

Jorge Alexandre Mendes Simões

Indicadores de performance em manutenção industrial.
Utilização, valor e disponibilidade de informação.

Dissertação de Mestrado em Gestão

Setembro de 2011



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Jorge Alexandre Mendes Simões

Indicadores de performance em manutenção industrial.
Utilização, valor e disponibilidade de informação.

Dissertação de Mestrado em Gestão

Setembro de 2011

Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão, realizada sob orientação científica do Professor Doutor Carlos Ferreira Gomes, docente da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

“Nothing is more wasteful than doing with great efficiency that which should not be done”

Theodore Levitt (1925-2006)

Resumo

A importância crescente da manutenção nas organizações industriais, impulsionada pelas constantes evoluções tecnológicas de todos os seus processos e pela pressão legislativa sobre as indústrias, a nível ambiental, de segurança e saúde pública, acompanhada pela ainda incipiente vertente de gestão nesta área, motivou a elaboração do presente estudo.

A medição de performance da função manutenção permite, não só torná-la mais eficiente e proactiva, mas também determinar o seu real peso dentro das organizações, avaliando os seus impactos directos e indirectos sobre toda a estrutura das empresas.

Fizemos inicialmente uma investigação sobre os sistemas de medição de performance em manutenção existentes, através de uma revisão da literatura, que mostrou também uma evolução crescente na procura de soluções para a melhoria organizacional da manutenção industrial, quer através da utilização de variadíssimas metodologias para a medição da performance nesta área, quer pela utilização de uma enorme quantidade e variedade de indicadores de performance em manutenção.

Para o estudo deste trabalho, foi elaborado um questionário a profissionais de manutenção, para avaliar a utilização de 124 desses indicadores de performance da manutenção. Este estudo incide sobre 95 respostas completas ao questionário por parte desses profissionais.

Os resultados obtidos confirmam a tendência do crescente uso de medidas não económicas na avaliação de performance da manutenção. Foi encontrada uma relação entre a utilização dos indicadores, o seu valor e a disponibilidade de informação para o seu cálculo. Ficaram também evidenciadas especificidades dos sectores industriais.

Palavras-chave: Manutenção, performance, indicador, questionário, indústria.

Abstract

The growing importance of maintenance in industrial organizations, driven by constant technological developments of all those industrial processes and also the legislative pressure on, environmental, safety and public health issues, accompanied by the frail management capabilities in this area, were the main reasons for the development of the present study.

Maintenance performance measurement induces efficiency and proactiveness, and highlights maintenance real weight within organizations, because it can evaluate its direct and indirect impacts on the entire company structure.

We did an initial investigation in maintenance measurement performance systems through a literature review, which showed a rising trend in the search for solutions to improve industrial maintenance organization, by employing a variety of methodologies for measuring performance in this area, using a huge range of maintenance performance indicators.

In performing this study, we have presented a questionnaire to maintenance professionals, in order to evaluate the use of 124 of those maintenance performance indicators. This study focuses on 95 full responses to the questionnaire by those professionals.

Results highlight the use of non-economic measures, in evaluating performance. A correlation was found between the use of indicators, their value and data availability. They also highlighted industrial sector special characteristics.

Keywords: Maintenance, performance, indicator, questionnaire, industry.

Agradecimentos

À Ângela, pela compreensão da minha ausência.

Ao Professor Carlos Gomes, pela paciência, enorme incentivo e suporte, sem o qual este trabalho não teria chegado até aqui.

Aos profissionais de manutenção que contribuíram para este estudo, com 2 dias, 10 horas, 30 minutos e 18 segundos do seu precioso tempo, nas respostas ao questionário.

Obrigado

Índice

Resumo	ii
Abstract	iii
Agradecimentos	iv
Índice	v
Índice de Figuras	vii
Índice de Quadros	viii
Capítulo 1. Introdução	1
1.1. Porquê o interesse na manutenção industrial	1
1.2. Conceitos fundamentais de manutenção Industrial	3
1.3. A gestão da manutenção através da medição de performance	5
Capítulo 2. Revisão da literatura	8
2.1. Medir: porquê, o quê e como.	10
2.2. O que está disponível para medição na manutenção.....	13
2.3. Questões que preocupam os gestores das empresas transformadoras	17
2.4. A integração da manutenção	19
2.5. Relações custo-benefício.....	22
2.6. A especificidade do sector/empresa	24
2.7. Factores de sucesso e insucesso na implementação de sistemas de medição de performance em manutenção	25
2.8. Sistemas de informação de apoio à gestão da manutenção	28
2.9. Estudos em Manutenção – Performance e Revisões de Literatura	31
Capítulo 3. Metodologia	37
3.1. Inquérito	37
3.2. Modelos e variáveis a utilizar na análise aos resultados dos questionários.....	42
Capítulo 4. Resultados	47
4.1 População	47
4.2. Amostra e dados.....	48
4.3 Análise das variáveis individuais.....	54
4.4. Análise do perfil de utilização dos indicadores de performance.....	67
4.5. Análise do indicador GAP	70
4.6. Análises comparativas entre indústrias	75
Capítulo 5. Conclusão	81
Bibliografia	85
Apêndice A - Resultados da pesquisa bibliográfica	109

Apêndice B – Questionário.....	127
Apêndice C – Resultados completos da análise de <i>cluster</i>	135
Apêndice D – Pressupostos de aplicação do modelo de regressão utilizado	151
Apêndice E – Acrónimos	155

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Estratégias de manutenção	4
Figura 2.1 - Medidas para avaliação da performance da manutenção	14
Figura 2.2 - Arquitectura dos indicadores chave em manutenção da NP EN 15341:2009	17
Figura 2.3 - Distribuição dos estudos de caso por sector na revisão da literatura	25
Figura 4.1 - Distribuição por indústria dos questionários respondidos	49
Figura 4.2 - Número de empresas por dimensão	50
Figura 4.3 - Número de pessoas nos departamentos de produção e de manutenção	50
Figura 4.4 - Número de máquinas com manutenção regular	51
Figura 4.5 - Volume de negócios das organizações dos inquiridos (Milhões €)	52
Figura 4.6 - Distribuição dos inquiridos por função ocupada na organização	53
Figura A.1: Distribuição dos artigos pelas bases de dados (Janeiro 1999 – Dezembro 2008)	109
Figura A.2: Distribuição de artigos na base de dados Emerald	109
Figura A.3: Distribuição dos artigos pelas publicações	110
Figura B.1 - 1º Ecran do questionário - Página de abertura e apresentação do questionário	131
Figura B.2 - 2º Ecran do questionário - Primeira página de introdução de dados. Dados da empresa	132
Figura B.3 - 3º ecran do questionário - Página de preenchimento de dados pessoais	133
Figura B.4 - 4º ecran do questionário - Página com instruções e local para escrever mail para envio dos resultados	133
Figura B.5 - 5º ecran do questionário - Questões sobre indicadores do grupo Equipa de Manutenção (1)	134
Figura D.1 – Gráfico comparativo entre a distribuição normal e os erros residuais estandarizados	151
Figura D.2 – Histograma Média FU	151

Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Visão geral de sistemas de medição de performance em manutenção	33
Quadro 3.1 - Grupos de subdivisão das questões em categorias de informação	37
Quadro 3.2 - Características, definição e escala a utilizar no inquérito	39
Quadro 4.1 - Casos com maior número de máquinas com manutenção regular	52
Quadro 4.2 - Habilitações literárias dos inquiridos	53
Quadro 4.3a – <i>Clusters</i> relativos aos indicadores com maior Frequência de Utilização	56
Quadro 4.3b – <i>Clusters</i> relativos aos indicadores com menor Frequência de Utilização	59
Quadro 4.4a – <i>Clusters</i> relativos aos indicadores com maior Valor Predictivo	60
Quadro 4.4b – <i>Clusters</i> relativos aos indicadores com menor Valor Predictivo	62
Quadro 4.5a – <i>Clusters</i> relativos aos indicadores com maior Disponibilidade de Informação	63
Quadro 4.5b – <i>Clusters</i> relativos aos indicadores com menor Disponibilidade de Informação	66
Quadro 4.6 – <i>Ranking</i> dos grupos em que foram agrupados os indicadores	67
Quadro 4.7 – Extracto dos resultados estatísticos relativos ao modelo	68
Quadro 4.8 – Erros residuais estandardizados significativos ($\alpha=0,10$)	70
Quadro 4.9a – Indicadores cujo GAP é menor que zero	72
Quadro 4.9b – Indicadores cujo GAP é maior ou igual a zero	75
Quadro 4.10 – Indústrias mais representadas no conjunto global de respostas	76
Quadro 4.11 - <i>Clusters</i> relativos à Frequência de Utilização (FU) dos indicadores para a Indústria Metalomecânica (Cluster 1 Utiliza com mais frequência, cluster 5 utiliza com menos frequência)	77
Quadro 4.12 - <i>Clusters</i> relativos à Frequência de Utilização (FU) dos indicadores para a Indústria Alimentar, Bebidas e Tabaco (Cluster 1 Utiliza com mais frequência, cluster 5 utiliza com menos frequência)	78
Quadro 4.13 – Tabela comparativa dos indicadores mais utilizados na Indústria Metalomecânica vs Alimentar (1 – mais utilizado)	79
Quadro 4.14 – Tabela comparativa dos indicadores menos utilizados na Indústria Metalomecânica vs Alimentar (1 – menos utilizado)	80
Quadro A.1: Distribuição anual dos artigos por publicação	111

Quadro A.2: Distribuição artigos por anos com referência ao autor, âmbito, indicadores e modelo de suporte	113
Quadro B.1 – Lista de indicadores utilizados no inquérito	127
Quadro C.1 – <i>Clusters</i> relativos à Frequência de Utilização dos indicadores	135
Quadro C.2 – <i>Clusters</i> relativos ao Valor Predictivo dos indicadores	137
Quadro C.3 – <i>Clusters</i> relativos à Disponibilidade de Informação necessária para os indicadores	140
Quadro C.4 – Indicadores cujo GAP é maior ou igual a zero	142
Quadro C.5 – <i>Clusters</i> relativos à Frequência de Utilização dos indicadores para a Indústria Metalomecânica	145
Quadro C.6 – <i>Clusters</i> relativos à Frequência de Utilização dos indicadores para a Indústria Alimentar, Bebidas e Tabaco .	147
Quadro D.1 – Estatísticas FU	152
Quadros D.2a – Extractos dos resultados estatísticos relativos ao modelo aplicado à comparação entre Indústria Metalomecânica e Alimentar	152
Quadros D.2b – Extractos dos resultados estatísticos relativos ao modelo aplicado à comparação entre Indústria Metalomecânica e Eléctrica	153
Quadros D.2c – Extractos dos resultados estatísticos relativos ao modelo aplicado à comparação entre Indústria Alimentar e Eléctrica	154

Capítulo 1. Introdução

1.1. Porquê o interesse na manutenção industrial

A crescente complexidade e imprevisibilidade dos mercados, devida às constantes alterações em todos os seus elementos, força as empresas, independentemente da indústria, a uma adaptação continua para sobreviverem neste ambiente. No caso particular das empresas industriais, estas constantes adaptações trazem consigo dificuldades especiais traduzidas em grandes custos.

A natureza e tipo de produção têm evoluído rapidamente por causa da implementação sistemática de novas e avançadas tecnologias de produção bem como da utilização de várias metodologias de melhoria organizacional como é o caso do *just-in-time* (Swanson, 1997), as quais estão muito dependentes das estruturas de manutenção das empresas devido a essas tecnologias, flexibilidade e mudanças rápidas.

Nas indústrias de transformação, o peso dos custos de manutenção está a subir porque manter as máquinas e o equipamento em óptimas condições de operação e segurança está a tornar-se crescentemente mais complexo (Parida e Kumar, 2006). Devido à constante evolução técnica e também à pressão legislativa em termos de ambiente, saúde e segurança está a ficar mais difícil tornar a vida mais fácil (Cooke, 2003).

Na medida em que as empresas aumentaram a sua complexidade e a utilização intensiva de capital, a proporção das suas despesas operacionais dedicadas à engenharia de manutenção também aumentaram.

Na Finlândia, os custos de manutenção são em média 5,5% do *turnover* das empresas, podendo esse valor atingir os 25% (Komonen, 2002). Em muitos casos esses custos de manutenção ultrapassam os custos directos de transformação (Raouf, 1993).

Na indústria petroquímica 60% da força de trabalho é atribuída à manutenção (Groote, 1995) e, em indústrias específicas, dentro dos custos operacionais, há casos em que os custos de manutenção são mais elevados do que toda a mão-de-obra ou energia. Um estudo efectuado na Suécia mostra que os custos de manutenção numa exploração mineira altamente mecanizada podem ser entre 40% a 60% dos custos totais de operação (Parida e Kumar, 2006). No sector de produção de energia da Nigéria os custos de manutenção ultrapassam os 70% dos custos operacionais totais (Eti et al., 2005).

Os factos apresentados, relacionados com custos tangíveis, mostram o nível de importância que a manutenção tem nas organizações. Acresce também o facto de grandes reduções nos orçamentos da manutenção conseguirem ser efectuados através da optimização da manutenção, reforçando o papel da gestão da manutenção, na sustentabilidade das empresas transformadoras (Al-Najjar e Alsayouf, 2000).

Actualmente, a manutenção industrial está na linha da frente para a redução dos custos de produção bem como da redução do custo do ciclo de vida dos bens, o que provoca uma crescente necessidade de especialistas em manutenção na indústria. É pois indispensável e urgente influenciar a cultura e atitudes para com a manutenção na indústria e, deste modo, exigir gestores com mais formação nesta especialidade (European Round Table, 1999). Algumas Universidades e outras instituições do sector terciário responderam a esta necessidade premente com o início de vários programas em manutenção industrial (Shrivastav, 2005).

1.2. Conceitos fundamentais de manutenção Industrial

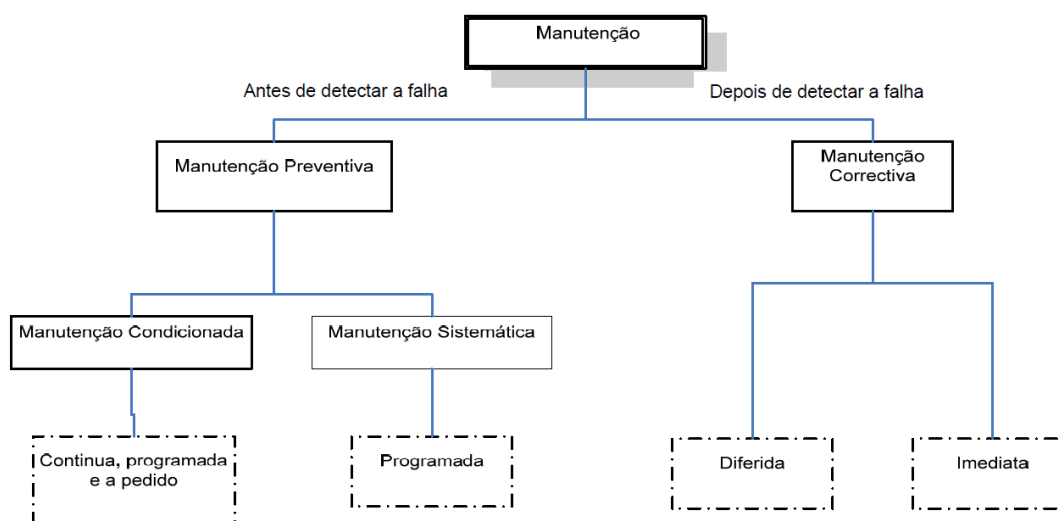
Para estabelecer uma base de trabalho, ou pelo menos para dar conta da linguagem utilizada em manutenção, parece necessário apresentar alguns dos conceitos fundamentais da manutenção industrial. Pelo grande número de áreas de intervenção da manutenção industrial, suas técnicas e múltiplas interligações com todas as outras funções industriais, é fácil perceber que a gestão da manutenção é uma tarefa complexa.

É responsabilidade da gestão da manutenção definir a estratégia de manutenção que melhor se alinha com estratégia geral da empresa, de acordo com três critérios principais (NP EN 13306:2007):

1. Assegurar a disponibilidade dos bens ou equipamentos para a função requerida a custos óptimos;
2. Considerar os requisitos de segurança relativos ao bem e ao pessoal da manutenção e da operação e, quando necessário, ter em conta o impacto ambiental;
3. Melhorar a durabilidade do bem e/ou a qualidade do produto ou serviço fornecido, tendo em conta os custos, se necessário.

De acordo com a norma NP EN 13306:2007, para alcançar os objectivos da manutenção várias estratégias podem ser seguidas, individual ou simultaneamente (Figura 1.1).

Figura 1.1 - Estratégias de manutenção



Fonte: NP EN 13306:2007

Estas estratégias de manutenção são implementadas executando um conjunto alargado de tarefas, entre as quais encontramos: inspecção, monitorização, teste, verificação, operação de rotina, reparação, lubrificação, revisão geral, reconstrução, reparação temporária, limpeza, diagnóstico, análise de avarias, melhoria, ajuste, afinação e modificação.

Estas actividades podem ser total ou parcialmente utilizadas para servir os três principais critérios da NP EN 13306:2007, em várias modalidades: Manutenção comum pelos técnicos de manutenção (no local ou não); Manutenção remota, Manutenção *On-line* (com o equipamento em serviço), Manutenção pelos operadores, Manutenção externa (*outsourcing* de manutenção).

Os gestores de manutenção apoiam as suas decisões numa panóplia de ferramentas e técnicas, que por sua vez foram desenvolvidas e estão suportadas em estudos científicos. Numa revisão da literatura de Garg e Desmukh (2006), foram identificados 49 modelos, técnicas, sistemas e políticas aplicados à gestão da manutenção.

Associados a cada uma das estratégias de manutenção (Figura 1.1) podemos imaginar todas as ramificações e opções possíveis, considerando os 49 modelos atrás referidos.

A evolução histórica da manutenção mostra a tendência à integração da sua gestão, à medida que foi progredindo de reactiva a preventiva, de preventiva a preditiva, de preditiva a “holística”/orientada para o processo (Alsyouf, 2007), também referenciadas em Arunraj e Maiti (2007) como de primeira, segunda, terceira e última geração de manutenção.

1.3. A gestão da manutenção através da medição de performance

É do conhecimento comum que apenas conseguimos controlar aquilo que conseguimos medir. A medição é pois um aspecto chave na gestão da performance. Além disso, não é possível realizar acções correctivas se não houver *feedback* sobre os efeitos de cada mudança efectuada. As medições de performance devem providenciar evidências sobre se os resultados esperados foram ou não atingidos (para cada acção implementada) e qual foi o contributo, da parte da organização avaliada, para o resultado obtido (IAEA, 1999).

Na sua maioria os gestores de manutenção não são especialistas em gestão (Simões, et al., 2011), muito provavelmente devido à sua formação base em engenharia.

Conforme se poderá verificar pelos estudos apresentados no próximo capítulo, a investigação técnica na área da manutenção ainda reúne (e muito provavelmente bem) a maioria dos estudos nesta área, mas a faceta de gestão na engenharia necessita ser melhorada de modo a otimizar a interligação de todas as disciplinas técnicas na manutenção industrial.

Usar a medição de performance para potenciar melhorias, obriga a que o sistema adoptado contenha somente medidas que estejam no controlo directo da manutenção e ligados aos factores de sucesso, definidos na estratégia da empresa (Tsang et al., 1999).

A medição de performance pode desempenhar um papel muito importante na orientação das pessoas e de todos os outros recursos em aspectos particulares dos diversos negócios (Waggoner et al., 1999). Alguns dos aspectos que promovem uma crescente preocupação com o uso das medições de performance em manutenção, são (Parida e Kumar, 2006):

- A medição do valor criado pela manutenção;
- A justificação de investimentos;
- A redistribuição de recursos;
- As questões ambientais, de saúde e segurança (acidentes e poluição);
- Gestão do conhecimento;
- A adaptação às novas estratégias de manutenção e operação;
- Mudanças na estrutura organizacional.

Apesar dos grandes benefícios derivados do uso da medição de performance e do conhecimento de que as organizações que utilizam um sistema integrado de medição de performance têm melhores desempenhos que as que não medem a sua performance (Parida e Kumar, 2006), estudos indicam que 70% de todos os programas conducentes à implementação de sistemas de medição de performance falham (Bourne et. al.,2002; Bourne, 2005). Algo mais preocupante foi evidenciado num estudo efectuado por Cholasuke et al. (2004) na indústria de transformação do Reino Unido, onde somente um terço das organizações inquiridas ponderava a utilização das boas

práticas na gestão da manutenção e tinham a percepção dos grandes benefícios das suas implementações.

Para concretizar os nossos objectivos, iremos organizar a nossa dissertação em 5 capítulos, passando de seguida a descrever o conteúdo dos restantes 4.

No capítulo 2 apresentamos a revisão da literatura efectuada, sublinhando as tendências encontradas em medição de performance da manutenção. No capítulo 3 é descrita a metodologia seguida na realização deste estudo, nomeadamente na elaboração do questionário e na análise dos resultados. No capítulo 4 são apresentados os resultados, bem como os dados de identificação dos inquiridos e das suas organizações. Finalmente no capítulo 5 serão apresentadas as conclusões.

Capítulo 2. Revisão da literatura

Tendo como objectivo uma revisão da literatura o mais abrangente possível, sob o ponto de vista temporal, procurou-se identificar qual o momento em que se iniciou uma tendência crescente de publicações sobre a medição de performance na manutenção.

Numa primeira fase fizemos uma pesquisa dos artigos publicados entre Janeiro 1999 e Dezembro 2008, em quatro bases de dados: *Emerald*, *ScienceDirect*, *InformaWorld*, *SpringerLink*. Para realizar a pesquisa nestas bases de dados foi utilizada a palavra-chave *maintenance* combinada com outras palavras-chave: *performance*, *measurement*, *management*, *indicator*, *metrics*, *effectiveness*, *efficiency*, *optimization*, *strategy*, *objective* e *integration*, usando como base de pesquisa todos os campos dos artigos excepto o seu texto completo. Do resultado desta pesquisa inicial foram encontrados 158 artigos com tema principal ou referências à medição de performance em manutenção, sendo a *Emerald* a base de dados com mais de 50% das contribuições, como se pode constatar pela Figura A.1, do Apêndice A.

Após esta pesquisa inicial, elaborámos uma segunda, agora sem qualquer limite temporal, na base de dados *Emerald*. O resultado desta pesquisa permitiu-nos identificar o ano de 1979 como início da tendência para a crescente publicação de artigos nesta área. Seleccionámos então o período 1979 a 2009 para efectuar nova pesquisa, com as mesmas palavras chave, nas quatro bases de dados inicialmente utilizadas.

Após uma análise transversal ao conteúdo de todos os artigos encontrados, tendo verificado que alguns deles continham informação redundante e outros, só

breves referências ao tema em análise, seleccionámos um total de 251 artigos para análise mais profunda.

Estes 251 artigos foram encontrados em 67 publicações diferentes, como podemos observar no gráfico da Figura A.3 do Apêndice A. Nesta distribuição as cinco publicações que mais contribuíram para o total de artigos, somam 50% de todos os artigos:

Journal of Quality in Maintenance Engineering (55 artigos)

International Journal of Quality & Reliability Management (26)

International Journal of Operations & Production Management (16)

International Journal of Production Economics (14)

Reliability Engineering & System Safety (10)

No Apêndice A apresentamos o Quadro A.1 com a distribuição anual dos artigos por publicação no período referido. Podemos observar nesse quadro que a revista que contribui com mais artigos para esta revisão da literatura é o *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, com os seus 55 artigos, mas que só o faz desde 1995, ano em que se acentua a tendência crescente nas publicações de artigos nesta área, reflectindo a importância crescente da manutenção e o seu estudo e investigação.

Observamos também sem muita surpresa, que uma das três publicações que contribuíram com artigos no primeiro ano do intervalo seleccionado para a nossa revisão bibliográfica foi a *Aircraft Engineering and Aerospace Technology* (apesar de ter contribuído com um só artigo), pois é na aviação (comercial e militar) e na indústria aeroespacial (bem como na indústria nuclear) que as questões relacionadas com a fraca manutenção têm consequências catastróficas.

Este conjunto final de artigos está cronologicamente catalogado no Quadro A.2 do Apêndice A. Este quadro contém, para além do ano da publicação do artigo, o(s)

nome(s) do(s) autor(es), o âmbito, os indicadores / medidas / factores / rácios referenciados no artigo, bem como o modelo ou enquadramento sob o qual foi feita a medição de performance da manutenção (nos casos em que existia).

Como pode ser observado nesse quadro, a maioria dos modelos referenciados não foram desenvolvidos explicitamente para medir a performance em manutenção, mas são sobretudo estratégias de manutenção. Ainda assim são apresentados porque contêm sistemas de medição da manutenção.

2.1. Medir: porquê, o quê e como.

A necessidade de efectuar medições em todos os processos industriais (em tudo o que queremos controlar) não levanta qualquer dúvida. Mas o consenso acerca daquilo que devemos medir já é uma questão completamente diferente. Aos gestores de manutenção é exigido o controlo das operações de manutenção e estarem sempre aptos para demonstrar o nível de performance das suas estruturas (Raouf, 1993). Os gestores têm tendência a medir aquilo que é fácil de medir, em vez daquilo que é necessário medir, apesar de normalmente saberem o que querem de um sistema de medição de performance (Gomes et al. 2004):

- que providencie um sistema de alerta precoce indicativo do que aconteceu;
- razões de diagnóstico para a situação corrente;
- indicações de quais as medidas correctivas devem ser tomadas.

No passado, os rácios de operação eram considerados como indicadores adequados da performance da manutenção. Os rácios mais utilizados eram os custos de manutenção por área fabril, os custos de manutenção por número de empregados e os custos de manutenção por unidade produzida. A limitação destes rácios prende-se com o facto de eles só serem válidos para as unidades onde são desenvolvidos e

calculados. É praticamente impossível comparar estes rácios entre diferentes unidades industriais. Assim, a comparação entre eficiências das manutenções de diferentes organizações industriais não pode ser feita na ausência de normas para essas medições de eficiência (Raouf, 1993). Existe pois uma necessidade absoluta no uso de terminologia precisa, para tudo o que é utilizado nos numeradores e denominadores destes rácios para que se evitem leituras erradas dos mesmos (Groote, 1995).

Como os rácios são por norma interdependentes é necessário suportá-los com outros relacionados com os mesmos tópicos. É necessária uma visão tão abrangente quanto possível para assegurar a fiabilidade da visão, mas também tão pequena quanto possível que permita retirar conclusões de toda a informação recolhida. A frequência de cálculo destes rácios deve ser suficientemente próxima, de modo a permitir acções e correcções atempadas, mas com a certeza de que não se ganha muito (até sendo por vezes contraproducente) calculá-los com demasiada frequência (Groote, 1995).

Como reportado por Kumar (2006) a estrutura de um indicador de performance necessita de ser vista sob diferentes aspectos. O teste S.M.A.R.T. pode ser utilizado para verificar os atributos dos indicadores, onde:

Específico (*Specific*) : claro, inequívoco e completamente focado no que se quer medir para evitar más interpretações. Deve incluir todas as definições necessárias bem como tudo aquilo que se assume, para ser facilmente interpretado.

Mensurável (*Measurable*): pode ser quantificado e comparado com outros dados. Deve ser possível utilizá-lo em análises estatísticas.

Atingível (*Attainable*): deve ser possível de atingir dentro de limites razoáveis e credíveis dentro das condições aceites como de “funcionamento normal”.

Realista (*Realistic*): encaixa-se nas condições específicas da organização e os custos de aquisição e tratamento dos dados são compensados pela sua utilização.

Oportuno (*Timely*): o indicador deve reflectir o *status* da organização a cada momento.

A definição de um indicador deve compreender, pelo menos, as seguintes características: nome, tipo (económico, técnico, organizacional, etc), definição precisa e dados necessários ao seu cálculo. Por definição queremos referir-nos à fórmula matemática que relaciona o nome do indicador com os dados necessários ao seu cálculo. Os indicadores de manutenção devem ser avaliados, para os objectos em análise, num dado intervalo de tempo, podendo a análise dos resultados focar-se nos valores absolutos desse indicador ou na tendência que ele demonstra (Martorell et. al.,1999).

Juntamente com a definição dos indicadores, deve ser estabelecida uma hierarquia para os mesmos. Esta etapa traduz-se na selecção dos indicadores de manutenção a serem analisados, sendo fortemente recomendado criar uma hierarquia com dois tipos de indicadores:

1. Indicadores chave (*Key performance indicators*) a serem avaliados periodicamente;
2. Indicadores detalhados (de mais “baixo nível”) que serão somente utilizados na pesquisa das causas dos desvios encontrados nos Indicadores Chave.
(Martorell et. al., 1999)

Utilizados correctamente, os indicadores de performance devem realçar oportunidades de melhoria nas empresas e ser posteriormente objecto de análises mais profundas para descobrir a razão de ser do seu valor. Podem mesmo apontar directamente à solução do problema (Wireman, 2005).

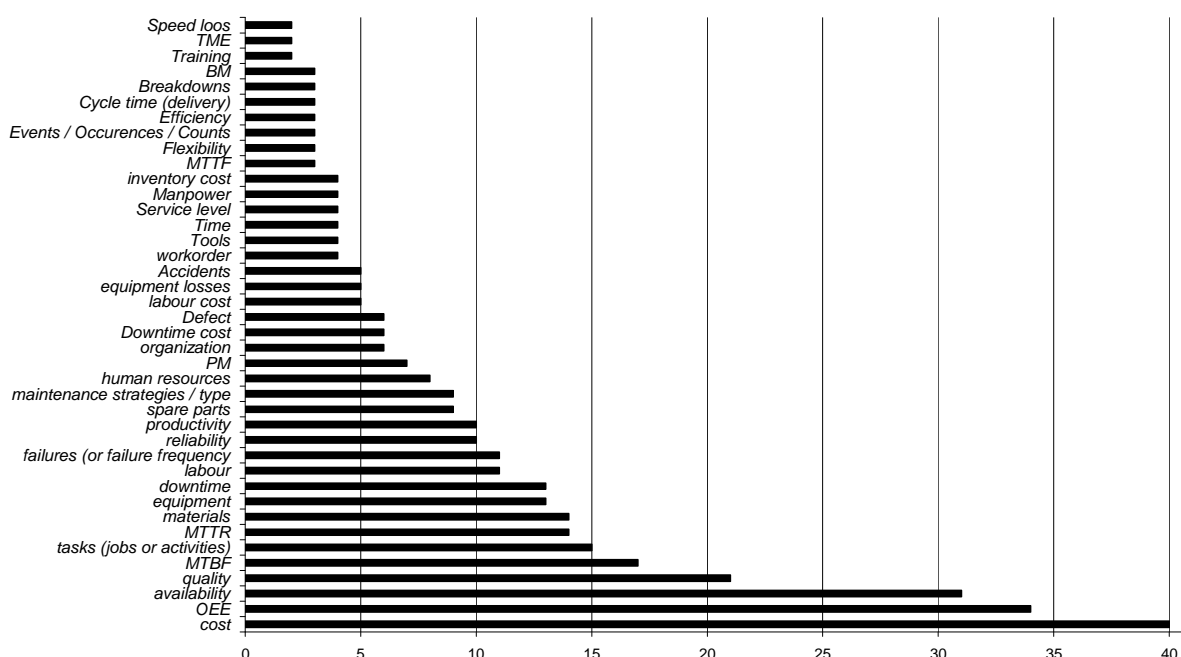
Ao contrário do caso de outras funções como a produção, a literatura em modelos e aplicações práticas em sistemas de medição da performance da manutenção ainda se encontra muito atrasada. Muitas ferramentas e técnicas foram desenvolvidas e aplicadas noutros campos e áreas, mas a aplicação dessas ferramentas à função manutenção nunca foi tentada, apesar da sua correcta utilização poder ajudar numa gestão mais eficiente da manutenção, dado o seu grande crescimento técnico e complexidade tecnológica (Parida e Chattopadhyay, 2007).

2.2. O que está disponível para medição na manutenção

Como a manutenção é uma função logística integrada no processo de produção, a sua eficiência é difícil de avaliar em valor absoluto. Por consequência, e corroborando o que já foi referido na secção anterior, os parâmetros de análise de performance não podem ser escolhidos entre os valores operacionais absolutos, mas sim definidos como valores relativos, isto é, rácios – económicos, técnicos (Groote, 1995) ou organizacionais. Para os obter, podemos medir tudo, e nós encontramos uma grande variedade deles na literatura revista. No gráfico da Figura 2.1 podemos observar as 40 características mensuráveis encontradas com maior frequência na revisão da literatura. Além destas foram encontradas muitas mais nesta revisão da literatura: 305 características mensuráveis, ascendendo ao total de 345, com 696 ocorrências individuais.

Facilmente verificamos que a primeira delas é o custo (que representa uma contagem total de 40 e 5,75% do total), mas se somarmos todas as medidas económicas elas ascendem a 79 (22,89%), representando 134 contagens (19,25% de todas as contagens). Ou seja as medidas económicas, com especial relevância para os custos, ainda representam um grande número das medidas usadas para avaliar a performance da manutenção.

Figura 2.1 - Medidas para avaliação da performance da manutenção



Para saber o que medir, é necessário esquematizar todo o processo de manutenção dentro da organização e todas as suas inter-relações. É essencial perceber todo o processo em detalhe, antes de iniciar qualquer estudo para o desenvolvimento de um sistema de medição de performance da manutenção em organizações com alguma complexidade, para que essa implementação se consiga fazer com a menor dificuldade possível (Parida e Kumar, 2006). Não é demais voltar a referir que a taxa de insucesso na implementação destes sistemas é muito elevada

(70%) (Bourne et. al.,2002; Bourne, 2005), dentro das poucas tentativas de implementação que são tentadas.

Dependendo daquilo que se pretende medir e controlar é possível ter indicadores que se regem por critérios qualitativos ou quantitativos.

As medidas quantitativas podem ser agrupadas em (Cabral, 2009).

- Factores relacionados com o tempo (horas ou dias): Tempo de Calendário, Tempo de Trabalho, Tempo Necessário, Tempo de Manutenção, Tempo de Reparação, Tempo de Reparação de Urgência, Tempo de Espera de Atendimento, Tempo de Paragem por Mau Funcionamento, Tempo por Paragem Relacionada com Manutenção, Tempo de Indisponibilidade Devido a Manutenção Programada, Tempo de Indisponibilidade Quando Necessário (em tempo requerido);
- Factores relacionados com o esforço em Horas/Homem (HH): HH Total, HH Externo, HH Interno, HH Extraordinárias, HH Manutenção Correctiva, HH Manutenção Correctiva de Urgência, HH Manutenção de Melhoria, HH Manutenção Condicionada, HH Manutenção Preventiva, HH Perdas por Acidentes em Pessoal de Manutenção;
- Factores relacionados com quantidades ou número de eventos: Número Total de Pessoas na Manutenção, Número de Acidentes, Número de Avarias, Número de Ordem de Trabalho Realizadas Conforme Planeado, Número de Pedidos de Trabalho;
- Factores relacionados com custos: Custo Total de Manutenção (Mão de Obra, Materiais, Serviços, Gestão), Custo de Manutenção Correctiva, Custo de Manutenção de Melhoria, Custo de Manutenção Condicionada, Custo de Manutenção Preventiva, Custo de Manutenção Sistemática,

Custo Total do Pessoal de Manutenção, Custo do Pessoal Interno de Manutenção, Custo do Pessoal Externo de Manutenção, Custo dos Serviços Exteriores, Custo da Logística de Materiais;

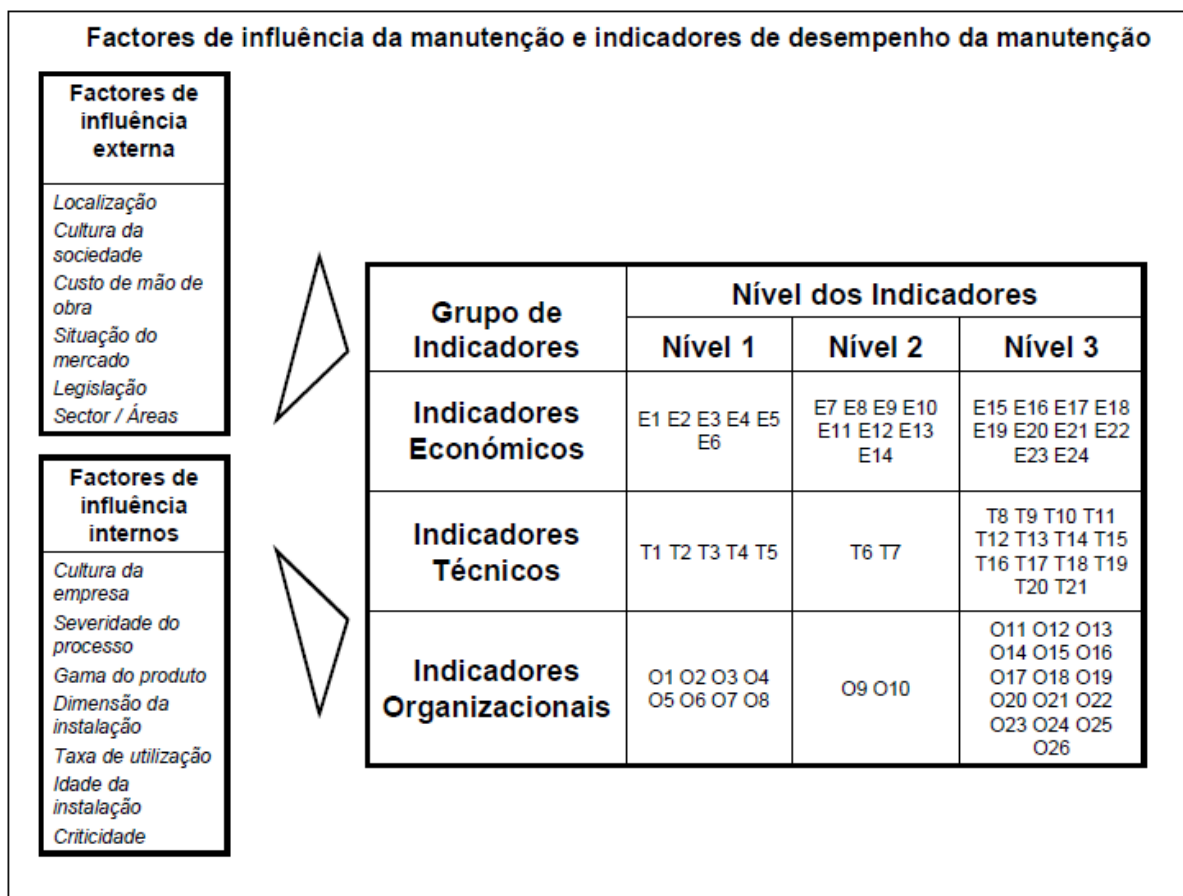
- Factores relacionados com valores: Valor de Substituição dos Activos, Valor Médio do *Stock* de Materiais de Manutenção.

