Recebido: 15/05/2013
Aprovado: 11/07/2013

Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras

José Carlos Souza Oliveira - jcso2009@gmail.com
• Universidade de Taubaté – R. Quatro de Março, 432, Taubaté-SP, 12020-270
Aluísio Pinto da Silva (UNITAU – SP/Brasil) - aluisio@ymail.com

RESUMO O objetivo deste trabalho é analisar estatisticamente indicadores da Qualidade e Produtividade da Manutenção nas indústrias brasileiras, a partir de técnicas de estatística descritiva e inferencial, utilizando como referência o Documento Nacional da Manutenção em sua edição de 2011, produzido pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção). No escopo do trabalho, são abordados indicadores como Sistema de Qualidade Utilizado, Ferramentas Utilizadas para Promover a Qualidade, Custo Total da Manutenção pelo Faturamento; dentre outros. A partir da utilização de técnicas estatísticas é possível analisar o comportamento dos dados, gerando uma compreensão do status atual desta importante função, bem como prever tendências para a próxima medição. Seria possível analisar outras variáveis da manutenção, porém a escolha dos indicadores de qualidade e produtividade, refletem bem o cenário da função nas indústrias brasileiras. Os resultados são animadores e apontam para uma necessidade cada vez mais crescente de se tratar a função de forma estratégica, não somente como função de apoio ao processo produtivo.

Palavras-chave Indicador. Manutenção. Documento Nacional da Qualidade.

ABSTRACT *The objective of this work is to make a statistical analysis of Quality and Productivity Maintenance indicators in Brazilian industry, through descriptive and inferential statistics, using as a reference the Document for National Maintenance, 2011 edition, produced by ABRAMAN (Brazilian Maintenance Association.) Indicators considered in the scope of this work were: Quality System Used; Tools Used to Promote Quality; Total Cost of Maintenance through Billing, among others. From the use of statistical techniques it is possible to analyze the data tendency, which creates an understanding of the current status of this important function as well as the prediction of trends to be used in the following measurement. It would be possible to analyze other maintenance variables, however the choice of quality and productivity indicators, reflect on the current scenario of this function in Brazilian industry. The results are encouraging and point to an ever-increasing need to address the function from a strategic approach, not only as a support function for the production process.*

Keywords *Indicator. Maintenance. Document National Quality.*

OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, A. P. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 8, nº 3, jul-set/2013, p. 53-69.

1. INTRODUÇÃO

Com a competitividade global onde a redução de custos de produção é fator primordial para a viabilização do negócio, a manutenção adquire valor estratégico. Reduzir custos passa diretamente por aumentar a eficácia. Os indicadores de Qualidade e Produtividade nos dão referências da eficácia, bem como nos permite analisar tendências, permitindo assim agir gerencialmente. Antes, tratada como função de apoio ao processo produtivo, hoje é uma variável que compõe a produção somada à operação e à engenharia.

Em função dessa nova visão, o conceito de manutenção também têm se aperfeiçoado. No passado era definida como o reestabelecimento das condições originais dos equipamentos/sistemas, hoje se define como a garantia da disponibilidade da função dos equipamentos/sistemas com disponibilidade e confiabilidade, segurança e preservação do meio ambiente, sempre ao menor custo possível; ou ainda conforme Seixas (2012) a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou restabelecer um item para um estado no qual possa desempenhar sua função requerida.

Encontra-se em nossa literatura uma ampla abordagem do tema, suas melhores práticas, bem como a seleção de indicadores que permitem tratar a função de forma mais estratégica, porém a abordagem estatística e a consequente análise de tendências é pouco explorada; o que torna relevante o objeto deste artigo, sendo fundamental para a completa compreensão do cenário atual e futuro desta função.

Através de pesquisa aplicada e explicativa com abordagem quantitativa o presente artigo apresenta algumas das variáveis de qualidade e produtividade que caracterizam a função manutenção nas indústrias brasileiras. O trabalho foi desenvolvido por meio de pesquisa bibliográfica.

Espera-se a compreensão de como essas variáveis se comportam na função, bem como a projeção de tendência para um próximo período de análise e medição.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Conceito de manutenção

Manutenção pode ser definida como um conjunto de atividades que visam reestabelecer ou manter um determinado bem em seu estado natural de especificação. Segundo Santos (2007, p. 52), é manter em perfeito estado de conservação e funcionamento: equipamentos, acessórios e tudo o que está ligado ao setor fabril de uma indústria.

Uma definição mais atual poderia ser: um conjunto de ações de gestão, técnicas e econômicas, aplicadas ao bem, com o objetivo de mantê-lo, aumentando seu ciclo de vida.

Kardec e Lafraia (2002, p.23), traz uma comparação entre o conceito de manutenção antes e o conceito aplicado hoje.

Há até pouco tempo, o conceito predominante era de que a missão da manutenção era de restabelecer as condições originais dos equipamentos/sistemas.

Hoje, a missão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo adequados.

Embora deva ser tratada de forma estratégica, suas ferramentas e conceitos de gestão devem ser compartilhados e estar ao alcance de todos. O objetivo é evitar a tomada de decisões erradas. Segundo Lafraia (2001), provavelmente existam mais decisões erradas tomadas e mais coisas erradas feitas em manutenção do que em qualquer outra atividade industrial.

