – dividem-se os elementos de cada coluna pela soma daquela coluna (normaliza-se a coluna) e somam-se os elementos em cada linha resultante, e por fim, divide-se esta soma pelo número de elementos da linha;
- **bom** – multiplicam-se os n elementos de cada linha, tornando-se a raiz n-ésima. Em seguida, normalizam-se os membros resultantes.

O próximo passo é verificar a inconsistência do sistema. Este índice tem a função de alertar o tomador de decisão se existe alguma inconsistência nas comparações realizadas, em que o valor zero representa uma consistência perfeita

(SAATY, 1991). Desta forma, esta consistência pode ser definida como a medida de confiabilidade de um sistema.

Para obter uma consistência perfeita é preciso que o autovalor de “ λ max” seja igual ao número de parâmetros “n” existentes na matriz de comparação, desta forma, quanto mais próximo o valor de “ λ max” for do número de fatores “n”, mais consistente será o resultado. O autovalor máximo “ λ max” é determinado pelo produto coluna “T” pela linha “w”, proveniente das somas das várias colunas das matrizes, sendo representado pela seguinte fórmula:

$$\lambda \max = T \cdot w$$

O Índice de Consistência (IC): é representado pela seguinte equação

$$IC = \frac{(\lambda \max - n)}{(n - 1)}$$

Segundo Saaty (1991), o Índice de Consistência (IC) contribui para a obtenção da medida da má consistência, ou a Razão de Consistência (RC). Esta razão é obtida pela equação abaixo, ou seja, pela divisão do Índice de Consistência (IC) pelo Índice Randômico (IR).

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

O Índice Randômico (IR) é obtido através de uma tabela, que é formada por uma matriz recíproca e positiva, que é gerada randomicamente e deve variar em função do número de parâmetros (n) do sistema (SAATY, 1991).

Tabela 4– Índice Randômico (SAATY, 1991).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,0	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Segundo Saaty (1991), o valor de inconsistência (RC) calculado é aceitável se for menor que 0,10. Caso o RC for maior que 0,10, o julgamento está inconsistente e deve ser melhorado.

3 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP

Para resolver o problema desta pesquisa e priorizar os Fatores Críticos de Sucesso na implantação da TPM, foram considerados nove FCS (alternativas) sobre a ótica de quatro fases (fatores). Para mensurar as prioridades relativas entre estas alternativas e fatores é imprescindível a utilização de um método MCDM.

Neste sentido, o Analytic Hierarchy Process (AHP) desenvolvido por Saaty (1980) é uma poderosa ferramenta para a solução de problemas complexos relacionados com a tomada de decisão de múltiplos critérios. Ele é caracterizado pela construção de níveis hierárquicos, onde o problema é decomposto em vários atributos, em um processo de ponderação ativa, em que os atributos mais importantes são representados pela sua importância relativa. Como resultado o Método AHP atribui pesos numéricos aos seus objetivos, parâmetros e alternativas levantadas anteriormente. (SAATY, 1991).

Por esta razão, o método AHP foi selecionado para a solução deste problema complexo de decisão. Este método também foi utilizado por outros motivos:

- Existe uma ampla documentação na literatura acadêmica sobre suas aplicações práticas;
- O método permite identificar a incoerência dos julgamentos, permitindo sua correção;
- Simplicidade na comparação entre pares, pois apenas dois são consideradas por vez, deixando a tomada de decisão bastante simplificada;
- Utilizam julgamento de valor para tratamento da subjetividade dos problemas de decisão;
- A estruturação do problema em níveis hierárquicos auxilia na compreensão do problema;
- Permite decisões sobre semelhanças entre eventos. Podendo se aplicar a problemas com alto grau de imprecisão.

Com o objetivo de investigar os fatores críticos que afetam a implementação da TPM e aplicar o método AHP em cada fase, o estudo foi desenvolvido em de cinco etapas:

- (1) Estruturação do problema e a construção da hierarquia;

- (2) A coleta de dados;
- (3) Elaboração das matrizes de comparação;
- (4) Cálculo da prioridade relativa em cada fase da TPM;
- (5) Análise da consistência das opiniões;

3.1 FASE 01 - ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA E A CONSTRUÇÃO DA HIERARQUIA

Esta etapa tem como objetivo desenvolver um modelo de hierarquia para a solução do problema proposto. Para compor a hierarquia foi necessário identificar o objetivo, critérios, subcritérios e o resultado desejado.

Desta forma, o problema em questão é decomposto em quatro níveis, formando a estrutura hierárquica do modelo, conforme apresentado na figura 09.

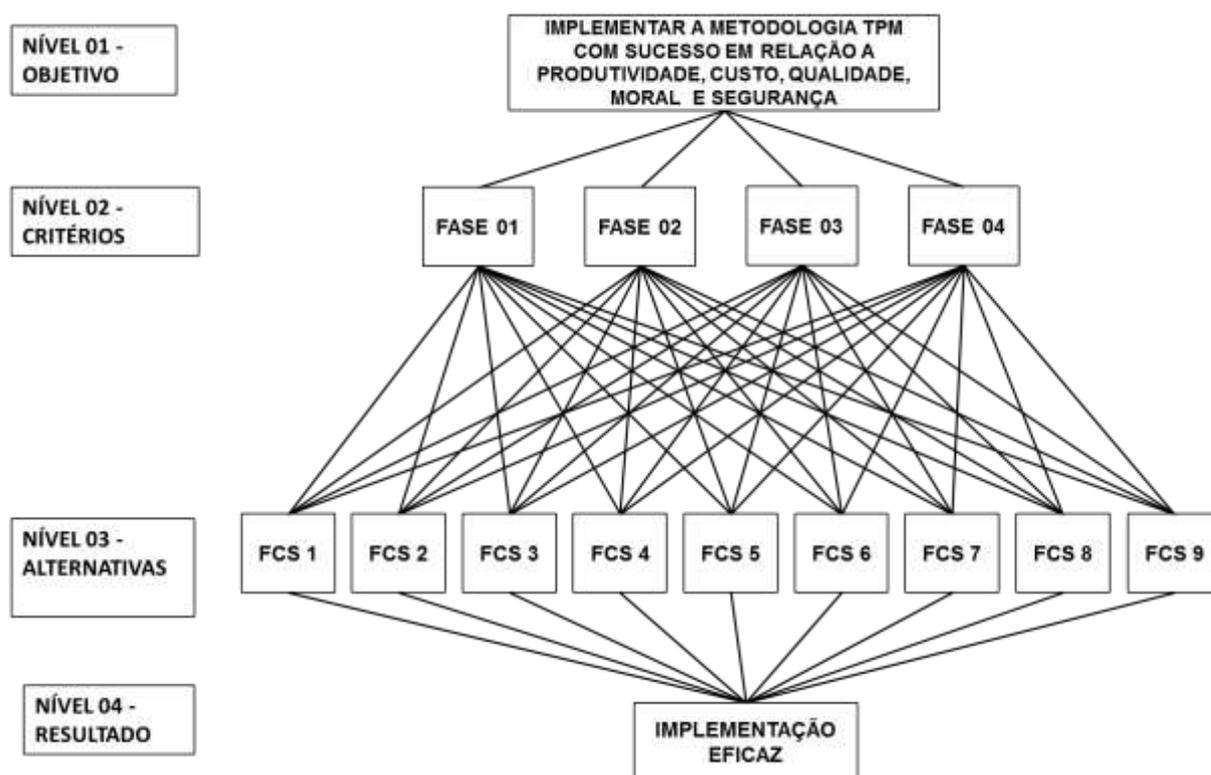


Figura 9: Estrutura hierárquica do problema

O Nível 1 refere-se ao objetivo do problema, que é implementar a metodologia TPM com sucesso, levando em consideração a produtividade, custo, qualidade,

moral e segurança. O nível 02 relaciona os critérios que são representados pelas quatro fases de implementação sugeridas por Nakajima (1988), descritos na tabela 5 abaixo. Já para o Nível 03 representa os subfatores dos fatores críticos de sucesso para a implementação da TPM (Tabela 6) que foram consolidados pela revisão da literatura. E por fim, o Nível 04 é composto pelo resultado desejado no projeto de implementação da TPM.

Tabela 5– Critérios da hierarquia

DESIG.	DESCRIÇÃO
FASE 01	PREPARAÇÃO
FASE 02	IMPLEMENTAÇÃO PRELIMINAR
FASE 03	IMPLEMENTAÇÃO DA TPM
FASE 04	ESTABILIZAÇÃO DA TPM

Tabela 6– Subcritérios da hierarquia

DESIG.	FATOR CRÍTICO DE SUCESSO
FCS 01	TREINAMENTO E CAPACITAÇÃO
FCS 02	TRABALHO EM EQUIPE
FCS 03	PLANEJAMENTO E PREPARAÇÃO
FCS 04	APOIO DA GESTÃO
FCS 05	RESISTÊNCIA A MUDANÇA
FCS 06	MUDANÇA NA CULTURA
FCS 07	ENVOLVIMENTO DOS FUNCIONÁRIOS
FCS 08	MONITORAMENTO DOS RESULTADOS
FCS 09	COMUNICAÇÃO

3.2 FASE 02 - A COLETA DE DADOS

Para realizar a coleta de dados, foi enviado um questionário para um grupo de gestores de programas de TPM em seis empresas brasileiras vencedoras do prêmio TPM *Award*. Estes profissionais foram selecionados porque estavam familiarizados com as práticas de TPM e também passaram pelas quatro fases do

programa. A tabela 07 apresenta o perfil das empresas que foram objeto deste estudo.

Tabela 7: Perfil das Organizações pesquisadas

Número	Perfil das Empresas Pesquisadas
1	A empresa 01 faz parte de um grupo multinacional produtor de alimentos, que opera em 83 países em cinco continentes. No Brasil, a empresa atua desde 1876, onde as duas primeiras fábricas do Grupo receberam o prêmio Award for TPM Excellence - Category A em 2011. A empresa implementou a TPM objetivando desenvolver seus colaboradores e aumentar a competitividade, ela busca nas premiações do JIPM um desafio para a atingir patamares mais elevados com relação a qualidade e segurança de seus alimentos.
2	A empresa 02 é uma multinacional que fabrica embalagens para alimentos. Ela já conquistou sete prêmios em suas duas unidades no Brasil. Já em 2007, suas duas unidades conquistaram o Advanced Special Award for TPM Achievement, em reconhecimento a consistência de boas práticas de TPM. Esta empresa é referência no sistema WCM, destacando-se no processo de premiação do JIPM, sendo uma das primeiras empresas a receber esta premiação e agora busca atingir a premiação máxima do JIPM, o Award for World-class TPM Achievement
3	A empresa 03 é fabricante de papéis e celulose e possui 16 plantas industriais, 15 no Brasil e 1 na Argentina. Em 2008 a Unidade Monte Alegre recebeu o prêmio Award for TPM Excellence - Category A e em 2010 a planta de Angatuba (SP) recebeu o Award for TPM Excellence - Category B. A implantação da TPM foi motivada pela necessidade de aumentar a competitividade, de padronizar de um modelo de gestão para toda a organização e para atingir os padrões classe mundial. A empresa está em busca de outros prêmios do JIPM, como o Award for World-class TPM Achievement.
4	A empresa 04 faz parte de uma concessionária brasileira de serviço público de geração e distribuição de energia elétrica. Ela iniciou a implementação da TPM em 1997, que resultou no ano de 2000 o Award for TPM Excellence - Category A em uma de suas regionais. Nos dois anos seguintes, seis de suas unidades receberam esta mesma premiação. Já no ano de 2009 uma usina da empresa recebeu o Award for Excellence in Consistent TPM Commitment e outra Termoelétrica o Award for TPM Excellence, Category B. Esses Prêmios forneceram subsídios para que a empresa conquistasse 10 prêmios do JIPM no ano seguinte. Desta forma a TPM foi disseminada para a empresa e no ano de 2012 conseguiu a premiação de todas as unidades da empresa, inclusive a premiação máxima do JIPM em uma de suas unidades, o Award for World-class TPM Achievement. A empresa busca a excelência e a inovação em suas operações e vislumbra nestas premiações o estabelecimento de novos desafios. Ela é a única empresa de energia do mundo a receber, o Award for World-class TPM Achievement e nos próximos anos busca atingir esta premiação em outras unidades
5	A empresa 05 compõe uma das maiores empresas de bens de consumo do mundo com forte presença no Brasil e que adota a TPM como modelo de gestão desde 1993. Sua primeira premiação foi em 1998, recebendo em duas de suas unidades o Award for TPM Excellence, Category A. Após esta conquista a empresa intensificou suas ações na metodologia em várias plantas para concorrer em diversas categorias. Estes esforços acabaram resultando em 19 premiações até o ano de 2012. A empresa adotou a metodologia para apoiar a melhoria contínua da qualidade de seus processos e o próximo passo da empresa é atingir o Award for World-class TPM Achievement
	A empresa 06 é uma das maiores empresas do ramo de bebidas do

6	Brasil, composta por 13 unidades industriais em 11 estados do país. Esta empresa possui nove fábricas que utilizam e colhem resultados positivos com implantação da metodologia da TPM desde 2007. Já em 2012, três unidades do Grupo receberam o Award for TPM Excellence - Category A, em reconhecimento ao processo de consolidação da metodologia. A empresa adotou a TPM com o objetivo de aumentar a eficácia de suas instalações, seguindo os padrões mundiais de excelência em manufatura, sendo considerada a empresa mais premiada mundialmente neste ramo de atuação pelo JIPM.
---	--

Para o preenchimento do questionário foi utilizado uma escala de nove pontos para os avaliadores atribuírem as pontuações relativas a comparações de pares entre os fatores e subfatores. Esta escala tem sido frequentemente utilizada na abordagem AHP. Para este trabalho, ela foi simplificada com uma escala atribuída de quatro elementos, conforme a tabela 08.