Estes rácios quantitativos podem ser classificados como Económicos, Técnicos ou Organizacionais (NP EN 15341:2009). Também nesta categoria colocamos também todas aquelas relações quantificáveis com o “mundo exterior” aos departamentos de Manutenção, e ainda indicadores de nível superior que a Manutenção influencie.

Indicadores Qualitativos podem ser tão díspares quanto a satisfação dos funcionários de manutenção, os aspectos ambientais (ruído, humidade e outros), a limpeza, a capacidade de resposta individual, a moral e o orgulho.

Podemos também sistematizar os indicadores chave de desempenho da Manutenção usando a norma NP EN 15341:2009 (Figura 2.2). Neste exercício de sistematização com recurso a uma norma podem-se verificar as diferenças entre os investigadores e os profissionais de manutenção. Esta norma divide os indicadores em grupos e níveis.

Figura 2.2 - Arquitectura dos indicadores chave em manutenção da NP EN 15341:2009



Fonte: NP EN 13306:2007

2.3. Questões que preocupam os gestores das empresas transformadoras

Löfsten (1999) fez um estudo empírico sobre as medições em manutenção, onde a informação foi recolhida usando entrevistas individuais com os gestores de topo e também recorrendo a documentos internos e externos em oito companhias industriais, tendo chegado às seguintes conclusões:

- A Produção Total é a definição mais útil numa perspectiva da manutenção, que se foca em disponibilidade de equipamentos.
- Os gestores de topo sentem que a conversão das medidas de manutenção em medidas financeiras é inadequada ou desnecessária

pois, ou as medidas da produtividade e da eficiência são capazes de sinalizar as melhorias, não sendo necessário outras quantificações dessa melhorias, ou porque o uso de medidas financeiras pode esconder alguns aspectos da performance em actividades que o sistema é capaz de medir directamente.

- Medidas contabilísticas tradicionais, como custo por unidade, são utilizadas para estimar o valor económico dos departamentos de manutenção, ou para comparar as suas performances comparando-os com o resto da organização.

O objectivo fundamental dos gestores é maximizar o lucro das organizações e para o conseguir, a contribuição da manutenção é cada vez mais importante. Assim, é necessária uma abordagem diferente para consciencializar a gestão de topo da necessidade de estar envolvida no processo de melhoria da manutenção (Aoudia et al. 2008).

Um sistema de gestão do desempenho actua como um sistema de alerta rápido (Parida and Kumar, 2006) e pode promover um sistema de gestão para a manutenção do conhecimento dentro da empresa (Hwang et al., 2007), que é também uma das principais preocupações da gestão de topo.

À medida que a subjectividade cresce, com a integração crescente da informação em indicadores de mais alto nível (Kumar, 2006), deve ter-se muito cuidado na elaboração dos relatórios executivos. O suporte activo da gestão de topo ao sistema de medição de performance da manutenção é conseguido utilizando informação útil e exacta no momento certo.

Somos ainda muito tradicionais na utilização de indicadores de performance na gestão das nossas organizações. Na conclusão do seu estudo, Gomes et al. (2006:pp.

19) afirma: *“Parece haver um padrão de utilização (pelos gestores Portugueses) [...] dos tradicionais indicadores financeiros e dos baseados na eficiência. O que está por detrás da utilização de tais indicadores parece ser baseado na percepção que essas medidas têm um alto valor predictivo [...] A pouca utilização de indicadores relativos à eficácia da gestão, gestão das relações de pessoal, inovação, segurança, desenvolvimento da força de trabalho, meio ambiente e responsabilidade social e comunidade, é alarmante. A pouca utilização de indicadores relativos à competitividade, em especial quando apreciada no contexto de pouco ênfase dado à inovação, a gestão do dia-a-dia, e a sua relação com a força de trabalho fará desaparecer a posição competitiva dessas organizações nos altamente competitivos mercados europeu e global.”*

Também as já referidas questões ambientais, de segurança e de saúde, com a enorme carga legislativa que têm, atribui aos gestores de manutenção uma responsabilidade única na gestão do risco das instalações, pois as acções ou omissões da manutenção contribuem para o nível de risco a que a organização, seus trabalhadores e comunidades vizinhas estão expostos (Mather, 2005), sendo matérias de seguimento atento pela gestão de topo, pelas suas consequências directas.

2.4. A integração da manutenção

Quando os investigadores falam em integração da manutenção, não estarão a falar da sua integração técnica ou física, porque de facto a manutenção tem de existir em todo o lado. A questão refere-se à gestão da manutenção. Tem que ser integrada e envolvida, até ao limite do possível, nas outras funções e nos sistemas já em

funcionamento nas organizações, como TQM, JIT e outras soluções comuns como no uso de um ERP.

A necessidade de utilização de ferramentas e técnicas de qualidade já testadas noutras áreas e funções é sublinhado num conjunto de artigos (Goh e Tay, 1995; Bem-Daya e Duffuaa, 1995), para que se consigam obter resultados de excelência.

A integração bem sucedida de todas as funções da organização é reconhecida como um factor de competitividade de uma indústria de transformação (Bamber et al., 2004). O funcionamento e uso das melhores práticas de gestão em manutenção (como o TPM) fornece uma base para uma integração total da transformação bem como para os sistemas de certificação de gestão da mesma. Este caminho para a integração da manutenção coloca-a no centro do sistema de transformação, juntamente com a produção.

Segundo Bamber et al. (2004) esta metodologia na integração de sistemas não é surpreendente, pois os objectivos do TPM e as suas metodologias de melhoria contínua, juntamente com as aplicações práticas de técnicas de gestão na transformação já agregam os requisitos existentes nas normas ISO 14001 (Gestão Ambiental), ISO 9001 (Gestão da Qualidade) e OHSAS 18001 (Saúde e Segurança).

Já numa investigação de 1995, Miyake et al. (1995) revelaram que existiam no Japão 12 empresas que utilizavam com sucesso o uso conjunto de JIT, TQC e TPM, e pelo menos outras 42 empresas utilizavam dois desses sistemas. Esses esforços em potenciar todos os benefícios desses diversos sistemas mostram que a estratégia da integração já tinha despertado vários interesses nas companhias japonesas. Para organizações de produção sustentada no JIT, os sistemas de manutenção são particularmente importantes, pois existe pouco *stock* para compensar as paragens por avaria nas máquinas.

O enquadramento ideal para a integração, que pode ser conseguido pela utilização das práticas de TQM, JIT e TPM, é conseguido especificando um conjunto estratégico de práticas partilhadas por esses três programas. O estudo de Cua et al. (2001) demonstra a importância da implementação conjunta de programas de transformação.

Brah e Chong (2004) encontraram uma relação positiva entre o uso do TPM e a performance do negócio, mostrando diferenças significativas para aqueles que não o utilizavam, o que incentiva a sua utilização. O uso de indicadores integradores como o OEE, usado no TPM, é benéfico pois ele é uma medida das actividades de melhoria em todo o processo dentro de toda a transformação e integra em si componentes que dependem de várias áreas.

O grau de utilização e tentativas de implementação do TPM entre as empresas foi estudado por Ljungberg (1998). A utilização da capacidade instalada é cerca de 60% num conjunto significativo de indústrias. Segundo Nakajima (1989), a implementação do TPM mostra melhorias consideráveis no aumento dessa capacidade instalada, sendo habitual que passe para níveis entre os 60% e 90%, o que reflecte grandes aumentos de produção.

O uso de um sistema de informação comum é essencial para a existência de dados fiáveis com recolha económica, necessários à implementação e optimização de programas de manutenção baseada na fiabilidade dos equipamentos, que por sua vez são necessários para a implementação dos programas atrás referidos (Sherwin e Jonsson, 1995). As tecnologias de informação possibilitaram a existência de tais sistemas de informação. Seis elementos para a integração da informação e o nível dessa integração são estudados por Uusipaavalniemi e Juga (2009): práticas de

partilha de informação, actividades e processos, atributos da informação, oportunidade da informação, uso das TI e criação conjunta de informação.

2.5. Relações custo-benefício

Na perspectiva do gestor da manutenção, os recursos têm custos, são finitos e normalmente abaixo do nível que deveriam ter e é por isso que têm de ser aplicados onde de facto são importantes. O grau de importância de cada máquina, operação ou processo deve estar claro a todos os níveis: operacional, controlo e de gestão e deve derivar da estratégia da empresa.

As paragens de produção, avarias, falhas de energia, falta de mão-de-obra, ruptura de materiais em *stock*, pedidos de intervenção e outras, afectam a produção fazendo com que o processo de planeamento da manutenção seja dinâmico (Paz e Leigh, 1994). As limitadas capacidades existentes têm de ser partilhadas por todos os sistemas que delas necessitam a toda a hora e esta competição pode resultar em tempos de espera para alguns desses sistemas (Gits, 1994). A manutenção tem que atingir os seus objectivos definidos através dos objectivos da produção e simultaneamente gerir os constrangimentos operacionais com a produção (Gits, 1994).

O desenvolvimento do programa de manutenção é um processo iterativo e interactivo que envolve vários gestores, que podem ter conflitos de interesses nos objectivos sectoriais a atingir. Ao estabelecer aqueles programas de manutenção os gestores de manutenção tentam atingir múltiplos objectivos, que entram muitas vezes em conflito entre si, tais como maximizar o rendimento, a disponibilidade e a qualidade, e estando sujeitos aos constrangimentos de um plano de produção, disponibilidade de peças de reserva, mão-de-obra disponível, e respectivas competências (Labib, 1998).

A gestão da manutenção pode ser definida em três fases (Al-Sultan e Duffuaa 1995):

Planeamento – Avaliação da procura de serviço e avaliação de prioridades. O plano inclui mão-de-obra disponível, peças de reserva e ferramentas.

Programação – Revisão das necessidades de curto prazo.

Controlo – Monitorização e avaliação.

Suportados nesta definição, verificamos que a avaliação das prioridades se traduz na avaliação e gestão de custo-benefício. Adicionalmente, e ainda numa fase anterior à elaboração de planos, há decisões a tomar acerca da quantidade de mão-de-obra disponível e dos níveis de *stock* de peças de reserva. A medição de performance ajuda a mostrar e a decidir de entre os *trade-off* existentes em todos os aspectos da performance. Nem todos os indicadores de performance terão importância igual para todas as operações e terão uma relação de ganhos e perdas ou outros (Slack e Lewis, 2008).

Para atingir os objectivos, muitas vezes antagónicos, da fiabilidade de todo o sistema e a maximização do lucro, as empresas devem estabelecer os seus processos decisórios tendo em conta (1) os custos associados com as actividades de produção, (2) os custos associados com as actividades de manutenção e (3) os vários custos associados com os problemas em equipamentos que resultam em falhas de produção. A prática corrente deixa que a definição da manutenção seja determinada ao nível operacional, num jogo de forças entre as gestão da produção e manutenção. A estratégia resultante não é normalmente óptima para atingir os objectivos gerais da organização (Weinstein e Chung, 1999). Esta análise custo-benefício também pode ser efectuada ao nível do equipamento: questões de fiabilidade, manutibilidade e custos são muitas vezes opostas.

2.6. A especificidade do sector/empresa

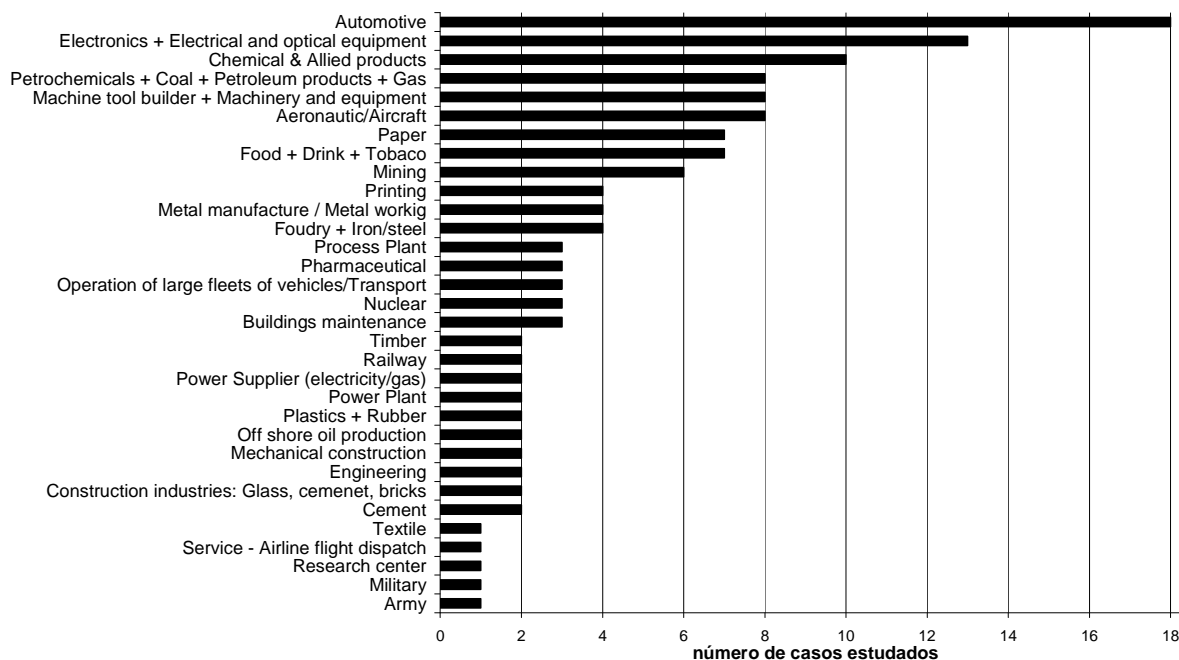
Um aspecto constantemente referido ao longo da literatura revista, como muito influente no desenvolvimento na gestão da manutenção são as características específicas de cada sector da indústria. Por exemplo, Oelsner (1979) mostrou que o desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão na manutenção de aviões era diferente de um sistema para a indústria de transformação. Também entre unidades dentro da mesma indústria se encontram diferenças que fazem com que esses sistemas de gestão da manutenção sejam diferentes e não possam ser transferidos directamente de uma empresa para outra. Além de características como o *layout* produtivo e de armazenagem, diferente organização dos departamentos, também a dimensão afecta a organização da manutenção. Num estudo de Ikhwan e Burney (1994), verifica-se que 63% das organizações indicaram que tinham departamentos de manutenção centralizados, sendo que esta característica é dependente da dimensão da empresa. Pequenas empresas têm tendência a ter sistemas de manutenção mais centralizados.

Um estudo (Swanson, 1997) relaciona as práticas de manutenção com as tecnologias de produção específicas de cada indústria, dimensão e idade. Grande complexidade técnica mostrou estar associada a manutenções mais descentralizadas, mais formação e treino, maior utilização dos técnicos de manutenção e menor envolvimento de operadores.

Quanto maiores são as empresas de transformação maior é o nível de integração e mais baixos são os custos de manutenção em relação a toda a operação (Komonen, 2002).

Nesta revisão da literatura encontrámos estudos nos mais diversos sectores. Apresentamos no gráfico da Figura 2.3 a distribuição dos estudos de caso por indústria.

Figura 2.3 - Distribuição dos estudos de caso por sector na revisão da literatura



Verificamos que a indústria automóvel é a mais analisada, com 16 estudos encontrados. Se somarmos os estudos relativos às indústrias do ar, militar e nuclear, juntas totalizam 13 casos.

2.7. Factores de sucesso e insucesso na implementação de sistemas de medição de performance em manutenção

No seu trabalho, Pintelon e Puyvelde (1997: pp 15) concluíram: “É óbvio que os sistemas de medição de performance são importantes para a gestão da manutenção. Também está claro que das muitas das tentativas de implementação destes sistemas ensaiados na prática as desistências superam as implementações. A introdução de um sistema de medição de performance estruturado não é uma tarefa fácil. Primeiro, é um projecto importante e enorme. Depois a definição dos indicadores de performance adequados é um processo complexo e crítico para o sucesso da implementação. É

muito importante identificar os indicadores de performance relevantes, que sejam aceites por todos os envolvidos e que ainda assim sejam relativamente fáceis de tratar com os sistemas de informação disponíveis”.

Como estratégia geral é sempre bom iniciar de modo mais modesto e desenvolver o sistema gradualmente, mantendo-o sempre dentro de uma dimensão em que possa ser facilmente utilizável (Harrison e Leaman, 1986).

Como a medição é um requisito do processo de melhoria contínua (Jostes e Helms, 1994), a implementação destes sistemas será um esforço partilhado, se já existirem outros programas nas empresas como o TPM, o TQM ou outros. Como no caso da implementação de outros programas (Bohoris et al., 1995; Chan et al., 2005), muitos falham a sua implementação devido a:

- Implementação simultânea em demasiadas áreas ou máquinas ou com demasiados indicadores;
- Falta de envolvimento dos operadores;
- Implementação em áreas ou máquinas não muito importantes para o processo;
- Falta de visão a longo prazo;
- Educação e formação dos empregados demasiado baixa;

Por outro lado, o caminho para o sucesso na implementação de um sistema de medição de performance passa por (McAdam e Duffner, 1996):

- Apoio prolongado com envolvimento visível da gestão de topo;
- Implementação gradual num conjunto de máquinas;
- Envolvimento da produção (critico para o sucesso) com condução pela manutenção (envolvimento e participação);
- Executar um estudo exequível;

- Desenvolvimento de bons planos de implementação;
- Uso de CMMS (crítico para o sucesso);
- Envolvimento dos representantes dos trabalhadores;
- Reconhecimento dos sucessos e incentivo constante;
- Treino específico;
- Selecção cuidada dos membros da equipa.

As empresas podem usar os sistemas de medição de performance da manutenção para se tornarem mais eficientes. Mas como qualquer remédio, deve ser usado de acordo com a prescrição. Sem uma dose suficiente não há melhorias: demasiado de uma só vez pode acabar com tudo o que já se implementou. É por isso necessária uma análise profunda da situação, o desenvolvimento de um sistema específico para cada organização e uma implementação gradual (McAdam e Duffner, 1996).

Os indicadores utilizados na medição da performance organizacional são muitas vezes seleccionados com base na conveniência, sendo muitas vezes demasiado específicos ou demasiado dispersos. Utilizando um conjunto de indicadores escolhidos com um objectivo específico, leva à sub-optimização do processo. Outras tendências erradas em sistemas de medição de performance identificados são (Tsang et. al., 1999):

1. Medidas seleccionadas com base em conveniências são muitas vezes mal relacionadas com a performance da organização;
2. O uso comum de um único indicador para avaliar a performance que é multidimensional;

3. Os resultados finais são os mais comuns indicadores utilizados na avaliação de performance, enquanto que os seus efeitos são frequentemente utilizados em decisões estratégicas;
4. Os resultados são indicadores que reflectem o curto prazo, enquanto que a performance sustentável depende dos efeitos a longo prazo das estratégias definidas e perseguidas pela organização.

A apresentação da informação pode também ser um dos entraves à implementação dos sistemas, que são por vezes resolvidos com soluções particulares (Pascual et al., 2009): diagramas de radar de custos fornecem a possibilidade para explorar as oportunidades de melhoria, usando indicadores de performance como custos globais, custos de intervenção, disponibilidade, frequência e tempo fora de serviço. Este tipo de gráfico é preferido relativamente aos gráficos de colunas ou linhas, pois inclui toda a informação que os outros têm mas acrescenta uma perspectiva global dos custos. Estes diagramas de radar dão também informação económica adicional relacionada com as intervenções, directas ou indirectas, da manutenção.

2.8. Sistemas de informação de apoio à gestão da manutenção¹

Uma das falácias do início da revolução das tecnologias da informação (TI) é a sugestão que elas serão automaticamente benéficas para as organizações. Podem de facto beneficiar a organização baixando custos ou ajudando em tarefas impraticáveis sem os computadores. Mas também podem ser dispendiosas e revelar-se um grande desperdício de tempo e dinheiro. É pois essencial que um *software* de planeamento e programação da manutenção reflecta a natureza da organização na qual vai ser utilizado (Davies, 1990).

¹ CMMS – Computerized Maintenance Management Systems

Um dos problemas dos sistemas de informação de apoio à gestão da manutenção, habitualmente denominados CMMS, é que normalmente não contemplam os relatórios de falhas, mais ligados à produção, e a transferência de informação causa sempre algumas dificuldades (Kans e Ingwald, 2008).

Um CMMS adequado depende da estratégia de manutenção adoptada, bem como da relação da organização da manutenção com as TI (em particular os seus elementos). Na adopção destes sistemas pode haver conflitualidades devidas:

- à falta de funcionalidade do *software*;
- à falta de conhecimentos dos utilizadores;
- ao mau interface homem-máquina.

Se tudo for bem planeado e implementado, a adopção de um CMMS vai contribuir para melhorar a gestão da manutenção, o que trará o respectivo impacto positivo na competitividade e lucro da organização. As grandes empresas têm normalmente recursos para pedir sistemas adaptados às suas realidades ou fazê-los internamente nos seus departamentos de TI, por isso, seriam principalmente as pequenas e médias empresas a beneficiar da existência de ferramentas e métodos simples que determinassem as suas necessidades de sistemas de informação para a gestão da manutenção, de modo a facilmente escolherem a melhor solução existente no mercado (Kans, 2007).

Uma base de dados comum (com a informação da manutenção, produção e outros) pode ser um instrumento importante para a tomada de decisão em manutenção e que servirá o CMMS. Kans e Ingwald (2008) identificaram 5 princípios para o desenvolvimento de uma base de dados industrial para a correcta tomada de decisões quer na manutenção quer na produção:

1. A identificação das variáveis a medir, seguir e guardar deve ser feita aplicando uma análise inversa. O que queremos ter no final como *output* e o que necessitamos de ter para isso.
2. Os dados recolhidos devem possibilitar o desenvolvimento de uma visão geral, quer técnica quer económica, da situação.
3. A base de dados não deve ser tão grande que não permita ser manuseada com custos dentro do razoável. Deve focar-se nas medidas essenciais que permitam cobrir um largo âmbito de situações.
4. Deve ser construída de modo a permitir melhorias contínuas. Deve pois ser desenhada para ser flexível e suportar a mudança constante.
5. Deve ter um interface dinâmico com o utilizador (este aspecto já está do lado do CMMS), permitindo que a organização potencie o seu conteúdo e faça alterações quando necessário.

A recolha de dados e a respectiva introdução no CMMS não deve ser confundida com o processamento e gestão da informação pelo sistema de informação. Estes processos são muitas vezes manuais, pelo menos num dos seus passos, apesar de existirem sistemas de recolha automática para a grande maioria dos processos industriais. A definição do sistema de recolha de dados deve identificar como, onde, quando e quem recolhe a informação necessária.

A recolha de dados é uma tarefa repetitiva. Demasiadas recolhas, com frequência excessiva, pode ocupar muito as pessoas da manutenção nesta tarefa. O retorno da utilização desses dados deve ser mostrado às pessoas, sob pena de deixarem de acreditar no sistema. Os dados necessários muito raramente estão à vista e bem ordenados para a recolha, podendo estar escondidos em folhas ou livros de registos, cartões de registos, ficheiros e outros documentos. O processo de recolha de

dados deve manter-se simples, relevante, verificável e feito com precisão. Dados desta natureza são necessários para registo histórico, de modo a existirem registo de eventos passados para uso em diagnósticos (Goh e Tay, 1995). A dificuldade na recolha dos dados pode ser suavizada iniciando os registos com um modelo simples, que se poderá desenvolver num modelo mais global. A informação básica pode ser de todo o género: custos de mão-de-obra e materiais de manutenção, número de acções correctivas e preventivas realizadas num certo intervalo de tempo, registos de operação, etc. O sistema a ser implementado depende muito da informação existente e da sua disponibilidade (Martorell et al., 1999).

Na maioria dos casos as medidas são utilizadas devido aos seguintes factores (Tsang, 1998):

- a. A organização já as utiliza;
- b. Outras organizações já as usam;
- c. Os dados necessários são fáceis de recolher.

Com as tecnologias de informação e comunicação em ligação com os equipamentos, avanços significativos estão a ser feitos neste campo da recolha de dados, que vão tornar os processos de recolha mais fáceis e permitir obter informação em tempo real.

2.9. Estudos em Manutenção – Performance e Revisões de Literatura

Um estudo de Cross (1988) sobre a performance na organização de engenharia de manutenção, feito com base em dados de empresas indústrias no Reino Unido (1976-1987), observou as melhorias de produtividade nos serviços de manutenção. Este estudo suportou parte das suas conclusões em 18 rácios: 11 sobre Orçamentos e Custos, 7 sobre HorasHomem (*HeadCount*). Apesar de este estudo ter dado uma maior

atenção aos custos, foi também referenciada a monitorização corrente de outros aspectos ligados à manutenção: materiais, pessoas, segurança, carga de trabalho, fiabilidade, organização, planeamento e programação de trabalho.

Neste estudo foi verificado que o principal factor que contribuiu para a contenção de custos bem como para as melhorias globais nos serviços da manutenção, foi a reestruturação dos trabalhos e a organização da manutenção.

Um outro estudo, agora sobre experiências de implementação de sistemas de medição de performance em manutenção feito por Pintenlon e Puyvelde (1997), mostrou que já se tinha evoluído dos relatórios de contas e orçamentos, e dá-nos uma visão dos sistemas de medição de performance mais utilizados: desde os sistemas mais simples como o mero uso de alguns indicadores, objectivos e gráficos, até modelos mais elaborados como *Hibi*, *Luck* e *MMT*. No Quadro 2.1 a seguir apresentado são sublinhadas as vantagens e desvantagens de alguns dos sistemas de medição de performance.

Quadro 2.1 - Visão geral de sistemas de medição de performance em manutenção

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Indicadores		
Indicadores Globais	Utilização muito popular (compacta)	Difícil leitura pois estão muito agregados
Conjunto definido de Indicadores	Sistema mais completo	Avaliação clara nem sempre possível
Lista estruturada de Indicadores	Standard	Seguimento nem sempre fácil
Números de Referência (Limites)		
Checklists	Visão rápida	Visão grosseira da realidade, pois é impossível definir valores gerais ideais
Surveys	OK, se disponíveis	Devem ser usados com cuidado
Gráficos		
Diagramas (circular, linhas, barras, etc.)	Uso muito Popular	Facilmente manipuláveis (abusos)
Perfis de múltiplos Índices	Ver desempenho real	Muitas vezes subjectivo
Gráficos Radar	Conhecimento global	Número de Indicadores Limitado
Modelos mais elaborados		
Hibi	Global, completo	Rígido, demorado
Luck	Bastante completo	Complexo
MMT	Completo, fácil uso	Etapas de implementação críticas

Fonte: Pintelon e Puyvelde (1997)

Num outro estudo (Garg e Deshmukh, 2006) foi feita uma revisão da literatura exhaustiva da gestão da manutenção e foram apontadas as tendências e direcções de futuro. Neste caso foram analisados 142 artigos científicos, que foram classificados e agrupados nas seguintes categorias: Modelos de optimização da manutenção (27 artigos); Técnicas de manutenção (58 artigos); Planeamento da manutenção (9 artigos); Medição de performance em manutenção (23 artigos); Sistemas de informação de manutenção (6 artigos) e Políticas de manutenção (19 Artigos).

Neste estudo de Garg e Deshmukh (2006), foram elaboradas várias considerações relacionadas com a medição de performance em manutenção, identificando aspectos críticos nesta área, relacionados com: técnicas de medição, modelos de medição de performance, uso do *Balanced scorecard*, medição de performance baseada em modelos de VBM (*Vibration Based Maintenance*), sistemas de medição de performance recorrendo ao uso de QFD (*Quality Function Deployment*), uso dos sistemas de informação na medição de performance em manutenção,

sistemas de medição de performance em manutenção recorrendo ao uso de TMM (*Total Maintenance Management*), recurso a auditorias à área da manutenção e o uso de índices de produtividade da manutenção.

Foram também abordados neste estudo de Garg e Deshmukh (2006) os indicadores OEE e OCE (*Overall Equipment Effectiveness* e *Overall Craft Effectiveness*), bem como as relações entre as medições de performance e a estratégia de manutenção e ainda os efeitos dos erros induzidos pela manutenção na eficiência operacional.

Finalmente, num estudo de 2008 (*Profion Maintenance Study, 2008*) foi elaborada uma lista exaustiva de artigos científicos relacionados com a manutenção industrial, que foram agrupados em oito diferentes categorias: Estratégia de manutenção (33 artigos), Técnicas de manutenção (59 artigos), Medição de performance em manutenção (26 artigos), Programação de manutenção (9 artigos), Sistemas de informação em manutenção (7 artigos), Modelos de optimização da manutenção (54 artigos), Segurança em manutenção (5 artigos), Manutenção em indústria petroquímica (9 artigos). Este estudo agregou 202 artigos científicos relacionados com a manutenção na indústria de processo / transformação entre 1992 e 2008.

Apesar de termos encontrado alguns estudos, bem como um considerável número de artigos sobre este tema, verificamos que, dada a importância da manutenção na competitividade na indústria de processo / transformação, é surpreendente que a sua investigação esteja ainda a um nível muito abaixo das outras áreas industriais. Num estudo em investigação sobre gestão de operações entre 1982 e 1987, só 7 entre os 362 (2%) artigos revistos eram nas áreas da manutenção e fiabilidade (Amoako-Gyampah e Meredith, 1994).

Grandes mudanças ou evoluções são colocadas em destaque em todos estes estudos: a evolução de um mero patamar de controlo de custos para o patamar da gestão da manutenção e a sua interacção com toda a organização; também se verifica uma evolução do nível tático para o nível estratégico.

-----//-----

Das análises de custos (Coss, 1988) e dos relatórios de contas e orçamentos (Pintelon e Puyvelde, 1997), passando pela avaliação da performance da manutenção através da relação manutenção preventiva / correctiva (Cooke e Paulsen, 1997) até aos actuais sistemas de medição de performance da manutenção, verificamos uma grande evolução na medição da performance em manutenção.

Esta tendência na utilização de sistemas de medição de performance em manutenção mostra que os sistemas mais complexos estão a ser abandonados a favor dos modelos mais simples. Também que o uso dos sistemas *standard* de gestão são um caminho para a não implementação desses sistemas, pois é necessário um grande conhecimento do processo de manutenção em causa bem como do seu posicionamento estratégico em cada organização (Kumar, 2006).

Para que a implementação de um sistema seja bem sucedida é imperativo obter apoio da gestão de topo, que só existirá quando lhe for mostrada a importância da manutenção.

Com a selecção de indicadores de performance apropriados a cada área, é possível detectar desvios em estádios iniciais, identificando as origens desses desvios, e conseguir assim resoluções de problemas e melhorias contínuas mais económicas (Alsyouf, 2006).

Os sistemas de medição de performance em manutenção devem (Alsyouf, 2006):

1. Avaliar e partilhar a performance no departamento: o que estamos a fazer está a ser feito da maneira correcta?
2. Avaliar e partilhar a performance do departamento: sabemos e estamos a prestar o serviço que eles necessitam?
3. Comparar (*Benchmarking*) para avaliar se é possível fazer melhor e/ou diferente.
4. Informar constantemente a gestão de topo criando, mantendo a manutenção sempre presente.

Pela crescente importância da manutenção em indústrias de transformação, constatada quer nesta revisão da literatura, quer pela observação e prática do autor e de outros profissionais do sector contactados, verifica-se uma crescente necessidade em avaliar a performance da manutenção: seja para melhorar o seu desempenho, seja para saber o seu real peso dentro das organizações e respectiva contribuição para os objectivos sectoriais e globais que servem as estratégias de cada empresa.

Tendo em conta a importância crescente da manutenção, é urgente estudar e avaliar como está a ser efectuada a medição da sua performance. Não se conhecendo nenhuma investigação semelhante na indústria de transformação em Portugal, este será um estudo de natureza exploratória que vai recolher a opinião dos profissionais de manutenção em relação à utilização e valor predictivo de indicadores de performance em manutenção, assim como da disponibilidade de informação para os utilizar.

Capítulo 3. Metodologia

3.1. Inquérito

A lista de indicadores que foram incluídos no inquérito (Quadro B.1 do Apêndice B) foi o resultado da ponderação entre o que se desejava saber desses profissionais e o receio de lhes por à consideração uma lista tão exaustiva e extensa que os fizesse desistir a meio do questionário.

Com base em todos os elementos recolhidos na revisão da literatura e na lista de indicadores elaborada, foram efectuadas discussões informais com profissionais da área, para conseguir elaborar o questionário final.

Esta longa lista de indicadores/medidas, foi subdividida em oito grupos (Quadro 3.1) com dois objectivos principais igualmente importantes: tornar o estudo dos resultados obtidos mais fácil e mais rico, incluindo nele o estudo de grupos para além das medidas individuais, e facilitar o preenchimento do questionário aos inquiridos. Estando as medidas agregadas com outras da mesma área de intervenção os inquiridos tiveram o preenchimento mais facilitado.

Quadro 3.1 - Grupos de subdivisão das questões em categorias de informação

EQU - Equipa de Manutenção
MAQ - Máquinas e Equipamentos
PRO – Relação Produção / Manutenção
EST - Estratégias de Manutenção
CUS - Custos Gerais
TAR - Acções e Tarefas de Manutenção
ORG - Organização da Manutenção
OUT – Outros Indicadores

Para esta agregação dos indicadores foram feitos 8 grupos ou categorias. De referir que esta agregação em grupos foi feita após a definição da lista completa de indicadores a submeter a inquérito, daí que exista uma grande diferença na quantidade de indicadores entre grupos ou categorias.

A categoria *EQU - Equipa de Manutenção* agrega todos os indicadores que dizem respeito às pessoas da equipa da manutenção, quer como indivíduos singulares quer como grupo.

A categoria *MAQ – Máquinas e Equipamentos* tem indicadores que reflectem o funcionamento dos equipamentos. Podem ser considerados por equipamento individual ou por grupos de equipamentos (linhas de produção, células de fabrico ou outros conjuntos de equipamentos).

A categoria *PRO – Relação Produção / Manutenção* tem indicadores que espelham a relação prioritária cliente / fornecedor que existe nas empresas industriais transformadoras. Irão reflectir a satisfação do cliente interno da manutenção que é a produção.