O Documento Nacional da Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil (2011), é um desses instrumentos de divulgação. Produzido a cada dois anos, têm o objetivo de apresentar a situação da manutenção no Brasil, a partir de pesquisa realizada entre empresas representantes dos principais setores da economia do país.

2.2. Documento Nacional da Manutenção

O Documento Nacional da Manutenção: A Situação da manutenção no Brasil (2011) é produzido pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) a cada 2 anos, desde o ano de 1995, tem como objetivo realizar um levantamento de dados para estabelecimento de índices, a nível nacional, bem como a determinação de parâmetros que possam balizar no controle, melhoria e determinação do desempenho da manutenção no Brasil.

Atinge os principais setores de produtos e serviços que movimentam a economia brasileira.

O Documento Nacional: A Situação da manutenção no Brasil em sua edição de 2011, descreve de forma detalhada a análise da situação da manutenção no país, servindo de referencial inclusive para pesquisadores e gerentes das maiores empresas nacionais e internacionais

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa será classificada, sob o ponto de vista de sua natureza, como pesquisa aplicada, uma vez que gerará conhecimentos para aplicação prática, dirigido a solução de problemas relacionados à função manutenção. Quanto a forma de abordagem do problema a pesquisa será quantitativa, pois trará referenciais e parâmetros para tomada de decisão com relação aos indicadores de manutenção. Do ponto de vista de seu objetivo, o presente estudo será classificado como pesquisa explicativa, pois objetivará identificar os fatores que determinam ou contribuem para existência de problemas no processo produtivo, ao se utilizar de uma literatura já consolidada acerca do objeto em estudo, aprofundará o conhecimento da realidade dos indicadores de manutenção nas indústrias brasileiras. O trabalho será desenvolvido à partir de pesquisa bibliográfica.

Os dados apresentados foram coletados junto a Associação Brasileira de Manutenção - ABRAMAN, extraídos do Documento Nacional de Manutenção em sua edição de 2011, por meio de pesquisa desenvolvida junto a mais de 140 empresas de 20 setores da economia nacional; como metalúrgico, siderúrgico, automotivo, energia elétrica; dentre outros.

A análise dos dados foi realizada através de métodos e técnicas estatísticas como Probabilidade Condicional para Distribuição t de *student*, Intervalos de Confiança para Distribuição t de *student*, Teste de Hipóteses para Distribuição t de *student* e Critério de Chauvenet.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Indicadores de qualidade na manutenção

É importante diferenciar indicadores de Qualidade de Ferramentas Gerenciais. Enquanto o primeiro é referencial para medir os resultados da função, o segundo auxilia na obteção desses resultados. O CCQ (Círulo de Controle de Qualidade), TPM (Manutenção Preditiva Total), e MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade) representam algumas das ferramentas gerenciais. Por serem apenas ferramentas, sua simples utilização não é garantia de bons resultados.

No âmbito deste trabalho, Indicadores de Qualidade na Manutenção não tem ligação com o Sistema de Gestão da Qualidade, pois segundo Kardec e Lafraia (2002, p.23), muito mais do que cumprir procedimetos normativos, a manutenção que tem um papel importante, precisa atuar como elo de ligação das ações dos sub-sistemas de engenharia, suprimento, inspeção de equipamentos, dentre outros, atendendo assim ao cliente interno, que é a operação.

4.1.1. Indicador de qualidade: sistema de qualidade utilizado

A manutenção é uma função de apoio ao processo produtivo, portanto deve estar no escopo das ações de todo sistema de gestão, porém o que se percebe, é que por ser também função estratégica, há particularidades que precisam ser tratadas com sistemas dedicado, não sendo possível atingir sua eficácia utilizando apenas o modelo do Sistema de Gestão da Qualidade da empresa como um todo.

A Tabela 1 apresenta historicamente essa percepção.

Tabela 1 – Filosofia básica do sistema de qualidade utilizada na manutenção.

Ano	Normas: ISO 9000, 14000 ou 16949	SGQ	PNQ	GTQ (Gestão da Qualidade Total)	ISO/GQT	Outros
2011	59,24	31,52	9,24	-	-	0,00
2009	56,25	31,25	12,50	-	-	0,00
2007	52,24	21,89	14,43	-	-	11,44
2005	52,17	26,09	10,44	-	-	11,30
2003	61,12	24,60	13,49	-	-	0,79
2001	56,87	-	-	25,63	-	17,50
1999	54,46	-	-	29,47	-	16,07
1997	43,14	-	-	29,41	17,65	9,80
1995	43,45	-	-	44,05	-	12,50

SGQ (Sistema de Gestão da Qualidade)
PNQ (Prêmio Nacional da Qualidade)

Fonte: Documento Nacional da Manutenção: a Situação da manutenção no Brasil (2011).

4.1.1.1. Análise Descritiva dos dados

A série de dados confirma que a Gestão da Manutenção nas indústrias brasileiras ainda está muito ligada ao sistema de Gestão da Qualidade, pois mostra uma relação muito próxima entre Sistema de Gestão adotado pela empresa, como Normas da Qualidade, Meio Ambiente e ISO/TS Automotiva com Sistemas Gerenciais da Manutenção.