Tabela 8: Escala de referência entre dois fatores

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Fraca importância	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza.

3.3 FASE 03 - ELABORAÇÃO DAS MATRIZES DE COMPARAÇÃO

A partir dos dados coletados pelos questionários, foram construídas as matrizes de relacionamento com os valores da importância de cada fator em relação aos outros. Desta forma, as matrizes de comparações foram constituídas, contendo a avaliação comparativa dos critérios em cada fase da implementação da metodologia TPM em relação ao objetivo geral do problema. Como exemplo desta fase da pesquisa, a tabela 9 abaixo apresenta os julgamentos realizados pelo gestor de TPM da Empresa 01 na fase de preparação da implementação da metodologia.

Tabela 9: Matriz de comparação da Empresa 01 na fase 01 da TPM

TABELA 2 Fase 2 x FCS	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação
Treinamento e capacitação	1	5	1	5	5	3	3	3	5
Trabalho em equipe	1/5	1	1/5	1	1	1/3	1/3	1/3	3
Planejamento e Preparação	1	5	1	5	9	3	3	3	9
Apoio da Gestão	1/5	1	1/5	1	3	1	1/3	1	3
Resistência a Mudança	1/5	1	1/9	1/3	1	1/3	1/5	1/3	1
Mudança de cultura	1/3	3	1/3	1	3	1	1	1	3
Envolvimento dos funcionários	1/3	3	1/3	3	5	1	1	1	3
Monitoramento dos resultados	1/3	3	1/3	1	3	1	1	1	1/3
Comunicação	1/5	1/3	1/9	1/3	1	1/3	1/3	3	1

Nesta matriz, o especialista considera que o fator Treinamento e Capacitação tem uma leve importância em relação aos Trabalho em Equipe, atribuindo o valor 3 na 1ª linha da 2ª coluna. Nesta mesma análise, esse respondente considerou que o Treinamento e Capacitação tem a mesma importância que o fator Planejamento e Preparação, atribuindo o valor 1 na 1ª linha da 3ª coluna da matriz. Já na comparação da 1ª linha da 4ª coluna da matriz, foi atribuído o valor 1/3, que corresponde a uma leve importância do Apoio da Gestão sobre o Treinamento e Capacitação. O restante da análise da matriz é realizada seguindo a mesma lógica. Ou seja, são feitas comparações par a par em cada nível, entre todos os elementos. As posições da diagonal serão sempre 1, pois um critério é igualmente importante a ele mesmo.

As comparações de ordem inversa, do lado esquerdo inferior da matriz, recebem os valores recíprocos dos valores da parte superior direita.

3.4 FASE 04 - CÁLCULO DA PRIORIDADE RELATIVA EM CADA FASE DA TPM

A determinação da prioridade relativa de cada critério com relação ao objetivo global é determinada pela média aritmética dos valores normalizados de cada linha da matriz. O valor normalizado de cada critério é obtido pela divisão do valor pela soma da coluna a que o critério está posicionado na matriz, conforme o exemplo da Empresa 01, apresentado na Tabela 10. Observa-se que o somatório dos valores das colunas sempre totaliza 1 (um).

Tabela 10: Matriz de comparação na fase 01 da TPM

TABELA 1 Fase 1 x FCS	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcion	Monitoramento dos resulta	Comunicação
Treinamento e capacitação	1,0000	3,0000	1,0000	0,3333	5,0000	5,0000	1,0000	5,0000	3,0000
Trabalho em equipe	0,3333	1,0000	0,2000	0,2000	3,0000	1,0000	0,3333	3,0000	1,0000
Planejamento e Preparação	1,0000	5,0000	1,0000	1,0000	9,0000	5,0000	3,0000	9,0000	3,0000
Apoio da Gestão	3,0000	5,0000	1,0000	1,0000	9,0000	5,0000	5,0000	9,0000	5,0000
Resistência a Mudança	0,2000	0,3333	0,1111	0,1111	1,0000	0,3333	0,2000	1,0000	0,2000
Mudança de cultura	0,2000	1,0000	0,2000	0,2000	3,0000	1,0000	0,3333	1,0000	0,3333
Envolvimento dos funcionários	1,0000	3,0000	0,3333	0,2000	5,0000	3,0000	1,0000	5,0000	1,0000
Monitoramento dos resultados	0,2000	0,3333	0,1111	0,1111	1,0000	1,0000	0,2000	1,0000	0,3333
Comunicação	0,3333	1,0000	0,3333	0,2000	5,0000	3,0000	1,0000	3,0000	1,0000
Soma da coluna (Sc)	7,2667	19,6667	4,2889	3,3556	41,0000	24,3333	12,0667	37,0000	14,8667

Já a tabela 11 apresenta os cálculos das prioridades relativas desta mesma análise. Estes valores normalizados foram obtidos dividindo-se cada valor da tabela 10 pelo somatório da coluna em que está posicionado. Por exemplo, o cálculo da prioridade relativa do critério Treinamento e Capacitação da matriz da tabela 10 é

igual a: $((1/7,2627) + (3/19,6667) + (1/4,2889) + (0,3333/3,3556) + (5/41) + (5/24,3333) + (1/12,0667) + (5/37) + (3/14,8667))/9 = 0,1522$.

Tabela 11 - Cálculo das prioridades relativas da Empresa 01 na fase 01 da TPM

	Recíproco									[Σ Recíprocos]	[w]
	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Soma da linha (SI)	Prioridade
Treinamento e capacitação	0,1376	0,1525	0,2332	0,0993	0,1220	0,2055	0,0829	0,1351	0,2018	1,3699	0,1522
Trabalho em equipe	0,0459	0,0508	0,0466	0,0596	0,0732	0,0411	0,0276	0,0811	0,0673	0,4932	0,0548
Planejamento e Preparação	0,1376	0,2542	0,2332	0,2980	0,2195	0,2055	0,2486	0,2432	0,2018	2,0417	0,2269
Apoio da Gestão	0,4128	0,2542	0,2332	0,2980	0,2195	0,2055	0,4144	0,2432	0,3363	2,6172	0,2908
Resistência a Mudança	0,0275	0,0169	0,0259	0,0331	0,0244	0,0137	0,0166	0,0270	0,0135	0,1986	0,0221
Mudança de cultura	0,0275	0,0508	0,0466	0,0596	0,0732	0,0411	0,0276	0,0270	0,0224	0,3759	0,0418
Envolvimento dos funcionários	0,1376	0,1525	0,0777	0,0596	0,1220	0,1233	0,0829	0,1351	0,0673	0,9580	0,1064
Monitoramento dos resultados	0,0275	0,0169	0,0259	0,0331	0,0244	0,0411	0,0166	0,0270	0,0224	0,2350	0,0261
Comunicação	0,0459	0,0508	0,0777	0,0596	0,1220	0,1233	0,0829	0,0811	0,0673	0,7105	0,0789

Na tabela 11, foram obtidos os valores das prioridades relativas de todos os fatores envolvidos no processo decisório da Empresa 01 na fase 01. Onde o fator Apoio da Gestão foi considerado o mais importante, com o valor da prioridade relativa de 0,2908. Em segundo lugar o fator Planejamento e Preparação, com o valor de 0,2269. Já em terceiro lugar, ficou o fator Treinamento e Capacitação, com o valor de 0,1522. Os demais valores estão representados na tabela.

3.5 FASE 05 - ANÁLISE DA CONSISTÊNCIA DAS OPINIÕES

A inconsistência surge quando algumas opiniões inseridas na matriz se contradizem uma com as com outras. Para garantir a coerência da análise, é necessário efetuar alguns cálculos que indicam consistência da matriz de decisão.

Para exemplificar os cálculos efetuados nesta etapa, também foram utilizados os dados coletados pelo respondente da empresa 01 na fase 01, que corresponde a fase de preparação da implementação da metodologia da TPM.

Primeiramente, foi obtido a soma ponderada em cada linha da matriz $[\sum A_i \cdot w_n]$. Ela foi calculada pela da soma do produto de cada valor da matriz pela sua prioridade correspondente $[Aw = a_{ij} \cdot w_i]$. A tabela 12 demonstra o exemplo destes cálculos, conforme os dados coletados na Empresa 01. Por exemplo, na primeira linha é calculado pela somatória de: $((1 \cdot 0,1522) + (3 \cdot 0,0547) + (1 \cdot 0,2268) + (0,3333 \cdot 0,2907) + (5 \cdot 0,0220) + (5 \cdot 0,0417) + (1 \cdot 0,1064) + (5 \cdot 0,0261) + (3 \cdot 0,0789)) = 1,4334$.

Tabela 12: Cálculo da Razão de Consistência da Empresa 01 na Fase de Preparação

[Aw = a _{ij} · w _i]									[∑ A _i · w _n]	[Aw _n / w _n]
0,1522	0,1644	0,2269	0,0969	0,1104	0,2089	0,1064	0,1306	0,2368	1,4334	9,4175
0,0507	0,0548	0,0454	0,0582	0,0662	0,0418	0,0355	0,0783	0,0789	0,5098	9,3032
0,1522	0,2740	0,2269	0,2908	0,1986	0,2089	0,3193	0,2350	0,2368	2,1425	9,4445
0,4566	0,2740	0,2269	0,2908	0,1986	0,2089	0,5322	0,2350	0,3947	2,8177	9,6896
0,0304	0,0183	0,0252	0,0323	0,0221	0,0139	0,0213	0,0261	0,0158	0,2054	9,3069
0,0304	0,0548	0,0454	0,0582	0,0662	0,0418	0,0355	0,0261	0,0263	0,3847	9,2087
0,1522	0,1644	0,0756	0,0582	0,1104	0,1253	0,1064	0,1306	0,0789	1,0020	9,4134
0,0304	0,0183	0,0252	0,0323	0,0221	0,0418	0,0213	0,0261	0,0263	0,2438	9,3363
0,0507	0,0548	0,0756	0,0582	0,1104	0,1253	0,1064	0,0783	0,0789	0,7387	9,3572
									[∑ Aw _n /w _n] =	84,4773

Em seguida, estes resultados obtidos foram divididos pelos vetores da respectiva matriz $[\sum Aw_n / w_n]$. Para a linha 01 desta mesma matriz é igual a $1,4334 / 0,1522 = 9,4175$. Para obtenção do λ_{max} foi utilizado a equação $\left[\left(\frac{1}{n}\right) \times (\sum Aw_n / w_n)\right]$, que depende da somatória dos resultados de cada linha e do número de critérios, neste caso 9. Então temos: $\lambda_{max} = (1/9) \times 84,4734 = 9,3863$.

Para calcular um Índice de Consistência (IC) para este caso, foi utilizado a fórmula $[(\lambda_{max} - n) / (n - 1)]$, obtendo o IC = $(9,3863 - 9) / (9 - 1) = 0,0482$.

Por fim, para chegar os RC foi dividido o IC pelo índice de Inconsistência Aleatória RC = $\frac{IC}{IR}$, que é uma constante obtido na tabela 13, através da dimensão da matriz analisada, neste caso com nove alternativas é obtido o valor de 1,45.

Tabela 13: Índice de Inconsistência Aleatória

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,0	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Para este caso o $RC = 0,0482 / 1,45 = 0,0333$. Conforme previsto pelo método AHP, é desejável que a RC seja menor ou igual a 0,10, o que ocorreu neste exemplo e em todas as análises deste trabalho.

Para obtenção das demais prioridades relativas, foi replicado os passos descritos neste capítulo. Desta forma, os valores da importância relativa de cada um dos nove fatores em cada uma das quatro fases de implementação da TPM foram quantificados e os resultados apresentados e analisados, assim como as principais conclusões sobre a pesquisa.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 01 (PREPARAÇÃO)

A fim de determinar a prioridade relativa dos nove FCS na fase 01 da implementação da TPM, que corresponde a preparação e definição dos princípios básicos da metodologia, os gestores foram submetidos ao seguinte questionamento: Com o objetivo de implementar a TPM com sucesso, com relação aos critérios da produtividade, custo, qualidade, moral e segurança, qual o FCS mais importante na fase 01 da TPM com relação aos outros?