Na categoria *EST – Estratégias de Manutenção* juntaram-se os indicadores que contabilizam as relações entre os tipos de manutenção utilizados pela organização, seja em rácios quantitativos, seja em número de horas gastas, seja em custos de cada uma das estratégias utilizadas.

Na categoria *CUS – Custos Gerais* juntaram-se todos os indicadores relacionados com custos e orçamentos, que não eram demasiado específicos para caberem noutra categoria.

A categoria *TAR - Acções e Tarefas de Manutenção* agrega principalmente indicadores que são muito semelhantes a contadores de eventos, podendo no entanto expressar-se em percentagem ou mesmo em custos.

A categoria *ORG – Organização da Manutenção* inclui indicadores que reflectem o grau de organização ou a capacidade instalada do grupo em causa para cada organização estudada.

Incluiu-se uma oitava categoria *OUT – Outros Indicadores* que surgiu por exclusão de partes, após a distribuição de todos os outros indicadores pelas respectivas categorias. Esta categoria poderia ter sido designada da Ambiental pelos três indicadores que lhe pertencem.

Na construção da estrutura do questionário para este estudo, suportámo-nos num outro trabalho anteriormente realizado por Gomes (2003). Quer na utilização de uma subdivisão do conjunto total de indicadores em categorias, quer nas questões postas à consideração dos inquiridos.

Assim, para cada um destes 124 indicadores, pediu-se aos profissionais de manutenção que classificassem, numa escala tipo *Likert* de 1 a 5, as **características da informação** de cada um daqueles indicadores (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 - Características, definição e escala a utilizar no inquérito

Frequência de Utilização (FU)	Qual a frequência com que utiliza a medida no processo de análise de performance da manutenção?
Escala	1 – Nunca Utilizei : 5 – Utilizo Sempre
Valor Predictivo (VP)	Qual é a percepção que tem do valor predictivo que a medida terá relativamente à performance futura da manutenção?
Escala	1 – Sem valor Predictivo : 5 – Com Elevado Valor predictivo
Disponibilidade de Informação (DI)	Qual a percepção que tem relativamente à existência da informação necessária para a utilização da medida?
Escala	1 – Indisponível : 5 – Já existe

Mais uma vez, referindo que o trabalho era de natureza exploratória em terreno substancialmente desconhecido, tentou-se enviar o questionário ao maior número possível de profissionais na área da manutenção.

Este questionário foi inteiramente desenvolvido em suporte informático, e estava estruturado e apresentado do seguinte modo:

1º ecran - Apresentação do questionário bem como do tempo previsto para o seu preenchimento.

2º ecran - Primeira página de introdução de dados, para dados da empresa (os mais melindrosos não foram definidos como obrigatórios).

3º ecran - Página de preenchimentos de dados pessoais.

4º ecran - Página com instruções para responder ao questionário e local para escrever *mail* para envio dos resultados.

5º-12º ecrans - Questões sobre cada indicador, subdivididas nos 8 grupos apresentados (todas as questões eram obrigatórias sendo impossível avançar no questionário deixando alguma questão por responder).

13º ecran - Página para apresentação de sugestões e comentários e para voltar a colocar o *email* para envio dos resultados do inquérito.

14º ecran - Agradecimento.

Exemplos dos ecrans do questionário *on-line*, exactamente como os inquiridos os viram e utilizaram, podem ser consultados no Apêndice B.

O facto de este questionário ter sido inteiramente desenvolvido em suporte informático permitiu eliminar uma fase que pode introduzir erros nos questionários em formato papel, que é a transição dos dados dos inquéritos para as ferramentas de tratamento estatístico, que no nosso caso foi o SPSS.

Para disponibilizar o questionário utilizou-se como plataforma o programa *LimeSurvey* (<http://www.limesurvey.org/>) que é uma ferramenta de *software* para elaboração de questionários *on-line* gratuita e *open-source*. De modo a garantir que os dados eram preservados e a confidencialidade dos mesmos, utilizaram-se os servidores da FEUC, nos quais se disponibilizou o *link* para o preenchimento do questionário:

<http://www6.fe.uc.pt/limesurvey/index.php?sid=52879&lang=pt>.

Este *software* permite gravar o questionário durante o seu preenchimento e continuar mais tarde, o que num questionário tão extenso como este foi uma mais-valia que foi aproveitada por 11 dos inquiridos. Sem esta valência possivelmente não contaríamos com estas onze respostas.

Para a distribuição deste questionário foi utilizada uma mensagem padrão que continha o *link* para acesso directo ao questionário. A mensagem com o pedido de colaboração no trabalho foi distribuída somente por meios informáticos, usando a seguinte metodologia: enviadas por *email* para empresas ou directamente para os responsáveis de manutenção/produção de empresas industriais. Foram também utilizados contactos directos em duas redes sociais: *Facebook* e *LinkedIn*.

A maioria das empresas que foram objecto de envio de *email* são sócias colectivas da APMI (Associação Portuguesa de Manutenção Industrial) às quais se juntaram algumas outras empresas que não estavam nesta listagem inicial.

Os *email* dos profissionais foram obtidos através de contactos pessoais e profissionais.

O envio de mensagem através do *LinkedIn* foi feito, em modo privado nessa rede social, a todos os profissionais registados com funções na área da manutenção.

No caso do *Facebook* a mensagem foi enviada, também em modo privado, a todas as pessoas que tinham ligação à página da APMI no *Facebook*.

De referir ainda que, em pelo menos um caso conhecido, o *link* do inquérito foi “postado” num site de manutenção industrial (por um dos inquiridos de uma das mensagens enviadas) - Fórum de Manutenção Industrial - cujo link apresentamos:

<http://forumanutencaoindustrial.ning.com/profiles/blogs/portugal-indicadores-de>

A distribuição do total das 1605 mensagens enviadas pelos diversos meios foi:

email = 312 (19%)

LinkedIn = 609 (38%)

Facebook = 684 (43%)

A distribuição temporal de envios e de respostas completas, iniciou-se do dia 5 Janeiro 2011 e terminou no dia 3 de Abril 2011, sendo que, no total das 1605 mensagens enviadas com o *link* do inquérito, foram recebidos 95 questionários completamente preenchidos, o que representa uma taxa de resposta de 5,9%. Esta taxa está substancialmente abaixo das taxas de respostas que temos como comparação para estudos por questionário em indústrias de manufactura, em que a mais baixa de todas é de 10%, e a mais alta de 55% (Gomes, 2006).

3.2. Modelos e variáveis a utilizar na análise aos resultados dos questionários

Os dados recolhidos nas respostas a este questionário vão ser analisados utilizando instrumentos estatísticos e tendo como objectivo a análise do perfil dos inquiridos em relação à utilização de indicadores de performance em empresas industriais.

Vai ser utilizada a análise de *clusters* para avaliar a resposta a cada uma das variáveis para cada indicador. Assim, para todos os 124 indicadores, serão avaliadas:

- a frequência com que os utilizam (FU);
- a percepção que têm do seu valor predictivo (VP);
- a disponibilidade da informação para a utilização desse indicador (DI).

Vai-se deste modo avaliar se existem diferenças entre a utilização e a percepção dos inquiridos em relação aos 124 indicadores de manutenção, em estudo neste trabalho.

Para esta nossa análise fixou-se o número de *clusters* em 5, o que poderá ajudar à interpretação desta análise pois corresponde ao número da escala de *likert* (1 a 5) que foi utilizada no questionário. A análise de *clusters* será efectuada à média das respostas de todos os inquiridos, o que corresponde à média da opinião para cada um dos indicadores.

Além do descrito, vai-se também utilizar a regressão linear múltipla para continuar a análise aos resultados do inquérito. Propõe-se a relação linear entre as variáveis utilizadas que caracterizam os indicadores no questionário (Gomes, 2003):

$$FU = f(VP, DI)$$

Em que a frequência de utilização (FU) dos indicadores é uma função do seu valor predictivo (VP) e da disponibilidade de Informação (DI) para os calcular.

A função linear a estimar será a seguinte:

$$FU_i = \alpha_0 + \alpha_1 VP_i + \alpha_2 DI_i + e_i$$

em que:

FU_i – Média dos valores atribuídos ao indicador i relativamente a FU

VP_i – Média dos valores atribuídos ao indicador i relativamente a VP

DI_i – Média dos valores atribuídos ao indicador i relativamente a DI

e_i – Variável representativa do erro residual

α_0 , α_1 e α_2 – Parâmetros da regressão

Do mesmo modo que na análise de *clusters*, cujo modelo foi apresentado, também aqui se trabalha com as médias de todas respostas para cada um dos 124 indicadores. Serão efectuadas as análises necessárias à verificação dos pressupostos à utilização deste modelo – regressão linear – com a normalidade dos erros, linearidade, homocedasticidade, independência dos erros e colinearidade.

Pela relação linear apresentada, entre a utilização da multiplicidade de informação disponível e o valor que lhe é atribuído será possível avaliar a influência destas características da informação, valor predictivo e disponibilidade, e analisar os determinantes dessa utilização. Indicações de eventuais desvios do comportamento desta regressão linear múltipla, obtêm-se através dos erros residuais estandardizados, da aplicação da mesma aos dados recolhidos no questionário. Os erros residuais estandardizados significativos positivos dizem-nos que os indicadores de performance com eles relacionados são utilizados com maior frequência do que o previsto pelo modelo apresentado, ou seja mais do que seria sugerido pelos seus valores de VP e DI. Pelo contrário, os erros residuais estandardizados significativos negativos dizem-nos que os indicadores de performance com eles relacionados são utilizados com menor frequência do que o previsto pelo modelo e sugerido pelos seus valores de VP e DI. Vão ser identificados os indicadores que mais se afastam da regressão, usando o

nível de significância de $\alpha = 0,10$, ou seja vão ser destacadas e analisadas as observações fora de um intervalo de confiança de 80% (que se afastam 1,29 em valor absoluto).

Vamos também utilizar o modelo atrás descrito para aferir da existência de diferenças no perfil de comportamento entre os subgrupos de inquiridos e que se traduzam em diferenças estatisticamente significativas (caso existam). Neste nosso trabalho esses subgrupos serão as diferentes indústrias a que os inquiridos pertencem ou colaboram.

Para tal, a função linear a estimar vai ser:

$$FU_i = \alpha_0 + \alpha_1 VP_i + \alpha_2 DI_i + \alpha_3 IND_i + e_i$$

em que IND_i é uma variável binária à qual será atribuído o valor 1 ou 0 para fazer a distinção entre cada grupo de duas industrias distintas que compararmos, usando este modelo.

Será também efectuada uma análise pela categoria da informação pela qual foram agrupados os indicadores neste inquérito. Esta será uma análise qualitativa que está dependente da classificação e distribuição dos indicadores pelos grupos criados. Serão assim analisadas as ordens das médias de cada categoria para as três características da informação estudadas: Frequência de Utilização, Valor Predictivo e Disponibilidade de Informação. Podemos com esta análise obter informação do tipo de indicadores que são mais utilizados e valorizados.

Finalmente, para fazer uma avaliação entre o interesse e utilidade de determinado indicador e a disponibilidade de informação para o calcular, iremos efectuar a análise das diferenças existentes entre os Valores Predictivos e Disponibilidades de Informação. Para este efeito contruiu-se o indicador GAP que é a diferença ponderada entre esse Valor Predictivo e a Disponibilidade de Informação para cada um dos 124 indicadores:

$$GAP_i = (VP_i - DI_i) VP_i$$

em que VP_i e DI_i são as médias das respostas dadas para cada um dos 124 indicadores pelos inquiridos no questionário.

A ponderação introduzida pela multiplicação do valor predictivo ao valor da diferença, serve para fazer uma análise mais fina e para evidenciar a importância relativa do valor predictivo na utilização dos indicadores de performance, sendo assim evidenciadas as diferenças dos indicadores com maior valor predictivo (Gomes, 2003).

Para valores positivos do indicador definido GAP, estamos perante um déficit de informação. Quanto maior for o valor de GAP, maior será a disparidade entre a utilidade atribuída ao indicador pelos utilizadores e a disponibilidade de informação para o uso desse indicador de performance.

Capítulo 4. Resultados

4.1 População

A população ideal deste estudo seriam todos os profissionais relacionados com a manutenção de empresas industriais, bem como de organizações relacionadas, como sejam as prestadoras de serviços e empresas de montagens para aquelas indústrias. Não sendo possível, por variadíssimas razões, atingir esse objectivo foi efectuado um esforço para chegar ao maior número de profissionais de manutenção, sem qualquer distinção de indústria. Apesar de não ter sido possível enviar o questionário directamente para os endereços electrónicos dos sócios individuais da Associação Portuguesa de Manutenção Industrial, utilizou-se essa associação como base de referência inicial em dois dos canais de envio dos questionários: por *email* para as empresas e no *facebook*.

Como foi referido no Capítulo 3 os questionários foram disponibilizados pela *internet* directamente aos profissionais ou enviados para as empresas, por *email* e pelas redes sociais *Facebook* e *LinkedIn*. Como incentivo à resposta ficou o compromisso de enviar por *email* o resultado do estudo.

O período durante o qual foram enviadas as mensagens, solicitando a colaboração no preenchimento do questionário e também durante o qual era possível aceder ao *link* disponibilizado, foi relativamente curto. Iniciou-se o envio das mensagens a 5 de Janeiro de 2011, terminando-se a 20 de Março de 2011. Como existe alguma diferença temporal entre o envio e a leitura da mensagem, o link de acesso ao questionário só foi desactivado no dia 3 de Abril de 2011.

Dos 1605 questionários enviaram-se por *email* 312 mensagens com o *link*, que correspondem a 19% dos envios, 609 através do *LinkedIn*, que correspondem a 38% e 684 através do *Facebook*, que correspondem a 43%.

Através do *LimeSurvey* podemos verificar que existiram 468 entradas no questionário (todas através do *link* disponibilizado), das quais resultaram as 95 respostas completas utilizadas no estudo. Onze (11) das respostas foram gravados e retomados mais tarde, e todas as outras foram completadas de uma só vez. O *LimeSurvey* registou 23 respostas gravadas incompletas, que nunca foram retomadas. Estas respostas incompletas não foram consideradas para o estudo pois só utilizámos questionários totalmente preenchidos. O tempo médio do preenchimento dos questionários foi de 36 minutos e 57 segundos, e o tempo total gasto por todos os inquiridos que terminaram o questionário foi de 58 horas, 30 minutos e 18 segundos.

4.2. Amostra e dados

Relativamente à caracterização dos 95 inquiridos que completaram o questionário e as suas organizações, pode ser feita uma análise recorrendo à informação que foi pedida no início do questionário.

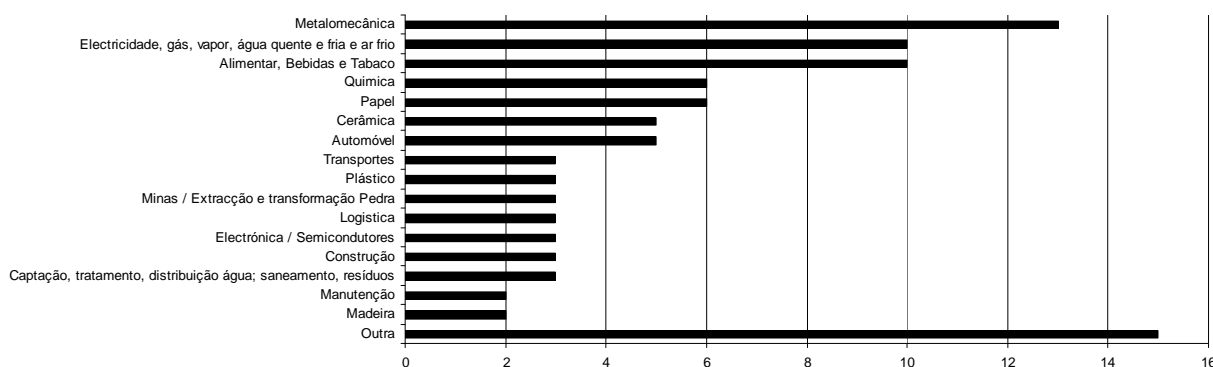
Através do gráfico da Figura 4.1 verifica-se que três indústrias são mais representadas que todas as outras:

- Indústria Metalomecânica com 13 respostas (13,68%),
- Indústria de Electricidade e Frio com 10 respostas (10,52%)
- Indústria Alimentar, Bebidas e Tabaco com 10 respostas (10,52%).

Para além destas indústrias há mais 13 com mais do que uma resposta. Com 6 respostas cada temos a indústria química e a indústria do papel. Com 5 respostas a

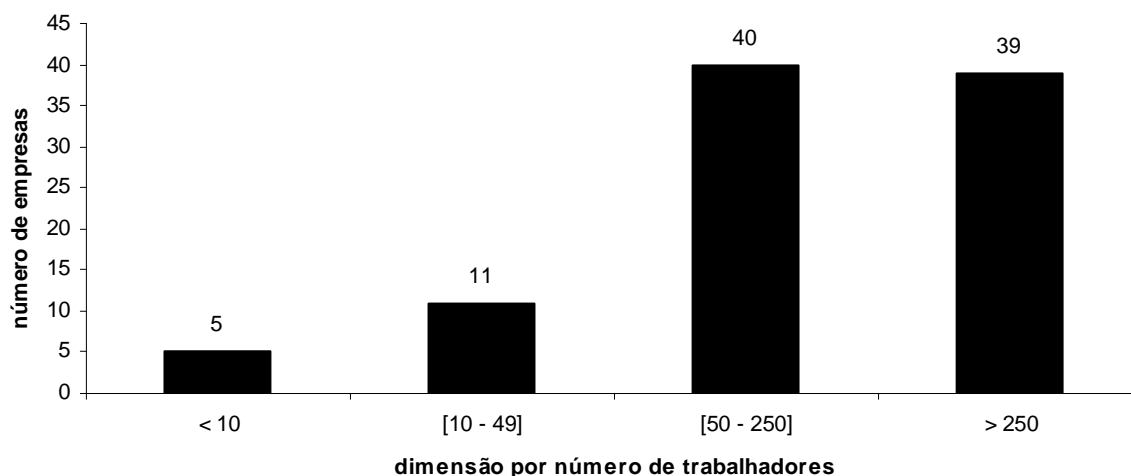
indústria cerâmica e automóvel. Com 3 respostas cada temos um conjunto de indústrias: transportes, plásticos, extracção, logística, electrónica, construção. Finalmente com 2 respostas cada, temos as indústrias de madeira e a manutenção. Há também um conjunto de 15 respostas dispersas por indústrias diversas: cimento, aluguer de equipamentos de elevação, têxtil, comércio de vestuário, mobiliário, sinalização ferroviária (concepção, instalação e manutenção), serralharia & electricidade, *software*, ensino politécnico, ferramentas de corte, revestimentos anti-desgaste, biocombustíveis, indústria de embalagens flexíveis (para indústria alimentar, cosmética e farmacêutica), farmacêutico, trefilaria.

Figura 4.1 - Distribuição por indústria dos questionários respondidos



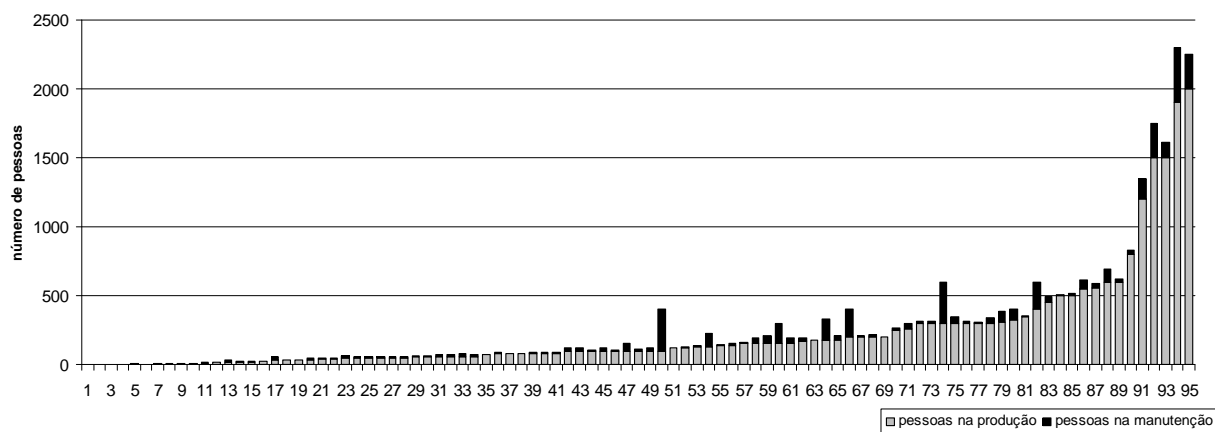
A distribuição das organizações por dimensão, estabelecida com base no número de trabalhadores, está expressa no gráfico da Figura 4.2. Destacam-se dois grandes grupos muito semelhantes. As empresas com mais de 250 trabalhadores na sua organização, com 39 representadas neste estudo e as empresas que têm entre 50 e 250 trabalhadores, com 40 empresas presentes neste estudo. Estes 2 grupos de empresas representam 83,15% das empresas.

Figura 4.2 - Número de empresas por dimensão



Relativamente à dimensão dos departamentos operacionais de produção e de manutenção, pelo número de pessoas que neles directamente trabalham, as distribuições encontradas foram concentradas no gráfico seguinte:

Figura 4.3 - Número de pessoas nos departamentos de produção e de manutenção



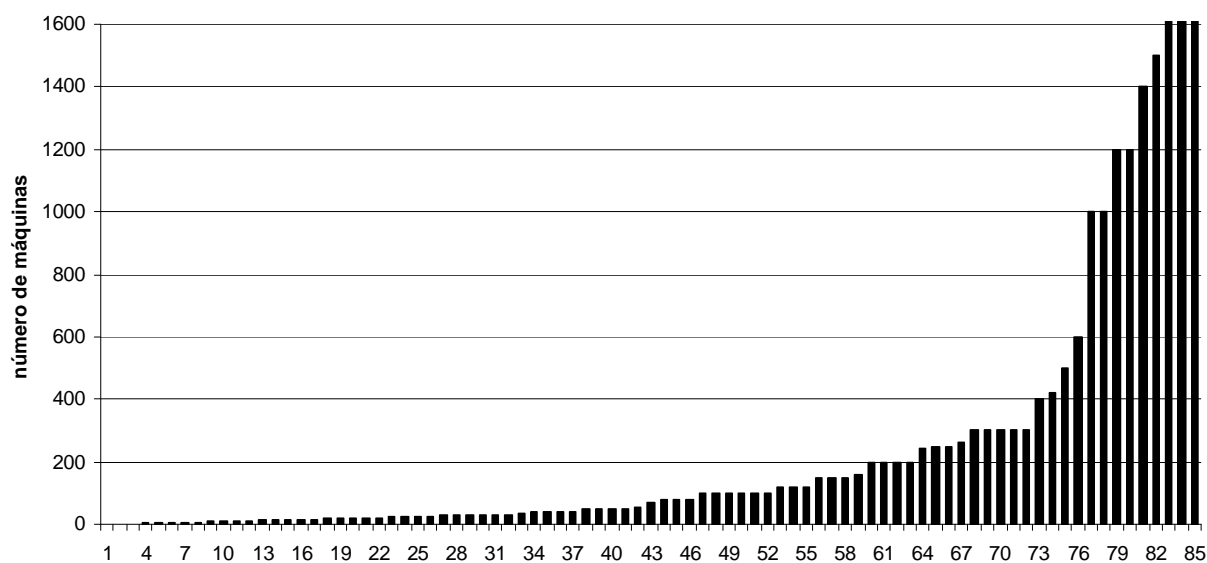
Observa-se que não existe uma relação directa linear entre o número de trabalhadores na produção e o número de trabalhadores na manutenção. De referir os casos díspares de uma empresa com 100 trabalhadores na produção e 300 na

manutenção, que pode ser resultado de um erro de preenchimento, e de outra com 2000 trabalhadores na produção e 250 na manutenção.

No gráfico da Figura 4.4 não se visualiza o topo das três últimas colunas pois são demasiado díspares de todas as outras e foram colocadas fora da escala do gráfico. São por ordem de grandeza 5000, 21500, 800000 máquinas com manutenção regular. Estes três casos específicos, por fugirem completamente do patamar em que as outras se encontram, são aqui individualizados no Quadro 4.1.

Como a questão relativa ao número aproximado de máquinas com manutenção regular não era de resposta obrigatória o gráfico só apresenta 85 barras, correspondentes às respostas a esta questão.

Figura 4.4 - Número de máquinas com manutenção regular



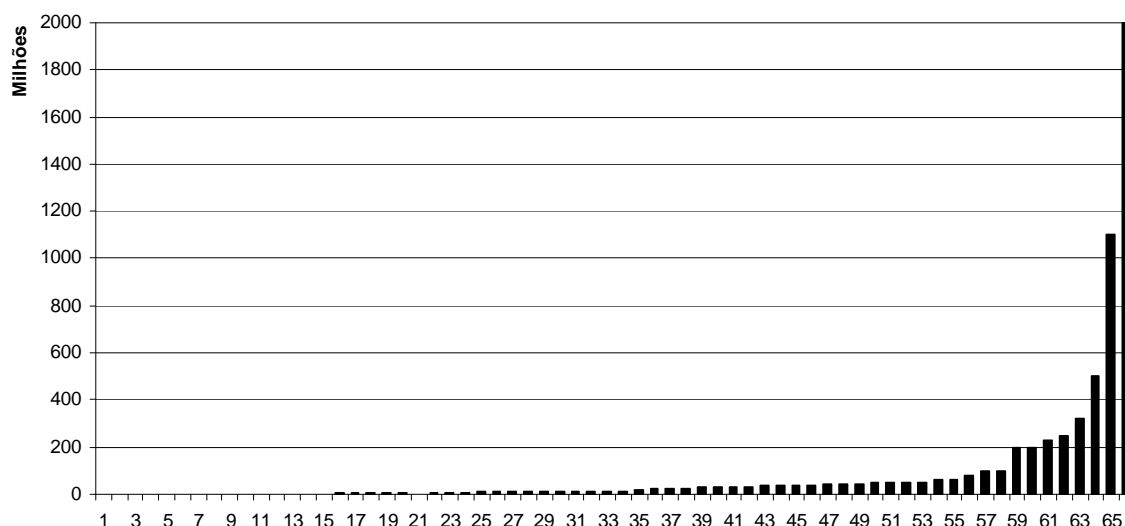
Quadro 4.1 - Casos com maior número de máquinas com manutenção regular

Indústria	Sector	Número de máquinas com manutenção regular
Metalomecânica	Metalomecânica, Manutenção, Transportes	5 000
Papel	Produção de Pasta e Papel	21 500
Electricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	Instalação e Manutenção de Instalações Técnicas de AVAC	800 000

A última característica relativa às organizações onde os inquiridos trabalhavam relacionava-se com o volume de negócios de cada uma.

A questão relativa ao volume de negócios das empresas também era uma das questões de resposta não obrigatória. Vinte e oito (28) não responderam e uma (1) foi retirada do conjunto de respostas consideradas por erro de preenchimento. São assim apresentados 65 respostas relativas aos volumes de negócios das organizações que variam entre 75 mil € e 200 milhões de €.

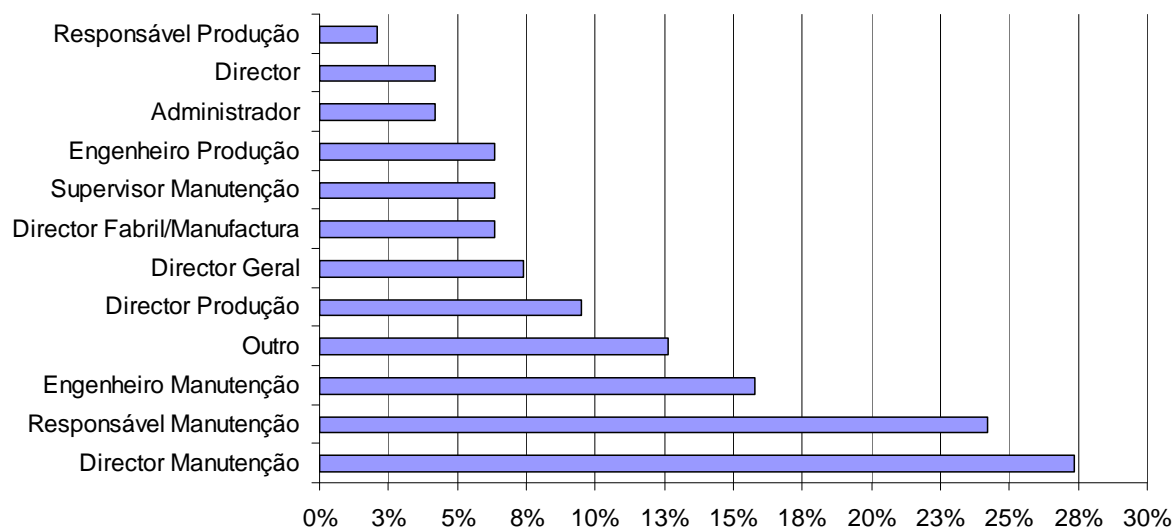
Figura 4.5 - Volume de negócios das organizações dos inquiridos (Milhões €)



Dos profissionais que responderam ao inquérito, 62,5% têm funções exclusivas ligadas à manutenção, sendo que os restantes têm funções mais abrangentes: director,

director geral, director de produção/fábrica, administrador. No gráfico da Figura 4.6 podemos ver as funções de todos os que responderam ao questionário.

Figura 4.6 - Distribuição dos inquiridos por função ocupada na organização



Outro: Técnico Segurança, Assessor Manutenção, Técnico Manutenção, Director ID+i, ESP-Eficácia dos Sistemas Produção, Project Manager

A distribuição das respostas aos questionários por género é ainda mais desequilibrada que a relativa aos envios dos questionários. No envio a relação era de 85% homens para 11% mulheres. No total de questionários respondidos a relação foi de 95,79% homens e 4,21% mulheres.

Finalmente, analisando a última questão relacionada com os inquiridos, as habilitações literárias, verifica-se que a grande maioria tem formação superior.

Quadro 4.2 - Habilitações literárias dos inquiridos

Habilitações	Número
12 ^o ano	5
Licenciatura	62
Mestrado	18
Doutoramento	2
Outra	8

Por último fazemos uma análise aos comentários e sugestões feitos no final do questionário em local próprio para o efeito. De todos os 95 questionários completos, 31 foram objecto de comentário final por parte dos inquiridos (32,63%). Havendo três referências à extensão do inquérito e ao grande número de indicadores apresentados, a maioria dos comentários são feitos a dar sugestões de outros indicadores não presentes no questionário e que também faria sentido estudar, ou que esses inquiridos utilizam: *Avaliação de desempenho individual (ascendente e descendente), nível de competências do departamento, horas lançadas/horas pagas, Cadastro da máquina, prazo de entrega de peças de reserva, manutabilidade, número de incidentes ambientais devido à falha de equipamento, disponibilidade electromecânica, percentagem de contribuição individual para o total das manutenções.*

4.3 Análise das variáveis individuais

São apresentados seguidamente as tabelas com os resultados da análise de *clusters* efectuada a cada uma das 124 variáveis (indicadores). Existem dois quadros para cada uma das características dos indicadores, sobre as quais foi pedida a opinião aos inquiridos: FU – Frequência de Utilização da medida, VP – Valor Predictivo da medida e DI – Disponibilidade da Informação para o uso desse indicador. Desses dois quadros de cada característica, uma corresponderá às medidas às quais foi dada uma maior classificação e outra às medidas às quais foi atribuída uma menor classificação. Como este estudo incidiu sobre uma grande quantidade de indicadores, as tabelas completas com todos os resultados são apresentadas em Apêndice.

Nas duas tabelas seguintes 4.3a e 4.3b, apresentam-se os resultados relativos à frequência de utilização dos indicadores de performance pelos profissionais de

manutenção. Do mesmo modo que nos seguintes conjuntos de tabelas, aparece na primeira coluna o número do *cluster* ao qual a medida pertence, na segunda coluna o nome da medida, na terceira coluna o número de ordem da medida no questionário, na quarta coluna o grupo ao qual a medida pertence agregado ao seu número de ordem dentro desse grupo e na quinta coluna é apresentada a média das respostas de todos os inquiridos. Quadros completos no Apêndice C (Quadros C.1, C.2 e C.3 terão mais 2 colunas cada com os respectivos desvios padrões e coeficientes de variação).

Neste primeiro quadro verifica-se que o peso dos indicadores relativos aos custos se revelou mais baixo do que o esperado. De entre os 52 indicadores mais utilizados, presentes nos *clusters* 1 e 2, somente 9 pertencem ao grupo dos *Custos Gerais* – CUS (17,31%). Só 9 em 22 indicadores desse grupo dos *Custos Gerais*, pertencem aos *clusters* dos mais utilizados pelos profissionais inquiridos (mesmo se considerarmos indicadores de outros grupos com valor monetário como unidade de medida, obtemos só 28,85% do total de indicadores mais utilizados). Significa que as empresas já utilizam outro tipo de indicadores além dos relacionados com os custos, o que confirma a tendência apresentada pela literatura. Não podemos, no entanto, deixar de referir que, apesar disso, o indicador mais utilizado é o *Orçamento de Manutenção*.

Quadro 4.3a – Clusters relativos aos indicadores com maior Frequência de Utilização

<i>Cluster</i>	Medida	Ordem	Grupo	Média de FU
1	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,83
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,74
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,69
	Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	3,62
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,6
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	3,56
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,52
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,52
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,51
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,51
	Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,46
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	3,45
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,43
	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,41
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,41
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,41
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3,4
	Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3,4

Quadro 4.3a – *Clusters* relativos aos indicadores com maior Frequência de Utilização (continuação)

<i>Cluster</i>	<i>Medida</i>	<i>Ordem</i>	<i>Grupo</i>	<i>Média de FU</i>
2	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,36
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,36
	Capacidade de manutenção (horas)	10	EQU10	3,34
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,33
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,33
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,32
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,31
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,3
	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,28
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,27
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	3,23
	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	3,23
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	EQU6	3,22
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,22
	Satisfação dos técnicos de manutenção	13	EQU13	3,21
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	3,21
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,21
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	3,2
	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	3,17
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,17
	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,15
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,15
	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	3,13
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	EQU14	3,12
	Consumo energético para cada máquina	25	MAQ1	3,12
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	3,12
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	3,12
	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,11
	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3,1
	Custo de manutenção não planeada	75	EST9	3,1
	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	3,1
	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	97	CUS16	3,06
	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,05
	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	EQU1	3,04

Pelo contrário, é sem surpresa que verificamos que os indicadores que pertencem ao grupo MAQ (*Máquinas e Equipamentos*) se encontram entre os mais utilizados numa proporção de 17 em 28 dos deste grupo (60,71%). Este conjunto de indicadores relacionados directamente com máquinas e equipamentos representam também 32,69% dos indicadores mais utilizados. Este facto, conjugado com uma baixa

utilização de indicadores do grupo *Custos Gerais*, traduz um pendor muito operacional dos profissionais que responderam ao questionário.

Um dos indicadores que pode causar alguma surpresa estar no *cluster 1* dos indicadores mais utilizados é a *Flexibilidade da equipa de manutenção*. No entanto a sua utilização reflecte o facto das equipas de manutenção terem constantemente que se adaptar às voláteis necessidades do seu cliente principal que é a produção e cada vez com menos recursos próprios da manutenção interna.

Em relação a um indicador muito referenciado na literatura (Figura 2.1), *OEE – Overall Equipment Effectiveness*, constatamos a sua ausência dos indicadores mais utilizados. Como já analisámos anteriormene, os indicadores mais utilizados têm um grande pendor não económico. A aparente dissonância destes dois factos, pode explicar-se pelo facto de o OEE ser um indicador técnico/organizacional, ou seja, dá-nos informação sobre a eficácia de uma máquina, linha ou processo, mas recorrendo a informação conjunta da manutenção e da produção, o que o transforma em informação de difícil gestão.

Finalmente, encontramos dois dos três indicadores do grupo OUT entre os mais utilizados, a saber: *Política ambiental implementada / planeada* e *Consumo energético por unidade produzida*. Isto reflecte as preocupações ambientais das organizações, incluindo o segundo indicador, que acumula as questões da sustentabilidade global, com as questões de eficiência do processo com reflexos directos no lucro.