Esse quadro não é ideal, pois a relação entre manutenção e sistema de gestão e suas respectivas normas, representam baixa utilização de sistemas gerenciais dedicados, sendo assim a gestão se dá na medição dos resultados e não em ferramentas que auxiliam e tratam de forma estratégica a função; ou seja a medição se dá somente em nível de eficácia.

À partir dos dados históricos é muito provável que esta tendência continue para os próximos períodos, ou seja, levará algum tempo para que as indústrias brasileiras tratem a função de uma forma mais estratégica, sem a vincularem à sistema de gestão ou normatização.

4.1.2. Indicador de qualidade: ferramentas para promover a qualidade

As ferramentas para promover a qualidade, devem fazer parte de um plano suportado por melhores práticas à fim de alcançar as metas planejadas, portanto não devem ser utilizadas isoladamente.

A Tabela 2 à seguir apresenta o histórico de utização dessas ferramentas ao longo dos anos.

Tabela 2 – Ferramentas utilizadas para promover a qualidade da manutenção.

Ano	MCC	5S	FMEA	RCFA	CCQ	TPM (MPT)	6 Sigma	Outros
2011	17,03	27,86	17,34	15,79	-	12,69	9,29	0,00
2009	16,48	28,74	14,94	16,09	-	13,03	10,73	0,00
2007	18,65	27,22	22,02	17,13	-	10,09	0,92	3,98
2005	15,20	41,18	-	-	10,78	15,69	7,35	9,80
2003	20,31	37,50	-	-	8,33	16,15	5,73	11,98
2001	17,35	37,90	-	-	11,42	14,61	-	18,72
1999	5,62	40,45	-	-	16,29	20,79	-	16,85
1997	2,89	46,24	-	-	12,14	18,50	-	20,23
1995	-	39,83	-	-	17,37	21,61	-	21,19

Fonte: Documento Nacional da Manutenção: a Situação da manutenção no Brasil (2011).

4.1.2.1. Análise Descritiva dos dados

A adoção de ferramentas constitui o cenário ideal na gestão da manutenção, suportada pela utilização de um sistema de gestão dedicado.

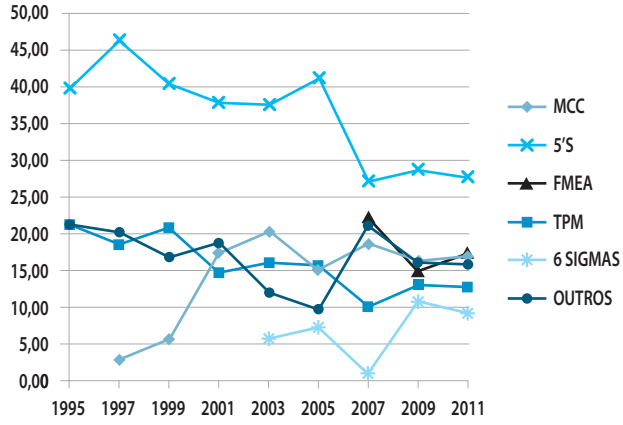
A ferramenta mais utilizada pelas empresas brasileiras ao longo do período, para promover a qualidade da manutenção é o 5S, muito mais pela facilidade de implantação, operação e baixa complexidade de manutenção do que pela sua eficácia. Longe de ser uma ferramenta especificamente aplicada à manutenção, o 5S é muito poderosa para organização.

Já ferramentas como MCC e 6 sigmas apresentam menor utilização, embora sejam mais recentes; o que acarreta em uma amostra menor.

Há dificuldades na implantação da MCC dado à sua complexidade e seu custo inicial, somente sendo possível sua implantação a partir de uma sólida base de treinamento, capacitação e utilização de técnicas preditivas. Já para a implantação dos 6 sigmas, as dificuldades de implantação passam também pelo custo inicial.

A Figura 1 mostra os dados dos últimos anos.

Figura 1 – Ferramentas da qualidade aplicada à Manutenção.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

É natural que à medida que cresce a aplicação de ferramentas de promoção da qualidade da manutenção como a MCC e 6 sigmas; ferramentas como o 5S tendem a ser menos utilizadas.

4.1.2.2. Análise Inferencial dos dados

4.1.2.2.1. Teste de Hipótese para Distribuição t de *student*

O teste de Hipótese é uma técnica para realizar inferência estatística. Ou seja, a partir de um teste de hipóteses, realizado com os dados amostrais, pode-se inferir sobre uma população.

A Distribuição t de *student* é uma ferramenta estatística aplicada para análises com pequenas amostras, geralmente inferior a trinta dados.

Considerando os dados da Tabela-2 como uma Distribuição t de *student* e aplicando a ferramenta estatística Teste de Hipótese, podem-se obter hipóteses estatísticas sobre determinados fenômenos.

A tendência para os próximos períodos é que ferramentas como MCC e 6 sigmas sejam mais aplicadas, ao passo que a adoção da ferramenta 5S diminua. A partir da amostra coletada, para o próximo período de análise a probabilidade de que a MCC se consolide no patamar dos 18% é de 42,86%. Esse crescimento é gradativo e lento. É muito improvável que o crescimento na aplicação da MCC seja significativo. Por exemplo, há apenas 0,1% de que chegue a patamares a partir dos 25%.

4.1.2.2.2. Critério de Chauvenet

O Critério de Chauvenet é uma técnica estatística utilizada para identificar se alguns valores obtidos em um deteminado experimento estão fora da tendência dominante da série. Esses valores podem ser medições erradas, advindas da tomada de valor equivocada ou ainda do método adotado.