Para a demonstrar o resultado representativo do grupo, foi elaborada a tabela abaixo 15 e a figura 10. Na tabela 14 são demonstrados o resultado geral da análise e a priorização dos FCS, que é resultado da média geométrica dos julgamentos realizados pelos gestores. E na figura 10 a representação gráfica do resumo do resultado.

Tabela 14: Análise dos FCS em relação à Fase 1

FCS	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Média	Ranking
Treinamento e capacitação	0,1522	0,0370	0,2794	0,1163	0,0834	0,1683	0,1394	3
Trabalho em equipe	0,0548	0,0256	0,0561	0,0670	0,0379	0,1167	0,0597	8
Planejamento e Preparação	0,2269	0,2880	0,2204	0,1906	0,2001	0,2365	0,2271	1
Apoio da Gestão	0,2908	0,1173	0,1549	0,2423	0,2784	0,2680	0,2253	2
Resistência a Mudança	0,0221	0,1495	0,0289	0,0425	0,1663	0,0745	0,0806	6
Mudança de cultura	0,0418	0,2278	0,0424	0,0407	0,1217	0,0508	0,0875	4
Envolvimento dos funcionários	0,1064	0,0545	0,0814	0,1510	0,0571	0,0393	0,0816	5
Monitoramento dos resultados	0,0261	0,0221	0,0226	0,0535	0,0308	0,0212	0,0294	9
Comunicação	0,0789	0,0781	0,1139	0,0960	0,0243	0,0246	0,0693	7
Razão de inconsistência - CR	0,0267	0,0307	0,0318	0,0966	0,0782	0,0375	0,0502	

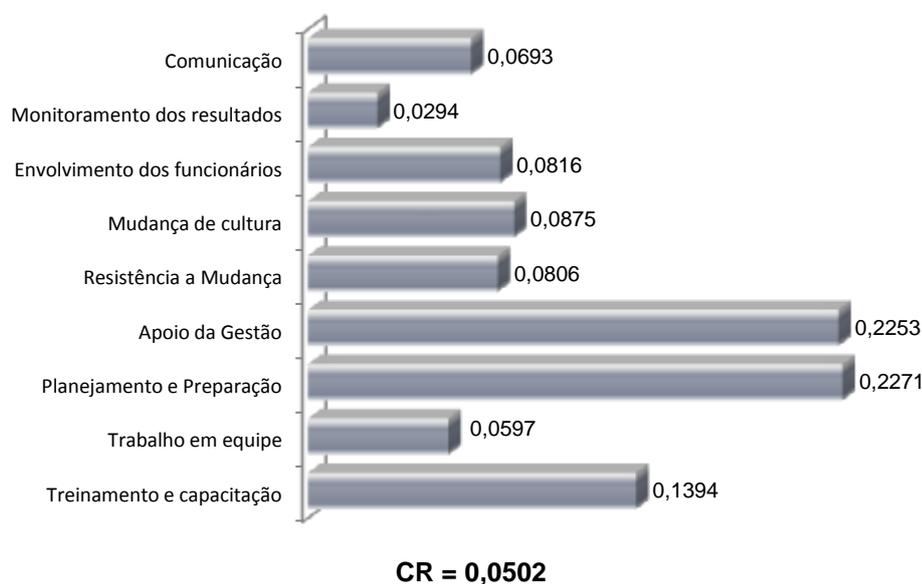


Figura 10: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 1
Fonte: Autoria própria (2013)

Os resultados indicam que o principal fator crítico de sucesso na Fase 01 é o Planejamento e Preparação com o valor da prioridade relativa de 0,2271, seguido do Apoio da Gestão com o valor de 0,2253 e em terceiro lugar o Treinamento e Capacitação com o valor da prioridade relativa de 0,1394. Nesta análise o valor da razão de consistência - CR foi de 0,0502, o que torna os julgamentos consistentes.

A principal razão da priorização destes FCS como os mais relevantes nesta fase é para garantir todos os recursos necessários no início do projeto, além do apoio e direcionamento nas ações iniciais. O Planejamento e preparação é o fator mais importante, pois a empresa deve incorporar ao TPM a sua estrutura organizacional e a sua estratégia de negócio. Isto exige um planejamento minucioso

para a definição dos princípios básicos da metodologia, como a elaboração da hierarquia de trabalho, objetivos, cronograma e metas.

O segundo fator mais importante é o Apoio da Gestão. Essa gestão deve investir na preparação de um ambiente adequado para garantir a motivação dos empregados já no início do programa. Além do mais, ela deve participar e apoiar de forma plena os outros dois fatores mais importantes nesta fase, o planejamento e o treinamento.

O treinamento se apresenta como o terceiro fator crítico na fase 01. Ele está previsto na quinta etapa desta fase de implementação. Onde deve-se elaborar um amplo programa de treinamento para todos os funcionários, para promover o desenvolvimento das competências essenciais para a introdução e desenvolvimento da TPM.

Os demais fatores aparecem com prioridades inferiores nesta fase. Uma possível justificativa para esta inferioridade é que o número de funcionários envolvidos é relativamente menor que nas outras fases.

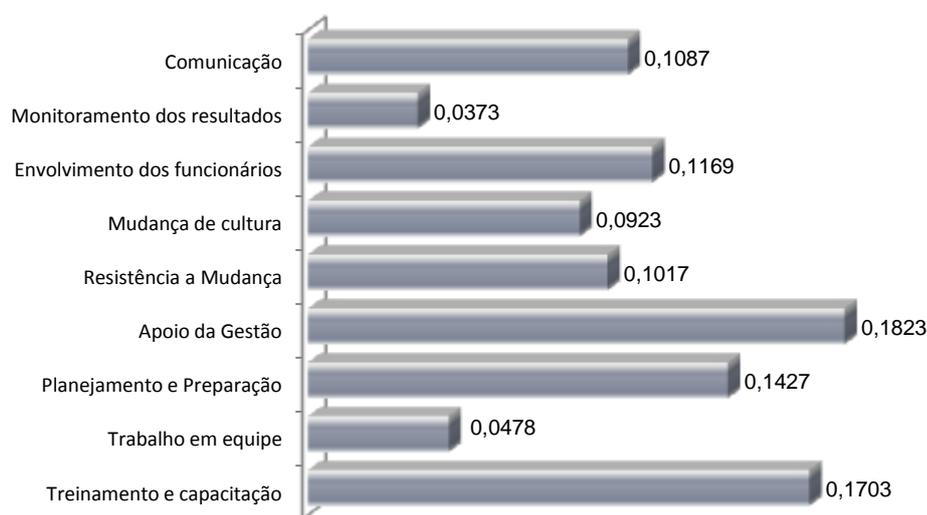
4.2 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 02 (IMPLEMENTAÇÃO PRELIMINAR)

Para determinar a prioridade relativa na fase 02 da implementação da TPM, que corresponde início do Programa (Kickoff) da metodologia, os gestores foram submetidos ao seguinte questionamento: Com o objetivo de implementar a TPM com sucesso, com relação aos critérios da produtividade, custo, qualidade, moral e segurança, qual o FCS mais importante na fase 02 da TPM com relação aos outros?

A tabela abaixo 15 e a figura 11 demonstram o resultado representativo do grupo.

Tabela 15: Análise dos FCS em relação à Fase 2

FCS	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Média	Ranking
Treinamento e capacitação	0,2411	0,2764	0,0576	0,1285	0,1672	0,1509	0,1703	2
Trabalho em equipe	0,0483	0,0421	0,0497	0,0753	0,0392	0,0322	0,0478	8
Planejamento e Preparação	0,2712	0,0750	0,0327	0,2396	0,2069	0,0307	0,1427	3
Apoio da Gestão	0,0676	0,0551	0,2674	0,1889	0,2623	0,2527	0,1823	1
Resistência a Mudança	0,0321	0,1643	0,1584	0,0547	0,0584	0,1423	0,1017	6
Mudança de cultura	0,0928	0,0263	0,2217	0,0361	0,1231	0,0536	0,0923	7
Envolvimento dos funcionários	0,1126	0,2306	0,0988	0,0957	0,0872	0,0767	0,1169	4
Monitoramento dos resultados	0,0824	0,0234	0,0230	0,0316	0,0310	0,0324	0,0373	9
Comunicação	0,0519	0,1068	0,0908	0,1496	0,0246	0,2284	0,1087	5
Razão de inconsistência - CR	0,0733	0,0299	0,0454	0,0830	0,0697	0,0771	0,0631	



CR = 0,0631

Figura 11: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 2
Fonte: Autoria própria (2013)

Estes resultados demonstram que os peritos em TPM consideraram que o Apoio da Gestão, o fator mais importante, atribuindo o valor da prioridade relativa de 0,1823. Em segundo lugar aparece o fator Treinamento e Capacitação com o valor de 0,1703 e logo em seguida o Planejamento e Preparação com o valor de 0,1427. A razão de consistência encontrada de 0,0631, tornando a análise consistente.

A priorização do fator Apoio da Gestão nesta fase é em função da necessidade da gestão em dedicar-se para capacitar e desenvolver as competências dos empregados, assegurando o treinamento aos operadores e o

apoio dos técnicos da manutenção na disseminação dos conhecimentos e na elaboração dos procedimentos técnicos. Já o fator Planejamento e Preparação tem grande importância nesta fase, pois também se apresenta como um elemento fundamental na organização das atividades iniciais, como abordado na fase anterior.

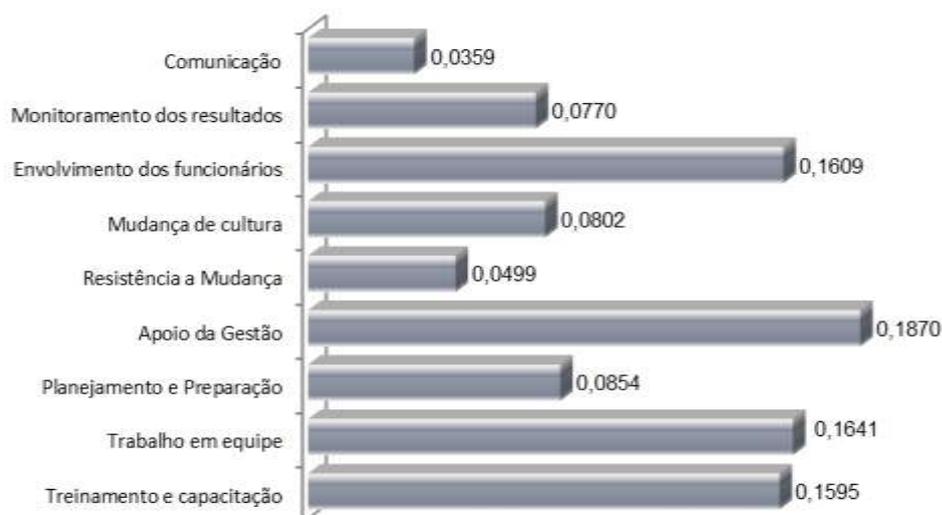
Nesta fase, os operadores devem receber o conhecimento necessário para detectar anormalidades para eliminar as seis grandes perdas do processo produtivo. Neste sentido, o Treinamento e Educação dos participantes do programa se apresenta como o terceiro fator mais importante nesta fase.

4.3 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 03 (IMPLEMENTAÇÃO DA TPM)

Especialistas foram submetidos à seguinte pergunta: Com o objetivo de implementar a TPM com sucesso, com relação aos critérios da produtividade, custo, qualidade, moral e segurança, qual o FCS mais importante na fase 03 da TPM com relação aos outros? A tabela abaixo 16 e a figura 12 demonstram o resultado representativo do grupo.

Tabela 16– Análise dos FCS em relação à Fase 3

FCS	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Média	Ranking
Treinamento e capacitação	0,2226	0,1644	0,2180	0,0584	0,1917	0,1020	0,1595	4
Trabalho em equipe	0,0685	0,2205	0,1639	0,2565	0,0383	0,2371	0,1641	2
Planejamento e Preparação	0,0610	0,0265	0,1126	0,0900	0,2025	0,0196	0,0854	5
Apoio da Gestão	0,2674	0,0539	0,2776	0,1156	0,2579	0,1495	0,1870	1
Resistência a Mudança	0,0491	0,0752	0,0419	0,0373	0,0576	0,0384	0,0499	8
Mudança de cultura	0,1230	0,0865	0,0536	0,1544	0,0313	0,0322	0,0802	6
Envolvimento dos funcionários	0,1566	0,3006	0,0288	0,1427	0,0710	0,2660	0,1609	3
Monitoramento dos resultados	0,0311	0,0209	0,0810	0,0982	0,1247	0,1063	0,0770	7
Comunicação	0,0206	0,0515	0,0225	0,0469	0,0249	0,0489	0,0359	9
Razão de inconsistência - CR	0,0331	0,0593	0,0347	0,0877	0,0673	0,0563	0,0564	



CR = 0,0564

Figura 12: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 3
Fonte: A autoria própria (2013)

As prioridades relativas calculadas mais relevantes foram: 0,1870, 0,1641, 0,1609 e 0,1595 para os fatores Apoio da Gestão, Trabalho em Equipe, Envolvimento dos Funcionários e Treinamento e capacitação, respectivamente. A razão de inconsistência (CR) encontrada foi de 0,0564, que está dentro do limite aceitável.