Quadro 4.3b – Clusters relativos aos indicadores com menor Frequência de Utilização

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de FU
4	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	2,69
	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	108	TAR5	2,68
	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122	OUT01	2,68
	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	2,67
	Custos das perdas por paragem	93	CUS12	2,66
	Número de serviços externos efectuados	80	EST14	2,64
	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83	CUS2	2,61
	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32	MAQ8	2,59
	Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,57
	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	2,57
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,56
	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	2,55
	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,52
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,52
	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,52
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	EQU2	2,51
	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22	EQU22	2,49
	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,49
	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,49
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,49
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,48
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	EQU9	2,46
	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,46
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,46
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	EQU12	2,45
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,45
	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,45
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	2,43
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,36
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,36
5	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	EQU3	2,3
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,28
	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,28
	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,23
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,2
	Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,2
	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,12
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,09
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,06
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,03
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	1,91
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	1,89

Verificamos, sem surpresas, que relativamente a Frequência de Utilização, nos *clusters* com os indicadores menos utilizados, se encontra uma grande percentagem de

indicadores pertencentes ao grupo PRO (*Relação Produção / Manutenção*). Em 12 indicadores no *cluster 5* são deste grupo e em 30 indicadores no *cluster 4*, seis são também do grupo PRO. Como neste grupo existem 14 indicadores, verificamos que 11 (78,57%) deles são pouco utilizados pelos inquiridos.

No *cluster 5*, que contém o conjunto de indicadores menos utilizados, não achamos nenhum do grupo MAQ (*Máquinas e Equipamentos*) ou do grupo EST (*Estratégias de Manutenção*), o que iremos ver confirmado pela hierarquização dos grupos (Quadro 4.6), onde estes dois são aqueles a quem os inquiridos deram o maior valor predictivo, estando também entre os três mais utilizados. O objecto principal do trabalho da manutenção são as máquinas, servido por estratégias de distribuição dos recursos e gestão de oportunidades, para as manter em funcionamento. Para este grupo de inquiridos parece ser por aqui que tudo começa, ou onde se concentram os esforços principais da manutenção.

O indicador menos utilizado é o *Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas* que traduz também o pouco valor predictivo atribuído pelos inquiridos a esta medida, como se poderá ver no Quadro 4.4b.

Quadro 4.4a – Clusters relativos aos indicadores com maior Valor Predictivo

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de VP
1	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,88
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,87
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,8
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,8
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,79
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,79
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,72
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,69
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,69
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	3,68
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,67
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,67
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	3,66
	Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3,61
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	3,6

Quadro 4.4a – Clusters relativos aos indicadores com maior Valor Predictivo (continuação)

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de VP
	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,59
	Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,59
	Capacidade de manutenção (horas)	10	QUE10	3,57
	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,57
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,57
	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	3,57
	Custo de manutenção não planeada	75	EST9	3,57
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,56
	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	3,56
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3,55
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,55
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,54
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,53
	Consumo energético para cada máquina	25	MAQ1	3,5
	Satisfação dos técnicos de manutenção	13	QUE13	3,49
	Registo de acidentes de trabalho	23	QUE23	3,49
	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52	MAQ28	3,49
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,48
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,48
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	3,47
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	3,47
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,47
2	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,47
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	3,46
	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	97	CUS16	3,46
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,45
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	QUE8	3,44
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	QUE14	3,43
	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,43
	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,39
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	3,39
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,39
	Qualidade dos procedimentos de manutenção	119	ORG8	3,39
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,38
	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120	ORG9	3,38
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	QUE6	3,37
	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3,37
	Tempo médio de reparação para cada máquina – MTTR	46	MAQ22	3,37
	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	107	TAR4	3,36
	Custos das perdas por paragem	36	MAQ12	3,35
	Tempo médio até à falha para cada máquina – MTTF	45	MAQ21	3,34
	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	3,33
	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,32
	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	3,28

A percepção que os inquiridos têm do valor predictivo que cada indicador terá relativamente à performance futura da manutenção, poderá guiar os esforços na

obtenção de determinada informação em detrimento de outra. Todos os indicadores têm informação que pode ser aproveitada para a gestão, mas como já vimos, a utilização de indicadores a mais é problemático e leva à impossibilidade de gestão do sistema de medição global.

O indicador *Orçamento de Manutenção* é o que tem maior Valor Predictivo atribuído, seguindo assim a Frequência de Utilização onde também era o indicador mais utilizado. De facto, se o orçamento de manutenção for elaborado com base, obviamente no histórico, mas principalmente num conjunto de indicadores que a organização utilize, analisando as suas tendências, pode conter uma súmula da performance prevista para o período a que se destina o orçamento.

Nos dois *clusters* que indicam maior valor predictivo atribuído (Quadro 4.4^a), encontram-se 75% dos indicadores do grupo MAQ (*Máquinas e Equipamentos*) e 53,3% dos indicadores do grupo EST (*Estratégias de Manutenção*).

Quadro 4.4b – *Clusters* relativos aos indicadores com menor Valor Predictivo

<i>Cluster</i>	Medida	Ordem	Grupo	Média de VP
4	Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	17	QUE17	2,94
	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122	OUT01	2,91
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,9
	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83	CUS2	2,9
	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,88
	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,87
	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,87
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,87
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	QUE2	2,86
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,85
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,83
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	QUE19	2,82
	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,81
	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,79
	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	QUE3	2,73
	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22	QUE22	2,72
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,71
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,68

Quadro 4.4b – Clusters relativos aos indicadores com menor Valor Predictivo (continuação)

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de VP
5	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,64
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,64
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	QUE12	2,63
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,63
	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,6
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,6
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	QUE9	2,56
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	QUE24	2,52
	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,5
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	2,48
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,47
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,46
	Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,38
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	2,27

Relativamente aos indicadores do grupo PRO (*Relação Produção / Manutenção*), continua a haver uma grande percentagem à qual os inquiridos não atribuem grande valor. No entanto, se compararmos com a Frequência de Utilização, a percentagem é menor: passou de 11/14 (78,57%) na FU e agora 4/14 (28,57%) em VP.

Quadro 4.5a – Clusters relativos aos indicadores com maior Disponibilidade de Informação

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de DI
1	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	QUE7	3,84
	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	QUE1	3,82
	Registo de acidentes de trabalho	23	QUE23	3,8
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,71
	Formação ano (horas)	16	QUE16	3,7
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,7
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	QUE5	3,69
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	QUE8	3,69
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,69
	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,68
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,66
	Capacidade de manutenção (horas)	10	QUE10	3,63
	Taxas absentismo na equipa de manutenção	4	QUE4	3,61
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,61
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,6
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	QUE6	3,56
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,56
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	3,55
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	3,55
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,52
Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,52	

Quadro 4.5a – Clusters relativos aos indicadores com maior Disponibilidade de Informação (continuação)

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de DI
2	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,49
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	QUE2	3,48
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,48
	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,48
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3,46
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,46
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,45
	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,44
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,41
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,41
	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	3,39
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	QUE11	3,38
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,38
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	3,36
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,36
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,36
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,34
	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	3,33
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,33
	Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3,33
	Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	18	QUE18	3,32
	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	97	CUS16	3,32
	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,29
	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,28
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	3,27
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,27
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	QUE14	3,26
	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,24
	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	3,24
	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78	EST12	3,24
	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79	EST13	3,23
	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3,21
	Tempo médio de reparação para cada máquina – MTTR	46	MAQ22	3,21
Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	3,21	
Custo de manutenção não planeada	75	EST9	3,2	
Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76	EST10	3,2	

Os indicadores que encabeçam esta lista em relação à disponibilidade de informação são os indicadores com informação necessária também noutras áreas da organização, como a produção e os recursos humanos (processamento salarial, diuturnidades, seguradoras, ministério do trabalho), justificando assim a existência dessa informação. Esses indicadores são:

- *Custo de mão-de-obra de manutenção (€)*, valores necessários ao processamento salarial, contratos, atribuição de prémios, etc, bem como para a manutenção na distribuição de custos de todas as acções efectuadas pelos técnicos de manutenção.
- *Antiguidade dos técnicos de manutenção*, sendo que esta informação terá uma frequência de variação baixa (caso a taxa de rotação dos técnicos seja baixa), é também necessária para a atribuição de diuturnidades, que é feita no processamento salarial, para a atribuição de prémios, etc, bem como para o caso da manutenção para prever as capacidades e flexibilidade da manutenção tendo em conta a experiência dos seus técnicos.
- *Registo de acidentes de trabalho* é uma obrigatoriedade legal, daí a elevada disponibilidade dessa informação. A organização é obrigada a ter este registo actualizado.
- *Formação ano (horas)* que agora também tem exigências legais anuais a cumprir.

Os outros 2 indicadores que formam o conjunto dos seis indicadores com informação mais disponível são a *Quantidade produzida por máquina* e a *Taxa de utilização de cada máquina*. Estes dois indicadores, para além de serem utilizados pela manutenção são a base do planeamento e programação da produção.

Quadro 4.5b – Clusters relativos aos indicadores com menor Disponibilidade de Informação

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de DI
4	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	2,85
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	QUE12	2,84
	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	2,83
	Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	2,82
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,81
	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	2,79
	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,77
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,77
	Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,76
	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	2,73
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,73
	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,73
	Custos das perdas por paragem	93	CUS12	2,73
	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,73
	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,72
	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,71
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,7
	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32	MAQ8	2,64
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,64
	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,62
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,61
Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,61	
Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	QUE24	2,52	
Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,52	
Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,5	
Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,49	
5	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,45
	Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,43
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,29
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,27
	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,23
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	2,17
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	2,05

Finalmente em relação à menor disponibilidade de informação, encontramos a razão para a pouca utilização dos indicadores do grupo PRO (*Relação Produção / Manutenção*). Doze dos quatorze indicadores deste grupo (85,71%) encontram-se nos *clusters* 4 e 5 o que indica que são indicadores com pouca disponibilidade de informação. Olhando para três destes indicadores, *Litígios entre operadores e técnicos de manutenção*, *Inquéritos aos operadores das máquinas*, *Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores*, verificamos que a baixa disponibilidade de informação

está relacionada como o facto de a recolha de dados ser difícil. Todos obrigam a inquirir os operadores. Um deles, *Litígios entre operadores e técnicos de manutenção*, obriga a inquirir operadores e técnicos. São também indicadores de constituição mista: quantitativos e qualitativos.

Analisando agora, comparativamente, o resultado das médias das características FU, VP e DI para os grupos de indicadores verificamos alguma constância de *ranking* entre as diferentes categorias para um mesmo grupo, excepto no caso do grupo *Equipa de Manutenção* que está em quarto na Frequência de Utilização e Valor Predictivo, mas que é o grupo classificado com maior Disponibilidade de Informação. Vamos confirmar mais à frente que este grupo de indicadores é menos utilizado que o previsto pelo modelo de regressão linear proposto para explicar a frequência de utilização dos indicadores.

Quadro 4.6 – *Ranking* dos grupos em que foram agrupados os indicadores

GRUPOS de Indicadores	FU média	<i>Ranking</i>	VP média	<i>Ranking</i>	DI média	<i>Ranking</i>
MAQ - Máquinas e Equipamentos	3,1	1	3,42	1	3,25	2
OUT - Outras	3,04	2	3,29	3	3,24	4
EST - Estratégias de Manutenção	2,99	3	3,37	2	3,24	3
EQU - Equipa de Manutenção	2,95	4	3,16	4	3,32	1
CUS - Custos Gerais	2,93	5	3,15	5	3,06	5
ORG - Organização da Manutenção	2,7	6	3,12	6	2,9	6
TAR - Acções de Tarefas de Manutenção	2,67	7	3,05	7	2,9	7
PRO - Produção VS Manutenção	2,52	8	2,85	8	2,7	8

4.4. Análise do perfil de utilização dos indicadores de performance

Efectua-se agora a análise do perfil de utilização dos indicadores de performance utilizando o modelo de regressão linear múltipla anteriormente apresentado, no capítulo da metodologia.

$$FU_i = \alpha_0 + \alpha_1 VP_i + \alpha_2 DI_i + e_i$$

em que,

FU_i – Média dos valores atribuídos ao indicador i relativamente a FU

VP_i – Média dos valores atribuídos ao indicador i relativamente a VP

DI_i – Média dos valores atribuídos ao indicador i relativamente a DI

e_i – Variável representativa do erro residual

α_0, α_1 e α_2 – Parâmetros da regressão

A utilização do modelo de regressão requer a verificação de um conjunto de pressupostos. Esses pressupostos foram verificados e os resultados são apresentados no Apêndice D.

Analisando os resultados da regressão (Quadro 4.7), verificamos que o modelo atrás apresentado explica a Frequência de Utilização dos indicadores de performance ($R^2 = 0,94$), sendo significativos ($\alpha = 0,01$) os dois coeficientes α_1 e α_2 das variáveis exógenas, Valor Predictivo (VP) e Disponibilidade de Informação (DI).

Quadro 4.7 – Extracto dos resultados estatísticos relativos ao modelo

	R	R ²	Std. Error of the Estimate	
	0,97	0,94	0,10	
	Unstandardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error		
(Constant)	-0,70	0,08	-8,58	0,00
MdVP	0,71	0,05	14,37	0,00
MdDI	0,43	0,05	9,07	0,00

Como estamos a analisar um perfil de comportamento, vamos também analisar os desvios desse mesmo comportamento, representado pelo modelo:

$$FU = - 0,7 + 0,71 VP + 0,43 DI$$

As observações fora do intervalo de confiança para um nível de significância de $\alpha = 0,10$ são apresentadas no Quadro 4.8. De todas estas observações, as que têm erro de sinal positivo são mais utilizadas do que o previsto pelo modelo, as que têm sinal negativo são menos utilizadas pelo modelo.

Constata-se que, de entre os 11 indicadores mais usados que o previsto pelo modelo, se encontram 8 do grupo dos *Custos* o que pode significar que este tipo de indicador ainda apresenta um peso significativo nos comportamentos de medição da manutenção, isto apesar de termos verificado que a quantidade de indicadores do grupo dos custos entre os mais utilizados não era muito elevado.

Entre os indicadores menos utilizados que o previsto, predominam indicadores de dois grupos. Do grupo *Estratégias de Manutenção* e do grupo *Equipa de Manutenção*. No caso do grupo de indicadores *Equipa de Manutenção* este facto pode ser cruzado com aquele que foi encontrado e exposto no Quadro 4.6 em que foram hierarquizados os grupos e não os indicadores individuais. Aí verificamos que o grupo *Equipa de Manutenção* tem o mesmo *ranking* na Frequência de Utilização e no Valor Predictivo: estão em 4º nestas duas características, mas são o primeiro grupo na Disponibilidade de Informação.

Quadro 4.8 – Erros residuais estandardizados significativos ($\alpha=0,10$)

Indicador	Ordem	Grupo	Erro estandardizado
Erros residuais positivos (indicadores mais utilizados)			
Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	2,459
Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	2,135
Orçamento de Manutenção	85	CUS4	1,997
Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	1,973
Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	1,670
Custo de gestão de sucata	82	CUS1	1,665
Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	1,576
Custo total das peças de reserva	89	CUS8	1,557
Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	1,329
Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	1,320
Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	1,287
Erros residuais negativos (indicadores menos utilizados)			
Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	EQU2	-2,978
Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	EQU3	-2,503
Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	-2,054
Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	-1,832
Número de serviços externos efectuados	80	EST14	-1,774
Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	-1,611
Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	-1,535
Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	EQU1	-1,514
Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78	EST12	-1,500
Formação ano (horas)	16	EQU16	-1,493
Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79	EST13	-1,487
Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	-1,355
Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	-1,312
Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	-1,161
Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	-1,130

4.5. Análise do indicador GAP

Para verificar a menor utilização relativa de indicadores, iremos analisar a relação ente o valor predictivo e a disponibilidade de informação para cada um dos 124 indicadores, utilizando o indicador:

$$GAP_i = (VP_i - DI_i) VP_i$$

em que,

GAP_i = GAP para o indicador i

VP_i = Média dos valores Predictivos do indicador i

DI_i = Média da Disponibilidade de Informação do Indicador i

Quanto maior for o valor de GAP maior será a diferença entre o seu valor predictivo e a disponibilidade de informação para o calcular, ou seja haverá pouca informação disponível para o seu cálculo relativamente ao valor predictivo atribuído a esse indicador.

Quanto menor for (negativo) o valor de GAP verifica-se que há excesso de informação para o valor predictivo dado a esse indicador.

Os 124 indicadores ordenados por valor decrescente de GAP estão divididos em dois grupos. Indicadores com GAP menor que zero (Quadro 4.9a) e indicadores com GAP maior ou igual a zero (Quadro 4.9b).

Nos 31 indicadores cujo GAP é inferior a zero há uma ligeira tendência que indica a existência de informação em excesso. No entanto os valores são tão baixos que podemos dizer que é residual a existência dessa informação em excesso.

Quadro 4.9a – Indicadores cujo GAP é menor que zero

Ordem	Medidas	Medida	GAP
94	Política ambiental implementada / planeada	123 OUT2	-0,03
95	Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	17 EQU17	-0,06
96	Custo total de manutenção / custo total das vendas	90 CUS9	-0,06
97	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83 CUS2	-0,09
98	Formação ano (horas)	16 EQU16	-0,11
99	Custo de gestão de sucata	82 CUS1	-0,12
100	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78 EST12	-0,13
101	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79 EST13	-0,13
102	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122 OUT1	-0,15
103	Capacidade de manutenção (horas)	10 EQU10	-0,21
104	Custo total das peças de reserva	89 CUS8	-0,21
105	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81 EST15	-0,26
106	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103 CUS22	-0,27
107	Idade das instalações e do equipamento	26 MAQ2	-0,28
108	Idade de cada máquina	27 MAQ3	-0,28
109	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115 ORG4	-0,36
110	Número de serviços externos efectuados	80 EST14	-0,4
111	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22 EQU22	-0,41
112	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12 EQU12	-0,55
113	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19 EQU19	-0,59
114	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6 EQU6	-0,64
115	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62 PRO10	-0,64
116	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7 EQU7	-0,66
117	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8 EQU8	-0,86
118	Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	18 EQU18	-0,88
119	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3 EQU3	-0,98
120	Registo de acidentes de trabalho	23 EQU23	-1,08
121	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9 EQU9	-1,1
122	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2 EQU2	-1,77
123	Taxas absentismo na equipa de manutenção	4 EQU4	-1,83
124	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1 EQU1	-2,01

Em relação aos indicadores com GAP positivo do quadro 4.9b, que são 93 do total de 124 indicadores, também nos deparamos com uma situação semelhante. A

amplitude é tão pequena [1,51 ; 0], que temos alguma dificuldade em analisar a informação de modo a conseguir distinguir uns casos dos outros. Colocámos no quadro 4.9b, somente 20 indicadores, os 10 maiores e os 10 menores, para dar uma ideia da proximidade entre eles. Conjunto completo destes indicadores no Quadro C.4 do Apêndice C.

Pela baixa amplitude deste indicador, optou-se por não efectuar uma análise de *clusters* sobre este conjunto de 93 indicadores com GAP maior ou igual a zero e olharmos somente sobre o primeiro grupo de 10 (com GAP mais elevado), e analisar em particular alguns que considerámos mais significativos.

O primeiro, *Consumo energético para cada máquina*, revela as preocupações actuais em relação à eficiência energética e eficiência de cada equipamento, mas choca com a realidade física das nossas empresas. Para obter os dados para o cálculo deste indicador para uma unidade fabril e para cada máquina, os custos seriam proibitivos. Este é um caso típico em que a custo de aquisição da informação passa em muito o valor que ela nos iria trazer. Se olharmos para o gráfico da Figura 4.4 verificamos a quantidade de contadores de energia que seriam necessários, na maior das empresas em causa, para obter esta informação de todas as máquinas.

O segundo indicador, *Custos das perdas por paragem*, é também muito valorizado, mas há pouca informação disponível para o seu cálculo. Muito provavelmente porque o valor/hora de cada equipamento parado, sem produzir, não tem uma definição pacífica, para além de volátil, e é um valor necessário para o cálculo deste indicador. A parte fácil de obter são os tempos de paragem, o que ainda assim obriga a ter registos para todos os equipamentos em que se deseja calcular este indicador.

Os indicadores *Custo de manutenção não planeada* e *Custo da manutenção preventiva / Custo da manutenção*, têm um valor de GAP elevado, não pela indisponibilidade de informação, que em relação aos outros indicadores é elevada, mas porque este tipo de indicador é normalmente a base para muitas das análises tradicionais aos departamentos de manutenção e, portanto, há que ter a informação disponível para o efeito: quanto custou a manutenção preventiva? Quanto custou a manutenção curativa? (que deverá ser a quase totalidade da manutenção não planeada) Que tipo de manutenção se anda a fazer e qual o seu custo?

O GAP surpreendentemente elevado do indicador *Perdas (de velocidade) nas máquinas*, em relação a muitos outros deste estudo, só pode ser atribuído ao baixo valor atribuído a este indicador por parte dos inquiridos, que são profissionais de manutenção e em que a velocidade das máquinas é uma condição que só será objecto de análise quando as avarias, paragens e tempo total de indisponibilidade não forem a preocupação dominante. Dito de outro modo, as perdas de velocidade não são o maior problema destes inquiridos.

Finalmente olhamos para o indicador *OEE – Overall Equipment Effectiveness*. O GAP elevado para o OEE corrobora a relativamente baixa Frequência de Utilização deste indicador analisada anteriormente. É-lhe atribuído um valor predictivo alto mas também há grande dificuldade em ter informação disponível para o seu cálculo. É um indicador composto por três componentes, em relação à entidade que se está a controlar, seja um equipamento, seja um conjunto de equipamentos ou uma unidade fabril. Esses três componentes individuais para o cálculo do OEE multiplicam a dificuldade de aquisição da informação, mas tornam o indicador mais rico, tornado o seu valor predictivo mais elevado.

Quadro 4.9b – Indicadores cujo GAP é maior ou igual a zero

Ordem	Medidas	Medida	GAP
1	Consumo energético para cada máquina	25 MAQ1	1,51
2	Custos das perdas por paragem	36 MAQ12	1,51
3	Custo de manutenção não planeada	75 EST9	1,32
4	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32 MAQ8	1,22
5	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73 EST7	1,21
6	Satisfação dos técnicos de manutenção	13 EQU13	1,19
7	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52 MAQ28	1,19
8	Fiabilidade para cada máquina	29 MAQ5	1,18
9	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72 EST6	1,14
10	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120 ORG9	1,12
84	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64 PRO12	0,13
85	Custos operacionais por técnico de manutenção	21 EQU21	0,09
86	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92 CUS11	0,06
87	Custo médio por ordem de reparação	105 TAR2	0,06
88	Percentagem de orçamento da manutenção para pessoal	20 EQU20	0,03
89	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99 CUS18	0,03
90	Flexibilidade da equipa de manutenção	5 EQU5	0
91	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24 EQU24	0
92	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66 PRO14	0
93	Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76 EST10	0

A análise e estudos mais aprofundados, em relação a este indicador GAP para cada organização, ajuda a orientar os recursos internos gastos na recolha de dados para o cálculo de indicadores, no sentido de medir aquilo que tem valor.

4.6. Análises comparativas entre indústrias

Dado o conjunto de respostas recebidas, foi possível identificar 3 grupos distintos (Quadro 4.10), com significado para alguma análise comparativa entre grupos / indústrias

Quadro 4.10 – Indústrias mais representadas no conjunto global de respostas

Indústria	Número de respostas
Metalomecânica	13
Alimentar, Bebidas e Tabaco	10
Electricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio	10

Tendo já efectuado os testes estatísticos de validação nos dados agregados, voltámos a fazer uma análise de *cluster* para cada um destes grupos de questionários. Este processo de comparação de indústrias incidiu somente sobre a frequência de utilização dos indicadores e não sobre as outras características da informação (Valor Predictivo e Disponibilidade de Informação). Assim, foram recalculados os *clusters* de distribuição de utilização dos indicadores por aquelas três indústrias. Para avaliar se o facto de um conjunto de respostas pertencer a uma determinada indústria (de entre as três analisadas) era significativo, introduziu-se no modelo uma variável binária (0 para uma indústria, 1 para a outra indústria) conforme referido na metodologia.

Das três comparações efectuadas, **Metalomecânica / Alimentar**, **Metalomecânica / Eléctrica** e **Alimentar / Eléctrica**, verificou-se que a indústria só não era significativa no caso da comparação entre Indústria Alimentar e Eléctrica. Ver quadros resumo D.2a, D.2b e D.2c no Apêndice D. As diferenças encontradas poderão ser explicadas pelas características específicas desses sectores.

Efectuámos então a comparação em relação aos sectores Metalomecânica e Alimentar. Apresentamos nos Quadros 4.11 e 4.12 os *clusters* relativos à Frequência de Utilização dos indicadores em cada uma das indústrias: *Cluster* 1 indicadores utilizados com maior frequência, *cluster* 5 indicadores utilizados com menor frequência.

No Apêndice C, apresentamos os quadros completos, com os 5 *clusters* (Quadros C.5 e C.6).

Quadro 4.11 - *Clusters* relativos à Frequência de Utilização (FU) dos indicadores para a Indústria Metalomecânica (*Cluster 1* Utiliza com mais frequência, *cluster 5* utiliza com menos frequência)

<i>Cluster</i>	Medidas	ordem	grupo	Média de FU
1	Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	3,77
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,69
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,69
	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,69
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,69
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	3,62
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,62
5	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	2,38
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,38
	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78	EST12	2,38
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,38
	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,31
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,31
	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	71	EST5	2,31
	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	2,31
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,31
	Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,31
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,31
	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,31
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,31
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	EQU9	2,23
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,23
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,23
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,23
	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	98	CUS17	2,23
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	2,23
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,23
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,15
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,08
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2

Quadro 4.12 - *Clusters* relativos à Frequência de Utilização (FU) dos indicadores para a Indústria Alimentar, Bebidas e Tabaco (*Cluster 1* Utiliza com mais frequência, *cluster 5* utiliza com menos frequência)

<i>Cluster</i>	Medida	ordem	grupo	Média de FU
1	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	4,1
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,9
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,9
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,9
	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,9
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	3,7
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,7
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,6
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,6
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,6
5	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	EQU12	1,9
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	1,9
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	1,9
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	1,8
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	1,8
	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	1,7
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	1,6
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	1,5
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	1,4

Para sistematizar a análise comparativa dos dois resultados diferentes, colocámos no quadro seguinte o cruzamento dos indicadores mais utilizados nas duas indústrias.

Quadro 4.13 – Tabela comparativa dos indicadores mais utilizados na Indústria Metalomecânica vs Alimentar (1 – mais utilizado)

		Metalomecânica	Alimentar
Medidas			
Metalomecânica	Registo de acidentes de trabalho	1	
	Quantidade produzida por máquina	2	1
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina	3	
	Orçamento de Manutenção	4	5
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	5	
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	6	
	Formação ano (horas)	7	
Alimentar	Quantidade produzida por máquina	2	1
	Flexibilidade da equipa de manutenção		2
	Taxa de utilização de cada máquina		3
	Custos de reparação para cada máquina		4
	Orçamento de Manutenção	4	5
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção		6
	Consumo energético por unidade produzida		7
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas		8
	Percentagem de equipamentos críticos		9
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos		10

Verificamos que de todos os indicadores mais utilizados somente dois são comuns: *Quantidade produzida por máquina* e *Orçamento de manutenção*.

Parece ter significado, pelo tipo de trabalhos efectuados na indústria Metalomecânica que o indicador mais utilizado seja o *Registo de acidentes de trabalho*. Também a preocupação com *Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)* se enquadra nas metodologias de trabalho da indústria Metalomecânica.

Já em relação aos indicadores menos utilizados por estes dois grupos as coincidências são maiores se olharmos para os 9 indicadores menos utilizados pela indústria Alimentar do quadro 4.14. Destes 9 indicadores encontramos 6 também no *cluster 5* de indicadores menos utilizados pela indústria Metalomecânica, o que totaliza 66,67% do total de indicadores neste *cluster*. No entanto, essa semelhança desfaz-se se utilizarmos como referência o *cluster 5* dos indicadores menos utilizados da indústria

Metalomecânica, pois aqui só encontramos os mesmos 6 indicadores atrás referidos, mas que agora são só 26,08% de todos os indicadores.

Quadro 4.14 – Tabela comparativa dos indicadores menos utilizados na Indústria Metalomecânica vs Alimentar (1 – menos utilizado)

		Metalomecânica	alimentar
Medidas			
Metalomecânica	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	1	
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	2	3
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	3	5
	Número médio de reparações em lista de espera	4	
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	5	2
	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	6	
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	7	
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	8	7
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	9	
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	10	
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	11	
	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	12	
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	13	
	Custo de gestão de sucata	14	
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	15	
	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	16	
	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	17	
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	18	
	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	19	
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	20	6
	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	21	
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	22	
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	23	1
Alimentar	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	23	1
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	5	2
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	2	3
	Inquéritos aos operadores das máquinas		4
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	3	5
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	20	6
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	8	7
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção		8
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção		9

Capítulo 5. Conclusão

Desde a revisão da literatura até à análise dos dados recolhidos pelo inquérito, passando pelos comentários dos profissionais que nele participaram, constatamos que a implementação de sistemas de medição de performance em manutenção, mesmo os que resultam da utilização não estruturada de um conjunto rudimentar de indicadores, é difícil de conseguir.

De igual modo constatamos que as organizações que os implementam obtêm melhores resultados que as outras.

Então porque não implementar algo que dá bons resultados?

Parte da explicação reside no facto de andarmos utilizar aquilo que já está disponível, e não necessariamente aquilo que será melhor para a empresa. Poderá ser esse o motivo de muitas desistências.

Não podendo este estudo ser conclusivo em relação à comparação entre indústrias é pelo menos indicativo, de que as características destas, influenciam as necessidades dos profissionais de manutenção. Vericámos na comparação entre dois sectores industriais, existirem diferenças significativas nos indicadores utilizados para medir a performance da manutenção. Verificámos também que entre outros sectores industriais as diferenças já não são significativas. Esta é uma especificidade – o tipo de indústria/sector - a ser estudada com mais profundidade, pois é determinante nos indicadores a utilizar e no tipo de sistema a implementar para medir a performance da manutenção. Outras características das organizações (inquiridas no questionário e estudadas na revisão da literatura) são também fundamentais na individualização de cada sistema adoptado para cada unidade industrial, a saber: dimensão, número de trabalhadores, número de máquinas com manutenção regular, formação dos

colaboradores. Os sistemas de medição de performance da manutenção e os respectivos indicadores devem ser desenhados especificamente para quem os utiliza e por isso, para cada organização.

Constata-se também que as tecnologias de informação desempenham um papel importante na implementação de sistemas de medição de performance em manutenção. No entanto, se não forem adaptados às necessidades sempre em mudança das organizações e seus profissionais, de modo a lhes dar o que eles necessitam a qualquer momento, poderão dar um contributo negativo.

Verificámos ainda que, na utilização de indicadores de performance, o valor a eles atribuído na previsão futura da performance da manutenção e a dificuldade em ter a informação para o seu cálculo é muito diversa. No entanto, estudos mais aprofundados nesta área poderiam fornecer novos dados às empresas fornecedoras de CMMS, para estarem mais adaptadas às necessidades das organizações.

Suportando-nos em dois dos indicadores estudados neste trabalho, podemos analisar o aspecto da implementação gradual de um sistema de medição de performance, que é um aspecto crítico para o sucesso da sua implementação. Estamos a falar dos indicadores *OEE – Overall Equipment Effectiveness* e *Consumo energético para cada máquina* que são indicadores cuja utilização é muito importante pois tem informação com elevado valor predictivo, conforme os resultados obtidos, mas que no entanto não estão entre os mais frequentemente utilizados. Esta fraca utilização do *OEE* poderá ser atribuída ao facto de ser um indicador composto por um conjunto de medidas, difíceis de manter actualizadas sem a sua recolha estar sistematizada. O caso do indicador *Consumo energético para cada máquina* já é um indicador que se encontra classificado com uma frequência de utilização elevada, mas para tal ser conseguido com uma disponibilidade de informação não muito elevada só é possível

agregando equipamentos: se não existem contadores de energia por cada máquina, registamos a energia por zonas ou quadros gerais de distribuição. Se após a estabilização do sistema de medição de uma zona, for necessário obter informação mais detalhada, podem-se começar a instalar contadores gradualmente, nas máquinas consideradas mais críticas.

Estudámos na revisão da literatura que a disponibilidade de informação para o cálculo dos indicadores é favorecida pela sua utilização por outras entidades dentro da organização para além do departamento de manutenção. Se a informação for utilizada por duas ou mais entidades (produção, recursos humanos) há uma maior pressão para que a informação exista sempre actualizada. Se para além dos clientes internos dessa informação existirem clientes externos com pressão legal na obtenção da informação, então mais garantias haverá da sua disponibilidade (seguradoras, ministério do trabalho, entidades certificadoras).

Das análises de *cluster* efectuadas podemos verificar que os indicadores de performance relacionados com os custos gerais não são a maioria do conjunto de indicadores mais utilizados, prefazendo apenas 17,31% destes. Este facto segue em linha com o estudado na literatura, que mostrou uma tendência para o uso crescente de medidas não económicas ou de custos. Se analisarmos a frequência de utilização das médias dos grupos de indicadores vemos mesmo que há quatro deles com frequências de utilização superiores aos custos gerais.

Um outro grupo de indicadores que é importante salientar é o grupo PRO (Relação Produção / Manutenção). Este é o grupo com menor utilização pelos inquiridos, estando esse facto espelhado quer na análise das medidas individuais, que na análise em grupo. Este facto já não segue em linha com a evolução da manutenção

encontrada na literatura que estabelece uma tendência integradora, sendo que no caso das empresas industriais o primeiro passo será uma maior integração com a produção.

Apesar da crescente utilização dos mais diversos indicadores, há ainda um grande *deficit* de conhecimento em relação à contribuição da manutenção para a eficiência das organizações. O custo da não manutenção (indisponibilidades de equipamentos, paragens por falta de manutenção, paragens por avarias, acidentes, falhas em entregas, etc), apesar de ser difícil de determinar, é um ponto fulcral para a avaliação dessa contribuição.

Ao terminarmos este estudo sentimos que muito mais há a fazer nesta área no futuro. Um dos aspectos a explorar será a utilização de indicadores menos tradicionais de manutenção, onde se dará um maior pendor relacional com outras áreas funcionais da empresa.

Bibliografia

- (1999), "*European Round Table on Maintenance Management: Research & Development, 1ST, Lisbon, 16 June 1997. A Report*", *European Journal of Engineering Education*, 24:4, pp. 441 — 444.
- Ahuja, I. P. S. and Khamba, J. S. (2008), "*Justification of total productive maintenance initiatives in Indian manufacturing industry for achieving core competitiveness*", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 19. No. 5, pp. 645-669.
- Ahuja, I. P. S. and Khamba, J. S. (2008), "*An evaluation of TPM initiatives in Indian industry for enhanced manufacturing performance*", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25. No. 2, pp. 147-172.
- Ahuja, I. P. S. and Khamba, J. S. (2008), "*Total productive maintenance: literature review and directions*", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25. No. 7, pp. 709-756.
- Åhrén, Thomas and Parida , Aditya (2009), "*Maintenance performance indicators (MPI's) for benchmarking yhe railway infrastructure: A case study*", *Benchmarking and International Journal*, Vol. 16, No. 2, pp. 247-258.
- Almeida, A. T. and Bohoris, G. A. (1995), "*Decision theory in maintenance decision making*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1, No. 1, pp. 39-45.
- Al-Najjar, Basim and Alsyouf, Imad (2000), "*Improving effectiveness of manufacturing systems using total quality maintenance*", *Integrated Manufacturing Systems*, 11/4, pp. 267-276.
- Al-Najjar, Basim (2007), "*The lack of maintenance and not maintenance which costs: A model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business*", *International Journal of Production Economics*, 107, pp. 260-273.
- Al-Sultan, Khaled and Duffuaa, Salih O. (1995), "*Maintenance control via mathematical programming*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 1, No. 3, pp. 36-46.
- Al-Sultan, Khaled (1996), "*Maintenance in Saudi Arabia: needs and recommendations for improvement*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 2, No. 4, pp. 5-16.