Observa-se na Tabela 2 que os dados para aplicação da MCC para os períodos de 1997 e 1999, extrapolam a tendência dominante.

Recomenda-se a aplicação do Critério de Chauvenet para amostras a partir de 10 elementos. Para MCC há apenas oito dados no histórico, sendo assim, é possível fazer um ajuste para 10 elementos.

O critério de Chauvenet estabelece que um valor da série possa ser rejeitado se a probabilidade de obter o desvio em relação à média for menor que 1/2n, onde n representa o número de dados da série.

Considerando os dois próximos períodos no mesmo nível do resultado do período atual, pode-se aplicar o Critério, partindo do princípio que a distribuição dos dados seja Gaussiana.

Se muitos pontos extrapolarem o critério-limite estabelecido, é provável que o sistema de coleta e medição seja inadequado, ou que o processo ou grandeza medida seja extremamente variável.

A conclusão é que para os dois primeiros dados para MCC, embora apresente valores bem abaixo da média, apenas o primeiro dado 2,89%, de 1997, deve ser rejeitado, sendo válido o dado 5,62 de 1999.

4.1.3. Indicador de qualidade: Engenharia da Manutenção

A Engenharia da Manutenção é considerada um tipo de manutenção pois é a adoção de técnicas e ferramentas de gestão que são aplicados no dia à dia da função. Uma gestão estratégica da manutenção avança do nível mais baixo de planejamento; ou seja Manutenção Corretiva não Planejada; para o nível mais alto; a Engenharia de Manutenção.

Considerada como "melhores práticas de manutenção", deve ser aplicada à novos projetos na busca de alta performance e nas instalações já existentes, na busca da causa fundamental da falha.

Segundo Kardec e Lafraia (2002, p. 27), quando se passa a adotar a engenharia da manutenção, não basta ter uma boa manutenção, mas sim, equipamentos/sistemas que tenham alta disponibilidade.

A adoção de técnicas e ferramentas de Engenharia da Manutenção está diretamente relacionanda ao objetivo do aumento da disponibilidade.

A Tabela 3 mostra a aplicação de atividades de Engenharia de Manutenção nas empresas do Brasil.

Tabela 3 – Atividades de Engenharia de Manutenção nas indústrias brasileiras.

Ano	Sim (%)	Não (%)
2011	69,29	30,71
2009	75,81	24,19
2007	80,00	20,00
2005	59,83	41,17
2003	78,86	21,14
2001	73,24	26,76
1999	70,80	29,20
1997	80,37	19,63
1995	73,10	26,90

Fonte: Documento Nacional da Manutenção (2011).

4.1.3.1. Análise Descritiva dos dados

Observa-se oscilação na aplicação de atividades de Engenharia na Manutenção, isso se deve em função de duas dimensões, a primeira pela evolução do conceito de atividades de engenharia ao longo dos anos, o que anos atrás era considerado uma atividade de engenharia, hoje é considerado apenas como uma técnica, vide as técnicas preditivas como a análise de vibração e termografia; a segunda dimensão se dá pelo alto custo empregado nessas atividades.

4.1.3.2. Análise Inferencial dos dados

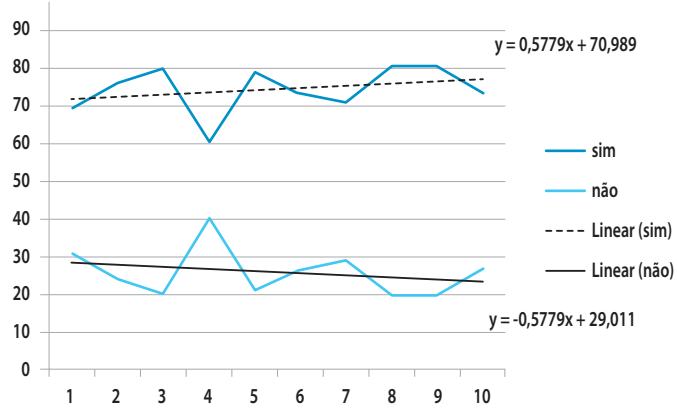
4.1.3.2.1. Análise de Tendência

A Análise de Tendência é uma técnica para realizar inferência estatística. Ou seja, a partir de uma Análise de Tendência, realizada com os dados amostrais, pode-se inferir sobre uma população.

Considerando os dados da Tabela-3 e aplicando a ferramenta estatística Análise de Tendência, podem-se obter hipóteses estatísticas sobre determinados fenômenos.

A Figura 2 mostra a tendência para o próximo período.

Figura 2 – Atividades de Engenharia de Manutenção nas indústrias brasileiras.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

A análise de tendência por meio da obtenção da reta de tendência, mostra que para o próximo período a adoção de atividades de engenharia de manutenção nas indústrias brasileiras aumente, chegando a patamares de 77,35%, com a consequente redução de indústrias que não utilizam atividades de engenharia na manutenção.

4.2. Indicadores de produtividade na manutenção

O conceito de produtividade na manutenção também pode ser estabelecido pela relação entre o faturamento e custos. Por esta ótica indicadores de faturamento e custos nos dão o referencial da produtividade da função. Para se obter a produtividade máxima, é preciso maximizar o faturamento e reduzir os custos.