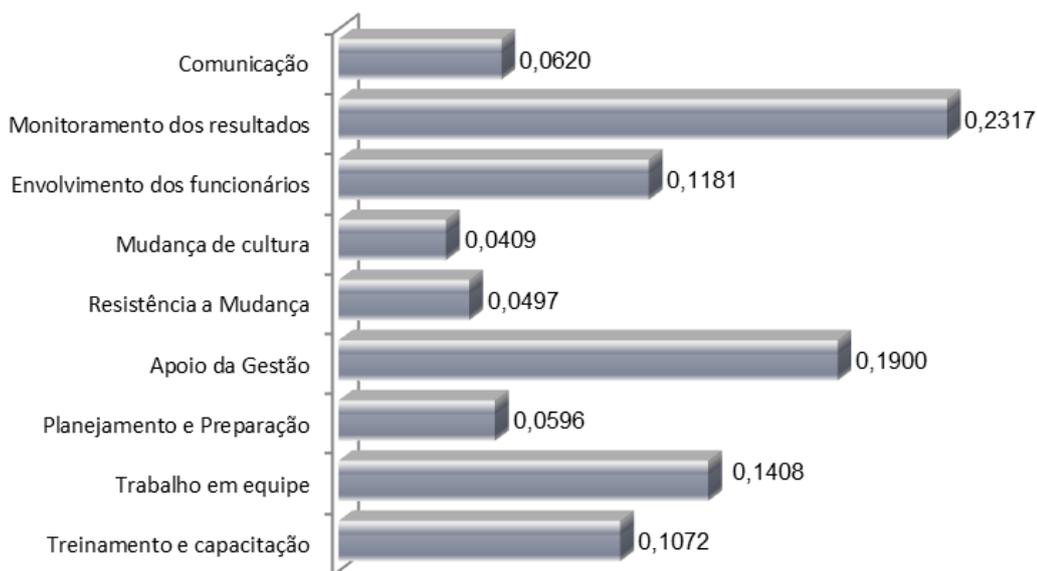
Nesta fase, a metodologia exige uma atenção especial sobre os recursos humanos. Onde a complexidade deste gerenciamento, justifica a razão do fator Apoio da Gestão ser considerado como o mais importante. Essa gestão deve garantir o envolvimento e a cooperação das pessoas em todas as funções e em todos os níveis da hierarquia. Para que trabalhem em conjunto, especialmente os funcionários da produção e manutenção, isso esclarece o segundo e o terceiro fator desta fase, que correspondem ao Envolvimento e o Trabalho em equipe. Já em quarto lugar aparece o Fator Treinamento e Capacitação, que também faz referência ao gerenciamento dos recursos humanos, fornecendo suporte para o desenvolvimento dos funcionários. Os outros fatores críticos de sucesso medidos nesta fase têm relevâncias menos significativas.

4.4 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA FASE 04 (CONSOLIDAÇÃO)

Nesta etapa, os gestores foram submetidos à seguinte pergunta: Com o objetivo de implementar a TPM com sucesso, com relação aos critérios da produtividade, custo, qualidade, moral e segurança, qual o FCS mais importante na fase 04 da TPM com relação aos outros? A tabela abaixo 17 e a figura 13 demonstram o resultado representativo do grupo.

Tabela 17 - Análise dos FCS em relação à Fase 4

FCS	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6	Média	Ranking
Treinamento e capacitação	0,2599	0,0224	0,0809	0,0507	0,1725	0,0569	0,1072	5
Trabalho em equipe	0,1481	0,1331	0,0975	0,1145	0,1284	0,2230	0,1408	3
Planejamento e Preparação	0,1348	0,0246	0,0513	0,0718	0,0320	0,0427	0,0596	7
Apoio da Gestão	0,2140	0,2078	0,2757	0,1001	0,2676	0,0749	0,1900	2
Resistência a Mudança	0,0398	0,0433	0,0846	0,0483	0,0595	0,0227	0,0497	8
Mudança de cultura	0,0335	0,0513	0,0293	0,0620	0,0403	0,0290	0,0409	9
Envolvimento dos funcionários	0,0600	0,0693	0,1542	0,1863	0,0883	0,1507	0,1181	4
Monitoramento dos resultados	0,0719	0,3384	0,2039	0,3191	0,1858	0,2710	0,2317	1
Comunicação	0,0381	0,1098	0,0225	0,0472	0,0256	0,1291	0,0620	6
Razão de inconsistência - CR	0,0688	0,0808	0,0970	0,0948	0,0623	0,0329	0,0728	



RC = 0,0728

Figura 13: Prioridades relativas dos FCS em relação à Fase 4
Fonte: Autoria própria (2013)

Os resultados obtidos nesta fase indicam que o principal fator crítico de sucesso é o Monitoramento dos resultados com o valor da prioridade relativa de

0,2317, seguido do Apoio da Gestão com o valor de 0,1900 e em terceiro lugar o Trabalho em Equipe com o valor de 0,1408, em quarto aparece o Envolvimento dos Funcionários com o valor da prioridade relativa de 0,1181. Nesta análise o valor da razão de consistência - CR foi de 0,0728, o que torna os julgamentos consistentes.

O monitoramento dos resultados é o fator mais importante nesta fase, pois ele será necessário para medir o desempenho e dar ênfase sobre os comportamentos positivos para garantir a sobrevivência do programa. Desta forma, o OEE se estabelece como uma ferramenta fundamental para diagnóstico do progresso do programa, permitindo a visualização e a avaliação da eficácia interna da empresa.

O segundo fator mais importante é o Apoio da Gestão. Os gestores do programa devem verificar o progresso da TPM monitorando todos os indicadores. Esses resultados devem ser profundamente explorados e compartilhados com todos os funcionários.

Os fatores Trabalho em Equipe e Envolvimento dos Funcionários apresentam valores da prioridade relativa muito próximos e tem importância significativa para a perpetuação do programa, conforme previsto pela metodologia. Assim como os fatores da Comunicação e Treinamento e Capacitação, que se apresentam como fatores relevantes e permanentes na consolidação do programa TPM.

4.5 FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA AS QUATRO FASES

Após a determinação das prioridades relativas dos fatores críticos de sucesso em cada fase da implantação da TPM, foi obtido as prioridades destes fatores para todo o programa. Os valores foram obtidos pela média das prioridades dos fatores. Nas Tabelas 18 e 19 estão demonstrados o *Ranking* e os valores das prioridades em cada fase da implantação, respectivamente. A Figura 14 apresenta de forma gráfica os resultados finais.

Tabela 18– Análise dos FCS em relação ao programa TPM

RANKING FCS X FASE	FASE 01	FASE 02	FASE 03	FASE 04	GERAL
Treinamento e capacitação	3°	2°	4°	5°	2°
Trabalho em equipe	8°	8°	2°	3°	5°
Planejamento e Preparação	1°	3°	5°	7°	3°
Apoio da Gestão	2°	1°	1°	2°	1°
Resistência a Mudança	6°	6°	8°	8°	8°
Mudança de cultura	4°	7°	6°	9°	7°
Envolvimento dos funcionários	5°	4°	3°	4°	4°
Monitoramento dos resultados	9°	9°	7°	1°	6°
Comunicação	7°	5°	9°	6°	9°

Tabela 19– Análise dos FCS em relação ao programa TPM

FCS	Fase 01	Fase 02	Fase 03	Fase 04	Média	Ranking
Treinamento e capacitação	0,1394	0,1703	0,1595	0,1072	0,1441	2
Trabalho em equipe	0,0597	0,0478	0,1641	0,1408	0,1031	5
Planejamento e Preparação	0,2271	0,1427	0,0854	0,0596	0,1287	3
Apoio da Gestão	0,2253	0,1823	0,1870	0,1900	0,1962	1
Resistência a Mudança	0,0806	0,1017	0,0499	0,0497	0,0705	8
Mudança de cultura	0,0875	0,0923	0,0802	0,0409	0,0752	7
Envolvimento dos funcionários	0,0816	0,1169	0,1609	0,1181	0,1194	4
Monitoramento dos resultados	0,0294	0,0373	0,0770	0,2317	0,0939	6
Comunicação	0,0693	0,1087	0,0359	0,0620	0,0690	9
Razão de inconsistência - CR	0,0502	0,0631	0,0564	0,0728	0,0606	



CR = 0,0606

Figura 14: Prioridades relativas dos FCS em relação ao programa TPM
Fonte: Autoria própria (2013)

Nesta análise geral os fatores críticos de sucesso mais importantes tiveram suas importâncias relativas de 0,1962, 0,1441, 0,1287 e 0,1194 que correspondem respectivamente, ao Apoio da Gestão, Treinamento e Capacitação, Planejamento e Preparação e o Envolvimento dos funcionários. Nesta análise o valor da razão de consistência - CR foi de 0,0606, o que torna os julgamentos consistentes.

Esta pesquisa aponta que o fator mais importante para o sucesso da implementação da TPM é o apoio da Gestão. Este fator é crítico em todas as fases do programa, pois se estabelece como o fator mais importante na 2ª e 3ª fase e como o segundo mais importante na 1ª e 4ª fase. Como abordado na revisão da literatura, vários fatores impactam para a implementação bem-sucedida da TPM, como o trabalho em equipe, mudança de cultura, comunicação, treinamento e envolvimento dos funcionários. Entretanto, é quase impossível conseguir bons resultados nesses fatores sem um forte apoio da gestão, que incentive a melhoria contínua, a participação e a cooperação dentro de uma organização. Esta gestão deve incentivar e monitorar a implementação para garantir que todos objetivos e metas da TPM sejam cumpridos.

Outros estudos sustentam estes resultados. Por exemplo: Shetty e Chapdelaine (2009) e Hansson *et al.* (2003) afirmam que o foco sobre a gestão é uma condição prévia para implementação. Ahmed *et al.* (2004), Ahuja e Khamba (2008), Lazim e Ramayah, (2010), Chan *et al.* (2005), Hansson *et al.* (2003) afirmam que a o forte compromisso da alta administração no programa é uma obrigação. Nesta mesma linha, Park e Han (2001) afirmam que o fator de sucesso mais importante é o apoio e envolvimento da alta gestão.

O segundo fator crítico mais importante para o programa de TPM identificado nesta pesquisa é o Treinamento e capacitação. Este fator é relevante em todas as fases do programa, principalmente nas fases iniciais. Este resultado se justifica pela alta dependência da metodologia nas competências de seus funcionários, que devem ser capacitados e atualizados constantemente. Desta forma, o sistema de Treinamento das organizações devem desenvolver sistematicamente o conhecimento, habilidade e a atitude dos funcionários, assim todos poderão desempenhar adequadamente seus trabalhos. Este processo ajudará a reduzir a resistência a mudança. Nesta linha, vários autores também defendem o Treinamento como um dos fatores mais importantes para implantação da TPM (DAVIS, 1997,

LAZIM e RAMAYAH 2010; AHMED *et al.*, 2004; IRELAND e DALE, 2006; SHARMA *et al.*, 2006; TSAROUHAS, 2007; SWANSON, 1997 e AHUJA e KHAMBA, 2008).

O Fator Planejamento e Preparação aparece como o terceiro fator mais importante. A justificativa da relevância deste fator no resultado geral da pesquisa é em função dos valores das prioridades relativas nas duas fases iniciais. Pois a metodologia TPM é uma abordagem sistêmica e estruturada, a ênfase da gestão sobre o planejamento de todas as atividades serão chaves para o êxito do programa, principalmente nas fases iniciais do programa.

O quarto fator mais importante neste estudo é o Envolvimento dos Funcionários. A implantação exige que todos os funcionários estejam envolvidos com o processo de implementação, em todas as fases do programa. Como se pode notar em vários estudos (MCKONE *et al.*, 1999; ARCA e PRADO, 2008; NG *et al.*, 2011; CHAN *et al.*, 2005; HANSSON *et al.*, 2003; LAZIM e RAMAYAH, 2010), o envolvimento dos trabalhadores é comumente citado como um fator complexo e crítico para o sucesso implementação da TPM. Além do mais, Nakajima (1988), considerado como o pai da Manutenção Produtiva Total, definiu o significado básico da palavra Total, que refere-se ao envolvimento Total das pessoas em todas as funções e em todos os níveis da hierarquia.