- Alsyouf, Imad (2006), "*Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12, No. 2, pp. 133-149.
- Alsyouf, Imad (2007), "*The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability*" International Journal of Production Economics, 105, pp. 70-78.
- Amaratunga, Dilanthi and Baldry, David (2002), "*Performance measurement in facilities management and its relationships with management. theory and motivation*", Facilities, Vol. 20, No. 10, pp. 327-336.
- Amoako-Gyampah, K. e Meredith, J.R., (1989). "*The Operations Management Research Agenda: An Update*", Journal of Operations Management, Vol. 8 No. 3, August 1989, pp. 250-62.
- Aoudia, Mouloud, Belmokhtar, Oumhani and Zwingelstein, Giles (2008), "*Economic impact of maintenance management ineffectiveness of an oil gas company*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 14, No. 3, pp. 237-261.
- Arca, Jesús García and Prado, J. Carlos Prado (2008), "*Personnel participation as a key factor for success in maintenance program implementation*", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 57, No. 3, pp. 247-258.
- Ardalan, Alireza, Hammesfahr, Jack and Pope James (1992), "*Total Quality Control: The Repair Facility*", Industrial Management & Data Systems, Vol. 92, No. 8, pp. 7-10.
- Arts, R.H.P.M., Knapp, Gerald M. And Mann Jr, Lawrence (1998), "*some aspects of measuring maintenance performance in the process industry*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 6-11.
- Arunraj, N. S., Maiti, J. (2007), "*Risk-based maintenance—Techniques and applications*", Journal of Hazardous Materials, 142, pp. 653–661.
- Auramo, Jaana, Tanskanen, Kari and Smäros, Johanna (2004), "*Increasing Operational Efficiency Through Improved Customer Service: Process Maintenance Case*", International Journal of Logistics: Research and applications, Vol. 7, No. 3, pp. 167-180.
- Azadivar, Farhad and Shu, Victor (1999), "*Maintenance policy selection for JIT production system*", International Journal of Production Research, Vol. 37, No. 16, pp. 3725-3738.

- Babu, A. Subash and Vrat, Prem (1979), "*The impact of Repair-Echelon effectiveness and Location on Spare Stock*", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 10/1, pp. 15-24.
- Bamber, Chris, Sharp, John and Hides, Mick (2002), "*The role of the maintenance organization in an integrated management system*", Managerial Auditing Journal, 17/1/2, pp. 20-25.
- Bamber, C. J., Castka, P., Sharp, J. M. and Motara, Y. (2003), "*Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE)*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 9, No 3, pp. 223-238.
- Bamber, Christopher, Sharp, John M. and Castka, Pavel (2004), "*Third party assessment: the role of the maintenance function in an integrated management system*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 10, No 1, pp. 26-36.
- Bardey, D., Riane, F. Artiba, A. and Eeckhoudt, L. (2005), "*To maintain or not to maintain? What should a risk-averse decision maker do?*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 11, No 2, pp. 115-120.
- Behrens, Bernd-Arno and Lau, Philipp (2008), "*Key performance indicators for sheet metal forming process*", Production Engineering Research and Development, vol. 2, pp. 73-78.
- Ben-Daya, M. and Duffuaa, S. O. (1995), "*Maintenance and Quality: the missing link*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 20-26.
- Bertolini, M., Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E. and Giacchetta, G. (2009), "*Development of Risk-Based Inspection and Maintenance procedures for an oil refinery*", Journal of Loss Prevention in the Process Industries, doi:10.1016/j.jlp.2009.01.003
- Blanchard, Benjamin S. (1997), "*An enhanced approach for implementing total productive maintenance in the manufacturing environment*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3, No. 2, pp. 69-80.
- Bohoris, G. A., Vamvalis, C., Tracey, W. and Ignatiadou, K (1995), "*TPM implementation in Land-Rover with assistance of a CMMS*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1, No. 4, pp. 3-16.
- Bourne, Mike (2005), "*Researching performance measurement system implementation: the dynamics of success and failure*", Production Planning & Control, Vol. 16, No. 2, pp. 101–113.
- Bourne, Mike, Neely, Andy, Platts, Ken and Mills, John (2002), "*The success and failure of performance measurement initiatives Perceptions of participating managers*",

- International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22, No. 11, pp. 1288-1310.
- Braadbaart, Okke and Yusnandarshah, Benni (2008), "*Public sector benchmarking: a survey of scientific articles, 1990-2005*", International Review of Administrative Sciences, Vol. 74(3), pp. 421-433.
- Brah, S. A. and Chong, W. K. (2004), "*Relationship between total productive maintenance and performance*", International Journal of Production Research, Vol. 42, No. 12, pp. 2383-2401.
- Brewer, Jeffrey D. and Sakthivadivel, R. (1999), "*Maintenance Management Process. A key factor in maintenance improvement under resource constraints*", Irrigation and Drainage Systems, 13, pp. 207-227.
- Burrows, Dan C., Petry, Jack A. and Fratianne, Scott A. (1999), "*Institutionalizing reliability and maintainability - a success story*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 16, No. 1, pp. 13-23.
- Cabahug, Ruel R., Edwards, David J. and Nicholas, John (2004), "*Classifying plant operator maintenance proficiency: examining personal variables*", Building Research & Information, 32(2), pp. 119-127.
- Cabral, José Paulo Saraiva (Abril 2009), "*Gestão da Manutenção de equipamentos, instalações e edifícios*", LIDEL, Biblioteca Industria & Serviços.
- Cacciabue, P., Mauri, Carlo and Owen, Douglas (2003), "*The development of a model and simulation of an aviation maintenance task performance*", Cognition, Technology & Work, 5, pp. 229-247.
- Calabria, R., Pulcini, G. and Rapone, M. (1989), "*Reliability Modelling of Manufacturing Systems with Multiple Repair Modes*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 6, No. 4, pp. 27-40.
- Campbell, John D. (1995), "*Outsourcing in maintenance management. A valid alternative to self-provision*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1, No. 3, pp. 18-24.
- Campos, Jaime (2009), "*Development in the application of ICT in condition monitoring and maintenance*", Computers in Industry, 60, pp. 1-20.
- Carannante, T., Haigh, R. H. and Morris, D. S. (1996), "*Implementing total productive maintenance: A comparative study of the UK and Japanese foundry industries*", Total Quality Management, Vol. 7, No. 6, pp. 605-611.

- Cassady, C. Richard, Bowden, Royce O., Liew, Leemin and Pohl, Edward A. (2000), "*Combining preventive maintenance and statistical process control a preliminary investigation*", IIE Transactions, 32, pp. 471-478.
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K. and Kong, S. (2005), "*Implementation of total productive maintenance: A case study*", International Journal of Production Economics, 95, pp. 71-94.
- Chan, K. T., Lee, R. H. K. and Burnett, J. (2001), "*Maintenance performance: a case study of hospitality engineering systems*", Facilities, Volume 19, No. 13/14, pp. 494-503.
- Chen, Frederick (1994), "*Benchmarking: Preventive Maintenance Practices at Japanese Transplants*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 11, No. 8, pp. 19-26.
- Chiu, Huan-Neng and Huang, Bo-Shi (1996), "*The economic design of X control charts under a preventive maintenance policy*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 13, No. 1, pp. 61-71.
- Cholasuke, Chuenusa, Bhardwa, Ramnik and Antony, Jiju (2004), "*The status of maintenance management in UK manufacturing organizations: results from a pilot survey*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 10, No. 1, pp. 5-15.
- Chopey, N. P. and Fisher-Rosemount, J. M. (1999), "*Put a Smart Face on Asset Management; Intelligent field devices can make plant maintenance more effective, less costly*", Chemical Engineering, February, Vol. 106, Issue 2, p. 108.
- Cigolini, Roberto, Fedele, Lorenzo, Garetti, Marco and Macchi, Marco (2008), "*Recent advances in maintenance and facility management*", Production Planning & Control, Vol. 19, No. 4, pp. 279-286.
- Clavareau, Julien and Labeau, Pierre-Etienne (2009), "*Maintenance and replacement policies under technological obsolescence*", Reliability Engineering & System Safety, 94, pp. 370-381.
- Coetzee, Jasper L. (1999), "*A holistic approach to the maintenance "problem"*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5, No. 3, pp. 276-280.
- Concetti, Massimo, Cuccioletta, Roberto, Fedele, Lorenzo and Mercuri, Giampiero (2009), "*Tele-maintenance "intelligent" system for technical plants result management*", Reliability Engineering and System Safety, 94, pp. 63-77.

- Cooke, Fang Lee (2002), "*Harnessing the Firm-specific Knowledge of the Maintenance Workforce for Organizational Competitiveness*", *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 14, No. 1, pp. 123-140.
- Cooke, Fang Lee (2003), "*Plant maintenance strategy: evidence four British manufacturing firms*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 9 No. 3, pp. 239-249.
- Cooke, Roger and Paulsen, Jette (1997), "*Concepts for measuring maintenance performance and methods analysing competing failure modes*", *Reliability Engineering and System Safety*, 55, pp. 135-141.
- Crocker, John (1999), "*Effectiveness of maintenance*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 5 No. 4, pp. 307-313.
- Cross, Michael (1988). "*Engineering maintenance Organization Performance an Assessment of the Evidence from over 200 sites*", *Management Research News*, Vol. 11, No. 1/2, pp. 20-23.
- Cross, Michael (1988). "*Raising the value of maintenance in the corporate environment*", *Management Research News*, Vol. 11, No. 3, pp. 8-11.
- Cua, Kristy O., Mckone, Kathleen e. And Schroeder, Roger G. (2001), "*Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance*", *Journal of Operations Management*, 19, pp. 675-694.
- Cunha, P. F. and Duarte, J. A. Caldeira (2004), "*Development of a Productive Service Module Based on a Life Cycle Perspective of maintenance Issues*", *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, Vol. 53, Issue1, pp. 3-16.
- Dal, Bulent, Tugwell, Phil and Greatbanks, Richard (2000), "*Overall equipment effectiveness as a measure of operacional improvement – A practical analysis*", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20, Np. 12, pp. 1488-1502.
- Davies, C. R. (1990), "*Computer-based planned maintenance programmes*", *Property Management*, Vol. 8, Issue 1, pp. 40-60.
- Dekker, Rommert (1996), "*Applications of maintenance optimization models: a review and analysis*", *Reliability Engineering and System Safety*, 51, pp. 229-240.
- Donarski, Jerzy, Heath, Robert W. and Wallace, John B. (1983), "*Training through Consultancy to Improve Maintenance Management*", *Journal of European Industrial Training*, Vol. 7, Issue 3, pp. 10-16.

- Duffuaa, S. O., Ben-Daya, M. (1994), "*An Extended Model for the Joint Overhaul Scheduling Problem*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14, No. 7, pp. 37-43.
- Duffuaa, S. O. and Al-Sultan, K. S. (1997), "*Mathematical programming approaches for the management of maintenance planning and scheduling*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3, No. 3, pp. 163-176.
- Duffuaa, S. O., Ben-Daya, M., Al-Sultan, K. S. And Andijani, A. A. (2001), "*A generic conceptual simulation model for maintenance systems*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 7, No. 3, pp. 207-219.
- Duthie, John C., Robertson, Michael I., Clayton, Alan M. and Lidbury, David P. G. (1998), "*Risk-based approaches to ageing and maintenance management*", Nuclear Engineering and Design, 184, pp. 27-38.
- Dwight, Richard (1999), "*Searching for real maintenance performance measures*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5 No. 3, pp. 258-275.
- Eduards, C. (1979), "*Maintaining Computer-based Information Systems*", Management Research News, Vol. 2, Issue 4, pp.16-17.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T. and Probert, S. D. (2004), "*Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries*", Applied Energy, 79, pp. 385-401.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T. and Probert, S. D. (2005), "*Maintenance schemes and their implementation for the Afam Thermal-Power station*", Applied Energy, 82, pp. 255-265.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T. and Probert, S. D. (2006), "*Strategic maintenance-management in Nigerian industries*", Applied Energy, 83, pp. 211-227.
- Faber, M. H. and Sorensen, J. D. (2002), "*Indicators for inspection and maintenance planning of concrete structures*", Structural Safety, 24, pp. 377-396.
- Fernandez, Oscar, Labib, Ashraf W., Walmley, Ralph and Petty, David J. (2003), "*A decision support maintenance management system – development and implementation*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 20, N^o. 8, pp., 965-979.
- Fletcher, J. D. and Johnston, R. (2002), "*Effectiveness and cost benefits of computer-based decision aids for equipment maintenance*", Computers in Human Behavior, 18, pp. 717-728.

- Garg, Amik and Deshmukh S.G. (2006), "*Maintenance management: literature review and directions*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12 No. 3, pp. 205-238.
- Georgantzas, Nicholas and Chanin, Michael N. (1989), "*Maintenance Float Policy: A Critical Component of Capacity Strategy*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 6, Issue 5, pp. 18-29.
- Ginneken, Jan van and Hale, Andrew (2008), "*From hanger-on to trendsetter Decision making on a major safety initiative in a steel company maintenance department*", Safety Science, doi:10.1016/j.ssci.2008.10.020.
- Gits, C. W. (1994), "structuring Maintenance control Systems", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14, No. 7, pp. 5-17.
- Goh, Mark and Tay, Guan-How (1995), "*Implementing a quality maintenance system in a military organization*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 12, No. 4, pp. 26-39.
- Gomes, Carlos Alberto Esteves Ferreira (2003), "A avaliação da performance nas empresas transformadoras portuguesas – A eficácia operacional", Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, Portugal, 445 pp.
- Gomes, Carlos F., Yasin, Mahmoud M. and Lisboa, João V. (2004), "*A literature review of manufacturing performance measures and measurements in an organizational context: a framework and direction for future work*", Journal of Manufacturing Technology Management, Volume 15, Number 6, pp. 511-530.
- Gomes, Carlos F., Yasin, Mahmoud M. and Lisboa, João V. (2006), "*Performance measurement practices in manufacturing firms: an empirical investigation*", Journal of Manufacturing Technology Management, Volume 17, No. 2, pp. 144-167.
- Greenough, Richard (1998), "*Empirical study of attitudes to teamworking in manufacturing system maintenance*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3, No. 1, pp. 12-24.
- Grando, Alberto and Belvedere, Valeria (2008), "*Exploiting the balanced scorecard in the Operations department: the Ducati Motor Holding case*", Production Planning & Control, Vol. 19, No. 5, pp. 495-507.
- Gray, Simon (1991), "*Management of lift Maintenance and user requirements*", Property Management, Vol. 9, Issue 4, pp. 335-342.

- Groote, P. De (1995), "*Maintenance performance analysis: a practical approach*" Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1, No. 2, pp. 4-24.
- Gupta, A. D. and Majumdar, P. K. (1989), "*Overhaul and Replacement Decisions for capital equipment: A Case*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 6, Issue 4, pp. 8-18.
- Gupta, Surendra M. and Al-Turki Yousef A. Y. (1998), "*Adapting just-in-time manufacturing systems to preventive maintenance interruptions*", Production Planning & Control, Vol. 9, No. 4, pp. 349-359.
- Gupta, Diwakar, Günalay, Yavuz and Srinivasan, Mandyam M. (2001), "*The relationship between preventive maintenance and manufacturing system performance*", European Journal of Operational research, 132, pp. 146-162.
- HajShirmohammadi, Ali and Wedley, William C. (2004), "*Maintenance management – an AHP application for centralization/decentralization*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 10, No. 1, pp. 16-25.
- Hall, Patrick and Hargitay, Stephen (1984), "*Property portfolio performance – a selected approach*", Property Management, Vol. 2, Issue 3, pp. 218-229.
- Harrison, Andrew and Leaman, Adrian (1986), "*Computerised facilities management systems*", Facilities, Vol. 4, Issue 6, pp. 3-4.
- Hassanain, M A., Froese, T. M. and Vanier, D. J. (2001), "*Development of a maintenance management model based on IAI standards*", Artificial Intelligence in Engineering, 15, pp. 177-193.
- Hipkin, I (1997), "*The implementation of information systems for maintenance management*", International Journal of Production Research, Vol. 35, No. 9, pp. 2429-2444.
- Hipkin, I. B. and De Cock, C. (2000), "*TQM and BPR: Lessons for maintenance management*", Omega, 28, pp. 277-292.
- Ho, Samuel K. M. and Fung, Christopher K. H. (1994), "*Developing a TQM Excellence Model*", The TQM Magazine, Vol. 6, No. 6, pp. 24-30.
- Horner, R. M. W., El-Haram, M. A. and Munns, A. K. (1997), "*Building maintenance strategy: a new management approach*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3, No. 4, pp. 273-280.
- Hsia, Tai-Chang, Chen, His-Tien and Chen, Wei-Hsing (2008), "*Measuring the readability performance (RP) of aircraft maintenance technical orders by fuzzy MCDM method and RP index*", Quality and quantity, 41, pp. 795-807.

- Huang, R., Xi, L., Lee, J. And Liu, C. R. (2005), "*The framework, impact and commercial prospects of a new predictive maintenance system: intelligent maintenance system*", Production Planning & Control, Vol. 16, No. 7, pp. 652-664.
- Hudson, Mel, Smart, Andi and Bourne, Mike (2001), "*Theory and practice in SME performance measurement systems*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21, No. 8, pp. 1096-1115.
- Huiskonen, Janne (2001), "*Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices*", International Journal of Production Economics, 71, pp. 125-133.
- Hwang, W. T., Tien, S. W. And Shu, C. M. (2007), "*Building an executive information system for maintenance efficiency in petrochemical plants – an evaluation*", Process Safety and Environmental Protection, Vol. 85, Issue B2, pp. 139-146.
- IAEA - International Atomic Energy Agency (1997), "*Good practices for cost effective maintenance of nuclear power plants*", Nuclear Power Engineering Section, Vienna, Austria.
- Ikhwan, Muhammad A. H. and Burney, Farhat A. (1994), "Maintenance in Saudi Industry", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14, No. 7, pp. 70-80.
- IPQ – Instituto Português de Qualidade, Setembro 2007. *Norma Portuguesa - Terminologia da Manutenção. NP EN 13306:2007.*
- IPQ – Instituto Português de Qualidade, Novembro 2009. *Norma Portuguesa – Manutenção – Indicadores de desempenho da manutenção (KPI). NP EN 15341:2009.*
- IPQ – Instituto Português de Qualidade, Setembro 2008. *Projecto de Norma Portuguesa - Sistemas de Gestão da Manutenção – Requisitos. prNP 4483 2008.*
- Jenab, K. and Zolfaghari, S. (2008), "*A virtual collaborative maintenance architecture for manufacturing enterprises*", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 19, pp. 763-771.
- Jeong, Ki-Young and Phillips, Don T. (2001), "*Operational efficiency and effectiveness measurement*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21, No. 11, pp. 1404-1416.
- Jones, Keith and Collis, Stephen (1996), "*Computerized maintenance management systems*", Property Management, Vol. 14, No. 4, pp. 33-37.

- Jones, Keith and Sharp Mark (2007), "*A new performance-based process model for built asset maintenance*", *Facilities*, Vol. 25, No. 13/14, pp. 525-535.
- Jonsson, Patrik (1997), "*The status of maintenance management in Swedish manufacturing firms*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 3, No. 4, pp. 233-258.
- Jonsson, Patrik (1999), "*Company-wide integration of strategic maintenance: an empirical analysis*", *International Journal of Production Economics*, 60-61, pp. 155-164.
- Jonsson, Patrik (2000), "*An empirical taxonomy of advanced manufacturing technology*", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20, No. 12, pp. 1446-1474.
- Jostes, Robert S. and Helms, Marilyn M. (1994), "*Total Productive Maintenance and Its Link to Total Quality Management*", *Work Study*, Vol. 43, No. 7, pp. 18-20.
- Kanji, Gopal K. (2002), "*Performance measurement system*", *Total Quality Management*, Vol. 13, No. 5, pp 715-728.
- Kans, Mirka (2008), "*An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems*", *Computers in Industry*, Vol. 59, pp. 32-40.
- Kans, Mirka and Ingwald, Anders (2008), "*Common database for cost-effective improvement of maintenance performance*", *International Journal of Production economics*, Vol. 113, pp. 734-747.
- Kaplan, Robert and Norton, David P. (1991), "*The Balanced scorecard – measures that drive Performance*", *Harvard Business Review*, January-February, pp. 71-79.
- Keller, A. Z. and Giblin, M. T. (1984), "*Optimal Maintenance and Replacement Management*", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 1, Issue 3, pp. 42-50.
- Kelly, C. M., Mosier, C. T. and Mahmoodi, F. (1997), "*Impact of maintenance policies on the performance of manufacturing cells*", *International Journal of Production Research*, Vol. 35, No. 3, pp. 767-787.
- Killick, Mike (2009), "*Selecting and implementing a CMMS for improved maintenance performance*", *Maintenance & Reliability*, April, pp. 14.
- Kincaid, David (1994), "*A Starting-point for Measuring Physical Performance*", *Facilities*, Vol. 12, No. 3, pp. 24-27.
- Kincaid, David (1994), "*Measuring Performance in Facility Management*", *Facilities*, Vol. 12, No. 6, pp. 17-20.

- Knights, Peter F. (2001), "*Rethinking Pareto analysis: maintenance applications of logarithmic scatterplots*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 7 No. 4, pp. 252-263.
- Komonen, Kari (2002), "*A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking*", *International Journal of Production Economics*, 79, pp. 15-31.
- Kumar, Dinesh and Pandey, P. C. (1993), "*Maintenance Planning for a Refining System in the Sugar Industry*", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 10, No. 1, pp. 61-71.
- Kumar, Edwin Vijay, Chaturvedi, S.K. and Deshpande, A.W. (2009), "*Maintenance of industrial equipment. Degree of certainty with fuzzy modelling using predictive maintenance*", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 26, No. 2, pp. 196-211.
- Kumar, Uday (2006), "*Development and implementation of maintenance performance measurement system: issues and challenges*", *World Congress on Engineering Asset Management*.
- Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani, Z. and Sharp, J. M. (2001), "*A framework for managing maintenance using performance measurement systems*", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21, No. 1/2, pp. 173-194.
- Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani, Z. and Sharp, J. M. (2002), "*Enabling BPR in Maintenance Through a Performance Measurement System Framework*", *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 14, pp. 33-52.
- Labib, Ashraf W. (1998), "*World-class maintenance using a computerised maintenance management system*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 4, No 1, pp. 66-75.
- Labib, Ashraf W. (2004), "*A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10, No. 3, pp. 191-202.
- Lam, Terence Y. M. (2008), "*The impact of management measures on performance of outsourced professional housing maintenance services*", *Property Management*, Vol. 26, No. 2, 112-124.
- Lavy, Sarel and Shohet, Igal M. (2004), "*Integrated maintenance management of hospital buildings a case study*", *Construction Management and Economics*, 22, pp. 25–34.

- Lawrence, John J. (1999), "Use mathematical modelling to give your TPM implementation effort an extra boost", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 5, No. 1, pp. 62-69.
- Lee, Hsu-Hua (2005), "A cost/benefit model for investments in inventory and preventive maintenance in an imperfect production system", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 46, pp. 55-68.
- Lee, Jay (1995), "Machine performance monitoring and proactive maintenance in computer-integrated manufacturing review and perspective", *International Journal Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 8, No. 5, pp. 370-380.
- Leger, J. B. and Morel, G. (2001), "Integration of maintenance in the enterprise: towards an enterprise modelling-based framework compliant with proactive maintenance strategy", *Production Planning & Control*, Vol. 12, No. 2, pp. 176-187.
- Leung, Tim S., Lee, Ka Wing and Chung, W. C. (2006), "systems and application development for portable maintenance aid (PMA) – performance perspective", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17, No. 6, pp. 786-805.
- Leung, W. and Lai, K. K. (1996), "Analysis of repair strategies for automatic assembly systems", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 13, No. 6, pp. 45-58.
- Levner, Eugene, Zuckerman, Dror and Meirovich, Gavriel (1998), "Total quality management of a production-maintenance system: A network approach", *International Journal of Production Economics*, 56-57, pp. 407-421.
- Linderman, Kevin, McKone-Sweet, Kathlenn E. and Anderson, John C. (2005), "An integrated systems approach to process control and maintenance", *European Journal of Operational Research*, 164, pp. 324–340.
- Liu, Jian and Yu, De-jie (2004), "Evaluation of plant maintenance based on data envelopment analysis", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 10, No. 3, pp. 203-209.
- Liyanage, Jayantha P., Kumar, Uday (2003), "Towards a value-based view on operations and maintenance performance management", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 4, pp. 333-350.
- Liyanage, Jayantha P. (2007), "Operations and maintenance performance in production and manufacturing assets", *Journal of manufacturing Technology Management*, Vol. 18, No. 3, pp. 304-314.

- Ljungberg, Örjan (1998), "*Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18, No. 5, pp. 495-507.
- Löfsten, Hans (1999), "*Management of industrial maintenance – economic evaluation of maintenance policies*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 No. 7, pp. 716-737.
- Löfsten, Hans (2000), "*Measuring maintenance performance – in search for a maintenance productivity index*", International Journal of Production Economics, Vol. 63, pp. 47-58.
- Lopez, Paula and Centeno, Grisselle (2006), "*Integrated system to maximize efficiency in transit maintenance departments*", International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 55, No. 8, pp. 638-654.
- Luxhoj, James T. (1991), "*Importance Measures for System Components in Population Models*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 8, Issue 2, pp. 58-69.
- Madu, Christian N. (1999), "*Reliability and quality interface*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 16, No. 7, pp. 691-698.
- Madu, Christian N. (2000), "*Competing through maintenance strategies*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 17, No. 9, pp. 937-948.
- Marquez, Adolfo Crespo and Heguedas, Antonio Sánchez (2002), "*Models for maintenance optimization: a study for repairable systems and finite time periods*", Reliability Engineering & System Safety, 75, pp. 367-377.
- Martin, H. H. (1997), "*Contracting out maintenance and a plan for future research*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3, No. 2, pp.81-90.
- Martorell, S., Sanchez, A., Muñoz, A., Pitarch, J. L., Serradell, V. and Roldan, J. (1999), "*The use of maintenance indicators to evaluate the effects of maintenance programs on Npp performance and safety*", Reliability engineering & System safety, 65, pp. 85-94.
- Mather, Daryl (2005) "*The Maintenance Scorecard – Creating Strategic Advantage*", 1st Ed. Industrial Press, New York, NY
- McAdam, Rodney and Duffner, Anne-Marie (1996), "*Implementation of total productive maintenance in support of an established total quality programme*", Total Quality Management, Vol. 7, No. 6, pp. 613-630.

- McAdam, Rodney and O'Hare, Cormac (1998), "*An improved BPR approach for offline enabling processes. A case study on a maintaining process within the chemical industry*", Business Process Management, Vol. 4, No. 3, pp. 226-240.
- McKone, Kathleen E., Schroeder, Roger G. And Cua, Kristy O. (1999), "*Total productive maintenance: a contextual view*", Journal of Operations Management, 17, pp. 123-144.
- McKone, Kathleen E., Schroeder, Roger G. And Cua, Kristy O. (2001), "*The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance*", Journal of Operations Management, Vol. 19, pp. 39-58.
- Mitchell, Ed, Robson, Andrew and Prabhu, Vas B. (2002), "*The impact of maintenance practices on operational and business performance*", Managerial Auditing Journal 17/5, pp. 234-240.
- Miyake, Dario Ikuo, Enkawa, Takao and Fleury, Afonso C. C. (1995), "*Improving manufacturing systems performance by complementary application of just-in-time, total quality control and total productive maintenance paradigms*", Total Quality Management, Vol. 6, No. 4, pp. 345-363.
- Muchiri, P. and Pintelon, L. (2008), "*Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion*", International Journal of Productions Research, Vol. 46, No. 13, pp. 3517-3535.
- Muller, Alexandre, Marquez, Adolfo Crespo and lung, Benoît (2008), "*On the concept of e-maintenance Review and current research*", Reliability Engineering & System Safety, 93, pp. 1165-1187.
- Murthy, D. N. P., Atrens, A. and Eccleston, J. A. (2002), "*Strategic maintenance management*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 287-305.
- Murty, A. S. R. and Naikan, V. N. A. (1995), "*Availability and maintenance cost optimization of a production plant*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 12, No. 2, pp. 28-35.
- Muthu, S., Devadasan, s. R., Ahmed, Saleem, Suresh, P. and Baladhandayutham, R. (2000), "*Benchmarking for strategic maintenance quality improvement*", Benchmarking: An International Journal, Vol. 7 No. 4, pp. 292-303.
- Nachiappan, R. M. and Anantharaman, N. (2006), "*Evaluation of overall line effectiveness (OLE) in a continuous product line manufacturing system*", Journal of Manufacturing Technology, Vol. 17, No. 7, pp. 987-1008.

- Nakajima, Seiichi (1988), *Introduction to TPM – Total Productive Maintenance*, Productivity Press, Inc. Cambridge, MA.
- Narayan, V. (1998), *The raison d'être of maintenance*, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 38-50.
- Neely, Andy, Gregory, Mike and Platts, Ken (1995), *Performance measurement system design*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15, No. 4, pp. 80-116.
- Neely, andy (2005), *The evolution of performance measurement research – developments in the last decade and a research agenda for the next*, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 25, No. 12, pp. 1264-1277.
- Nenadál, Jaroslav (2008), *Process performance measurement in manufacturing organizations* International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 57, No. 6, pp. 460-467.
- Nikolopoulos, K, Metaxiotis, K, Lekatis, N. and Assimakopoulos, V. (2003), *Integrating industrial maintenance strategy into ERP*, Industrial Management & Data Systems, 103/3, pp. 184-191.
- O'Donoghue, C. D. and Prendergast, J. G. (2004), *Implementation and benefits of introducing a computerised maintenance management system into a textile manufacturing company*, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 153-154, pp. 226-232.
- Oelsner, Michael (1979), *Aircraft Maintenance Management Systems*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 51, Issue 4, pp. 22-24.
- Oke, S. A. (2005), *An analytical model for the optimization of maintenance profitability*, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 54 No. 2, pp. 113-136
- Oke, S. A. and Ayomoh, M. K. O. (2005), *The hybrid structural interaction matrix*, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 22 No. 6, pp. 607-625.
- Oke, S. A. and Oluleye, A. E. (2005), *Tracking distortions in holistic maintenance measures. A framework*, South African Journal of Industrial Engineering, Vol. 16(1), pp. 83 – 93.
- Oke, S. A. and Charles-Owaba, O. E. (2006), *An approach for evaluating preventive maintenance scheduling cost*, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 23, No. 7, pp. 847-879.

- Oke, S. A. (2006), "*Maintenance performance research - part 1: a review of models and issues*", South African Journal of Industrial Engineering, Vol. 17, No. 1, pp. 149-172.
- Oke, S. A. (2006), "*Maintenance performance research - part 2: a review of models and future directions*", South African Journal of Industrial Engineering, Vol. 17, No. 2, pp. 175-196.
- Olorunniwo, Festus O., and Izuchukwu, Ariwodo (1991), "*Scheduling Imperfect Preventive and Overhaul Maintenance*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 8, Issue 4, pp. 67-79.
- Organ, Mike, Whitehead, Tony and Evans, Mike (1997), "*Availability-based maintenance within an asset management programme*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3, No. 4, pp. 221-232.
- Osborne, David and Taj, Shahram (1993), "*Preventive Maintenance in a Multiple Shift and High Volume Manufacturing Operation*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 13, No. 10, pp. 76-83.
- Parida, A. and Kumar, U. (2006), "*Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12 No. 3, pp. 239-251.
- Parida, Aditya (2007), "*Study and analysis of maintenance performance indicators (MPIs) for LKAB*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 13, No. 4, pp. 325-337.
- Parida, Aditya and Chattopadhyay, Gopi (2007), "*development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM)*", Journal of Quality in Maintenance engineering, Vol. 13, No. 3, pp. 241-258.
- Pascual, R., Castillo, G. Del, Louit, D. and Knights, P. (2009), "*Business-oriented prioritization: A novel graphical technique*", Reliability Engineering & System Safety, doi:10.1016/j.ress.2009.01.013.
- Paulsen, J., Cooke, R. and Nyman, R. (1997), "*Comparative evaluation of maintenance performance using subsurvival functions*", Reliability Engineering and System Safety, 58, pp. 157-163.
- Paz, Noemi M. and Leigh, William (1994), "*Maintenance Scheduling: Issues, Results and Research Needs*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14, No. 8. pp. 47-69.

- Pinjala, Srinivas Kumar, Pintelon, Liliane and Vereecke, Ann (2006), "*An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies*", International Journal of Production Economics, Vol. 104, pp. 214-229.
- Pintelon, L. and Wassenhove, Van (1990), "*A concept for a maintenance management tool*", OMEGA, Vol. 18, pp. 59-71.
- Pintelon, Liliane and Puyvelde, Frank Van (1997), "*Maintenance performance reporting Systems: some experiences*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3 No. 1, pp.4-15.
- Pinteton, Liliane, Preez, Niek Du and Puyvelde, Frank Van (1999), "*Information technology: opportunities for maintenance management*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5, No. 1, pp. 9-24.
- Pintelon, Liliane, Pinjala, Srinivas Kumar and Vereecke, Ann (2006), "*Evaluating the effectiveness of maintenance strategies*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12, No. 1, pp. 7-20.
- Pitt, Michael and Tucker, Mathew (2008), "*Performance measurement in facilities management: driving innovation?*", Property Management, Vol. 26, No.4, pp. 241-254.
- Pitt, T. J. (1986), "*Using information technology to improve property maintenance management*", Property Management, Vol. 4, Issue 4, pp. 301-306.
- Pitt, Terence J. (1997), "*Data requirements for the prioritization of predictive building maintenance*", Facilities, Vol. 15, No. 3/4, pp. 97-104.
- Pokharel, Shaligram and Jiao, Jianxin (Roger) (2008), "*Turn-around maintenance management in a processing industry – A case study*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 14, No 2, pp. 109-122.
- Pramod, V. R., Devadasan, S. R., Muthu, S., Jagathyraj, V. P. and Moorthy, G. Dhakshina (2006), "*Integrating TPM and QDF for improving quality in maintenance engineering*", Journal of quality in Maintenance Engineering, Vol. 12, No. 2, pp. 150-171.
- Prickett, P. w. (1999), "*An integrated approach to autonomous maintenance management*", Integrated Manufacturing Systems 10/4, pp.233-242.
- Profion Maintenance Study (3 April 2008), "*Maintenance Study. Classification of Literature Long List*". Rijksuniversiteit Groningen. FEB – Faculty of Economics and Business & FWN – Faculty of Mathematics and natural Sciences. Groningen, Netherlands.

- Pun, Kit-Fai, Chin, Kwai-Sang, Chow, Man-Fai and Lau, Henry C. W. (2002), "*An effectiveness-centred approach to maintenance management. A case study*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 346-368.
- Rankin, William, Hibit, Rebecca, Allen, Jerry and Sargent, Robert (2000), "*Development and evaluation of the Maintenance Error Decision Aid (MEDA) process*", International Journal of Industrial Ergonomics, 26, pp. 261-276.
- Raouf, Abdul (1993), "*On Evaluating Maintenance Performance*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 10, No. 3, pp. 33-36.
- Raouf, A., Ali, Zulfiqar and Duffuaa, S. O. (1993), "*Evaluating a Computerized Maintenance Management System*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 13, No. 3, pp. 38-48.
- Raouf, A. (1994), "*Improving Capital Productivity through Maintenance*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 14, No. 7, pp. 44-52.
- Raouf, A. and Ben-Daya, M. (1995), "*Total maintenance management: a systematic approach*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 6- 14.
- Raouf S. I., Abdul (2004), "*Productivity enhancement using safety and maintenance integration. An overview*", Kybernetes, Vol. 33, No. 7, pp. 1116-1126.
- Riis, Jens O., Luxhoj, James T. and Thorsteinsson, Uffe (1997), "*A situational maintenance model*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 14, No. 4, pp. 349-366.
- Robinson, Nick (1981), "*Subcontracting – a growth industry*", Industrial Management & Data Systems, Vol. 81, Issue 9/10, pp.27-28.
- Robinson, Nick (1982), "*Making Maintenance Work*", Industrial Management & Data Systems, Vol. 82, Issue 56, pp. 6-7.
- Rodrigues, Marcelo and Hatakeyama, Kazuo (2006), "*Analysis of the fall of TPM in companies*", Journal of Materials Processing Technology, 179, pp. 276-279.
- Rosqvist, T., Laakso, K. and Reunanen, M. (2007), "*Value-driven maintenance planning for a production plant*", Reliability Engineering & System Safety, 94, pp. 97-110.
- Rouse, Paul, Putterill, Martin and Ryan, David (2002), "*Integrated performance measurement design: insights from an application in aircraft maintenance*", Management Accounting Research, 13, pp. 229-248.
- Schneider, Joachim, Gaul, Armin J., Neuman, Claus, Hogräfer, Jürgen, Wellßow, Wolfram, Schwan, Michael and Schnettler, Armin (2006), "*Asset management techniques*", Electrical Power & Energy Systems, 28, pp. 643-654.