Segundo Kardec e Lafraia (2002, p.18), para se maximizar o faturamento é necessário otimizar a disponibilidade e confiabilidade, isto pode ser obtido através das seguintes ações:

- Aumento da campanha das unidades produtivas;
- Minimização dos prazos de parada dos sistemas;
- Minimização do tempo médio para reparo (TMPR ou MTTR);
- Maximização do tempo médio entre as falhas (TMEF ou MTBF).

4.2.1. Indicador de produtividade: custos – Custo Total da Manutenção pelo Faturamento

Este indicador apresenta a relação entre o Custo da Manutenção pelo Faturamento Bruto da Empresa, permite um excelente referencial para análise da produtividade da função. Baixos índices aliados à alta disponibilidade e confiabilidade mostram a eficácia da função. A simples redução deste indicador não é suficiente e nem medida de eficácia, é necessário dar prioridade ao aumento da disponibilidade e confiabilidade com o menor custo possível.

A Tabela 4 apresenta os dados históricos.

Tabela 4 – Custo da Manutenção pelo faturamento bruto da empresa.

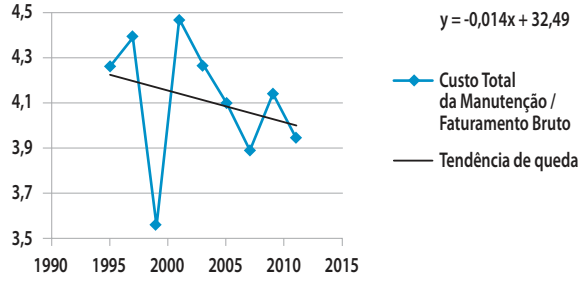
Ano	Custo total da manutenção/ faturamento bruto
2011	3,95%
2009	4,14%
2007	3,89%
2005	4,10%
2003	4,27%
2001	4,47%
1999	3,56%
1997	4,39%
1995	4,26%

Fonte: Documento Nacional da Manutenção: a Situação da manutenção no Brasil (2011).

4.2.1.1. Análise Descritiva dos dados

Pela análise descritiva dos dados observa-se que a menor proporção ocorre no ano de 1999, e a maior proporção ocorre no ano de 2001. A série histórica mostra uma estabilização dos dados em torno dos 4%, com tendência de queda, conforme representa a Figura 3.

Figura 3 – Custo da Manutenção pelo faturamento bruto da empresa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Há tendência de queda do custo de manutenção pelo faturamento bruto, à medida que se emprega tipos de manutenção mais eficazes; embora o alto custo inicial; à médio e longo prazo reduz-se o comprometimento do Faturamento Bruto.

Os Custos de Manutenção não podem ser tratados com a política de redução à qualquer preço, pois se reduzidos à níveis que comprometam a disponibilidade e confiabilidade, afetarão na outra ponta o faturamento, comprometendo assim a produtividade.

4.2.1.2. Análise Inferencial dos dados

4.2.1.2.1 Teste de Hipótese para Distribuição t de *student*

Embora a tendência de queda representada pelo coeficiente negativo da equação da reta de tendência e suposta estabilização dos dados em torno dos 4%, observada na análise descritiva, a probabilidade de que nos próximos anos a proporção entre o Custo Total da Manutenção/Faturamento se mantenha abaixo da média dos dados, no patamar dos 4% é de apenas 13,79%.

4.2.2. Indicador de Produtividade: custos – aplicação dos recursos na manutenção (homens/hora) pelo tipo de manutenção

Nepomuceno (1989, p. 37), classifica os tipos mais usuais de manutenção como: Corretiva, Preventiva, Preditiva e Manutenção Produtiva Total (TPM)

Kardec e Lafraia (2002, p. 27), propõem seis tipos básicos de manutenção: Corretiva não planejada, Corretiva planejada, Preventiva, Preditiva, Detectiva e Engenharia de Manutenção.

É predominante ainda hoje o emprego de tipos de manutenção que representem "baixo custo" ou "baixo nível de organização", boa parte disso em função de não se tratar a função de forma estratégica ou ainda da não disponibilização de recursos. Tipos como Corretiva e Preventiva ainda dominam o cenário.

A Tabela 5 apresenta os dados da aplicação de recursos na manutenção por tipo de manutenção; entenda-se aqui por recursos; a disponibilização de hora homem trabalhada.

Tabela 5 – Aplicação dos Recursos (H.h) por tipo de manutenção.

Ano	Manutenção Corretiva	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva	Outros
2011	27,40	37,17	18,51	16,92
2009	29,85	38,73	13,74	17,68
2007	25,61	38,78	17,09	18,51
2005	32,11	39,03	16,48	12,38
2003	29,98	35,49	17,76	16,77
2001	28,05	35,67	18,87	17,41
1999	27,85	35,84	17,17	19,14
1997	25,53	28,75	18,54	27,18
1995	32,80	35,00	18,64	13,56
Hh (serviços de manutenção) / Hh (total de trabalho)				

Fonte: Documento Nacional da Manutenção: a Situação da manutenção no Brasil (2011).