Em quinto lugar, ficou o fator Trabalho em equipe. Este resultado é justificado pela necessidade da aproximação entre a produção e a manutenção para que trabalhem em conjunto garantindo o bom funcionamento das equipes de trabalho e o envolvimento de seu participantes. Vários autores defendem que trabalho em equipe é muito importante em um projeto de implementação da TPM (ARCA E PRADI, 2008; BAMBER *et al.*, 1998; IRELAND e DALE, 2001).

O fator Monitoramento dos Resultados obteve a sexta colocação. Ele foi considerado o fator mais importante na 4ª fase do programa. Pois é nesta fase que os resultados surgem de forma consistente. Se estes resultados não forem divulgados, a força motriz da mudança será reduzida, promovendo a desmotivação dos funcionários envolvidos. Neste sentido, deve ser utilizado uma grande variedade de indicadores que devem ser monitorados e divulgados continuamente pela gestão.

O Fator da Mudança de cultura aparece no sétimo lugar e a Resistência a Mudança em oitavo lugar. Estes fatores formam a força motriz fundamental para o programa, a fim de garantir as mudanças necessárias na maneira que os funcionários participam. Eles devem ser considerados com maior intensidade nas

primeiras fases do programa, pois devem ser absorvidos pelos funcionários durante a implementação.

Em último lugar ficou a Comunicação. Ela deve formar um canal de comunicação que deve ser mantido durante toda a vida do projeto, para manter informados todos os funcionários sobre as informações geradas no processo de implementação da TPM.

5 CONCLUSÃO

Este estudo fornece um modelo genérico para avaliar a hierarquia da importância relativa dos fatores que afetam a implementação da TPM nas quatro fases do programa TPM. Estes fatores foram identificados e priorizados por especialistas em TPM no processo de implementação da metodologia TPM. Para isso, foram selecionados gestores com grande experiência na implementação da TPM em empresas vencedoras do prêmio TPM *Awards*. Os dados analisados demonstram que a importância dos FCS's não é a mesma em cada fase do processo de aplicação da TPM.

Desta forma, em resposta a hipótese da pesquisa, que consiste em identificar e priorizar os fatores críticos de sucesso da implementação da TPM no meio ocidental, constatou-se que a mudança de cultura não é considerado como um dos fatores mais importantes no processo de implementação nas empresas pesquisadas.

Os resultados do estudo ainda demonstram que a alta gestão, o treinamento, o planejamento e preparação e o envolvimento foram os quatro fatores mais importantes encontrados. Os resultados ainda sugerem que os outros fatores críticos (por exemplo, comunicação, resistência a mudança, trabalho em equipe, monitoramento dos resultados) formam uma parte indispensável da implementação bem-sucedida. No entanto, a importância destes fatores variam em cada fase do

programa e ainda dependem de uma gestão participativa, que estabeleça um ambiente favorável ao processo de melhoria contínua.

Neste sentido, as análises demonstram claramente, que o sucesso da metodologia TPM depende fortemente dos esforços dos gestores das empresas, principalmente da alta gestão. O papel dos gestores em promover o aprendizado contínuo e a cooperação entre os funcionários é muito importante para garantir as transformações culturais necessárias. A gestão deve estar disposta a criar um ambiente favorável para apoiar a mudança no local de trabalho e suportar os conceitos de TPM. Esta complexidade dos gestores em lidar com os obstáculos desses fatores críticos, como as questões culturais culturais, fornece uma explicação parcial para as variações na implementação da TPM em empresas ocidentais.

Sendo assim, este estudo possibilitou medir o potencial de importância dos fatores críticos em cada fase da implementação da TPM em um grupo empresas brasileiras vencedoras do TPM Award, gerando uma base de conhecimentos que pode ser utilizado pelos gestores, consultores e profissionais envolvidos na tomada de decisões, realocação de recursos e na elaboração de estratégias que minimizem os riscos de implantação da TPM. Desta forma, os resultados servem como um guia para subsidiar a tomada de decisão nas empresas durante o processo de implementação da TPM , tornando o processo mais eficaz.

A contribuição deste trabalho pode ser dividida de duas maneiras: a primeira refere-se ao modelo proposto para priorizar os FCS nas fases de processo de implementação do TPM e a segunda para os diferentes resultados das prioridades dos FCS em cada fase do processo. O cálculo de consistência mostrou que os julgamentos dos peritos em TPM são consistentes, indicando grande consenso e confiabilidade do modelo proposto.

Finalmente, os estudos mostram que um programa de TPM deve fazer parte da estratégia da organização, direcionando suas ações para aumentar a qualidade e eficiência de suas operações, em todos os aspectos. Portanto, a recomendação é a inserção dos resultados desta pesquisa nas estratégias das empresas em programas de TPM. Isso certamente irá contribuir para atingir o status de WCM.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar da limitação do modelo em termos de número de alternativas a serem analisadas, o modelo pode ser facilmente aplicado a outras empresas que implementaram com sucesso o programa da TPM. Isso poderá servir para futuros estudos comparativos.

Uma proposta para a extensão desta pesquisa é o estudo sobre as atribuições necessárias que os gestores de programas de TPM devem possuir para otimizar seus recursos.

Outra proposta é pesquisar os fatores que determinam o sucesso na implantação de projetos de melhoria contínua para atingir o *status* de *WCM*.

REFERÊNCIAS

- ADAM, E.E., CORBETT, L.M., FLORES, B.E., HARRISON, N.J., LEE, T.S., RHO, B.H., RIBERA, J., SAMSON, D., WESTBROOK, R. An international study of quality improvement approach and firm performance. **International Journal of Operations and Production Management**.17 (9), 842–873. 1997.
- ADAN, R.; GEOUGH, F. Implementing total productive maintenance in multi-union manufacturing organizations: overcoming job demarcation. **Total Quality Management**, vol. n. 2, pp. 187 – 197, 2000.
- AHUJA, I.P.S.; KHAMBA, J.S. An evaluation of TPM implementation initiatives in an Indian manufacturing enterprise. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13 Iss: 4, pp.338 – 352, 2007.
- AHUJA, I.P.S.; KHAMBA, J.S. Total productive maintenance: literature review and directions, International. **Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 25 Iss: 7, pp.709 – 756, 2008.
- AHUJA, I. P. S.; SINGH, P. Application of analytical hierarchy process for justification of TPM implementation in manufacturing organisations. **International journal of technology, policy and management: IJTPM**. Olney, Bucks. : Inderscience Enterprises. Vol. 12.2012, 1, p. 37-47. 2012.
- AHUJA, I.P.S.; KHAMBA, J.S. Justification of total productive maintenance initiatives in Indian manufacturing industry for achieving core competitiveness. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 19 Iss: 5, pp.645 – 669, 2008b.
- AHMED, S.; HASSAN, M. H.; TAHA, Z. State of implementation of TPM in SMIs: a survey study in Malaysia. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 10 Iss: 2, pp.93 – 106, 2004.
- AL-NAJJAR, B.Total quality maintenance: an approach for continuous reduction in costs of quality products, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 2 No. 3, pp. 4-20. 1996.
- ANDERSON, M.; SOHAL, A. S. A study of the relationship between quality management practices and performance in small businesses, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 16 Iss: 9, pp.859 – 877. 1999.
- ARCA, J. G.; PRADO C. P. Personnel participation as a key factor for success in maintenance program implementation: A case study. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 57 Iss: 3 pp. 247 – 258, 2008.
- BAMBER, C.J.; SHARP, J. M.; HIDES, M.T. Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: A UK manufacturing case study perspective. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 5 Iss: 3, pp.162 – 181, 1999.

BEN-DAYA M.; DUFFUAA, S. O, Maintenance and Quality : The Missing Link, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, vol. 1, pp. pp. 20-26, 1995.

BLANCHARD, B. S. An Advance Approach for Implementing TPM in Manufacturing Environment, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, vol. 5, pp. 162-181, 1997.

BOHORIS, G.A.; VAMVALIS, C.; TRACE, W., IGNATIADOU, K. TPM implementation in Land-Rover with the assistance of a CMMS", **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 1 Iss: 4, pp.3 – 16. 1995.

BRAH, S.A.; CHONG, W.-K. Relationship between total productive maintenance and performance. **International Journal of Production Research**, 42 (12), 2383–2401, 2004.

BULENT, D.; TUGWELL, P.; GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – a practical analysis, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 20 No. 12, pp. 1488-502, 2000.

CARANNANTE, T. “TPM implementation – UK foundry industry”, **The Foundryman Supplement**, Vol. 88 No. 11, pp. 1-34.1995.

CARRIJO, J. R. S. Adaptações do Modelo de Referência do Total Productive Maintenance para Empresas Brasileiras. **Tese de Doutorado**, Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, 2008.

CHAN, F.T.S.; LAU, H.C.W.; IP, R.W.L.; CHAN, H.K.; KONG, S. Implementation of total productive maintenance: A case study. **Int. J. Production Economics**, vol. 95, 71–94, 2005.

CHAND G.; SHIRVANI, B. Implementation of TPM in cellular manufacture. **Journal of Materials Processing Technology**, Vol. 103, N. 1, , pp. 149-154, 2000.

CHEN, F. Issues In The Continuous Improvement Process for Preventive Maintenance; Observations From Honda, Nippondenso and Toyota. **Production and Inventory management Journal**, vol. 38, pp. 13- 16, 1997.

CO, H.C., PATUWO, B.E., HU, M.Y.The human factor in advanced manufacturing technology adoption, an empirical analysis. **International Journal of Operations and Production Management**. 18 (1), 87–106, 1998.

COOKE, F. L. Implementing TPM in plant maintenance: some organizational barriers. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 17 Iss: 9, pp.1003 – 1016, 2000.

CUA, K. O.; MCKONE, K. E.; SCHROEDER, R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance, **Journal of Operations Management**, vol: 19, pp.: 675–694, 2001.

DAL, B., TUGWELL, P., GREATBANKS, R. Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement, a practical analysis. **International Journal of Operations and Production Management** 20 (12), 1488–1502, 2000.

DALE, B.G, The key features of Japanese quality control. **Quality and reliability Engineering International**, Vol.9, No.3, ,pp.169-178. 1993.

DAVIS, R. Making TPM a part of factory life, **TPM Experience** (Project EU 1190, sponsored by the DTI), Findlay, Dartford. 1997.

DAVIS, R.; WILLMOTT, P. Total Productive Maintenance, **Asset Maintenance Management**, Alden Press, Oxford, 1999.

ETI, M.C.; OGAJI, S.O.T.; PROBERT, S.D. Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. **Applied Energy**, Vol.: 79, pp.: 385–401, 2004.

FERRARI, E.; PARESCHI, A.; REGATTIER, A. PERSONA. TPM: situation and procedure for a soft introduction in Italian factories. **The TQM Magazine**, Vol. 14 Iss: 6, pp.350 – 358, 2002.

FRIEDLI, T.; GOETZFRIED, M.; BASU, P. Analysis of the Implementation of Total Productive Maintenance, Total Quality Management, and Just-In-Time in Pharmaceutical Manufacturing. **Pharm Innov**, vol. 5, pp.: 181–192, 2010.

FREDENDALL, L.D., PATTERSON, J.W., KENNEDY, W.J. G. Maintenance modeling, its strategic impact, **Journal of Managerial Issues**, Vol. 9 No. 4, pp. 440-53. 1997.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T., **Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério**, São Paulo: Atlas. 2002.

GONZÁLEZ, M. G. Mejora de metodología R a partir del AMFEC e implantación de mantenimiento preventivo y predictivo en plantas de procesos. **Tesis Doctoral**, Universidad Politécnica De Valencia, España, 2006.

GONZALEZ, R. V. D.; MARTINS, M. F. Melhoria contínua e aprendizagem organizacional: múltiplos casos em empresas do setor automobilístico. **Gest. Prod. [online]**. vol.18, n.3, pp. 473-486, 2011.

GOSAVI, A. A risk-sensitive approach to total productive maintenance. **Automatica**, Vol. 42, pp.1321 – 1330, 2006.

GRAISA, M.; AL-HABAIBEH, A. An investigation into current production challenges facing the Libyan cement industry and the need for innovative total productive maintenance (TPM) strategy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, Vol. 22 Iss: 4, pp.541 – 558, 2011.

GROOTE, P.D. Maintenance performance analysis: a practical approach”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 1 No. 2, pp. 4-24. 1995.

HANSSON, J.; BACKLUND, F.; LYCKE, L. Managing commitment: increasing the odds for successful implementation of TQM, TPM or RCM, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 20 Iss: 9 pp. 993 – 1008. 2003.

HATAKEYAMA, K.; RODRIGUES, M. Analysis of the fall of TPM in companies. **Journal of Materials Processing Technology**. Vol. 179, Iss: 1–3, Pg. 276–279, 2006.