- Seth, Dinesh and Tripathi, Deepak (2005), "*Relationship between TQM and TPM implementation factors and business performance of manufacturing industry in Indian context*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 22, No. 3, pp. 256-277.
- Seth, Dinesh and Tripathi, Deepak (2006), "*A critical Study of TQM and TPM Approaches on Business Performance of Indian Manufacturing Industry*", Total Quality Management, Vol. 17, No. 7, pp. 811-824.
- Sharma, Rajiv Kumar, Kumar, Dinesh and Kumar, Pradeep (2006), "*Manufacturing excellence through TPM implementations a practical analysis*", Industrial Management & Data Systems, Vol. 106, No. 2, pp. 256-280.
- Sharma, Rajiv Kumar and Kumar, Sunand (2008), "*Performance modelling in critical engineering systems using RAM analysis*", Reliability Engineering and System Safety, 93, pp. 891-897.
- Shen, Qiping, Lo, Kak-Keung and Wang, Qian (1998), "*Priority setting in maintenance management a modified multi-attribute approach using analytic hierarchy process*", Construction Management and Economics, 16, pp. 693-702.
- Sherwin, David J. and Jonsson, Patrik (1995), "*TQM, maintenance and plant availability*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 1, No. 1, pp. 15-19.
- Sherwin, David (2000), "*A review of overall models for maintenance management*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6, No. 3, pp. 138-164.
- Sheu, D. Daniel and Lin, Jeff (2006), "*Equipment management strategy under machine capacity loss*", International Journal of Production Economics, 103, pp. 308-315.
- Shin, Dooyoung and Min, Hokey (1999), "*On the effectiveness of on-line repair policy: quality failure costs perspective*", Integrated Manufacturing Systems, 12/2, pp. 152-162.
- Shohet, Igal M. (2003), "*Key performance indicators for maintenance of health-care facilities*", Facilities, Vol. 21, No. 1/2, pp. 5-12.
- Shrivastav, Om P. (2005), "*Industrial maintenance: a discipline in its own right*", World Transactions on Engineering and Technology Education, Vol.4, No.1, pp. 107-110.
- Shyjith, K., Ilangkumaran, M and Kumanan, S. (2008), "*Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 14, No 4, pp. 375-386.

- Silva, Carlos Manuel Inácio da, Cabrita, Carlos Manuel Pereira and Matias, João Carlos de Oliveira (2008), "*Proactive reliability maintenance: a case study concerning maintenance service costs*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 14 No. 4, pp. 343-355.
- Simões, J.M., Gomes, C.F., Yasin, M.M. (2011), "*A literature review of maintenance performance measurement: a conceptual framework and directions for future research*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 17 No. 2, pp. 116-137.
- Slack, Nigel and Lewis, Michael (2008), "*Operations Strategy*", Second Edition, Financial Times – Prentice Hall, England.
- Spires, Carl (1996), "*Asset and maintenance management – becoming a boardroom issue*", Managing Service Quality, Vol. 6, No. 3, pp. 13-15.
- Stamp, J. M. (1984), "*Multi-district equipment management*", Journal of Medical Engineering & Technology, Vol. 8, No. 6, pp. 259-263.
- Stevenson, Peter J. (1989), "*Integrated Maintenance – The logical solution*", Industrial Management & Data Systems, Vol. 89, Issue 6, pp. 22-26.
- Steelandt, Frank V. Van and Gelders, Ludo F. (1981), "*The profit effectiveness of maintenance decisions: a case study*", International Journal of Production Research, Volume 19, Issue 4, 1981, pp 441 – 456.
- Straub, Ad (2007), "*Performance-based maintenance partnering: a promising concept*", Journal of Facilities Management, Vol. 5, No. 2, pp. 129-142.
- Sun, Shinn (2004), "*Assessing joint maintenance shops in the Taiwanese Army using data envelopment analysis*", Journal of Operations Management, 22, pp. 233-245.
- Swanson, L. (1997), "*An empirical study of the relationship between production technology and maintenance management*", International Journal of Production Economics, 53, pp. 191-207.
- Swanson, Laura (2001), "*Linking maintenance strategies to performance*", International Journal of Production Economics, Vol. 70, pp. 237-244.
- Swanson, Laura (2003), "*An information-processing model of maintenance management*", International Journal of Production Economics, 83, pp. 45-64.
- Tabucanon, M. T. and Dahanayaka, N. (1989), "*Project Planning and Controlling Maintenance Overhaul of Power-Generating Units*", International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 9, Issue 10, pp. 14-20.

- Takata, S., Kimura, F., van Houten, F. J. A. M., Westkämper, E., Shpitalni, M., Ceglarek, D. and Lee, J. (2004), "*Maintenance: Changing Role in Life Cycle Management*", CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 53, Issue 2, pp. 643-655.
- Tam, Allen S. B. and Price, John W. H. (2008), "*A generic asset management framework for optimising maintenance investment decision*", Production Planning & Control, Vol. 19, No. 4, pp. 287-300.
- Taylor, James C. (2000), "*The evolution and effectiveness of Maintenance Resource Management (MRM)*", International Journal of Industrial Ergonomics, 26, pp. 201-215.
- Taylor, James C. (2000), "*Reliability and validity of the Maintenance Resources Management / Technical Operations Questionnaire*", International Journal of Industrial Ergonomics, 26, pp. 217-230.
- Thomas, Andrew, Barton, Richard and Byard, Paul (2008), "*Developing a six Sigma maintenance model*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 14, No. 3, pp.262-271.
- Thompson, Michael and Kathawala, Yunus (1991), "*Management of the Maintenance Function Revisited: Emphasis on the Electric Utility Industry*", International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 8, No. 6, pp. 54-62.
- Toriizuka, Takashi (2001), "*Application of performance shaping factor (PSF) for work improvement in industrial plant maintenance tasks*", International Journal of Industrial Ergonomics, 28, pp. 225-236.
- Triantaphyllou, Evangelos, Kovalerchuk, Boris, Mann Jr, Lawrence and Knapp, Gerald M. (1997), "*Determining the most important criteria in maintenance decision making*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 3, No. 1, pp. 1355-2511.
- Tsang, Albert H. C. (1998), "*A strategic approach to managing maintenance performance*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 87-91.
- Tsang, Albert H.C., Jardine, Andrew K.S. and Kolodny, Harvey (1999), "*Measuring maintenance performance: a holistic approach*", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 No. 7, pp. 691-715.
- Tsang, Albert H. C. (2002), "*Strategic dimensions of maintenance management*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, No. 1, pp. 7-39.

- Tu, P. Y. L., Yam, R., Tse, P. and Sun, A. O. W. (2001), "*An integrated Maintenance Management System for an Advanced Manufacturing Company*", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17, pp. 692-703.
- Tumer, Irem Y ans Huff, Eduard M. (2002), "*On the effects of production and maintenance variations on machinery performance*", *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 8, No. 3, pp. 226-238.
- Tysseland, Bernt E. (2009), "Spare parts optimization process and results OPUS10 cases in the Norwegian Defence", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 39, No. 1, pp. 8-27.
- Ulusoy, Gündüz, Or, Ilhan and Soydan, Nezih (1992), "*Design and implementation of a maintenance planning and control system*", *International Journal of Production Economics*, Vol. 24, Issue 3, pp. 263-272.
- Uusipaavalniemi, Sari and Juga, Jari (2009), "*Information integration in maintenance services*", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 58, No. 1, pp. 92-110.
- Vineyard, Michael, Amoako-Gyampah, Kwasi and Meredith, Jack R. (2000), "*An evaluation of maintenance policies for flexible manufacturing systems: A case study*", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20, No. 4, pp. 409-426.
- Waggoner, Daniel B., Neely, Andy D., Kennerley, Mike P. (1999), "*The forces that shape organisational performance measurement systems: An interdisciplinary review*", *International Journal of Production Economics*, 60-61, pp. 53-60.
- Wang, Fu-Kwun (2006), "*Evaluating the Efficiency of Implementing Total Productive Maintenance*", *Total Quality Management*, Vol. 17, No. 5, pp. 655-667.
- Wang, Kuo-Shong and Wan, Eang-Hao (1993), "*Reliability Consideration of a Flexible Manufacturing System from Fuzzy Information*", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 10, No. 7, pp.44-57.
- Weinstein, Larry and Chung, Chen-Hua (1999), "*Integrating maintenance and production decisions in a hierarchical production planning environment*", *Computers & Operations Research*, 26, pp. 1059-1074.
- Wilcox, Mark and Bourne, Mike (2003), "*Predicting performance*", *Management Decision*, 41/8, pp. 806-816.
- Wireman, Terry (2005), "*Developing Performance Indicators for Managing Maintenance*", *Industrial Press, Inc., New York*.

- Yam, Richard C. M., Tse, Peter, Ling, Li and Fung, Francis (2000), "*Enhancement of maintenance management through benchmarking*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6, No. 4, pp. 224-240.
- Zhang, Xin, Ding, Lingli and Rundensteiner, Elke A. (2004), "*Parallel multisource view maintenance*", The International Journal on Very Large Data Bases, 13, pp.22-48.
- Zhu, Guojun, Gelders, Ludo and Pintelon, Liliane (2002), "*Object/objective-oriented maintenance management*", Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 306-318.

Apêndice A - Resultados da pesquisa bibliográfica

Figuras e quadros de distribuição e classificação da informação recolhida na revisão da literatura.

Figura A.1: Distribuição dos artigos pelas bases de dados (Janeiro 1999 – Dezembro 2008)

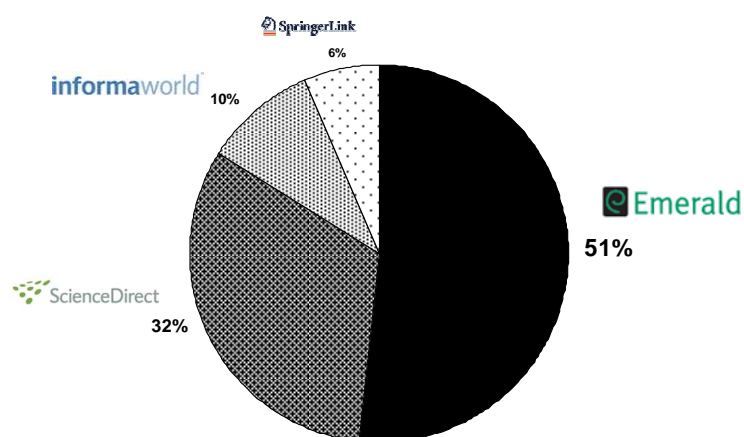


Figura A.2: Distribuição de artigos na base de dados Emerald

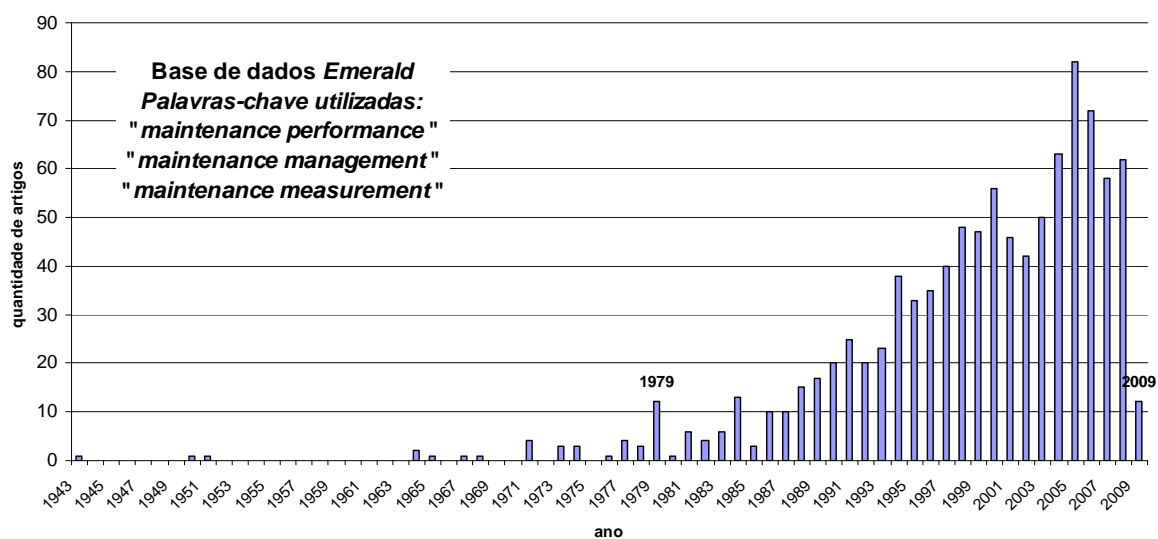


Figura A.3: Distribuição dos artigos pelas publicações



Revista	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	Total				
Omega												1																						2		
Applied Energy																											1	1	1						3	
Integrated Manufacturing Systems																																			3	
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	1											1																						1	3	
Management Research News	1																																		3	
South African Journal of Industrial Engineering																																			3	
International Journal of Industrial Ergonomics																																			4	
Journal of Operations Management																																				4
Journal of Manufacturing Technology Management																																				5
Industrial Management & Data Systems																																				6
International Journal of Production Research																																				6
International Journal of Productivity and Performance Management																																				6
Production Planning & Control																																				6
Property Management																																				7
Total Quality Management																																				7
Facilities																																				8
Reliability Engineering & System Safety																																				10
International Journal of Production Economics																																				14
International Journal of Operations & Production Management																																				16
International Journal of Quality & Reliability Management																																				26
Journal of Quality in Maintenance Engineering																																				55
(68 Revistas)	3	0	2	1	1	3	0	2	0	2	5	2	4	3	5	10	13	8	15	11	18	14	15	16	8	16	12	20	10	22	9	251				

Quadro A.2: Distribuição artigos por anos com referência ao autor, âmbito, indicadores e modelo de suporte

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
1979	Oelsner, Michael	Presents a system application concept to provide all management levels useful tools for optimal resource utilization. Incentive pay sub-system is derived from performance.	Labour/attendance (direct labour, manual-work, machine-time), Inventory (status, quantities, transactions, value), Costing (work in progress, jobs closed, cost of sales, billing), Sales (objectives, input, output), Incentive Pay	-
1979	Babu, A. Subash and Vrat, Prem	Discusses maintenance effectiveness interaction with spare parts stock level and optimal central depot location. Reveals the trade-off between the spares inventory and the throughput time of repairs.	Costs (failure cost, cost of shortage, inventory cost, cost of repairing)	-
1981	Steeleandt, Frank V. Van and Gelders, Ludo F.	An integrated production—maintenance model was set up to evaluate the output of the production line for different maintenance decisions	Profit (effectiveness), cost (scrap, downtime), availability (MTBF, MTBR), line and production efficiency	Integration in production
1982	Robinson, Nick	Establishes a checklist to improving company maintenance planning.	Assets (Count, Cost, technical data), Stock Value, Used Maintenance (inspection, monitoring), In house crew motivation	Great relation with subcontractors
1984	Keller, A.Z. and Giblin, M.T.	Determination of optimal maintenance and replacement management, and their effect on operational costs and availability.	Cost (preventive maintenance, unscheduled maintenance), Availability	-
1988	Cross, Michael	Assess evidences of engineering maintenance organization performance	Cost, materials, personnel, safety, workload, reliability, organization, planning, scheduling	Reduce costs, improve quality and improve control
1988	Cross, Michael	Describes the shift in the role and value of maintenance.	Breakdowns, Modifications, Preventive work, Service to production/adjustments	Performance as costs
1989	Gupta, A.D. and Majumdar, P.K.	Shows the effect of overhauling on equipment conditions and performance (savings)	Time(downtime cost), spares, labour, degree of overhauling	Overhaul and Replacement modelling
1989	Calabria, R., Pulcini, G. and Rapone, M.	Considers the impact of failures on system performance.	Failure, breakage, degraded equipment performance, time to the first stoppage, number of items produced before the first stoppage.	Reliability Modelling R&M model
1990	Davies, C. R.	Sets the organization of a planned maintenance programming computer system	Questions checklist, costs, benefits	Cost-benefit analysis
1990	Pintelon, L., Van Wassenhove, L.	Presents decision support tool for maintenance managers in industry (also a vehicle for research on maintenance decision-making)	Complete Control Board, structured network of Detailed Reports (DR)	Maintenance Management Tool (MMT)
1991	Luxhoj, James T.	Defines the importance measures in grouping (facilitate strategic analysis avoiding item-by-item tracking)	MTBF, MTTR, Costs	Importance Measures

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
1992	Ardalan, Alireza; Hammesfahr, Jach and pope, James	Development of intuitive relationships between repair strategies and costs	Repair costs (shipment cost, operation failure costs, labour cost, material cost)	Total Quality (PDCA)
1993	Raouf, Abdul	Develop Total Maintenance Cost Standards based on cost of sub-functions.	Total cost, Land Maintenance Cost (MC), building MC, building equipment MC, machinery and equipment MC, mobile equipment MC, management service cost, custodial service cost, equipment age, direct-labour hours, acquisition value of equipment	Total Maintenance Cost
1993	Osborne, David and Taj, Shahram	Present a procedure for Preventive Maintenance schedules.	EERT1- Earliest economic replacement time, EERT2 – Earliest expected replacement time, parts lost during replacement, labour standard for the part, value of labour, purchase cost	Preventive Maintenance & TPM
1994	Chen, Frederick	Establish a benchmark for preventive maintenance practices	Training, people (as asset), quality, productivity, motion, life cycle cost, costs, availability	Benchmarking PM
1994	Raouf, A	Describes the factors considered in evaluating maintenance management effectiveness	Labour productivity, organization staffing and policy, management training, planner training, craft training, motivation, management control and budget, work order planning and scheduling, facilities, stores, material and tool control, PM and equipment history, engineering and condition monitoring, work measurement and incentives, information system, PEE, availability, efficiency, quality rate	Production Equipment Effectiveness - PEE
1994	Ikhwan, Muhammad A. H and Burney, Farhat A.	Address the development of a survey instrument for data collection and analysis to formulate a suitable maintenance policy	PM, BM, Labour, vocational qualifications and training, Length of stay (years), use of reporting, EOQ	-
1994	Paz, Noemi M. and Leigh, William	Show the issues, results and research needs for maintenance scheduling	Manpower, material, equipment, Number of workers, Number of maintenance shifts, Number of production shifts, Production load, Downtime cost, Worker wages, Worker skill, PM policy, Production system sensitivity, Maintenance work reliability, Information delay, Risk sensitivity of decision maker, Worker utilization, Despatching criteria, Wait time for service, Wait time for PM service only, Worker utilization, Machine downtime, Machine availability, Total cost function, Production flow time, Queue length of production jobs, Number of machine breakdowns, Number of PM jobs, Number of down shifts, Worker travel time, Time in wait queue, Job tardiness, Variance of job tardiness, Percentage of jobs that are tardy	Maintenance Scheduling

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
1994	Gits, C. W.	Establishes a reference framework of decision functions to guide the design of maintenance control systems to meet the requirements of production	Demand, Resources(materials and capacities), work order	-
1994	Jostes, Robert S. and Helms, Marilyn M.	Links Total Productive Maintenance to Total Quality Management	OEE	TPM, TQM, OEE
1995	Groote, P. De	Proposes a practical approach to a maintenance performance evaluation	Maintenance Survey, Cost-benefit analysis, human resources, cost management, cost, operating hours, manpower cost, stock, stock cost, subcontracting cost, OEE	Quality Audit, Cost-benefit analysis, OEE
1995	Murty, A.S.R. and Naikan, V.N.A.	The use of Reliability, Availability and Maintainability (RAM) for performance monitoring	Availability, MTBF, MTTR, Uptime, Downtime, cost of maintenance, net income	Graphical Maintenance Cost Evaluation
1995	Almeida, A. T. de and Bohoris, G. A.	Builds a maintenance decision model, and details the steps for its application in practice.	Reliability, Availability, Costs	Decision Theory
1995	Goh, Mark and Tay, Guan-How	Implements a quality maintenance system	Time (downtime, repair time, replacement time, waiting time), cost (component and labour cost), failures (number, frequency and duration of failures), task (number of maintenance tasks to perform, frequency and duration of tasks)	TQM and QMS – Quality Maintenance System
1995	Lee, Jay	Proactive maintenance based on machine performance monitoring (degradation monitoring)	Quality, cost, lead time, fault, MTBF	CIM – Computer-Integrated Manufacturing
1995	Raouf, A and Ben-Daya, M.	Present a framework for an effective continuous maintenance improvement programme	PM, Cost, Availability	Maintenance Audit, Benchmarking and TPM
1995	Al-sultan, Khaled S. and Duffuaa, Salih O.	Propose a mathematical programming for maintenance control.	Availability, flexibility, down-time, personnel idle time, shut-down cost, shut-down time, total scheduling time, delay of jobs	-
1995	Ben-Daya, M. and Duffuaa, S. O.	Links Quality(production) and Maintenance	OEE, equipment losses	-
1995	Campbell, John D.	Provides a framework to outsource in a systematic way	Outsourcing (cost, delay, compliance)	-
1995	Bohoris, G.A., Vamvalis, C., Tracey, W. and Ignatiadou, K.	Shows the use of CMMS in successful implementation (evaluation and feedback) of TMP program	OEE, MTBF, losses (downtime, speed, defect), breakdowns	TPM
1995	Sherwin, David J. and Jonsson, Patric	Plant availability through TQM and maintenance	Availability	-
1995	Miyake, Dario Ikuo, Enkawa, Takao and Fleury, Afonso C. C.	Discusses improvement of manufacturing systems performance by application of TPM	MTBF, MTTR, Availability, OEE, Energy consumption, Accidents	TMP

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
1996	Dekker, Rommert	Reviews Maintenance Optimization models	-	-
1996	McAdam, Rodney and Duffner, Anne-Marie	Discusses the TQM benefits to implement TPM	OEE,	TPM, TQM
1996	Carannante, T, Haigh, R. H. and Morris, D. S.	Considers TPM essential to the introduction of TQM in manufacturing industries.	OEE	TPM, TQM
1997	Blanchard, Benjamin S.	Presens enhanced approaches for TPM implementation	OEE, cost, losses, labour , materials	TPM
1997	Martin, H. H.	Determines performance indicators for a maintenance contractor	Availability, budget, number of activities, output	-
1997	Organ, Mike, Whitehead, Tony and Evans, Mike	Describes maintenance management based on availability	Availability	-
1997	Pitt, Terence J.	Shows data requirements for a predictive maintenance programme	Event, risk	Priority matrix
1997	Triantaphyllou, Evangelos, Kovalerchuk, Boris, MannJr, Lawrence and Knapp, Gerald M.	Proposes a methodology for decision-making in maintenance problems	Reparability, reliability, availability	Decision Theory
1997	Duffuaa, S. O. and Al-Sultan, K. S.	Makes a mathematical programming approach for maintenance management (scheduling and planning)	Jobs, availability, time	-
1997	Swanson, Laura	Relates production technology with maintenance management	-	-
1997	Pintelon, Liliane and Puyvelde, Frank Van	Overviews existing maintenance performance measurement systems	Budget, ManHours, Jobs, Costs, WorkOrders, MTTR, MTBF	See Table 4.
1997	Jonsson, Patrik	Make the Status of maintenance management in manufacturing firms	-	Maintenance survey
1997	Cooke, Roger and Paulsen, Jette	Examines ways to assess maintenance performance without introducing statistical assumptions.	Events,	-
1997	Riis, Jens O., Luxhoj, James T. and Thorsteinsson, Uffe	Frame maintenance in a situational model	OEE	TPM
1998	Labib, Ashraf W.	Demonstrate a methodology for adding value to data collected in the CMMS, through offering decision analysis	Downtime, failure frequency	WCM, DMG
1998	Tsang, Albert H. C.	Presents a strategic approach to managing maintenance performance linked to strategy	Equipment performance (availability, reliability, OEE); Cost (labour and materials); process performance (planned/unplanned work, schedule compliance)	BSC

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
1998	Arts, R.H.P.M., Knapp, Gerald M. And Mann Jr, Lawrence	Measures maintenance performance in the process industry	Costs, hours, tasks.	Operational Maintenance system (short term)
1998	O'Hare, Cormac and MacAdam, Rodney	Develops and applies a business process improvement approach to the global maintaining process.	Equipment reliability (failures)	MERP
1998	Ljungberg, Örjan	Measures the OEE as basis of TPM. Special focus on losses classification	OEE, losses	TPM
1999	Crocker, John	Studies the effectiveness of maintenance	MTBF, MTTF	-
1999	Lawrence, John J.	Uses mathematical modelling on the implementation of TPM	OEE, MTTs, MTTF, MTTR	TPM
1999	Pintelon, Liliane, Preez, Niek Du and Puyvelde, Frank Van	Addresses important opportunities created by IT for maintenance management	Failure, downtime cost, MTBF, MTTR	-
1999	Brewer, Jeffrey D. and Sakthivadivel, R.	Demonstrates that small differences in management can lead to major differences in maintenance performance	Budget, events	-
1999	Azadivar, Farhad and Shu, Victor	Explores characteristic factors of JIT systems that play a role in selection of maintenance policy	Service level (% jobs delivered on time), MTBF, MTTR, PM/RM	-
1999	Weinstein, Larry and Chung, Chen-Hua	Models the evaluation of organization maintenance policy (link to production)	Demand, Hour Labour, cost	-
1999	Burrows, Dan C., Petry, Jack A. and Fratianne, Scott A.	Show the benefits of institutionalizing R&M	MTBF, MTTR, OEE	R&M
1999	Jonsson, Patrik	Highlights the importance of integration for organizational design and strategic planning	Quality, flexibility, cost, delivery performance	TPM
1999	McKone, Kathleen E., Schroeder, Roger G. and Cua, Kristy O.	Discuss environmental, organizational and managerial issues that should be considered when developing maintenance systems	OEE	TPM
1999	Coetzee, Jasper L.	Approach maintenance in a top-down process of setting maintenance policy	-	-
1999	Martorell, S., Sanchez, A., Muñoz, A., Pitarch, J.L., Serradell, V. and Roldan, J.	Use maintenance indicators to evaluate the effects of maintenance programs (performance and safety)	Type of maintenance (conservative, modification, corrective, preventive, predictive, regulated)	-
1999	Madu, Christian N.	Get corporate attention to focus on reliability issues (TQM vs TRM)	Man, Machine, Material, Method	TRM
1999	Prickett, P. W.	Develops autonomous maintenance management systems	OEE	TPM

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
1999	Tsang, Albert H.C., Jardine, Andrew K. S. and Kolodny, Harvey	Holistic approach to maintenance measurement	Cost, Customer Satisfaction, Process	BSC
1999	Dwight, Richard	Use system audit to measuring maintenance performance	Failures, cost, quality	System Audit
1999	Löfsten, Hans	Evaluate economically the maintenance policies	PM, CM, down-time cost, number of failures, Availability, Production Output	-
2000	Yam, Richard C. M., Tse, Peter, Ling, Li and Fung, Francis	Uses benchmarking to search for optimum methods for maintenance management practices	AEMC, TPMC, TPCC, TTSC, TCDR	Maintenance Benchmarking
2000	Rankin, William, Hibit, Rebecca, Allen, Jerry and Sargent, Robert	Develops a maintenance error decision aid	Error, PSF (training, quality/availability of procedural guidance, time factors)	MEDA
2000	Al-Najjar, Basim and Alysouf, Imad	Improves effectiveness of Manufacturing systems using Total Quality Maintenance	Quality, personnel, methods, material	TQMain
2000	Löfsten, Hans	Measures maintenance performance using a productivity index	PM, CM, down-time cost, number of failures, Availability, Production Output	-
2000	Sherwin, David	Advocate maintenance management by optimizing schedules and integrating it through advanced IT.	Equipment, Product	LCC/P
2000	Jonsson, Patrik	Relates investments in ATM (infrastructure and maintenance) with better performance	Availability	-
2000	Muthu, S., Devadasan, s. R., Ahmed, Saleem, Suresh, P. and Baladhandayutham, R.	Uses IT for benchmarking SMQE improving strategic maintenance quality	-	SMQE, TPM, Maintenance Benchmarking
2000	Dal, Bulent, Tugwell, Phil and Greatbanks, Richard	Explores OEE as a measure of operational improvement	OEE	TPM
2000	Vineyard, Michael, Amoako-Gyampah, Kwasi and Meredith, Jack R.	Evaluates maintenance policies for flexible manufacturing systems	Equipment utilization, downtime, through-put, flow time	-
2000	Madu, Christian N.	Shows that maintenance and reliability are importantly associated with an organization's competitiveness	Man, Machine, Material, Method	R&M
2001	Cua, Kristy O., Mckone, Kathleen e. And Schroeder, Roger G.	Identify performance differences with respect to implementation of TQM, JIT and TPM.	OEE, cost, quality, on-time delivery, flexibility	TPM, TQM
2001	Jeong, Ki-Young and Phillips, Don T.	Highlights hidden losses in OEE computing	OEE, equipment losses	TPM
2001	Tu, P. Y. L., Yam, R., Tse, P. and Sun, A. O. W.	Reports an integrated maintenance management system	MTTF, Failure, cost	-

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2001	Duffuaa, S. O., Ben-Daya, M., Al-Sultan, K. S. And Andijani, A. A.	Develops a generic conceptual model for maintenance systems	Maintenance load, Planned/Unplanned maintenance, MTBF for critical equipment, cost, spare parts availability.	Conceptual Simulation module
2001	Swanson, Laura	Links maintenance strategies to performance	OEE, costs, type of maintenance	TPM
2001	Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani, Z. and Sharp, J. M.	Develops a new PMS using the QFD	Efficiency (task , time, profit/cost, machine)	QFD
2001	McKone, Kathleen E., Schroeder, Roger G. And Cua, Kristy O.	Links TPM and MP through SEM	OEE, cost, quality, delivery performance	TPM, SEM
2001	Shin, Dooyoung and Min, Hokey	Demonstrates that TFC can be a valuable performance measure of on-line-stop repair policy	Costs (prevention, appraisal, internal failure, external failure)	-
2001	Knights, Peter F.	Rethinks pareto analysis by applying logarithmic scatterplots to maintenance (root cause failure analysis)	Failures, failure frequency, mean downtime, cost	-
2002	Bamber, Chris, Sharp, John and Hides, Mick	Discusses international standards and how they might affect maintenance organization	-	-
2002	Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani, Z. and Sharp, J. M.	Examines the role of PMS in maintenance, using the QFD technique	Equipment, task, cost, costumer, learning	QFD
2002	Tsang, Albert H. C.	Identifies four strategic dimensions of maintenance management	Human factors, information flow, labour, materials, spares, tools, money, external services, availability, output, safety, profits	-
2002	Zhu, Guojun, Gelders, Ludo and Pintelon, Liliane	Uses OOMM to equipment management with BBM as major element	Equipment, Manpower, Materials, tools, spare parts, information and knowledge, liquidity	OOMM
2002	Pun, Kit-Fai, Chin, Kwai-Sang, Chow, Man-Fai and Lau, Henry C. W.	Proposes a generic approach of ECM management	Availability, Reliability, defect rates, OSE, ISE	ECM
2002	Amaratunga, Dilanthi and Baldry, David	Identify relationships between motivational and organizational variables and performance measurement	Absenteeism, employee turnover, people needs	-
2002	Murthy, D. N. P., Atrens, A. and Eccleston, J. A.	Contrasts the SMM approach with TPM and RCM	Equipment state, operating load, maintenance strategies	SMM
2002	Komonen, Kari	Presents a hierarchical system of maintenance performance, and crates a benchmarking tool.	MTTR, MTBF, MWT, downtime costs, OEE, Quality, production costs, ROI	Maintenance Benchmarking, Cost Model
2002	Rouse, Paul, Putterill, Martin and Ryan, David	describe an holistic framework for performance measures that enables the mapping of means-ends relationships	Total Hours, salary cost, inventory cost	DEA, BSC

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2002	Mitchell, Ed, Robson, Andrew and Prabhu, Vas B.	Investigate the development level of good practice in maintenance and what impact they have on organization performance	Maintenance strategy/practice, costs, cycle times, costumer deliveries met, capability, defects	Maintenance Benchmarking
2003	Nikolopoulos, K, Metaxiotis, K, Lekatis, N. and Assimakopoulos, V.	Designs an object-oriented maintenance management model and its integration into an ERP system	Availability, PM/BM, Workshops, manpower, machines, equipment, tools, materials, spare parts, consumables	-
2003	Shohet, Igal M.	Quantifies the effects of users, assets parameters and systems on maintenance performance.	Outsourced/Insource, asset load, asset age	-
2003	Fernandez, Oscar, Labib, Ashraf W., Walmley, Ralph and Petty, David J.	Discusses CMMS role as a necessary tool in maintenance management and proposes a maintenance maturity grid to support CMMS implementation	Downtime, frequency of failure	-
2003	Liyanage, Jayantha P. and Kumar, Uday	Develops an architecture for effective management of O&M performance linking results to performance drivers	Cost, Production, environmental, health and safety	BSC, Value-based
2003	Bamber, C. J., Castka, P., Sharp, J. M. and Motara, Y.	Discusses the concept of OEE, and the use of cross-functional teams for increase success implementation	OEE	OEE CFT, TPM
2004	Labib, Ashraf W.	Investigate the characteristics of CMMS, their need for industry and identifies current deficiencies	Downtime, stop frequency, MTTR, MTBF, spare parts	DMG, AHP
2004	HajShirmohammadi, Ali and Wedley, William C.	Proposes a systematic model for evaluating different maintenance organizational structures with respect to the objectives of a maintenance department	Labour, equipment, data (quality, speed, analysis, from other department)	AHP
2004	Takata, S., Kimura, F., van Houten, F. J. A. M., Westkämper, E., Shpitalni, M., Ceglarek, D. and Lee, J.	Discuss the changing role of maintenance from the perspective of LCM	Materials, energy consumption, type of maintenance, task, cost	LCM
2004	Raouf S.I., Abdul	Outlines relationship between plant productivity, safety, and maintenance activities. Presents Key performance indicators and a methodology for operating a continuous improvement program	RONA, OEE, quality, asset value, safety/environmental cost/unit, MTBF, MTTR, overtime/hours worked, fault, cost, accident, human error, reliability	-
2004	Eti, M. C., Ogaji, S. O. T. and Probert, S. D.	Suggests Self-Auditing and Benchmarking as prerequisites for TPM implementation (strategy and culture for improving performance)	OEE	TPM
2004	Cholasuke, Chuenusa, Bhardwa, Ramnik and Antony, Jiju	Create a set of key ingredients for effective maintenance management and success.	Loss of production (breakdowns, downtime, rework, inventory, spare parts, overtime, accidents), Cost, availability, reliability, quality	-

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2004	Bamber, Christopher, Sharp, John M. and Castka, Pavel	Discusses the significant role of maintenance in an integrated management system and discusses how the efforts of maintenance management can contribute a value added perspective to the third party assessment process	Quality, productivity, costs, delivery, safety, morale	-
2004	Brah, S. A. and Chong, W. K.	Relates TPM with organizational performance	OEE	TPM
2005	Oke, S. A.	Presents a mathematical model that measures the profitability of the maintenance system based on the traditional accounting definition of profitability	Profitability, revenue, cost	-
2005	Seth, Dinesh and Tripathi, Deepak	Relates TQM and TPM implementation factors and business performance of manufacturing industries	Leadership, process management, strategic planning, equipment management, customer satisfaction, materials, equipment, finances	TQM, TPM
2005	Eti, M. C., Ogaji, S. O. T. and Probert, S. D.	Self-assessment of maintenance processes and schedules has in a thermal power station	OEE, breakdown losses, set-up and adjustment, speed losses	EFQM model
2005	Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K. and Kong, S.	Studies the effectiveness and implementation of the TPM programme for an electronics manufacturing company	OEE, MUBA, number of improvements, number of suggestions, training hours for skill level enhancement	TPM
2005	Oke, S. A. and Oluleye, A. E.	Outlines a measurement scheme that aids the evaluation of the maintenance function (balanced viewpoint of maintenance). Proposes a template for developing a maintenance performance index given a set of measures, minimising the implicit redundancies and overemphasis of the component measures.	Manpower, work-order, plant, equipment, service	NGT framework
2005	Lee, Hsu-Hua	Develops of a cost/benefit model for supporting investment strategies about inventory and preventive maintenance in an imperfect production system	Defective items, cost, quality, investment in PM	PM
2006	Pinjala, Srinivas Kumar, Pintelon, Liliane and Vereecke, Ann	Relates business strategy and maintenance strategy through manufacturing strategy	Cost, quality, Structural decision elements (capacity, facilities, technology, integration), Infrastructure decision elements (organization, policy and concepts, planning and control system, human resources, modifications, reward systems)	-
2006	Gomes, Carlos F., Yasin, Mahmoud M. and Lisboa, João V.	Highlights manufacturing performance measurement issues relevant to current practices	-	-
2006	Alsyouf, Imad	Develops a strategic maintenance performance measurement system	In-house/outsourced, tasks, policies, support infrastructure, organization, administration, work management and control, shop level planning, budget and cost, human resources, maintenances approaches	Adapted BSC model