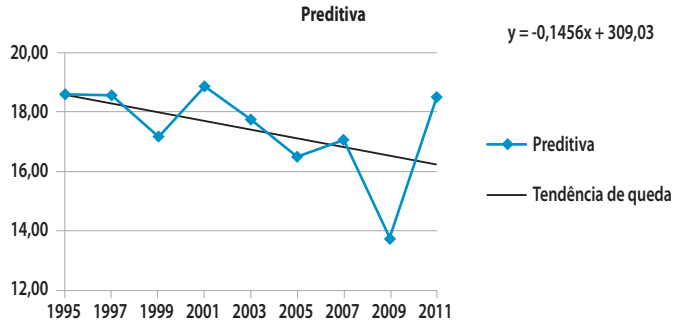
4.2.2.1. Análise Descritiva dos dados

Pela análise descritiva dos dados observa-se que a maior média encontra-se na aplicação dos recursos no tipo de Manutenção Preventiva, evidencia-se que no período as indústrias brasileiras têm trabalhado mais com esse tipo de manutenção que representa baixo nível de planejamento e baixo custo inicial. Já o tipo de Manutenção Preditiva tem o menor valor da série, provocados pelos altos custos de investimento inicial e pelo paradigma da mudança de cultura.

Por meio dos dados da Tabela 5 observa-se uma leve tendência de queda da adoção do tipo de Manutenção Corretiva, certa estabilização do tipo de Manutenção Preventiva, crescimento significativo no período de 2011 do tipo de Manutenção Preditiva; esta tendência deve se confirmar para o próximo período, mas o que chama realmente a atenção é a tendência de queda na adoção de outros modelos de manutenção, como técnicas de Engenharia de Manutenção.

Conforme indica a Figura 4, observa-se tendência de queda na aplicação dos recursos no tipo de Manutenção Preditiva, essa conclusão se dá pelo fato de que as empresas ainda acreditam que investir em equipamentos, ferramentas e recursos para fazer Manutenção Preditiva é muito caro, embora desconsiderem que a médio e longo prazo esses custos sejam amortecidos.

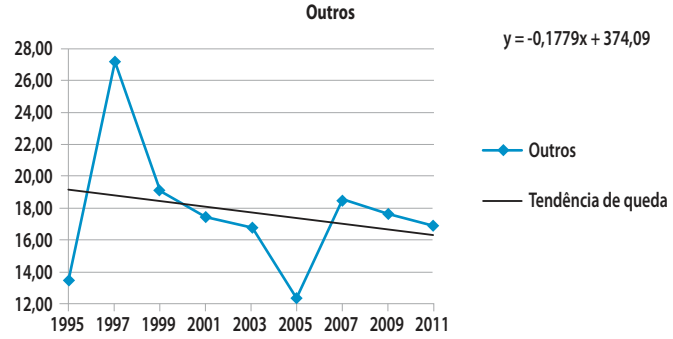
Figura 4 – Tendência da Manutenção Preditiva.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

Já a tendência de queda de aplicação dos recursos nos tipos de Manutenção Corretiva e demais tipos, justifica-se pois, para o tipo Manutenção Corretiva, há um consenso de que não é o melhor tipo de manutenção para um sistema confiável e equilibrado e para o outros tipos de manutenção há dificuldades de recursos devido o alto custo de implantação, bem como a resistência a mudança, conforme tendência apresentada no Gráfico 5.

Figura 5 – Tendência de outros tipos de manutenção.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

4.2.2.2. Análise Inferencial dos dados

4.2.2.2.1. Probabilidade Condicional para Distribuição t de *student*

A probabilidade condicional refere-se à probabilidade de ocorrer um evento, tendo ocorrido um outro evento, ambos no mesmo espaço amostral.

A probabilidade de que no próximo período de análise aumente a aplicação de recursos no tipo de Manutenção Preditiva, estabilizando-se os índices de aplicação nos tipos de Manutenção Corretiva, Preventiva e Outros tipos é de 28,85%. Esse baixo percentual corrobora com o fato de que para os dados históricos, há tendência de queda na aplicação dos recursos no tipo de Manutenção Preditiva, em função das razões já expostas anteriormente.

4.2.2.2.2. Intervalo de Confiança para Distribuição t de *student*

Para os dados de percentuais de recursos aplicados em Manutenção Preditiva, há 90% de possibilidade de que o valor atribuído para a aplicação dos recursos de manutenção no tipo Manutenção Preditiva na próxima medição fique entre 15,3 e 19,54% , considerando um Nível de Significância de 10%.

4.2.2.2.3. Teste de Hipótese para Distribuição t de *student*

Se para os próximos períodos os percentuais de aplicação de recursos no tipo de Manutenção Preditiva apresentarem crescimento, contrariando tendência de queda, à partir dos dados históricos, a probabilidade de que na próxima medição o percentual seja à partir de 18% é de 15,65%.

4.2.3. Indicador de Produtividade: indicadores de desempenho

Para a análise estatística dos indicadores de desempenho que impactam na produtividade da manutenção, faz-se necessário definí-los.

Custos é o impacto da utilização de recursos financeiros empregados na manutenção sobre o custo dos ativos, ou seja, máquina/equipamento e ferramentas/instrumentos.

Frequência de Falhas mede o número de ocorrências de falhas do recurso em um determinado período.

A Satisfação do Cliente mede o nível de satisfação com relação aos prazos de entrega (lead-time), bem como à todo processo global de atendimento.