HUTCHINS, D. Introducing TPM, **Manufacturing Engineer**, Vol. 77 No. 1, pp. 34-7. 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

IRELAND, F.; DALE, B. G. Total productive maintenance: criteria for success. **International Journal Productivity and Quality Management**, v.1, n. 3, p. 207-223, 2006.

IRELAND, F.; DALE, B.G. A study of total productive maintenance implementation, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 7 No. 3, pp. 183-91, 2001.

JACKSON, T. Make TPM Part of Your Business Improvement Strategy. **Productivity TPM Report**: 1999.

JEONG, K-Y. AND PHILLIPS, D.T. Operational efficiency and effectiveness measurement, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 21 No. 11, pp. 1404-16, 2001.

JIPM. Japan Institute of Plant Maintenance. **Cr terios do Prêmio de Excel ncia em TPM**. Tokyo: JIPM, 2002.

JIJU A.; KEVIN L.; GRAEME K.; SID G. Critical success factors of TQM implementation in Hong Kong industries, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 19 Iss: 5, pp.551 – 566. 2002.

JOSTES, R. S., HELMS, M. M. Total Productive Maintenance and Its Link to Total Quality Management, **Work Study**, Vol. 43 Iss: 7 pp. 18 – 20.1994.

JONSSON, P. AND LESSHAMMAR, M. Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems – the role of OEE, **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 19 No. 1, pp. 55-78, 1999.

KAUR, M.; SINGH, K.; AHUJA, S. An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance, **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 62 Iss: 1, pp.66 – 84. 2013.

KEDAR, A.P.; LAKHE, R.R.; WASHIMKAR, V.S.; WAKHARE, M.V. A comparative review TQM, TPM and related organizational performance improvement program. **First International Conference on Emerging in Engineering and Technology**. IEEE.,725-730. 2008.

KHOLOPANE, P.A. Total Productive Manufacturing Process Through Value Sharing. **Master of Science Dissertation**, 1999.

KONECNY, P. A.; THUN, J. H. Do it separately or simultaneously—An empirical analysis of acorn joint implementation of TQ Mand TPM on plant performance. **Int. J. Production Economics**, vol: 133, pp.: 496–507, 2011.

KUTUCUOGLU, K.Y., HAMALI, J., IRANI, Z.; SHARP, J.M. A framework for managing maintenance using performance measurement systems. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 21, pp. 173-94. 2001.

KWON, O.; LEE, H. Calculation methodology for contributive managerial effect by OEE as a result of TPM activities. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. V. 52, n. 4, p. 263-272. 2004.

LABIB, A.W. A framework for benchmarking appropriate productive maintenance. **Management Decision**, Vol. 37, No. 10, pp. 792799, 1999.

LAFRAIA, J. R. B. Revista ABRAMAN - **Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos**. Edição 139. 2011.

LANGELAND, M. R., C. Successful maintenance practice through team autonomy. **Employee Relations**, Vol. 34 Iss: 3, pp.306 – 32. 2012.

LAU, H.C. IDRIS, M.A. The soft foundation of the critical success factors on TQM implementation in Malaysia. **The TQM Magazine**, Vol. 13 Iss: 1, pp.51 – 62. 2001.

LAWRENCE, J. J.; Use mathematical modeling to give your TPM implementation effort an extra boost. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 5, Iss: 1, pp. 62 – 69, 1999.

LAZIM, H.M.; RAMAYAH, T. Maintenance strategy in Malaysian manufacturing companies: a total productive maintenance (TPM) approach. **Business Strategy Series**, Vol. 11 Iss: 6, pp.387 – 396, 2010.

LAZIM, H.M.; RAMAYAH, T.; AHMAD, N. Total productive maintenance and performance: A Malaysian SME experience. **International Review of Business Research Paper**, v. 4, n. 4, ago-set, pp. 237- 250, 2008.

LEBLANC, G. Tapping the true potential of TPM: are you maximizing the value of your plant's program. **Plant Engineering**, Vol. 49 No. 10, pp. 143-8, 1995.

LYCKE, L. Team development when implementing TPM, **Total Quality Management**, Vol. 14 No. 2, pp. 205-13, 2000.

LJUNGBERG, O. Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 18, Iss: 5, pp.495 – 507, 1998.

MARIN GARCIA, J A.; PARDO-DEL-VAL, M.; BONAVIA, T. Análisis de programas de mejora continua: un estudio longitudinal en una empresa industrial. **Gestão e Produção**, v.15, n. 3, p.433-447, 2008.

MCADAM, R.; DUFFNER, A.M. Implementation of total productive maintenance in support of an established total quality programme, **Total Quality Management & Business Excellence**, Vol. 7 No. 6, pp. 613-30. 1996.

MCKONE, K.E.; SCHROEDER, R.G.; CUA, K.O. Total Productive Maintenance: a contextual view. **Journal of Operations Management**, 17 (2), 123–144, 1999.

MCKONE, K.E., SCHROEDER, R.G., CUA, K.O.,. The impact of Total Productive Maintenance practices on manufacturing performance. **Journal of Operations Management**, 19 (1), 39–58. 2001.

MIRSHAWKA, V., OLMEDO, N. L., **TPM a moda Brasileira**. Makron Books-McGraw-Hill, 1994.

MOORE, R. Combining TPM and reliability-focused maintenance, **Plant Engineering**, Vol. 51 No. 6, pp. 88-90, 1997.

MORA, E. The Right Ingredients for a Successful TPM or Lean Implementation, article on tpmonline.com. 2002.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1988.

NOON, M., JENKINS, S. AND LUCIO, M.M. FADS, techniques and control: the competing agendas of TPM and Tecax at the Royal Mail (UK). **Journal of Management Studies**, Vol. 37 No. 4, pp. 499-519. 2000.

NG, K. C.; GOH, G. G.; EZE U. C. Critical Success Factors of Total productive Maintenance Implementation: A Review 2011, **Infineon Technologies**, Melaka, Malaysia. 2011.

ONE, Y. S. JANTAN, M., AND RAMAYAH, T. Implementing total productive maintenance in Malaysia manufacturing organization: an operational strategy study, in **JIPM**, 2008.

OPRIME, P. C.; MONSANTO, R.; DONADONE, J. C. Análise da complexidade, estratégias e aprendizagem em projetos de melhoria contínua: estudos de caso em empresas brasileiras. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 17, n. 4, p. 669-682, 2010.

OPRIME, P. C.; MENDES, G. H S.; PIMENTA, M. L.. Fatores críticos para a melhoria contínua em indústrias brasileiras. **Prod. [online]**. vol.21, n.1, pp. 1-13, 2011.

PARIDA, A.; KUMAR. Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 12 No. 3, pp. 239-51. 2006.

PARK, K. S.; HAN, S. W. TPM—Total Productive Maintenance: Impact on competitiveness and a framework for successful implementation. **Hum. Factors Man.**, vol: 11, pp.: 321–338, 2001.

- PATRA, N. K.; TRIPATHY, J. K.; CHOUDHARY, B. K. Implementing the office total productive maintenance (“office TPM”) program: a library case study. **Library Review**, Vol. 54 Iss: 7, pp.415 – 424, 2005.
- PATTERSON, J.W., FREDENDALL, L.D., KENNEDY, W.J., & MCGEE, A. Adapting total productive maintenance to Asten, Inc. **Production and Inventory Management Journal**, 37(4), 32–37. 1996.
- PINTELON, L.; PINJALA, S.K.; VEREECKE, A. Evaluating the effectiveness of maintenance strategies. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 12 No. 1, pp. 7-20, 2006.
- POHEKAR, S.D.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning. **A review Renewable and Sustainable Energy Reviews** Volume 8, Issue 4, August 2004, Pages 365–381
- PROFETA, Rogério, A. JIT: Um Estudo de Casos dos Fatores Críticos de Implementação. 2003. 221 pp. **Tese de Doutorado** – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- RAJESH, A.; SANDEEP, G.; NIKHIL, D.; KUMAR D. An ISM approach for modeling the enablers in the implementation of Total Productive Maintenance (TPM). **International Journal of Systems Assurance Engineering and Management**, pp. 1 – 14, 2012.
- ROBBINS.S.P. The truth about managing people and nothing but the truth. **Prentice Hall Pearson Education**. 2002.
- ROSA, B. R. Indicadores de desempenho e sistema ABC: o uso de indicadores para uma gestão Eficaz do custeio e das atividades de manutenção, **Tese de Doutorado**, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- RUNGCHAT C.; SIRINYA T.; ANUPONG, S. Implementation of Total Productive Maintenance in Healthcare: A Pilot Study, **Service Systems and Service Management**, International Conference. IEEE. 2008.
- SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. Rio de Janeiro: Makron Books, 1991.
- SAATY, T. L. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy / network process. **European Journal of Operational Research**, Pittsburgh, USA, v. 168, p. 557-570, 2006.
- SALAHELDIN I. Critical success factors for TQM implementation and their impact on performance of SMEs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Vol. 58 Iss: 3, pp.215 – 237.2009
- SAMUEL, H.H.; JOHN, P.D.; SHI, J. AND QI, S. (2002), Manufacturing system modeling for productivity improvement. **Journal of Manufacturing Systems**, Vol. 21 No. 4, pp. 249-60, 2002.

SAHIN, F. Manufacturing competitiveness: different systems to achieve the same results, **Production and Inventory Management Journal**, Vol. 41 No. 1, pp. 56-65, 2000.

SANGAMESHWARAN, P., JAGANNATHAN, R. Eight pillars of TPM, **Indian Management**, Vol.11 pp36-7. 2002.

SETH, D.; TRIPATHI, D. Relationship between TQM and TPM implementation factors and business performance of manufacturing industry in Indian context. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 22 Iss: 3, pp.256 – 277, 2005.

SCHIPPERS, W.A.J., 2001. An integrated approach to process control. **International Journal of Production Economics**, 69 (1), 93–105. 2001.

SCHONBERGER, R. J. World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity. **The Free Press. Collier Macmillan Publishers**. 1986.

SHAMSUDDIN, A.; HASSAN, M.H.; TAHA Z. TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 11 No. 1, pp. 19-42, 2005.

SHAMSUDDIN, A. HASSAN, M. H. AND TAHA, Z., State of Implementation of TPM in SMIs: A survey study in Malaysia, **Journal of quality in Maintenance Engineering**, vol. 10, pp. 93-106, 2004.

SHARMA, R. K.; KUMAR, D.; KUMAR, P. Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis. **Industrial Management & Data Systems**, Vol. 106, Iss: 2, pp.256 – 280, 2006.

SHETTY, A. I.; CHAPDELAIN, J. J. A model for the total productive manufacturing assessment and implementation. **Journal of Advanced Manufacturing Systems**. 08:02, 117-136. 2009.

SHICHENG, D.; YUNQI G. ; GUIWEN, Y. Study on application of TPM in small and medium-sized enterprises, **Management Science and Industrial Engineering (MSIE), International Conference**. pp. 678 – 681, 2011.

SILVA, I. B.; MIYAKE, D. I.; BATOCCHIO, A.; AGOSTINHO, O. L.. Integrando a promoção das metodologias *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças. **Gest. Prod. [online]**, vol.18, n.4, pp. 687-704, 2011.

SUN, H.; YAM, R.; WAI-KEUNG, N. The implementation and evaluation of Total Productive maintenance (TPM) – an action case study in a Hong Kong manufacturing company, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, Vol: 22, Iss: 3-4, pp.: 224-228, 2003.

SUZUKI, T. **TPM in process industries**. Portland: Productivity Press Inc. 1994.

SWANSON, L. An empirical study of the relationship between production technology and maintenance management. **International Journal of Production Economics**, Vol. 53 No. 2, pp. 191-20, 1997.

TAJIRI, M.; GOTOH, F. TPM Implementation: **A Japanese Approach**, McGraw-Hill Inc., New York, NY, 1992.

THUN, J. Maintaining preventive maintenance and maintenance prevention: analyzing the dynamic implications of Total Productive Maintenance; **System Dynamics Review** 22 2 163-179; 2006.

TSANG, A. H.C.; CHAN, P.K. TPM implementation in China: a case study, **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 17, Iss: 2, pp. 144 – 157, 2000.

TSAROUHAS, P. Implementation of total productive maintenance in food industry: a case study, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, Vol. 13 Iss: 1, pp.5 – 18, 2007.

WAEYENBERGH, G.; PINTELON, L.. A framework for maintenance concept development. **International Journal of Production Economics**, 77 (3), 299–313, 2002.

VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: an overview of applications. **European Journal of Operational Research**, Mumbai, India, v. 169, p. 1-29, 2006.

VAN DER WAL, R.W.E; LYNN, D. Total productive maintenance in a South African pulp and paper company: a case study. **The TQM Magazine**, Vol. 14 Iss: 6, pp.359 – 366, 2002.