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2006	Kumar, Uday	Identifies issues and present challenges on the development and implementation of maintenance performance measurements	OEE, TME(=internal effectiveness x external effectiveness), Customer satisfaction index, quality, timeliness of delivery, productivity, cost per unit	-
2006	Pintelon, Liliane, Pinjala, Srinivas Kumar and Vereecke, Ann	Identifies and evaluate the effectiveness of a given maintenance strategy in a company	Strategy (reactive, proactive, aggressive), Maintenance (capacity, facilities, technology, vertical integration)	Hayes and Wheelwright four-stage framework
2006	Leung, Tim S., Lee, Ka Wing and Chung, W. C.	Explore the theory of technology adoption to support maintenance business	-	-
2006	Seth, Dinesh and Tripathi, Deepak	Highlights that a combined application of TQM and TPM, brings out significantly higher improvements than individual drives.	Profitability (ROI, market share, net profit), Operating performance (labour productivity, value added per employee, production capacity), Quality (defects, claims), Cost (production, manpower, supply chain), Delivery (cycle time, inventory turnover, delivery in time), Safety (accidents, level of pollution), Morale (improvement of suggestions, small group meeting)	TPM, TQM
2006	Eti, M. C., Ogaji, S. O. T. and Probert, S. D.	Identifies strategic aspects of maintenance management	-	-
2006	Oke, S. A.	Presents a comprehensive review of maintenance performance research	(Quantitative), (Qualitative)	Economical and technical approach, Strategic approach, System auditing approach, statistical / reliability functional approach, composite formulation method
2006	Pramod, V. R., Devadasan, S. R., Muthu, S., Jagathyraj, V. P. and Moorthy, G. Dhakshina	Provide maintenance engineering community with a model named "Maintenance quality function deployment" (MQFD) for nourishing the synergy QFD and TPM and enhancing maintenance quality of products and equipment.	OEE, MTBF, MTTR, MDT, Availability, Quality	MQFD
2006	Wang, Fu-Kwun	Evaluating the Efficiency of Implementing TPM	OEE	TPM
2006	Nachiappan, R. M. and Anantharaman, N.	Evaluation of OLE in a continuous product line manufacturing system	OLE	
2006	Oke, S. A.	Offers directions on future research in the area of maintenance performance	-	VB, BSC, (Table 4)

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2006	Parida, A. and Kumar, U.	Identifies issues and challenges on the development and implementation of maintenance performance measurements	OEE, TME(=internal effectiveness x external effectiveness), Customer satisfaction index, quality, timeliness of delivery, productivity, cost per unit, skill and competence, resource utilization	TME (internal, external, integration)
2007	Hwang, W. T., Tien, S. W. And Shu, C. M.	Developed a dedicated maintenance programme and executive information system (EIS)	Asset reliability (MTBF, MTA, MTTR, MTTT), failure analysis (equipment and component failure), cost/benefit analysis	EIS
2007	Jones, Keith and Sharp Mark	Draw attention to the weakness in current model of built asset maintenance and propose a new performance based model that aligns maintenance expenditure to corporate performance	-	-
2007	Liyanage, Jayantha P.	Address how core asset processes (O&M) should be streamlined to ensure performance quality and to portray their business roles within sustainability requirements	KRAs (plant economics, production level and status, health and safety issues, environmental results)	-
2007	Straub, Ad	Models the orientation change from cost to value of services performance	-	-
2007	Parida, Adita	Identifies and develop maintenance performance indicators (MPIs) and studies and analyzes the short plant stops and planned maintenance stops	Downtime (hours), change over time, planned maintenance tasks, unplanned tasks, number of new ideas generated, skill and improvement training, quality returned, employee complaints, maintenance cost per unit	-
2007	Parida, Aditya and Chattopadhyay, Gopi	Develop a multi-criteria hierarchical maintenance performance measurement framework, which is balanced, holistic and integrated to various levels of the organization	Equipment (availability - OEE, MTTF, MTTR – rate, quality, stoppages & downtime, rework), maintenance tasks (quality, changeover time, planned, unplanned, response time), cost (cost/unit, ROMI), Impact on customer satisfaction (number of complains, returns, value for money feedback, retention, new costumers), Learning and growth (number of ideas, training), HSSE (accidents, legal cases, compensation, complains), Employee satisfaction (absentees, complains, turn-over rate)	Integrated, internal and external MPM framework
2008	Silva, Carlos Manuel Inácio da, Cabrita, Carlos Manuel Pereira and Matias, João Carlos de Oliveira	Emphasize that the choice of the most appropriate maintenance model and policies is the best way to reduce significantly the maintenance costs as well as to optimize the useful Key Performance Indicators	Maintenance costs, failure rates, reliability, MTBF, MTTR, availability	-

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2008	Kans, Mirka	Discuss how demands of CMMS can be determined to assure that IT is supporting maintenance needs and suggest a procedure for the process of identifying the requirements of IT within maintenance	-	-
2008	Aoudia, Mouloud, Belmokhtar, Oumhani and Zwingelstein, Giles	Evaluate the economic impact of a company's maintenance management ineffectiveness and identify its causes	Financial aspect, Relation to exploitation, Spare part management, Continuous improvement, Training, Task planning and scheduling, Maintenance approach, Information management and CMMS, Human resources, Material means, Policy deployment, Organisation	-
2008	Thomas, Andrew, Barton, Richard and Byard, Paul	Develop and implement an integrated Six Sigma maintenance model for manufacturing industry	Quality, cost, people productivity, scrap/defect, space utilization, on time delivery, stock turns, OEE, Value added per person	Six Sigma Model
2008	Tam, Allen S. B. and Price, John W. H.	Proposes a generic asset management framework that integrates enterprise decisions for optimising maintenance investment decisions	Production/operation rate, availability, operational data, profit/unit, maintenance intervals, human resources, maintenance costing, spare parts, turn around time, loss of output cost, resources cost, risk cost	-
2008	Nenadál, Jaroslav	Examine the weaknesses which result in the concept of process performance measurement being ineffectively translated into effective measurement and action regimes	Cycle time, time of response, nonconformities ratio, sigma capability, level of process related cost, input yield	IS9000, EFQM, BSC
2008	Ahuja, I. P. S. and Khamba, J. S.	Review the literature on TPM and present an overview of TPM implementation practices adopted by the manufacturing organizations	OEE	TPM
2008	Jenab, K. and Zolfaghari, S.	Presents a virtual collaborative maintenance architecture aimed at improving the performance of manufacturing systems	Operational reliability, maintenance economics, human factors in maintenance	-
2008	Arca, Jesús García and Prado, J. Carlos Prado	Put forward the methodology and most important aspects used to design and implement a satisfactory PM program in the manufacture in accordance with continuous improvement and TPM philosophy	-	-

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2008	Grando, Alberto and Belvedere, Valeria	Aims at understanding whether and why an integrated PMS can effectively solve the problems, which usually affect the reporting system of the Operations Department	Financial, customer, internal business, innovation. Number of defective engines at quality control (number), Minutes of rework per engine (minutes), First time pass rate for motorbikes at final testing and control (%), Minutes of rework per motorbike (minutes), Total costs of in-field defects (euro), Number of defective motorbikes at 0 km (number), Production schedule adherence, Muda (% of idle time), Total costs of unquality (euro)	Operations BSC
2008	Kans, Mirka and Ingwald, Anders	Describes how a common database can play an important role in reaching cost-effective improvements of maintenance performance	-	-
2008	Muchiri, P. and Pintelon, L.	Describes OEE as a performance-measurement tool that measures different types of production losses and indicates areas of process improvement	OEE	OEE
2008	Sharma, Rajiv Kumar and Kumar, Sunand	Presents the applications of RAM analysis in a process industry.	Reliability characteristics, maintainability characteristics	-
2008	Shyjith, K., Ilangkumaran, M and Kumanan, S.	Focus on the use of AHP and TOPSIS to select (ranks) an optimum maintenance strategy for a textile industry.	Environmental conditions, component failure, training required, flexibility	AHP, TOPSIS
2008	Ahuja, I. P. S. and Khamba, J. S.	Examines the implications of TPM implementation initiatives in Indian manufacturing organizations	-	TQM (TPM)
2008	Pitt, Michael and Tucker, Mathew	Examine the state of knowledge of performance measurement in facilities management, in particular regarding the concepts underlying benchmarking in relation to its ability to drive innovation in the industry	-	Benchmarking
2008	Ahuja, I. P. S. and Khamba, J. S.	Evaluate the contributions of TPM initiatives towards improving manufacturing performance in Indian Manufacturing Industry	-	TQM (TPM)
2009	Rosqvist, T., Laakso, K. and Reunanen, M.	Present a maintenance planning approach, VDMP, to emphasise the fact that the objectives of the plant are the reference points for specifying functional requirements for the equipment	System reliability, System availability, Proactivity of maintenance resourcing, Quality of maintenance/operability planning, Equipment level, Proactivity of maintenance tasks of equipment, Equipment reliability, Equipment availability	VDMP
2009	Uusipaavalniemi, Sari and Juga, Jari	Provide a theoretical set of elements to analyze information integration in supply chains. Analyze a case supply chain that includes engineering offices providing maintenance-related planning services and mechanical maintenance service providers	-	-

Year	Author (s)	Scope	Measures, Indicators, ratios, factors	Model, Framework, support system
2009	Åhrén, Thomas and Parida , Aditya	States that MPis can successfully use benchmarking as a tool for improvement by learning from within or from other organizations for continuous improvement	Asset, Economy, Labour, Quality, Safety, Environment, Traffic	Benchmarking
2009	Pascual, R., Castillo, G. Del, Louit, D. and Knights, P.	Justifies the introduction of CSD to prioritise setting in engineering problems and in physical asset management problems.	MTBF, MTTR, unavailability	-
2009	Concetti, Massimo, Cuccioletta, Roberto, Fedele, Lorenzo and Mercuri, Giampiero	Development of an “intelligent” maintenance-management system for the distant monitoring and controlling by a remote control centre	-	-

Apêndice B – Questionário

Quadro B.1 – Lista de indicadores utilizados no inquérito.

Medidas		Grupo
Equipa de Manutenção		
1	Antiguidade dos técnicos de manutenção	EQU1
2	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	EQU2
3	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	EQU3
4	Taxas absentismo na equipa de manutenção	EQU4
5	Flexibilidade da equipa de manutenção	EQU5
6	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	EQU6
7	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	EQU7
8	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	EQU8
9	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	EQU9
10	Capacidade de manutenção (horas)	EQU10
11	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	EQU11
12	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	EQU12
13	Satisfação dos técnicos de manutenção	EQU13
14	Relações gestores-técnicos de manutenção	EQU14
15	Número de horas realizadas pela manutenção operacional / número de horas totais realizadas pela manutenção (operacional+gestão+engenharia)	EQU15
16	Formação ano (horas)	EQU16
17	Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	EQU17
18	Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	EQU18
19	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	EQU19
20	Percentagem de orçamento da manutenção para pessoal	EQU20
21	Custos operacionais por técnico de manutenção	EQU21
22	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	EQU22
23	Registo de acidentes de trabalho	EQU23
24	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	EQU24
Máquinas e Equipamentos		
25	Consumo energético para cada máquina	MAQ1
26	Idade das instalações e do equipamento	MAQ2
27	Idade de cada máquina	MAQ3
28	Taxa de falhas para cada máquina	MAQ4
29	Fiabilidade para cada máquina	MAQ5
30	Percentagem do tempo de paragem por máquina	MAQ6
31	Taxa de utilização de cada máquina	MAQ7
32	Perdas (de velocidade) nas máquinas	MAQ8
33	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	MAQ9

	Medidas	Grupo
34	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	MAQ10
35	Quantidade produzida por máquina	MAQ11
36	Custos das perdas por paragem	MAQ12
37	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	MAQ13
38	Custos de reparação para cada máquina	MAQ14
39	Percentagem de indisponibilidade de máquinas em espera de manutenção	MAQ15
40	Percentagem de indisponibilidade por manutenção	MAQ16
41	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	MAQ17
42	Percentagem de procedimentos escritos	MAQ18
43	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	MAQ19
44	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	MAQ20
45	Tempo médio até à falha para cada máquina - MTTF	MAQ21
46	Tempo médio de reparação para cada máquina - MTTR	MAQ22
47	Tempo médio entre avarias para cada máquina - MTBF	MAQ23
48	Tempo médio entre reparações para cada máquina	MAQ24
49	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	MAQ25
50	Tempo mínimo de reparação por máquina	MAQ26
51	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	MAQ27
52	OEE – <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	MAQ28
Relação Produção / Manutenção		
53	Atrasos na comunicação de avarias	PRO1
54	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	PRO2
55	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	PRO3
56	Queixas dos operadores das máquinas	PRO4
57	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	PRO5
58	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	PRO6
59	Inquéritos aos operadores das máquinas	PRO7
60	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	PRO8
61	Número de reclamações de clientes originados por avarias	PRO9
62	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	PRO10
63	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	PRO11
64	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	PRO12
65	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	PRO13
66	Unidades produzidas / Unidade de tempo	PRO14
Estratégias de Manutenção		
67	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	EST1
68	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	EST2
69	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	EST3
70	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	EST4

Medidas		Grupo
71	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	EST5
72	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	EST6
73	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	EST7
74	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	EST8
75	Custo de manutenção não planeada	EST9
76	Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	EST10
77	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	EST11
78	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	EST12
79	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	EST13
80	Número de serviços externos efectuados	EST14
81	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	EST15
Custos Gerais		
82	Custo de gestão de sucata	CUS1
83	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	CUS2
84	Custo do stock de peças de reserva	CUS3
85	Orçamento de Manutenção	CUS4
86	Orçamento de Manutenção / valor actual (substituição da unidade produtiva)	CUS5
87	Valor de substituição das máquinas	CUS6
88	Taxa de execução orçamental da manutenção	CUS7
89	Custo total das peças de reserva	CUS8
90	Custo total de manutenção / custo total das vendas	CUS9
91	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	CUS10
92	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	CUS11
93	Custos das perdas por paragem	CUS12
94	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	CUS13
95	Necessidades de investimento futuras	CUS14
96	Percentagem de equipamentos críticos	CUS15
97	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	CUS16
98	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	CUS17
99	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	CUS18
100	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	CUS19
101	Percentagem de orçamento da manutenção para máquinas e equipamentos	CUS20
102	Percentagem de orçamento da manutenção para peças e materiais	CUS21
103	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	CUS22
Acções e Tarefas de manutenção		
104	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	TAR1
105	Custo médio por ordem de reparação	TAR2
106	Número de ocorrências de manutenção	TAR3
107	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	TAR4

Medidas		Grupo
108	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	TAR5
109	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	TAR6
110	Período de tempo decorrido entre a requisição e a finalização do serviço manutenção	TAR7
111	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	TAR8
Organização da Manutenção		
112	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	ORG1
113	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	ORG2
114	Número médio de reparações em lista de espera	ORG3
115	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	ORG4
116	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	ORG5
117	Serviços executados / serviços planeados	ORG6
118	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	ORG7
119	Qualidade dos procedimentos de manutenção	ORG8
120	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	ORG9
121	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	ORG10
Outros Indicadores		
122	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	OUT1
123	Política ambiental implementada / planeada	OUT2
124	Consumo energético por unidade produzida	OUT3

Figura B.1 - 1º Ecran do questionário - Página de abertura e apresentação do questionário.

Indicadores de desempenho da Manutenção Industrial



FEUC
Faculdade de Economia Universidade de Coimbra

Este questionário está inserido num projecto de investigação sobre gestão da performance em manutenção industrial e servirá como suporte ao trabalho empírico da minha dissertação do Mestrado em Gestão na Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

Trata-se de um trabalho de natureza académica que pretende estudar as práticas existentes nas empresas, pelo que terá também utilidade para os seus gestores.

Neste sentido, caso pretenda receber os resultados desta investigação bastará indicar o seu email no início ou no final do preenchimento do questionário.

Este questionário foi elaborado com o intuito de ser simples e prático de responder. No entanto, o tempo mínimo de resposta ficou condicionado ao número de questões que se pretende estudar, pelo que necessitará de cerca de 15 minutos para o completar. O seu preenchimento poderá ser interrompido e retomado mais tarde.

Os dados introduzidos serão tratados de forma absolutamente confidencial e usados apenas de forma agregada no âmbito deste trabalho.

Desde já agradeço o tempo dispensado,

Jorge Simões

Há perguntas neste inquérito

Uma Observação sobre Privacidade
Este inquérito é anónimo.
O armazenamento das suas respostas ao questionário não contém nenhuma informação identificativa a seu respeito. A palavra-chave utilizada não é guardada com as respostas. É mantida numa base de dados separada e será actualizada apenas para indicar se completou ou não este questionário. Não é possível relacionar as palavras-chave com as respostas a este inquérito.

Figura B.2 - 2º Ecran do questionário - Primeira página de introdução de dados. Dados da empresa.

Indicadores de desempenho da Manutenção Industrial




FEUC
Faculdade de Economia Universidade de Coimbra

0% 100%

Dados Empresa

Nome Empresa (opcional)

*

Actividade

Escolha uma das seguintes respostas:

- Indústrias Transformadoras
- Indústrias Extractivas
- Electricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio
- Construção
- Captação, tratamento e distribuição de água; saneamento gestão de resíduos e despoluição
- Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis e motociclos
- Transportes e armazenagem
- Alojamento, restauração e similares
- Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca
- Actividades de informação e de comunicação
- Administração Pública e Defesa; Segurança Social Obrigatória
- Actividades de saúde humana e apoio social
- Educação
- Actividades financeiras e de seguros
- Outra

*Sector Específico

Por exemplo: Cerâmica estrutural, transporte ferroviário/marítimo/rodoviário, metalomecânica, hospital, mobiliário, construção e obras públicas, transportes internacionais, energias renováveis, etc.

*Qual a dimensão da sua empresa, por número de trabalhadores?

Escolha uma das seguintes respostas:

- Menos de 10
- Entre 10 e 49
- Entre 50 e 250
- Mais que 250

*Qual o número médio de pessoas na produção?

Neste campo só se aceitam números

Operadores de máquinas + técnicos de manutenção + outros.

*Quantas são as pessoas que estão na equipe de manutenção?

Neste campo só se aceitam números

Qual o número aproximado de máquinas com manutenção regular?

Neste campo só se aceitam números

Qual o volume de negócios (€)?

Neste campo só se aceitam números

Terminar mais tarde << Anterior Seguinte >> []

Os dados mais "melindrosos" não foram definidos como de preenchimento obrigatório. Todas as questões marcadas com * são obrigatórias, sendo impossível prosseguir sem o seu preenchimento.

Figura B.3 - 3º ecran do questionário - Página de preenchimento de dados pessoais.

Indicadores de desempenho da Manutenção Industrial




FEUC
Faculdade de Economia Universidade de Coimbra

0% 100%

Dados Biográficos (do respondente do inquérito)

***Função/Responsabilidades**
Escolha uma ou mais opções

<input type="checkbox"/>	Administrador	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Director Geral	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Director Manutenção	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Director Fabril/Manufatura	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Director Produção	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Director	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Supervisor Manutenção	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	Responsável Manutenção	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Responsável Produção	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Engenheiro Manutenção	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Engenheiro Produção	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	Outro	<input type="text"/>

***Sexo**

Feminino
 Masculino

***Habilitações literárias**
Escolha uma das seguintes respostas:

Nenhuma
 Escolaridade obrigatória
 12º Ano
 Licenciatura
 Mestrado
 Doutoramento
 Outra

Terminar mais tarde << Anterior Seguinte >>

Figura B.4 - 4º ecran do questionário - Página com instruções e local para escrever mail para envio dos resultados

Indicadores de desempenho da Manutenção Industrial




FEUC
Faculdade de Economia Universidade de Coimbra

0% 100%

Instruções de preenchimento

Este inquérito inclui 124 medidas sugeridas pela literatura como possíveis indicadores de performance da manutenção. Para cada uma das medidas, solicitamos que classifique numa escala de 1 a 5 as características da informação com ela relacionada nomeadamente a:

Frequência de Utilização (FU): Qual é a frequência com que utiliza a medida no processo de análise de performance da manutenção?
Escala: 1 – Nunca utilizei 5 – Utilizo sempre

Valor Preditivo (VP): Qual é a percepção que tem do valor preditivo que a medida terá relativamente à performance futura da manutenção?
Escala: 1 – Sem valor preditivo 5 – Com elevado valor preditivo

Disponibilidade de Informação (DI): Qual a percepção que tem relativamente à existência da informação necessária para a utilização da medida?
Escala: 1 – Indisponível 5 – Já existe

Para melhor organização e facilidade de preenchimento as medidas foram subdivididas em 8 grupos:



- Equipa de Manutenção
- Máquinas/Equipamentos
- Produção vs Manutenção
- Estratégias de Manutenção
- Custos
- Ações e Tarefas de Manutenção
- Organização da Manutenção
- Outros

INDIQUE, SE ASSIM O DESEJAR, O MAIL PARA ONDE SERÃO ENVIADOS OS RESULTADOS.

Terminar mais tarde << Anterior Seguinte >>

Figura B.5 - 5º ecrã do questionário - Questões sobre indicadores do grupo Equipa de Manutenção (1).

Indicadores de desempenho da Manutenção Industrial

FEUC
Faculdade de Economia Universidade de Coimbra

0% 100%

Equipa de Manutenção

***Antiguidade dos técnicos de manutenção**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização (1.Nunca utilizei ... 5.Utilizo sempre)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo (1.Sem valor predictivo ... 5.Com elevado valor predictivo)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação (1.Indisponível ... 5.Já existe)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Número de aprendizes / Número de técnicos seniores**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Taxas absentismo na equipa de manutenção**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Flexibilidade da equipa de manutenção**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Capacidade de manutenção (horas)**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

***Satisfação dos técnicos de manutenção**

	1	2	3	4	5
Frequência de utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valor predictivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disponibilidade de informação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Apêndice C – Resultados completos da análise de *cluster*

Quadro C.1 – Clusters relativos à Frequência de Utilização dos indicadores.

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de FU	Desvio Padrão	Coefficiente Variação
1	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,83	1,22	0,32
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,74	1,18	0,32
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,69	1,28	0,35
	Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	3,62	1,52	0,42
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,6	1,25	0,35
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	3,56	1,27	0,36
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,52	1,33	0,38
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,52	1,4	0,40
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,51	1,26	0,36
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,51	1,37	0,39
	Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,46	1,23	0,36
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	3,45	1,4	0,41
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,43	1,38	0,40
	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,41	1,4	0,41
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,41	1,39	0,41
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,41	1,34	0,39
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3,4	1,34	0,39
Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3,4	1,17	0,34	
2	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,36	1,36	0,40
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,36	1,28	0,38
	Capacidade de manutenção (horas)	10	EQU10	3,34	1,21	0,36
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,33	1,17	0,35
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,33	1,37	0,41
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,32	1,37	0,41
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,31	1,34	0,40
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,3	1,4	0,42
	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,28	1,29	0,39
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,27	1,42	0,43
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	3,23	1,26	0,39
	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	3,23	1,39	0,43
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	EQU6	3,22	1,25	0,39
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,22	1,39	0,43
	Satisfação dos técnicos de manutenção	13	EQU13	3,21	1,15	0,36
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	3,21	1,28	0,40
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,21	1,33	0,41
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	3,2	1,27	0,40
	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	3,17	1,44	0,45
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,17	1,38	0,44
	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,15	1,3	0,41
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,15	1,27	0,40
	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	3,13	1,31	0,42
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	EQU14	3,12	1,23	0,39
	Consumo energético para cada máquina	25	MAQ1	3,12	1,21	0,39
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	3,12	1,2	0,38
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	3,12	1,36	0,44
Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,11	1,49	0,48	

	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3,1	1,43	0,46
	Custo de manutenção não planeada	75	EST9	3,1	1,43	0,46
	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	3,1	1,3	0,42
	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	97	CUS16	3,06	1,34	0,44
	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,05	1,34	0,44
	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	EQU1	3,04	1,18	0,39
	Taxas absentismo na equipa de manutenção	4	EQU4	3,03	1,46	0,48
	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52	MAQ28	3,02	1,39	0,46
	Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76	EST10	3,01	1,36	0,45
	Percentagem de indisponibilidade por manutenção	40	MAQ16	2,99	1,43	0,48
	Tempo médio de reparação para cada máquina – MTTR	46	MAQ22	2,99	1,28	0,43
	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	107	TAR4	2,99	1,25	0,42
	Número de horas realizadas pela manutenção operacional / número de horas totais realizadas pela manutenção (operacional+gestão+engenharia)	15	EQU15	2,97	1,27	0,43
	Percentagem de orçamento da manutenção para máquinas e equipamentos	101	CUS20	2,96	1,34	0,45
	Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	18	EQU18	2,93	1,26	0,43
	Qualidade dos procedimentos de manutenção	119	ORG8	2,93	1,28	0,44
	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120	ORG9	2,91	1,32	0,45
	Percentagem de orçamento da manutenção para peças e materiais	102	CUS21	2,89	1,25	0,43
	Tempo médio até à falha para cada máquina – MTTF	45	MAQ21	2,88	1,33	0,46
	Custo total de manutenção / custo total das vendas	90	CUS9	2,88	1,51	0,52
3	Custos das perdas por paragem	36	MAQ12	2,87	1,48	0,52
	Percentagem de indisponibilidade de máquinas em espera de manutenção	39	MAQ15	2,86	1,42	0,50
	Tempo médio entre reparações para cada máquina	48	MAQ24	2,86	1,34	0,47
	Percentagem de orçamento da manutenção para pessoal	20	EQU20	2,85	1,32	0,46
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	2,84	1,4	0,49
	Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	2,83	1,28	0,45
	Custos operacionais por técnico de manutenção	21	EQU21	2,82	1,33	0,47
	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	98	CUS17	2,82	1,29	0,46
	Custo das reparações subcontractadas / Custo total da manutenção	78	EST12	2,8	1,28	0,46
	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79	EST13	2,79	1,31	0,47
	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	71	EST5	2,76	1,43	0,52
	Custo médio por ordem de reparação	105	TAR2	2,74	1,29	0,47
	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	2,73	1,4	0,51
	Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	17	EQU17	2,7	1,18	0,44
	Orçamento de Manutenção / valor actual (substituição da unidade produtiva)	86	CUS5	2,7	1,45	0,54
	Período de tempo decorrido entre a requisição e a finalização do serviço manutenção	110	TAR7	2,7	1,3	0,48
	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	2,69	1,3	0,48
	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	108	TAR5	2,68	1,24	0,46
	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122	OUT01	2,68	1,35	0,50
	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	2,67	1,27	0,48
	Custos das perdas por paragem	93	CUS12	2,66	1,4	0,53
	Número de serviços externos efectuados	80	EST14	2,64	1,35	0,51
4	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83	CUS2	2,61	1,33	0,51
	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32	MAQ8	2,59	1,3	0,50
	Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,57	1,28	0,50
	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	2,57	1,46	0,57
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,56	1,24	0,48
	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	2,55	1,24	0,49
	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,52	1,26	0,50

	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,52	1,33	0,53
	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,52	1,43	0,57
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	EQU2	2,51	1,08	0,43
	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22	EQU22	2,49	1,43	0,57
	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,49	1,29	0,52
	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,49	1,43	0,57
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,49	1,29	0,52
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,48	1,37	0,55
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	EQU9	2,46	1,46	0,59
	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,46	1,24	0,50
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,46	1,23	0,50
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	EQU12	2,45	1,28	0,52
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,45	1,33	0,54
	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,45	1,24	0,51
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	2,43	1,26	0,52
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,36	1,34	0,57
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,36	1,35	0,57
5	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	EQU3	2,3	1,23	0,53
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,28	1,31	0,57
	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,28	1,23	0,54
	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,23	1,39	0,62
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,2	1,15	0,52
	Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,2	1,34	0,61
	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,12	1,29	0,61
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,09	1,15	0,55
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,06	1,2	0,58
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,03	1,18	0,58
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	1,91	1,12	0,59
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	1,89	1,09	0,58

Quadro C.2 – Clusters relativos ao Valor Predictivo dos indicadores.

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de VP	Desvio Padrão	Coefficiente Variação
1	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,88	1,11	0,29
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,87	0,99	0,26
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,8	1,22	0,32
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,8	1,39	0,37
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,79	1,16	0,31
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,79	1,17	0,31
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,72	1,21	0,33
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,69	1,31	0,36
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,69	1,43	0,39
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	3,68	1,05	0,29
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,67	1,05	0,29
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,67	1,21	0,33
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	3,66	1,13	0,31
	Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3,61	1,17	0,32
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	3,6	1,11	0,31
	2	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,59	1,09

	Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,59	1,18	0,33
	Capacidade de manutenção (horas)	10	EQU10	3,57	1,2	0,34
	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,57	1,15	0,32
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,57	1,16	0,32
	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	3,57	1,16	0,32
	Custo de manutenção não planeada	75	EST9	3,57	1,39	0,39
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,56	1,48	0,42
	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	3,56	1,37	0,38
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3,55	1,17	0,33
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,55	1,13	0,32
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,54	1,2	0,34
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,53	1,26	0,36
	Consumo energético para cada máquina	25	MAQ1	3,5	1,11	0,32
	Satisfação dos técnicos de manutenção	13	EQU13	3,49	1,34	0,38
	Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	3,49	1,17	0,34
	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52	MAQ28	3,49	1,28	0,37
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,48	1,23	0,35
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,48	1,21	0,35
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	3,47	1,17	0,34
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	3,47	1,37	0,39
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,47	1,08	0,31
	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,47	1,01	0,29
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	3,46	1,38	0,40
	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	97	CUS16	3,46	1,36	0,39
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,45	1,38	0,40
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	3,44	1,24	0,36
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	EQU14	3,43	1,19	0,35
	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,43	1,29	0,38
	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,39	1,3	0,38
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	3,39	1,23	0,36
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,39	1,26	0,37
	Qualidade dos procedimentos de manutenção	119	ORG8	3,39	1,25	0,37
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,38	1,21	0,36
	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120	ORG9	3,38	1,26	0,37
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	EQU6	3,37	1,23	0,36
	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3,37	1,27	0,38
	Tempo médio de reparação para cada máquina – MTTR	46	MAQ22	3,37	1,2	0,36
	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	107	TAR4	3,36	1,23	0,37
	Custos das perdas por paragem	36	MAQ12	3,35	1,4	0,42
	Tempo médio até à falha para cada máquina – MTTF	45	MAQ21	3,34	1,27	0,38
	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	3,33	1,5	0,45
	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,32	1,26	0,38
	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	3,28	1,31	0,40
3	Número de horas realizadas pela manutenção operacional / número de horas totais realizadas pela manutenção (operacional+gestão+engenharia)	15	EQU15	3,26	1,25	0,38
	Tempo médio entre reparações para cada máquina	48	MAQ24	3,24	1,39	0,43
	Percentagem de indisponibilidade por manutenção	40	MAQ16	3,21	1,21	0,38
	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	98	CUS17	3,21	1,35	0,42
	Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76	EST10	3,2	1,45	0,45
	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78	EST12	3,2	1,48	0,46
	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	EQU1	3,19	1,35	0,42
	Percentagem de indisponibilidade de máquinas em espera de manutenção	39	MAQ15	3,19	1,15	0,36

	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79	EST13	3,19	1,2	0,38
	Percentagem de orçamento da manutenção para máquinas e equipamentos	101	CUS20	3,16	1,23	0,39
	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	3,15	1,27	0,40
	Período de tempo decorrido entre a requisição e a finalização do serviço manutenção	110	TAR7	3,15	1,35	0,43
	Percentagem de orçamento da manutenção para peças e materiais	102	CUS21	3,14	1,2	0,38
	Percentagem de orçamento da manutenção para pessoal	20	EQU20	3,13	1,09	0,35
	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	71	EST5	3,12	1,23	0,39
	Orçamento de Manutenção / valor actual (substituição da unidade produtiva)	86	CUS5	3,12	1,24	0,40
	Custos operacionais por técnico de manutenção	21	EQU21	3,1	1,3	0,42
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	3,1	1,31	0,42
	Custo total de manutenção / custo total das vendas	90	CUS9	3,09	1,16	0,38
	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	108	TAR5	3,06	1,2	0,39
	Número de serviços externos efectuados	80	EST14	3,05	1,27	0,42
	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32	MAQ8	3,04	1,27	0,42
	Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	18	EQU18	3,03	1,34	0,44
	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	3,03	1,28	0,42
	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	3,01	1,17	0,39
	Taxas absentismo na equipa de manutenção	4	EQU4	3	1,04	0,35
	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	3	1,21	0,40
	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	3	1,24	0,41
	Custos das perdas por paragem	93	CUS12	3	1,24	0,41
	Custo médio por ordem de reparação	105	TAR2	3	1,22	0,41
	Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	2,99	1,4	0,47
	Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,98	1,4	0,47
	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,97	1,39	0,47
	Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	17	EQU17	2,94	1,32	0,45
	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122	OUT01	2,91	1,23	0,42
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,9	1,08	0,37
	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83	CUS2	2,9	1,32	0,46
	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,88	1,23	0,43
	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,87	1,27	0,44
	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,87	1,25	0,44
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,87	1,3	0,45
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	EQU2	2,86	1,23	0,43
4	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,85	1,21	0,42
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,83	1,26	0,45
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	2,82	1,19	0,42
	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,81	1,2	0,43
	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,79	1,12	0,40
	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	EQU3	2,73	1,28	0,47
	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22	EQU22	2,72	1,22	0,45
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,71	1,28	0,47
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,68	1,28	0,48
	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,64	1,36	0,52
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,64	1,33	0,50
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	EQU12	2,63	1,38	0,52
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,63	1,35	0,51
5	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,6	1,23	0,47
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,6	1,26	0,48
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	EQU9	2,56	1,2	0,47
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,52	1,19	0,47
	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,5	1,21	0,48

Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	2,48	1,25	0,50
Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,47	1,23	0,50
Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,46	1,31	0,53
Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,38	1,18	0,50
Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	2,27	1,33	0,59

Quadro C.3 – Clusters relativos à Disponibilidade de Informação necessária para os indicadores.