Disponibilidade Operacional é a disponibilização do recursos (máquinas e equipamentos) para a execução de sua função básica, sem apresentar falhas.

O Retrabalho avalia o índice de produtos que retornam para a linha de produção para ajustes, reparos ou correção.

Blacklog é conhecido como "acúmulo de trabalho", não se entende por acúmulo única e exclusivamente ao trabalho não realizado em sua totalidade, mas também se refere ao trabalho incompleto, sendo que normalmente, ao final se converta em um trabalho executado e encerrado.

MTTF (Média dos Tempos até Falhar) é a somatória dos tempos em que os recursos estão disponíveis para uso, bom com funcionamento, sem apresentar falhas ou avarias.

MTTR (Média dos Tempos Técnicos de Reparação) é a relação entre o tempo total gasto para repor o ativo em condições operativas x 100 e o número de falhas ocorridas, dentro do período observado, a média dos tempos utilizados em intervenções de manutenção.

A Tabela 6 apresenta o comportamento simultâneo das principais variáveis de desempenho que impactam no indicador de produtividade da manutenção nas empresas brasileiras.

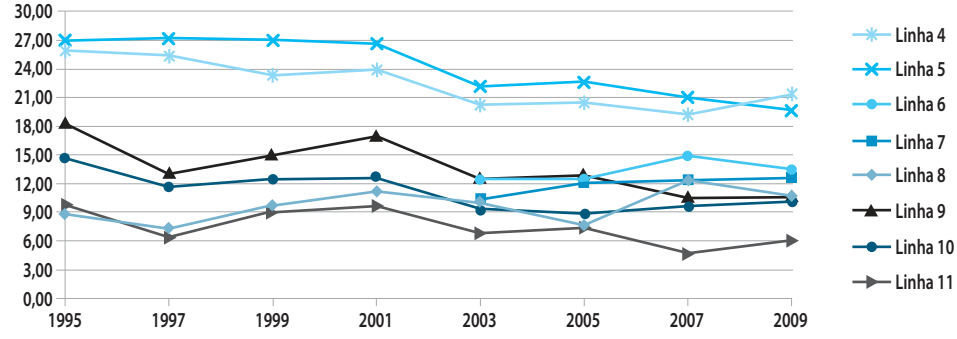
Tabela 6 – Principais indicadores de desempenho utilizados.

Principais indicadores de Desempenho Utilizados (Grau de Importância – G1)										G1 2011
Tipos	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011	
Custos	26,21	26,49	26,32	25,91	21,45	21,96	20,33	18,98	21,56	1
Frequência de falhas	17,54	12,20	14,24	16,22	11,66	12,17	9,75	9,81	10,47	5
Satisfação do cliente	13,91	11,01	11,76	11,86	8,62	8,11	8,93	9,38	6,37	7
Disponibilidade operacional	25,20	24,70	22,60	23,24	19,58	19,81	18,51	20,68	20,74	2
Retrabalho	9,07	5,65	8,36	8,96	6,06	6,68	3,97	5,33	4,72	8
Backlog	8,07	6,55	8,98	10,41	9,32	6,92	11,57	10,02	9,86	6
Não utilizam	-	2,09	2,79	1,22	1,63	0,72	0,33	1,07	0,82	9
TMPF (MTTF)	-	-	-	-	11,89	11,69	14,21	12,79	13,35	3
TMPR (MTTR)	-	-	-	-	9,56	11,46	11,74	11,94	12,11	4
Outros indicadores	-	11,31	4,95	2,18	0,23	0,48	0,66	0,00	0,00	10

Fonte: Documento Nacional da Manutenção (2011).

Para uma análise dos indicadores de Desempenho, a Figura 6 apresenta suas tendências.

Figura 6 – Tendência para outros indicadores de manutenção.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

4.2.3.1. Análise Descritiva dos dados

Para o gráfico do indicador Disponibilidade Operacional, o que a está representado é a variável inversa, ou seja, a Indisponibilidade Operacional.

Observa-se uma tendência de queda na indisponibilidade dos recursos, ou seja, um aumento na Disponibilidade Operacional, essa tendência se confirma fato a uma série de ações gerenciais e investimentos realizados nas indústrias brasileiras.

Um dos grandes objetivos da manutenção nas empresas é efetivamente aumentar a disponibilidade dos recursos de máquinas e equipamentos. Valores hoje no patamar dos 80% representam uma evolução; embora lenta nos últimos anos; porém, importante para a redução dos custos fixos e aumento da produtividade.

Para o indicador Custos, observa-se uma tendência de queda para o custo anual em relação ao valor dos ativos. Essa tendência corrobora para o esforço que as empresas brasileiras têm feito para a redução dos custos de manutenção e na gestão dos ativos. Aqui também se aplica o conceito de Retorno do Investimento Realizado (ROI), onde à medida que se aplica recursos financeiros em manutenção, através da substituição de ativos que apresentem falhas por degeneração; mais rapidamente o equipamento produzirá em níveis que amortizem seu custo inicial.

Para o indicador TMPF ou MTTF (Tempo Médio para Falhar), observa-se tendência de crescimento, embora na série histórica os número de dados é insuficiente para previsão estatisticamente mais confiável.