WANG, F.K; LEE, W. Learning curve analysis in total productive maintenance. **Omega**, Vol. 29 Iss: 6 pp. 491-499, 2001.

WILLMOTT, Peter. **The TQM Magazine - Total Quality with Teeth**. MCB University Press, 1994.

WIREMAN, T. **Total Productive Maintenance – An American Approach**, Industrial Press Inc., New York, NY. 1990.

YAMASHINA, H. – Challenge to World Class Manufacturing – **International Journal of Quality & Reliability Management**, 17(2), pp. 132-143, 2000.

YEOMANS, M.; MILLINGTON, P. Getting maintenance into TPM, **Manufacturing Engineer**, 1997.

APÊNDICE A - CONVITE DA PESQUISA

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Pesquisador: Ademir Stefano Piechnicki
Orientador: Prof. Dr. Antônio Vanderley Herrero Sola

Convido você a participar de uma pesquisa sobre a Manutenção Produtiva Total. O objetivo geral desta pesquisa é identificar os Fatores Críticos de Sucesso que influenciam na implementação de práticas da TPM. Estes fatores foram identificados por meio de uma extensa revisão da Literatura, principalmente em periódicos internacionais e agora precisam ser priorizadas por especialistas em TPM na indústria brasileira.

Neste sentido, solicitamos que responda aos questionários nesta planilha, considerando seu conhecimento e sua experiência adquirida durante o processo de implementação da metodologia TPM em sua empresa.

Para responder esta pesquisa, você deverá marcar um "X" no valor correspondente ao grau de importância do critério 01 em relação ao critério 02 em cada linha do formulário. Para isso será utilizada a escala fundamental de Saaty (1980), apresentada na tabela abaixo.

Outras informações:

- Este trabalho compõe a dissertação do programa de Mestrado em Engenharia de Produção da UTFPR — Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Para analisar as informações coletadas, será utilizado um método de apoio à decisão multicritério, o Analytic Hierarchy Process (AHP).
- No total serão quatro planilhas, onde cada uma delas terá uma questão orientadora.
- Conforme previsto pelo método proposto, após o retorno dos questionários será calculado o grau de coerência (CR), que define se os julgamentos estão coerentes. Caso o julgamento esteja incoerente, o questionário será devolvido para a correção dos julgamentos.

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objectivo.
3	Fraca importância	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação a outra.
5	Forte importância	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação a outra
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza.

APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO NA FASE 01

APÊNDICE C - QUESTIONÁRIO NA FASE 02

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO NA FASE 03

APÊNDICE E - QUESTIONÁRIO NA FASE 04

APÊNDICE F – EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 01

ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES PARA OS FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA PRIMEIRA FASE DA IMPLEMENTAÇÃO DA TPM												
MATRIZ DE DECISÃO	A (comparações par a par)									[w]		
TABELA 1 Fase 1 x FCS	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Prioridade	Prioridade [%]	CONSISTENTE ?
Treinamento e capacitação	1	3	1	1/3	5	5	1	5	3	0,1522	0,1522	SIM
Trabalho em equipe	1/3	1	1/5	1/5	3	1	1/3	3	1	0,0548	0,0548	
Planejamento e Preparação	1	5	1	1	9	5	3	9	3	0,2269	0,2269	
Apoio da Gestão	3	5	1	1	9	5	5	9	5	0,2908	0,2908	
Resistência a Mudança	1/5	1/3	1/9	1/9	1	1/3	1/5	1	1/5	0,0221	0,0221	
Mudança de cultura	1/5	1	1/5	1/5	3	1	1/3	1	1/3	0,0418	0,0418	SIM
Envolvimento dos funcionários	1	3	1/3	1/5	5	3	1	5	1	0,1064	0,1064	
Monitoramento dos resultados	1/5	1/3	1/9	1/9	1	1	1/5	1	1/3	0,0261	0,0261	
Comunicação	1/3	1	1/3	1/5	5	3	1	3	1	0,0789	0,0789	
Soma da coluna	7 1/4	19 2/3	4 2/7	3 1/3	41	24 1/3	12	37	14 7/8	1,0000	1,0000	
MATRIZ NORMALIZADA												
	Recíproco									[Σ]	[w]	
	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Soma da linha (SI)	Prioridade	
Treinamento e capacitação	0,13761	0,15254	0,23316	0,09934	0,12195	0,20548	0,08287	0,13514	0,20179	1,3699	0,15220976	
Trabalho em equipe	0,04587	0,05085	0,04663	0,05960	0,07317	0,04110	0,02762	0,08108	0,06726	0,4932	0,05479893	
Planejamento e Preparação	0,13761	0,25424	0,23316	0,29801	0,21951	0,20548	0,24862	0,24324	0,20179	2,0417	0,22685258	
Apoio da Gestão	0,41284	0,25424	0,23316	0,29801	0,21951	0,20548	0,41436	0,24324	0,33632	2,6172	0,29079751	
Resistência a Mudança	0,02752	0,01695	0,02591	0,03311	0,02439	0,01370	0,01657	0,02703	0,01345	0,1986	0,02207053	
Mudança de cultura	0,02752	0,05085	0,04663	0,05960	0,07317	0,04110	0,02762	0,02703	0,02242	0,3759	0,04177163	
Envolvimento dos funcionários	0,13761	0,15254	0,07772	0,05960	0,12195	0,12329	0,08287	0,13514	0,06726	0,9580	0,10644349	
Monitoramento dos resultados	0,02752	0,01695	0,02591	0,03311	0,02439	0,04110	0,01657	0,02703	0,02242	0,2350	0,02611119	
Comunicação	0,04587	0,05085	0,07772	0,05960	0,12195	0,12329	0,08287	0,08108	0,06726	0,7105	0,07894437	
Total geral (Tg)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,000	1	

RAZÃO DE CONSISTÊNCIA										
[Aw = a _{ij} . w _j]									[Σ A _i . w _n]	[Aw _n / w _n]
0,15221	0,16440	0,22685	0,09693	0,11035	0,20886	0,10644	0,13056	0,23683	1,43343	9,41750
0,05074	0,05480	0,04537	0,05816	0,06621	0,04177	0,03548	0,07833	0,07894	0,50981	9,30324
0,15221	0,27399	0,22685	0,29080	0,19863	0,20886	0,31933	0,23500	0,23683	2,14251	9,44451
0,45663	0,27399	0,22685	0,29080	0,19863	0,20886	0,53222	0,23500	0,39472	2,81771	9,68958
0,03044	0,01827	0,02521	0,03231	0,02207	0,01392	0,02129	0,02611	0,01579	0,20541	9,30689
0,03044	0,05480	0,04537	0,05816	0,06621	0,04177	0,03548	0,02611	0,02631	0,38466	9,20867
0,15221	0,16440	0,07562	0,05816	0,11035	0,12531	0,10644	0,13056	0,07894	1,00199	9,41340
0,03044	0,01827	0,02521	0,03231	0,02207	0,04177	0,02129	0,02611	0,02631	0,24378	9,33630
0,05074	0,05480	0,07562	0,05816	0,11035	0,12531	0,10644	0,07833	0,07894	0,73870	9,35724
Índice Randômico (IR)	n	IR	Soma das parcelas	84,4773392	Observações					
	1	0	[Σ Aw _n /w _n]	9	Matriz onde são efetuadas as comparações paritárias, sempre é uma matriz recíproca					
	2	0	n	9	Cada elemento / Soma coluna (Sc).					
	3	0,58	Autovalor máximo	9,386371022	Vetor peso - obtido após a soma dos recíprocos.					
	4	0,9	λmax		Totalização das entradas - cada elemento x respectivo vetor peso.					
	5	1,12	[(1/n)x(ΣAw _n /w _n)]	0,386371022	Vetor total de entradas - soma de cada linha da totalização das entradas.					
	6	1,24	IC - numerador		Parcelas da totalização - cada vetor total de entrada (linha) / vetor peso.					
	7	1,32	[λ max - n]	8						
	8	1,41	IC - denominador							
	9	1,45	[n-1]							
	10	1,49	IC	0,048296378						
	11	1,51	[(λ max - n)/(n-1)]							
	12	1,48	IR	1,45						
	13	1,56	Índice Randômico							
	14	1,57	Razão de Consistência	0,033307847						
15	1,59	[RC= (IC/IR)]								
			Consistente?	SIM						

APÊNDICE G - EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 02

ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES PARA OS FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA SEGUNDA FASE DA IMPLEMENTAÇÃO DA TPM												
MATRIZ DE DECISÃO	A (comparações par a par)									[w]		
TABELA 2 Fase 2 x FCS	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Prioridade	Prioridade [%]	CONSISTENTE ?
Treinamento e capacitação	1	5	1	5	5	3	3	3	5	0,2411	0,2411	SIM
Trabalho em equipe	1/5	1	1/5	1	1	1/3	1/3	1/3	3	0,0483	0,0483	
Planejamento e Preparação	1	5	1	5	9	3	3	3	9	0,2712	0,2712	
Apoio da Gestão	1/5	1	1/5	1	3	1	1/3	1	3	0,0676	0,0676	
Resistência a Mudança	1/5	1	1/9	1/3	1	1/3	1/5	1/3	1	0,0321	0,0321	
Mudança de cultura	1/3	3	1/3	1	3	1	1	1	3	0,0928	0,0928	
Envolvimento dos funcionários	1/3	3	1/3	3	5	1	1	1	3	0,1126	0,1126	
Monitoramento dos resultados	1/3	3	1/3	1	3	1	1	1	1/3	0,0824	0,0824	
Comunicação	1/5	1/3	1/9	1/3	1	1/3	1/3	3	1	0,0519	0,0519	
Soma da coluna	3 4/5	22 1/3	3 5/8	17 2/3	31	11	10 1/5	13 2/3	28 1/3	1,0000	1,0000	
MATRIZ NORMALIZADA												
	Recíproco									[Σ]	[w]	
	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Soma da linha (SI)	Prioridade	
Treinamento e capacitação	0,26316	0,22388	0,27607	0,28302	0,16129	0,27273	0,29412	0,21951	0,17647	2,1702	0,24113878	
Trabalho em equipe	0,05263	0,04478	0,05521	0,05660	0,03226	0,03030	0,03268	0,02439	0,10588	0,4347	0,0483044	
Planejamento e Preparação	0,26316	0,22388	0,27607	0,28302	0,29032	0,27273	0,29412	0,21951	0,31765	2,4405	0,27116197	
Apoio da Gestão	0,05263	0,04478	0,05521	0,05660	0,09677	0,09091	0,03268	0,07317	0,10588	0,6086	0,06762692	
Resistência a Mudança	0,05263	0,04478	0,03067	0,01887	0,03226	0,03030	0,01961	0,02439	0,03529	0,2888	0,03208931	
Mudança de cultura	0,08772	0,13433	0,09202	0,05660	0,09677	0,09091	0,09804	0,07317	0,10588	0,8355	0,09282795	
Envolvimento dos funcionários	0,08772	0,13433	0,09202	0,16981	0,16129	0,09091	0,09804	0,07317	0,10588	1,0132	0,11257503	
Monitoramento dos resultados	0,08772	0,13433	0,09202	0,05660	0,09677	0,09091	0,09804	0,07317	0,01176	0,7413	0,08237043	
Comunicação	0,05263	0,01493	0,03067	0,01887	0,03226	0,03030	0,03268	0,21951	0,03529	0,4671	0,05190521	
Total geral (Tg)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,000	1	

RAZÃO DE CONSISTÊNCIA										
[Aw = a _{ij} . w _j]									[Σ A _i . w _n]	[Aw _n / w _n]
0,24114	0,24152	0,27116	0,33813	0,16045	0,27848	0,33773	0,24711	0,25953	2,37525	9,85014
0,04823	0,04830	0,05423	0,06763	0,03209	0,03094	0,03753	0,02746	0,15572	0,50212	10,39493
0,24114	0,24152	0,27116	0,33813	0,28880	0,27848	0,33773	0,24711	0,46715	2,71123	9,99856
0,04823	0,04830	0,05423	0,06763	0,09627	0,09283	0,03753	0,08237	0,15572	0,68310	10,10098
0,04823	0,04830	0,03013	0,02254	0,03209	0,03094	0,02252	0,02746	0,05191	0,31411	9,78870
0,08038	0,14491	0,09039	0,06763	0,09627	0,09283	0,11258	0,08237	0,15572	0,92306	9,94382
0,08038	0,14491	0,09039	0,20288	0,16045	0,09283	0,11258	0,08237	0,15572	1,12250	9,97110
0,08038	0,14491	0,09039	0,06763	0,09627	0,09283	0,11258	0,08237	0,01730	0,78465	9,52587
0,04823	0,01610	0,03013	0,02254	0,03209	0,03094	0,03753	0,24711	0,05191	0,51657	9,95226
Índice Randômico (IR)	n	IR	Soma das parcelas		89,5263484				Observações	
	1	0	[Σ Aw _n /w _n]						Matriz onde são efetuadas as comparações paritárias, sempre é uma matriz recíproca	
	2	0	n		9				Cada elemento / Soma coluna (Sc).	
	3	0,58	Autovalor máximo						Vetor peso - obtido após a soma dos recíprocos.	
	4	0,9	λmax		9,947372045				Totalização das entradas - cada elemento x respectivo vetor peso.	
	5	1,12	[(1/n)x(ΣAw _n /w _n)]						Vetor total de entradas - soma de cada linha da totalização das entradas.	
	6	1,24	IC - numerador		0,947372045				Parcelas da totalização - cada vetor total de entrada (linha) / vetor peso.	
	7	1,32	[λ max - n]							
	8	1,41	IC - denominador		8					
	9	1,45	[n-1]							
	10	1,49	IC		0,118421506					
	11	1,51	[(λ max - n)/(n-1)]							
	12	1,48	IR		1,45					
	13	1,56	Índice Randômico							
	14	1,57	Razão de Consistência		0,081670004					
15	1,59	[RC= (IC/IR)]								
			Consistente?	SIM						