Cluster	Medida	Ordem	Grupo	Média de DI	Desvio Padrão	Coefficiente Variação
1	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	3,84	1,15	0,30
	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	EQU1	3,82	0,99	0,26
	Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	3,8	1,41	0,37
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,71	1,3	0,35
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,7	1,14	0,31
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,7	1,33	0,36
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,69	1,16	0,31
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	3,69	1,3	0,35
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,69	1,27	0,34
	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,68	1,2	0,33
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,66	1,12	0,31
	Capacidade de manutenção (horas)	10	EQU10	3,63	1,1	0,30
	Taxas absentismo na equipa de manutenção	4	EQU4	3,61	1,39	0,39
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,61	1,26	0,35
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,6	1,24	0,34
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	EQU6	3,56	1,25	0,35
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,56	1,38	0,39
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	3,55	1,22	0,34
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	3,55	1,17	0,33
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,52	1,27	0,36
Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,52	1,28	0,36	
2	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,49	1,44	0,41
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	EQU2	3,48	1,13	0,32
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,48	1,14	0,33
	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,48	1,3	0,37
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3,46	1,36	0,39
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,46	1,39	0,40
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,45	1,17	0,34
	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,44	1,34	0,39
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,41	1,24	0,36
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,41	1,4	0,41
	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	3,39	1,28	0,38
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	3,38	1,16	0,34
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,38	1,32	0,39
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	3,36	1,29	0,38
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,36	1,3	0,39
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,36	1,31	0,39
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,34	1,36	0,41
	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	3,33	1,31	0,39
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,33	1,37	0,41
	Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3,33	1,19	0,36
Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	18	EQU18	3,32	1,18	0,36	
Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou	97	CUS16	3,32	1,28	0,39	

	Inspeções					
	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,29	1,38	0,42
	Porcentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,28	1,48	0,45
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	3,27	1,38	0,42
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,27	1,34	0,41
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	EQU14	3,26	1,29	0,40
	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,24	1,33	0,41
	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	3,24	1,29	0,40
	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78	EST12	3,24	1,25	0,39
	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79	EST13	3,23	1,31	0,41
	Porcentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3,21	1,38	0,43
	Tempo médio de reparação para cada máquina – MTTR	46	MAQ22	3,21	1,33	0,41
	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	3,21	1,3	0,40
	Custo de manutenção não planeada	75	EST9	3,2	1,36	0,43
	Porcentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76	EST10	3,2	1,37	0,43
	Número de serviços externos efectuados	80	EST14	3,18	1,32	0,42
	Número de horas realizadas pela manutenção operacional / número de horas totais realizadas pela manutenção (operacional+gestão+engenharia)	15	EQU15	3,16	1,18	0,37
	Satisfação dos técnicos de manutenção	13	EQU13	3,15	1,22	0,39
	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52	MAQ28	3,15	1,35	0,43
	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	107	TAR4	3,13	1,35	0,43
	Porcentagem de orçamento da manutenção para pessoal	20	EQU20	3,12	1,31	0,42
	Porcentagem de indisponibilidade por manutenção	40	MAQ16	3,12	1,39	0,45
	Custo total de manutenção / custo total das vendas	90	CUS9	3,11	1,49	0,48
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	3,1	1,41	0,45
	Qualidade dos procedimentos de manutenção	119	ORG8	3,1	1,33	0,43
	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	EQU3	3,09	1,32	0,43
	Porcentagem de indisponibilidade de máquinas em espera de manutenção	39	MAQ15	3,09	1,42	0,46
	Custos operacionais por técnico de manutenção	21	EQU21	3,07	1,28	0,42
	Consumo energético para cada máquina	25	MAQ1	3,07	1,24	0,40
	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	3,07	1,39	0,45
	Tempo médio até à falha para cada máquina – MTTF	45	MAQ21	3,06	1,38	0,45
	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	98	CUS17	3,06	1,28	0,42
3	Porcentagem de orçamento da manutenção para máquinas e equipamentos	101	CUS20	3,05	1,34	0,44
	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120	ORG9	3,05	1,35	0,44
	Tempo médio entre reparações para cada máquina	48	MAQ24	3,04	1,27	0,42
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	3,03	1,21	0,40
	Porcentagem de orçamento da manutenção para peças e materiais	102	CUS21	3,02	1,35	0,45
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	EQU9	2,99	1,47	0,49
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,99	1,3	0,43
	Período de tempo decorrido entre a requisição e a finalização do serviço manutenção	110	TAR7	2,99	1,37	0,46
	Custo médio por ordem de reparação	105	TAR2	2,98	1,29	0,43
	Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	17	EQU17	2,96	1,32	0,45
	Orçamento de Manutenção / valor actual (substituição da unidade produtiva)	86	CUS5	2,96	1,41	0,48
	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122	OUT01	2,96	1,41	0,48
	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	71	EST5	2,93	1,42	0,48
	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83	CUS2	2,93	1,31	0,45
	Custos das perdas por paragem	36	MAQ12	2,9	1,41	0,49
	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	108	TAR5	2,89	1,35	0,47
	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22	EQU22	2,87	1,52	0,53
	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	2,85	1,3	0,46
4	Porcentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	EQU12	2,84	1,29	0,45
	Porcentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	2,83	1,25	0,44

Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	2,82	1,28	0,45
Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,81	1,3	0,46
Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	2,79	1,4	0,50
Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,77	1,45	0,52
Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,77	1,3	0,47
Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,76	1,26	0,46
Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	2,73	1,46	0,53
Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,73	1,36	0,50
Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,73	1,49	0,55
Custos das perdas por paragem	93	CUS12	2,73	1,33	0,49
Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,73	1,4	0,51
Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,72	1,29	0,47
Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,71	1,28	0,47
Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,7	1,37	0,51
Perdas (de velocidade) nas máquinas	32	MAQ8	2,64	1,39	0,53
Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,64	1,3	0,49
Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,62	1,4	0,53
Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,61	1,45	0,56
Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,61	1,39	0,53
Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,52	1,46	0,58
Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,52	1,37	0,54
Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,5	1,34	0,54
Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,49	1,22	0,49
Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,45	1,46	0,60
Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,43	1,42	0,58
Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,29	1,32	0,58
5 Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,27	1,21	0,53
Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,23	1,32	0,59
Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	2,17	1,24	0,57
Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	2,05	1,18	0,58

Quadro C.4 – Indicadores cujo GAP é maior ou igual a zero

Ordem	Medidas	Medida	Média de FU	Média de VP	Média de DI	GAP
1	Consumo energético para cada máquina	25 MAQ1	3,12	3,50	3,07	1,51
2	Custos das perdas por paragem	36 MAQ12	2,87	3,35	2,90	1,51
3	Custo de manutenção não planeada	75 EST9	3,10	3,57	3,20	1,32
4	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32 MAQ8	2,59	3,04	2,64	1,22
5	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73 EST7	3,21	3,67	3,34	1,21
6	Satisfação dos técnicos de manutenção	13 EQU13	3,21	3,49	3,15	1,19
7	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52 MAQ28	3,02	3,49	3,15	1,19
8	Fiabilidade para cada máquina	29 MAQ5	3,21	3,68	3,36	1,18
9	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72 EST6	3,13	3,56	3,24	1,14
10	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120 ORG9	2,91	3,38	3,05	1,12
11	Necessidades de investimento futuras	95 CUS14	3,40	3,61	3,33	1,01
12	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37 MAQ13	3,36	3,72	3,45	1

13	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	2,84	3,39	3,10	0,98
14	Qualidade dos procedimentos de manutenção	119	ORG8	2,93	3,39	3,10	0,98
15	Tempo médio até à falha para cada máquina - MTTF	45	MAQ21	2,88	3,34	3,06	0,94
16	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,56	3,10	2,81	0,9
17	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	3,23	3,57	3,33	0,86
18	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,09	2,60	2,27	0,86
19	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,74	3,87	3,66	0,81
20	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	2,57	3,00	2,73	0,81
21	Custos das perdas por paragem	93	CUS12	2,66	3,00	2,73	0,81
22	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	3,23	3,60	3,38	0,79
23	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,83	3,88	3,68	0,78
24	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	107	TAR4	2,99	3,36	3,13	0,77
25	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	1,89	2,48	2,17	0,77
26	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,36	2,87	2,61	0,75
27	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,45	2,88	2,62	0,75
28	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT3	3,17	3,48	3,27	0,73
29	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,51	3,80	3,61	0,72
30	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,46	2,97	2,73	0,71
31	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,12	2,50	2,23	0,68
32	Tempo médio entre avarias para cada máquina - MTBF	47	MAQ23	3,12	3,46	3,27	0,66
33	Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,57	2,98	2,76	0,66
34	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	2,69	3,01	2,79	0,66
35	Tempo médio entre reparações para cada máquina	48	MAQ24	2,86	3,24	3,04	0,65
36	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,41	3,69	3,52	0,63
37	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	2,67	3,03	2,83	0,61
38	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,22	3,55	3,38	0,6
39	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	71	EST5	2,76	3,12	2,93	0,59
40	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	EQU14	3,12	3,43	3,26	0,58
41	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3,10	3,37	3,21	0,54
42	Tempo médio de reparação para cada máquina - MTTR	46	MAQ22	2,99	3,37	3,21	0,54
43	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,46	2,83	2,64	0,54
44	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	108	TAR5	2,68	3,06	2,89	0,52
45	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,15	3,39	3,24	0,51
46	Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	2,83	2,99	2,82	0,51
47	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	1,91	2,27	2,05	0,5
48	Orçamento de Manutenção / valor actual (substituição da unidade produtiva)	86	CUS5	2,70	3,12	2,96	0,5
49	Período de tempo decorrido entre a requisição e a finalização do serviço manutenção	110	TAR7	2,70	3,15	2,99	0,5
50	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspecções	97	CUS16	3,06	3,46	3,32	0,48

51	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	98	CUS17	2,82	3,21	3,06	0,48
52	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,05	3,43	3,29	0,48
53	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,36	3,57	3,44	0,46
54	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,52	2,87	2,71	0,46
55	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	2,55	3,00	2,85	0,45
56	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,49	2,87	2,72	0,43
57	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,06	2,46	2,29	0,42
58	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,33	3,53	3,41	0,42
59	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	3,17	3,33	3,21	0,4
60	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,28	2,64	2,49	0,4
61	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,23	2,60	2,45	0,39
62	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,27	3,47	3,36	0,38
63	Percentagem de orçamento da manutenção para peças e materiais	102	CUS21	2,89	3,14	3,02	0,38
64	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,60	3,79	3,69	0,38
65	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,03	2,64	2,50	0,37
66	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,41	3,59	3,49	0,36
67	Percentagem de orçamento da manutenção para máquinas e equipamentos	101	CUS20	2,96	3,16	3,05	0,35
68	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,69	3,79	3,70	0,34
69	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,52	3,80	3,71	0,34
70	Número de horas realizadas pela manutenção operacional / número de horas totais realizadas pela manutenção (operacional+gestão+engenharia)	15	EQU15	2,97	3,26	3,16	0,33
71	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3,40	3,55	3,46	0,32
72	Percentagem de indisponibilidade de máquinas em espera de manutenção	39	MAQ15	2,86	3,19	3,09	0,32
73	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,31	3,57	3,48	0,32
74	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,32	3,45	3,36	0,31
75	Percentagem de indisponibilidade por manutenção	40	MAQ16	2,99	3,21	3,12	0,29
76	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,36	2,63	2,52	0,29
77	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	2,73	3,15	3,07	0,25
78	Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,46	3,59	3,52	0,25
79	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,15	3,48	3,41	0,24
80	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,49	2,85	2,77	0,23
81	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,49	2,81	2,73	0,22
82	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,30	3,39	3,33	0,2
83	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,48	2,68	2,61	0,19
84	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,11	3,32	3,28	0,13
85	Custos operacionais por técnico de manutenção	21	EQU21	2,82	3,10	3,07	0,09
86	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,52	2,79	2,77	0,06
87	Custo médio por ordem de reparação	105	TAR2	2,74	3,00	2,98	0,06

88	Percentagem de orçamento da manutenção para pessoal	20	EQU20	2,85	3,13	3,12	0,03
89	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,45	2,71	2,70	0,03
90	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,52	3,69	3,69	0
91	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,28	2,52	2,52	0
92	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,41	3,56	3,56	0
93	Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76	EST10	3,01	3,20	3,20	0

Quadro C.5 – Clusters relativos à Frequência de Utilização dos indicadores para a Indústria Metalomecânica

Cluster	Medidas	ordem	grupo	Média de FU
1	Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	3,77
	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	3,69
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,69
	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,69
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,69
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	3,62
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,62
2	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	3,54
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	EQU14	3,54
	Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	18	EQU18	3,54
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,54
	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,54
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	3,54
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,54
	Satisfação dos técnicos de manutenção	13	EQU13	3,46
	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,46
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	3,46
	Tempo médio de reparação para cada máquina – MTTR	46	MAQ22	3,46
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	3,46
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,46
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,46
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,46
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,46
	Capacidade de manutenção (horas)	10	EQU10	3,38
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	3,38
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	3,38
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,38
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	3,31
	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52	MAQ28	3,31
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	3,31
Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	3,31	
Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	17	EQU17	3,23	
Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	3,23	
Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,23	
Tempo médio até à falha para cada máquina – MTTF	45	MAQ21	3,23	
Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	3,23	
Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	3,23	
3	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,15

	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	3,15
	Qualidade dos procedimentos de manutenção	119	ORG8	3,15
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,15
	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	EQU1	3,08
	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3,08
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,08
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,08
	Custo total de manutenção / custo total das vendas	90	CUS9	3,08
	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,08
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	EQU6	3
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	3
	Percentagem de indisponibilidade de máquinas em espera de manutenção	39	MAQ15	3
	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	3
	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	3
	Custo de manutenção não planeada	75	EST9	3
	Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3
	Custo médio por ordem de reparação	105	TAR2	3
	Tempo médio entre reparações para cada máquina	48	MAQ24	2,92
	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	2,92
	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	2,92
	Consumo energético para cada máquina	25	MAQ1	2,85
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	2,85
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	2,85
	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	2,85
	Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	2,85
	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	97	CUS16	2,85
	Percentagem de orçamento da manutenção para máquinas e equipamentos	101	CUS20	2,85
	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	107	TAR4	2,85
	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120	ORG9	2,85
	Número de horas realizadas pela manutenção operacional / número de horas totais realizadas pela manutenção (operacional+gestão+engenharia)	15	EQU15	2,77
	Percentagem de orçamento da manutenção para pessoal	20	EQU20	2,77
	Percentagem de indisponibilidade por manutenção	40	MAQ16	2,77
	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,77
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	2,77
	Orçamento de Manutenção / valor actual (substituição da unidade produtiva)	86	CUS5	2,77
	Período de tempo decorrido entre a requisição e a finalização do serviço manutenção	110	TAR7	2,77
4	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	EQU3	2,69
	Custos operacionais por técnico de manutenção	21	EQU21	2,69
	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22	EQU22	2,69
	Custos das perdas por paragem	36	MAQ12	2,69
	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	2,69
	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,69
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	EQU12	2,62
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	2,62
	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,62
	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	2,62

	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	2,62
	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79	EST13	2,62
	Percentagem de orçamento da manutenção para peças e materiais	102	CUS21	2,62
	Taxas absentismo na equipa de manutenção	4	EQU4	2,54
	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32	MAQ8	2,54
	Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76	EST10	2,54
	Número de serviços externos efectuados	80	EST14	2,54
	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,54
	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	108	TAR5	2,54
	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,54
	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122	OUT01	2,54
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	EQU2	2,46
	Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,46
	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	2,46
	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,46
	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83	CUS2	2,46
	Custos das perdas por paragem	93	CUS12	2,46
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	2,38
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,38
	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78	EST12	2,38
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	2,38
	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2,31
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,31
	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	71	EST5	2,31
	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	2,31
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,31
	Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,31
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,31
5	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,31
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,31
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	EQU9	2,23
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,23
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	2,23
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,23
	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	98	CUS17	2,23
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	2,23
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,23
	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	2,15
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	2,08
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2

Quadro C.6 – Clusters relativos à Frequência de Utilização dos indicadores para a Indústria Alimentar, Bebidas e Tabaco

Cluster	Medida	ordem	grupo	Média de FU
1	Quantidade produzida por máquina	35	MAQ11	4,1
	Flexibilidade da equipa de manutenção	5	EQU5	3,9
	Taxa de utilização de cada máquina	31	MAQ7	3,9

	Custos de reparação para cada máquina	38	MAQ14	3,9
	Orçamento de Manutenção	85	CUS4	3,9
	Número de horas extraordinárias efectuadas pela equipa de manutenção	8	EQU8	3,7
	Consumo energético por unidade produzida	124	OUT03	3,7
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	37	MAQ13	3,6
	Percentagem de equipamentos críticos	96	CUS15	3,6
	Valor de aquisição das máquinas e equipamentos	103	CUS22	3,6
	Necessidades de investimento futuras	95	CUS14	3,5
	Satisfação dos técnicos de manutenção	13	EQU13	3,4
	Percentagem do tipo de manutenção utilizada por máquina (Preventiva, Correctiva, Condicionada, outra)	67	EST1	3,4
	Custo do stock de peças de reserva	84	CUS3	3,4
	Política ambiental implementada / planeada	123	OUT02	3,4
	Formação ano (horas)	16	EQU16	3,3
	Unidades produzidas / Unidade de tempo	66	PRO14	3,3
	Taxas absentismo na equipa de manutenção	4	EQU4	3,2
	Rácio Manutenção Preventiva / Manutenção Curativa por máquina	68	EST2	3,2
2	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção	73	EST7	3,2
	Percentagem de orçamento da manutenção para serviços externos	76	EST10	3,2
	Taxa de cumprimento dos planos manutenção	118	ORG7	3,2
	Nível de poluição (ruído/ar/agua)	122	OUT01	3,2
	Percentagem do tempo de paragem por máquina	30	MAQ6	3,1
	Disponibilidade / Tempo requerido para produção	34	MAQ10	3,1
	Taxa de execução orçamental da manutenção	88	CUS7	3,1
	Custo total das peças de reserva	89	CUS8	3,1
	Consumo energético para cada máquina	25	MAQ1	3
	Percentagem do tempo de paragem da totalidade da produção	64	PRO12	3
	Horas Manutenção Curativa Imediata / Horas Manutenção	71	EST5	3
	Capacidade de manutenção (horas)	10	EQU10	2,9
	Taxa de utilização da capacidade instalada na manutenção (pessoas)	11	EQU11	2,9
	Relações gestores-técnicos de manutenção	14	EQU14	2,9
	OEE – Overall Equipment Effectiveness	52	MAQ28	2,9
	Quantidade de ordens de trabalho completadas por dia	115	ORG4	2,9
	Antiguidade dos técnicos de manutenção	1	EQU1	2,8
	Custo do pessoal de manutenção / custo total de pessoal	6	EQU6	2,8
	Custos de mão-de-obra de manutenção (€/hora)	7	EQU7	2,8
	Tempo de treino durante o horário de trabalho por homem	17	EQU17	2,8
	Número de horas de formação efectivas / número de horas de formação planeadas	18	EQU18	2,8
3	Registo de acidentes de trabalho	23	EQU23	2,8
	Idade das instalações e do equipamento	26	MAQ2	2,8
	Percentagem de máquinas com especificações técnicas completas	43	MAQ19	2,8
	Custo de outsourcing manutenção / custos operacionais de manutenção	77	EST11	2,8
	Valor de substituição das máquinas	87	CUS6	2,8
	Percentagem de equipamentos sujeitos a Análise de Condição ou Inspeções	97	CUS16	2,8
	Serviços executados / serviços planeados	117	ORG6	2,8
	Percentagem de disponibilidade de cada máquina	33	MAQ9	2,7
	Custos das perdas por paragem	36	MAQ12	2,7
	Atrasos na comunicação de avarias	53	PRO1	2,7

	Rácio Manutenção planeada / manutenção não planeada por máquina	69	EST3	2,7
	Número de ocorrências de manutenção	106	TAR3	2,7
	Número de melhorias de eficiência/qualidade/segurança efectuadas pela equipa de manutenção	107	TAR4	2,7
	Percentagem de peças de reserva não encontradas quando necessárias	116	ORG5	2,7
	Tempo médio de resposta da equipa de manutenção	120	ORG9	2,7
	Idade de cada máquina	27	MAQ3	2,6
	Percentagem de indisponibilidade de máquinas em espera de manutenção	39	MAQ15	2,6
	Percentagem de procedimentos escritos	42	MAQ18	2,6
	Tempo médio entre avarias para cada máquina – MTBF	47	MAQ23	2,6
	Tempo de setups e ajustamentos / Tempo total de manutenção	63	PRO11	2,6
	Horas Manutenção Preventiva / Horas Manutenção Curativa	70	EST4	2,6
	Custo da manutenção preventiva / custo da manutenção reactiva	74	EST8	2,6
	Custo das reparações subcontratadas / Custo total da manutenção	78	EST12	2,6
	Custo dos subcontratos / Custo total da manutenção	79	EST13	2,6
	Percentagem de orçamento da manutenção para máquinas e equipamentos	101	CUS20	2,6
	Custo médio por ordem de reparação	105	TAR2	2,6
	Atrasos na prestação de serviço de manutenção	108	TAR5	2,6
	Qualidade dos procedimentos de manutenção	119	ORG8	2,6
	Percentagem de orçamento da manutenção para pessoal	20	EQU20	2,5
	Taxa de falhas para cada máquina	28	MAQ4	2,5
	Fiabilidade para cada máquina	29	MAQ5	2,5
	Perdas (de velocidade) nas máquinas	32	MAQ8	2,5
	Percentagem de qualidade produzida por cada máquina	44	MAQ20	2,5
	Percentagem de atrasos na prestação de serviços de manutenção	54	PRO2	2,5
	Horas Manutenção Planeada / Horas Manutenção	72	EST6	2,5
	Custo de manutenção não planeada	75	EST9	2,5
	Número de serviços externos efectuados	80	EST14	2,5
	Taxa de serviços de manutenção subcontratados	81	EST15	2,5
	Orçamento de Manutenção / valor actual (substituição da unidade produtiva)	86	CUS5	2,5
	Custos das perdas por paragem	93	CUS12	2,5
	Número de problemas encontrados por Análise de Condição ou Inspeções	98	CUS17	2,5
	Percentagem de orçamento da manutenção para peças e materiais	102	CUS21	2,5
	Período de tempo decorrido entre a requisição e a finalização do serviço manutenção	110	TAR7	2,5
	Percentagem de indisponibilidade por manutenção	40	MAQ16	2,4
	Número de avarias que provocaram impacto na satisfação do cliente	57	PRO5	2,4
	Número de reclamações de clientes originados por avarias	61	PRO9	2,4
	Custos de manutenção por unidade agregada vendida	91	CUS10	2,4
4	Percentagem do custo de cada unidade produzida imputada à manutenção (Custo Manutenção / Custo Produção)	92	CUS11	2,4
	Número de atrasos de reparação por falta de peças de reserva	113	ORG2	2,4
	Número de aprendizes / Número de técnicos seniores	2	EQU2	2,3
	Número de horas realizadas pela manutenção operacional / número de horas totais realizadas pela manutenção (operacional+gestão+engenharia)	15	EQU15	2,3
	Repartição dos lucros ou outros planos de incentivo	24	EQU24	2,3

	Percentagem de máquinas com checklist de diagnóstico funcional	41	MAQ17	2,3
	Tempo médio de reparação para cada máquina – MTTR	46	MAQ22	2,3
	Tempo médio entre reparações para cada máquina	48	MAQ24	2,3
	Tempo mínimo expectável reparação por máquina	51	MAQ27	2,3
	Queixas dos operadores das máquinas	56	PRO4	2,3
	Percentagem de orçamento da manutenção para edifícios	100	CUS19	2,3
	Percentagem de reparações que foram iniciadas com atraso	109	TAR6	2,3
	Igual oportunidade de emprego (sexo, raça ou religião)	9	EQU9	2,2
	Tempo médio até à falha para cada máquina – MTTF	45	MAQ21	2,2
	Tempo mínimo de reparação por máquina	50	MAQ26	2,2
	Técnicos seniores de manutenção / Responsáveis funcionais de produção	62	PRO10	2,2
	Custo de peças reserva / valor de substituição do parque de máquinas	83	CUS2	2,2
	Custo das peças inutilizadas durante a reparação	104	TAR1	2,2
	Número médio de reparações em lista de espera	114	ORG3	2,2
	Taxa de rotação (rotatividade dos técnicos de manutenção)	3	EQU3	2,1
	Planos de seguros (saúde, educação e vida)	22	EQU22	2,1
	Tempo médio para a primeira avaria para cada máquina	49	MAQ25	2,1
	Quantidade de produtos não fabricados por paragem de manutenção	65	PRO13	2,1
	Custo de gestão de sucata	82	CUS1	2,1
	Variância do tempo de resposta da equipa de manutenção	121	ORG10	2,1
	Custos operacionais por técnico de manutenção	21	EQU21	2
	Reclamações das reparações no prazo de 1 semana	55	PRO3	2
	Custo total de manutenção / custo total das vendas	90	CUS9	2
	Percentagem de espaço utilizado pela equipa de manutenção	12	EQU12	1,9
	Número de horas de formação efectivas / número de horas Manutenção	19	EQU19	1,9
	Percentagem de serviços rejeitados pelos operadores	58	PRO6	1,9
	Custos de peças utilizadas / valor de substituição das máquinas	94	CUS13	1,8
5	Orçamento da manutenção / vendas líquidas da unidade produtiva	99	CUS18	1,8
	Inquéritos aos operadores das máquinas	59	PRO7	1,7
	Percentagem de reparações repetidas nas primeiras 24 horas	111	TAR8	1,6
	Número de atrasos de reparação por falta de ferramentas	112	ORG1	1,5
	Litígios entre operadores e técnicos de manutenção	60	PRO8	1,4

Apêndice D – Pressupostos de aplicação do modelo de regressão utilizado

Figura D.1 – Gráfico comparativo entre a distribuição normal e os erros residuais estandarizados

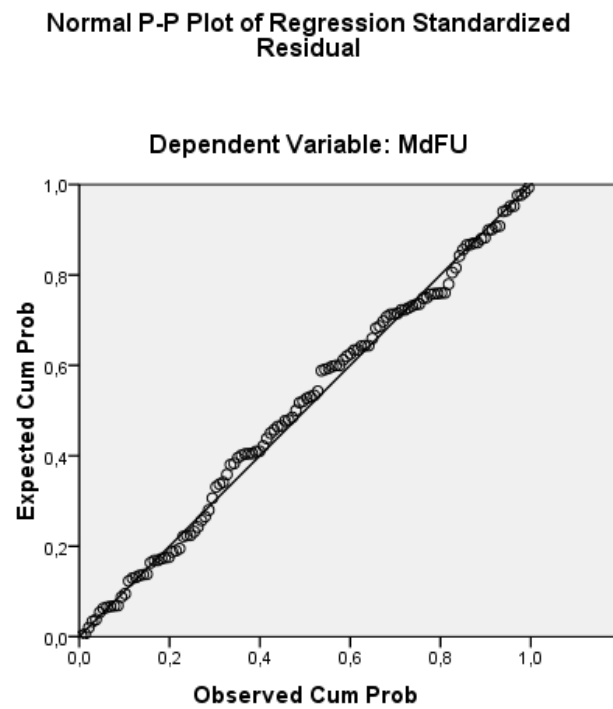
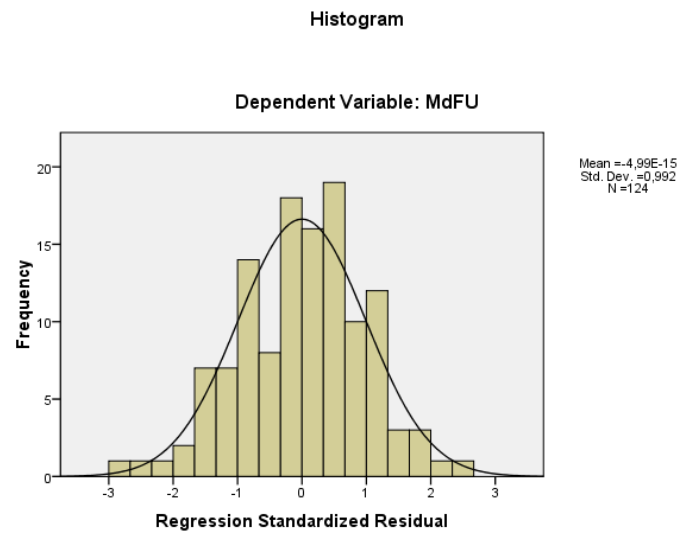


Figura D.2 – Histograma Média FU



Quadro D.1 – Estatísticas FU

Residuals Statistics^a

	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	N
Predicted Value	1,7876	3,6239	2,9009	,41665	124
Residual	-,30735	,25374	,00000	,10236	124
Std. Predicted Value	-2,672	1,735	,000	1,000	124
Std. Residual	-2,978	2,459	,000	,992	124

a. Dependent Variable: MdFU

Quadros D.2a – Extractos dos resultados estatísticos relativos ao modelo aplicado à comparação entre Indústria Metalomecânica e Alimentar

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,926 ^a	,857	,856	,19296	,857	488,756	3	244	,000

a. Predictors: (Constant), MetAli, MdVP, MdDI

ANOVA^b

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	54,596	3	18,199	488,756	,000 ^a
Residual	9,085	244	,037		
Total	63,682	247			

a. Predictors: (Constant), MetAli, MdVP, MdDI

b. Dependent Variable: MdFu

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,131	,085		-1,548	,123
	MdVP	,729	,044	,666	16,693	,000
	MdDI	,292	,043	,275	6,839	,000
	MetAli	-,203	,025	-,200	-8,118	,000

a. Dependent Variable: MdFu

Quadros D.2b – Extractos dos resultados estatísticos relativos ao modelo aplicado à comparação entre Indústria Metalomecânica e Eléctrica

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,903 ^a	,816	,814	,20272	,816	360,622	3	244	,000

a. Predictors: (Constant), Met_Elec, MdDI, MdVP

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	44,460	3	14,820	360,622	,000 ^a
	Residual	10,027	244	,041		
	Total	54,487	247			

a. Predictors: (Constant), Met_Elec, MdDI, MdVP

b. Dependent Variable: MdFu

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,132	,086		1,536	,126
	MdVP	,609	,056	,630	10,937	,000
	MdDI	,320	,049	,348	6,493	,000
	Met_Elec	-,161	,033	-,172	-4,867	,000

a. Dependent Variable: MdFu

Quadros D.2c – Extractos dos resultados estatísticos relativos ao modelo aplicado à comparação entre Indústria Alimentar e Eléctrica

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,910 ^a	,829	,826	,22012	,829	393,187	3	244	,000

a. Predictors: (Constant), Alim_Elec, MdDI, MdVP

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	57,152	3	19,051	393,187	,000 ^a
	Residual	11,822	244	,048		
	Total	68,975	247			

a. Predictors: (Constant), Alim_Elec, MdDI, MdVP

b. Dependent Variable: MdFU

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,189	,097		-1,941	,053
	MdVP	,613	,047	,607	13,107	,000
	MdDI	,369	,047	,345	7,872	,000
	Alim_Elec	-,033	,031	-,031	-1,054	,293

a. Dependent Variable: MdFU

Apêndice E – Acrónimos

Neste Apêndice estão indicados todas as abreviaturas e acrónimos encontrados na revisão da literatura efectuada.

ABC – Inventory analysis technique

AEMC – Average Equipment Maintenance Cost

AEO – asset Effectiveness Optimization

AHP – Analytic Hierarchy Process

AMT – Advanced Manufacturing Technologies

APP – Aggregate Production Plan

ASP – Application Service Provider

BBM – Behaviour-Based Maintenance

BM – Breakdown Maintenance

BSC – Balanced Scorecard

BOM – Bill Of Materials

BPR – Business Process Re-engineering

CAD – Computer-Aided Design

CAL – Computer-Aided Learning

CAMM – Computer-Aided Maintenance Management

CBM – Condition Based Maintenance

CFT – Cross-Functional Teams

CIM – Computer-Integrated Manufacturing

CM – Corrective Maintenance

CM - Condition Monitoring

CM – Continuous Maintenance

CMMS – Computerized Maintenance Management Systems

COQ – Cost of Quality

CPR – Capacity Requirements Planning

CSD – Cost Scatter Diagrams

CSF – Critical Success Factors

DEA - Data Envelopment Analysis

DMG – Decision Making Grid

DMU – Decision-Making Unit

DOE – Design of Experiments

DOM – Design-Out maintenance

DSS – Decision Support Systems

DRRPM – Dynamic Repair/Replace Population Model

EAM – Enterprise's Asset-Management

ECM – Effectiveness Centred Maintenance

ECM – Electronic Counter Measures

EFQM – European Foundation for quality Management

EI – Employee Involvement

EIS- Executive Information System

EOQ – Economic order quantity

ERP – Enterprise Resource Planning

ERV – Equipment Replacement Value

ES – Enterprise System

ES – Expert System

FBM – Failure Based Maintenance

FDM – Failure-Driven Maintenance

FIFO – First In First Out

FMECA – Failure Mode, Effects and Criticality Analysis

FMS – Flexible Manufacturing Systems

FTM – Fixed Time Maintenance

GMP – Good Maintenance Practices

Hibi – The method of Hibi (1977).

HSSE – Health, safety, security and environment

ICT – Information and Communication Technology

IDSS – Intelligent Decision Support System

ILS – Integrated Logistic support

IMIS – Inventory Management Information System

IMM – Integrated Maintenance Management

IPDSS – Intelligent and Predictive Decision Support System

ISE – Individual System Effectiveness

ISO – International standards Organization

IT – Information Technology

ITEM - Unit that can be individually considered

JIT - Just-In-Time

JKD – Jack Knife Diagrams

KPI – Key Performance Indicator

KRAs – Key Result Areas

KSF – Key Success Factors

LCC – Life Cycle Cost

LCP – Life Cycle Profit

LP – Linear Programming

Luck – The Luck method (1665).

MADT – Mean Administrative Delay Time

MBO - Management by Objectives

MCDA – Multiple Criteria Decision Analysis

MCDM – Multiple Criteria Decision Making

MDT – Mean Down Time

MEDA – Maintenance Error decision Aid

MERP – Maintenance Excellence Recognition Process

MFS – Maintenance Float System

MILP – Mixed Integer Linear Programming

MIS – Maintenance Information System

MLDT – Mean Logistics Delay Time

MMIS – Maintenance Management Information Systems

MMIT – Maintenance Management Information Technology

MMT – Maintenance Management Tool

MMSS – Maintenance Management SubSystem

MP – Maintenance Prevention

MP – Manufacturing Performance

MPCS – Manufacturing Planning and Control Systems

MPI – Maintenance Performance Indicators

MPM – Maintenance Performance Measurement

MPMS - Maintenance Performance Measurement System

MPS – Master Production schedule

MRP – Materials Requirements Planning

MRPII – Manufacturing Resource Planning	RAM – Reliability, Availability and Maintainability
MRPM – Maintenance Requirements Planning Model	RAMS – Reliability, Availability, Maintainability and Safety
MTA – Mean Time Availability	RBI – Risk-Based Inspection
MTBF – Mean Time Between Failure	RBM – Risk Based Maintenance
MTTF – Mean Time to Failure	RCFA – Root Cause Failure Analysis
MTTFF – Mean Time to First Failure	RCM – Reliability Centered Maintenance
MTTR – Mean Time to Repair	REGINA – Reliability, Estimation and Graphical Interactive Analysis Package
MTTS – Mean Time to Support	REPS – Repairable Equipment Population System
MTTT – Mean Time To Turnaround	RLM – Residual Life Management
MUBA – Mean Unit Between Assists	RM – Reactive Maintenance
MWT – Mean Waiting Time	ROI – Return On Investment
M&E – Maintenance and Engineering	ROMI – Return On Maintenance Investment
NGT – Nominal Group Technique	RONA – Return On Net Assets
NPMM – Normative Performance Measurement Model	RTN – Risk Priority Number (= Severity x Occurrence x Detection)
ODR – Operator Driven Reliability	RTF – Run-to-Failure
OEE – Overall Equipment Effectiveness	R&M – Reliability and Maintainability
OEM – Original Equipment Manufacturer	SEM – Structural Equation Modelling
OFE – Overall Factory Effectiveness	SGAs – Small Group Activities
O&M – Operation and Maintenance	SLU – Skill Level Upgrade
OJT – On Job Training	SMED – Single Minute Exchange of Die
OLE – Overall Line Effectiveness	SMM – Strategic Maintenance Management
OLM – On-Line Maintenance	SMPM – Strategic Maintenance Performance Management
OOMM – Objective-Oriented Maintenance Management	SMQE – Strategic Maintenance Quality Engineering
OPE – Overall Plant Effectiveness	SME – Small and Medium sized Enterprises
OPS – Order Point System	SMT – Self-Management Team
OPT – Optimized Production Technology	SOPs – Standard Operating Procedures
OSE – Overall System Effectiveness	SPC – Statistical Process Control
OTE – Overall Throughput Effectiveness	SQC – Statistical Quality Control
OTF – Operate to Failure	SQM – Strategic Quality Management
PAM – Physical Asset Management	SRCM – Streamlined Reliability Centred Maintenance
PaM – Proactive Maintenance	SSM – Six Sigma Maintenance
PCM – Profit-Centred Maintenance	STS - Sociotechnical Systems (Theory)
PDCA – Plan-Do-Check-Act	SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats
PdM – Predictive Maintenance	TAM – Turn around maintenance
PEE – Production Equipment Effectiveness	TBM – Time-Based Maintenance
PI – Performance Indicator	TCDR – Total Cost for Disaster and Rehabilitation
PM – Preventive Maintenance	TCM – Tool Condition Monitoring
PMA – Portable Maintenance Aid	TEE – Total Equipment Effectiveness
PMMS – Performance Measurement Maintenance Systems	TEEP – Total Equipment Effectiveness Performance
PMO – Preventive Maintenance Optimization	TFC – Total Quality Failure Costs
PMP – Planned Maintenance Programming	TME – Total Maintenance Effectiveness
PMQ – Performance Management Questionnaire	TMM – Total Maintenance Management
PMS – Performance Measurement Systems	TOEE – Total Overall Equipment Effectiveness
POM – Production Operations Management	TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
PRM - Proactive Reliability Maintenance	TPCC – Total Pollution Control Cost
PrM – Productive Maintenance	TPM – Total Productive Maintenance
PSF – Performance shaping factors	TPMC – Total Plant Maintenance Cost
PSMC – Performance-Specified Maintenance Contracts	TPQM – Total Planned Quality Maintenance
PV – Predictive Value	
QFD – Quality Function Deployment	
QSR – Quick Start Reliability	

TPS – Team Solving Problem
TQC – Total Quality Control
TQM – Total Quality Management
TQMain – Total Quality Maintenance
TRM – Total Reliability Management
TTR – Time To Repair
TTSC – Total Technical Support Cost
UBM – Used-Based Maintenance
VBM – Vibration-Based Maintenance
VDMP - Value-Driven Maintenance Planning
WCM – World Class Manufacturing
WIP – Work In Progress