As ações gerenciais e tratamento estratégico da manutenção nas empresas geram um cenário muito favorável para os próximos anos, cada vez mais a manutenção deixa de ser função de apoio para os processos produtivos e passa à cumprir papel estratégico, mantendo sob controle seus custos e garantindo Disponibilidade e Confiabilidade, otimizando assim o Tempo Médio para Falhar.

Se por um lado esse resultado é motivador, ainda é necessário reduzir o TMPR ou MTTR (Tempo Médio para Reparo) que apresentam tendência de aumento e o seu crescimento compromete a Disponibilidade Operacional.

4.2.3.2. Análise Inferencial dos dados

4.2.3.2.1. Teste de Hipótese para Distribuição t de *student*

Reconhecendo a importância da variável Disponibilidade Operacional e analisando a tendência de aumento, ainda não é possível concluir que no próximo período atingirá patamares superiores a 80%, pois a partir dos dados históricos essa possibilidade é de apenas 3,39%. Esta previsão parece distante aos resultados do ano de 2007, quando se atingiu a melhor marca histórica, com o resultado próximo aos 82%

Sendo assim ainda há muito que se fazer nas ações e gestão da manutenção a fim de avançar neste indicador importante para a eficácia da função.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos indicadores de Qualidade e Produtividade por meio de técnicas estatísticas conclui-se que é possível identificar o status atual da manutenção e prever tendências.

Sendo assim preenche-se uma lacuna na literatura, estabelecendo a relação entre os indicadores de Qualidade e Produtividade, sua importância para a função manutenção e a análise de tendências.

Por meio de indicadores de Qualidade e Produtividade é possível "medir" a eficácia dessa função que se tratada estrategicamente pode contribuir de forma importante ao sucesso da organização, na lucratividade e na produtividade.

As análise dos resultados mostram que a gestão da manutenção nas indústrias brasileiras ainda está muito ligado ao Sistema de Gestão da Qualidade. Este cenário não é ideal. É muito provável que esta tendência continue para os próximos períodos. Levará algum tempo para que as indústrias brasileiras tratem a função de uma forma mais estratégica, sem a vincularem à sistema de gestão ou normatização.

Identificou-se que a ferramenta mais utilizada para promover a qualidade da manutenção é o 5S, muito mais pela facilidade de implantação, operação e baixa complexidade, do que pela sua eficácia. Já ferramentas como MCC e 6 sigmas apresentam menor utilização, embora esses conceitos sejam mais recentes.

A tendência para os próximos períodos é que ferramentas como MCC e 6 sigmas sejam mais aplicadas, ao passo que a adoção da ferramenta 5S diminua.

Há tendência de queda na utilização de técnicas de engenharia de manutenção à medida que se emprega tipos de manutenção mais eficazes; embora o alto custo inicial; à médio e longo prazo reduz-se o comprometimento do Faturamento Bruto.

Pela análise dos dados observou-se que em relação à aplicação de recursos por tipo de manutenção, a maior média encontra-se na aplicação dos recursos no tipo de Manutenção Preventiva, que representa baixo nível de planejamento e baixo custo inicial. Já o tipo de Manutenção Preditiva tem o menor valor da série, provocados pelos altos custos de investimento inicial e pelo paradigma da mudança de cultura.

Observa-se uma leve tendência de queda da adoção do tipo de Manutenção Corretiva, certa estabilização do tipo de Manutenção Preventiva. Paradoxalmente observa-se também tendência de queda na aplicação dos recursos no tipo de Manutenção Preditiva, pois para a maioria das empresas fazer Manutenção Preditiva é muito caro, embora desconsiderem que a médio e longo prazo esses custos sejam amortecidos.

Observa-se uma tendência de aumento na Disponibilidade Operacional, essa tendência se confirma fato à uma série de ações gerenciais e investimentos realizados.

Para o indicador Custos, observa-se uma tendência de queda para o custo anual em relação ao valor dos ativos. Essa tendência corrobora para o esforço que as empresas brasileiras têm feito para a redução dos custos de manutenção e na gestão dos ativos.

Para o indicador TMPF ou MTTF (Tempo Médio para Falhar), observa-se tendência de crescimento. Porém, ainda é necessário reduzir o TMPR ou MTTR (Tempo Médio para Reparo) que apresentam tendência de aumento e o seu crescimento compromete a Disponibilidade Operacional.

É importante ressaltar que a presente pesquisa limitou-se apenas a duas, das doze categorias pesquisadas; os indicadores de Qualidade e Produtividade: Custos. Há espaços para esta mesma abordagem com as demais categorias de indicadores, como os indicadores Recursos Humanos, Contratação de Serviços, Controle; dentre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção). Disponível em: < http://www.abraman.org.br> acesso em: 17 Jul. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Documento Nacional de Manutenção:** A Situação da manutenção no Brasil. Curitiba, 2011.

KARDEC, A.; LAFRAIA, J. **Gestão Estratégica e Confiabilidade**. Rio de Janeiro. Qualitymark: ABRAMAN, 2002. 80 p.

NEPOMUCENO, L X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. Vol.1.São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1989. 501 p.

SANTOS, V. A. **Manual prático da Manutenção Industrial**. São Paulo: Ícone, 2007. 301 p.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, mantenabilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro. Editora Qualitymark Ltda, 2001, 388p.

SEIXAS, E. **Manutenção focada em gestão de ativos**. Manaus: 2º Seminário Amazonense de Manutenção, 2012.