APÊNDICE H - EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 03

ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES PARA OS FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA TERCEIRA FASE DA IMPLEMENTAÇÃO DA TPM												
MATRIZ DE DECISÃO	A (comparações par a par)									[w]		
TABELA 3 Fase 3 x FCS	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Prioridade	Prioridade [%]	CONSISTENTE ?
Treinamento e capacitação	1	3	5	1	5	3	1	5	9	0,2226	0,2226	SIM
Trabalho em equipe	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/3	3	5	0,0685	0,0685	
Planejamento e Preparação	1/5	1	1	1/5	1	1/3	1/3	3	5	0,0610	0,0610	
Apoio da Gestão	1	3	5	1	5	3	3	9	9	0,2674	0,2674	
Resistência a Mudança	1/5	1	1	1/5	1	1/3	1/3	1	3	0,0491	0,0491	
Mudança de cultura	1/3	3	3	1/3	3	1	1	3	5	0,1230	0,1230	
Envolvimento dos funcionários	1	3	3	1/3	3	1	1	5	9	0,1566	0,1566	
Monitoramento dos resultados	1/5	1/3	1/3	1/9	1	1/3	1/5	1	1	0,0311	0,0311	
Comunicação	1/9	1/5	1/5	1/9	1/3	1/5	1/9	1	1	0,0206	0,0206	
Soma da coluna	4 3/8	15 1/2	19 1/2	3 5/8	20 1/3	9 1/2	7 1/3	31	47	1,0000	1,0000	
MATRIZ NORMALIZADA												
	Recíproco									[Σ]	[w]	
	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Soma da linha (SI)	Prioridade	
Treinamento e capacitação	0,22843	0,19313	0,25597	0,27607	0,24590	0,31469	0,13678	0,16129	0,19149	2,0038	0,22263895	
Trabalho em equipe	0,07614	0,06438	0,05119	0,09202	0,04918	0,03497	0,04559	0,09677	0,10638	0,6166	0,0685149	
Planejamento e Preparação	0,04569	0,06438	0,05119	0,05521	0,04918	0,03497	0,04559	0,09677	0,10638	0,5494	0,06104083	
Apoio da Gestão	0,22843	0,19313	0,25597	0,27607	0,24590	0,31469	0,41033	0,29032	0,19149	2,4063	0,267371	
Resistência a Mudança	0,04569	0,06438	0,05119	0,05521	0,04918	0,03497	0,04559	0,03226	0,06383	0,4423	0,04914424	
Mudança de cultura	0,07614	0,19313	0,15358	0,09202	0,14754	0,10490	0,13678	0,09677	0,10638	1,1073	0,1230283	
Envolvimento dos funcionários	0,22843	0,19313	0,15358	0,09202	0,14754	0,10490	0,13678	0,16129	0,19149	1,4092	0,1565735	
Monitoramento dos resultados	0,04569	0,02146	0,01706	0,03067	0,04918	0,03497	0,02736	0,03226	0,02128	0,2799	0,03110221	
Comunicação	0,02538	0,01288	0,01024	0,03067	0,01639	0,02098	0,01520	0,03226	0,02128	0,1853	0,02058608	
Total geral (Tg)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,000	1	

RAZÃO DE CONSISTÊNCIA										
[Aw = a _{ij} . w _j]									[Σ A _i . w _n]	[Aw _n / w _n]
0,22264	0,20554	0,30520	0,26737	0,24572	0,36908	0,15657	0,15551	0,18527	2,11292	9,49036
0,07421	0,06851	0,06104	0,08912	0,04914	0,04101	0,05219	0,09331	0,10293	0,63147	9,21660
0,04453	0,06851	0,06104	0,05347	0,04914	0,04101	0,05219	0,09331	0,10293	0,56614	9,27477
0,22264	0,20554	0,30520	0,26737	0,24572	0,36908	0,46972	0,27992	0,18527	2,55048	9,53910
0,04453	0,06851	0,06104	0,05347	0,04914	0,04101	0,05219	0,03110	0,06176	0,46276	9,41642
0,07421	0,20554	0,18312	0,08912	0,14743	0,12303	0,15657	0,09331	0,10293	1,17528	9,55289
0,22264	0,20554	0,18312	0,08912	0,14743	0,12303	0,15657	0,15551	0,18527	1,46825	9,37739
0,04453	0,02284	0,02035	0,02971	0,04914	0,04101	0,03131	0,03110	0,02059	0,29058	9,34267
0,02474	0,01370	0,01221	0,02971	0,01638	0,02461	0,01740	0,03110	0,02059	0,19043	9,25038
Índice Randômico (IR)	n	IR	Soma das parcelas							
	1	0	[Σ Aw _n /w _n]	84,46057859						Observações Matriz onde são efetuadas as comparações paritárias, sempre é uma matriz recíproca
	2	0	n	9						Cada elemento / Soma coluna (Sc).
	3	0,58	Autovalor máximo							Vetor peso - obtido após a soma dos recíprocos.
	4	0,9	λmax	9,384508732						Totalização das entradas - cada elemento x respectivo vetor peso.
	5	1,12	[(1/n)x(ΣAw _n /w _n)]							Vetor total de entradas - soma de cada linha da totalização das entradas.
	6	1,24	IC - numerador	0,384508732						Parcelas da totalização - cada vetor total de entrada (linha) / vetor peso.
	7	1,32	[λ max - n]							
	8	1,41	IC - denominador	8						
	9	1,45	[n-1]							
	10	1,49	IC	0,048063592						
	11	1,51	[(λ max - n)/(n-1)]							
	12	1,48	IR	1,45						
	13	1,56	Índice Randômico							
	14	1,57	Razão de Consistência	0,033147304						
15	1,59	[RC= (IC/IR)]								
			Consistente?	SIM						

APÊNDICE I - EXEMPLO DE PLANILHA DA ANÁLISE AHP NA FASE 04

ESTABELECIMENTO DE PRIORIDADES PARA OS FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO NA QUARTA FASE DA IMPLEMENTAÇÃO DA TPM												
MATRIZ DE DECISÃO	A (comparações par a par)									[w]		
TABELA 4 Fase 4 x FCS	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Prioridade	Prioridade [%]	CONSISTENTE ?
Treinamento e capacitação	1	3	3	1	9	9	5	1	5	0,2599	0,2599	SIM
Trabalho em equipe	1/3	1	1	1	5	5	3	3	3	0,1481	0,1481	
Planejamento e Preparação	1/3	1	1	1	2	2	3	3	5	0,1348	0,1348	
Apoio da Gestão	1	1	1	1	9	5	5	5	5	0,2140	0,2140	
Resistência a Mudança	1/9	1/5	1/2	1/9	1	1	1	1	1	0,0398	0,0398	
Mudança de cultura	1/9	1/5	1/2	1/5	1	1	1/3	1/3	1	0,0335	0,0335	
Envolvimento dos funcionários	1/5	1/3	1/3	1/5	1	3	1	1	3	0,0600	0,0600	
Monitoramento dos resultados	1	1/3	1/3	1/5	1	3	1	1	1	0,0719	0,0719	
Comunicação	1/5	1/3	1/5	1/5	1	1	1/3	1	1	0,0381	0,0381	
Soma da coluna	4 2/7	7 2/5	7 6/7	5	30	30	19 2/3	16 1/3	25	1,0000	1,0000	
MATRIZ NORMALIZADA												
	Recíproco									[Σ]	[w]	
	Treinamento e capacitação	Trabalho em equipe	Planejamento e Preparação	Apoio da Gestão	Resistência a Mudança	Mudança de cultura	Envolvimento dos funcionários	Monitoramento dos resultados	Comunicação	Soma da linha (SI)	Prioridade	
Treinamento e capacitação	0,23316	0,40541	0,38136	0,20362	0,30000	0,30000	0,25424	0,06122	0,20000	2,3390	0,25988929	
Trabalho em equipe	0,07772	0,13514	0,12712	0,20362	0,16667	0,16667	0,15254	0,18367	0,12000	1,3331	0,14812701	
Planejamento e Preparação	0,07772	0,13514	0,12712	0,20362	0,06667	0,06667	0,15254	0,18367	0,20000	1,2131	0,13479367	
Apoio da Gestão	0,23316	0,13514	0,12712	0,20362	0,30000	0,16667	0,25424	0,30612	0,20000	1,9261	0,21400675	
Resistência a Mudança	0,02591	0,02703	0,06356	0,02262	0,03333	0,03333	0,05085	0,06122	0,04000	0,3579	0,03976179	
Mudança de cultura	0,02591	0,02703	0,06356	0,04072	0,03333	0,03333	0,01695	0,02041	0,04000	0,3012	0,03347123	
Envolvimento dos funcionários	0,04663	0,04505	0,04237	0,04072	0,03333	0,10000	0,05085	0,06122	0,12000	0,5402	0,06001992	
Monitoramento dos resultados	0,23316	0,04505	0,04237	0,04072	0,03333	0,10000	0,05085	0,06122	0,04000	0,6467	0,07185642	
Comunicação	0,04663	0,04505	0,02542	0,04072	0,03333	0,03333	0,01695	0,06122	0,04000	0,3427	0,03807391	
Total geral (Tg)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	9,000	1	

RAZÃO DE CONSISTÊNCIA										
[Aw = a _{ij} . w _j]									[Σ A _i . w _n]	[Aw _n / w _n]
0,25989	0,44438	0,40438	0,21401	0,35786	0,30124	0,30010	0,07186	0,19037	2,54408	9,78909
0,08663	0,14813	0,13479	0,21401	0,19881	0,16736	0,18006	0,21557	0,11422	1,45957	9,85352
0,08663	0,14813	0,13479	0,21401	0,07952	0,06694	0,18006	0,21557	0,19037	1,31602	9,76323
0,25989	0,14813	0,13479	0,21401	0,35786	0,16736	0,30010	0,35928	0,19037	2,13178	9,96128
0,02888	0,02963	0,06740	0,02378	0,03976	0,03347	0,06002	0,07186	0,03807	0,39286	9,88036
0,02888	0,02963	0,06740	0,04280	0,03976	0,03347	0,02001	0,02395	0,03807	0,32397	9,67894
0,05198	0,04938	0,04493	0,04280	0,03976	0,10041	0,06002	0,07186	0,11422	0,57536	9,58614
0,25989	0,04938	0,04493	0,04280	0,03976	0,10041	0,06002	0,07186	0,03807	0,70712	9,84078
0,05198	0,04938	0,02696	0,04280	0,03976	0,03347	0,02001	0,07186	0,03807	0,37428	9,83045
Índice Randômico (IR)	n	IR	Soma das parcelas							
	1	0	[Σ Aw _n /w _n]	88,18379086						Observações
	2	0	n	9						Matriz onde são efetuadas as comparações paritárias, sempre é uma matriz recíproca
	3	0,58	Autovalor máximo							Cada elemento / Soma coluna (Sc).
	4	0,9	λmax	9,798198984						Vetor peso - obtido após a soma dos recíprocos.
	5	1,12	[(1/n)x(ΣAw _n /w _n)]							Totalização das entradas - cada elemento x respectivo vetor peso.
	6	1,24	IC - numerador	0,798198984						Vetor total de entradas - soma de cada linha da totalização das entradas.
	7	1,32	[λ max - n]							Parcelas da totalização - cada vetor total de entrada (linha) / vetor peso.
	8	1,41	IC - denominador	8						
	9	1,45	[n-1]							
	10	1,49	IC	0,099774873						
	11	1,51	[(λ max - n)/(n-1)]							
	12	1,48	IR	1,45						
	13	1,56	Índice Randômico							
	14	1,57	Razão de Consistência	0,068810257						
15	1,59	[RC= (IC/IR)]								
			Consistente?	SIM						