



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



Aplicação da Filosofia Lean Management Caso de Estudo, aplicado à manutenção de edifícios

CARLOS MANUEL GALVÃO DIAS
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia de Manutenção

Orientador:

Doutor António João P. da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Doutor António João P. da Costa Feliciano Abreu

Novembro de 2015



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Área Departamental de Engenharia Mecânica

Aplicação da Filosofia Lean Management

Caso de Estudo, aplicado à manutenção de edifícios

CARLOS MANUEL GALVÃO DIAS
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia de Manutenção

Orientador:

Doutor António João P. da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutor José Fernando Gomes Requeijo

Doutor António João P. da Costa Feliciano Abreu

Novembro de 2015

Agradecimentos

Este trabalho constituiu um desafio importante na minha vida. Foi com satisfação e perseverança que o realizei, apesar das adversidades que, por vezes, nos levam a pensar em desistir. Para a realização deste trabalho pude contar com o apoio de pessoas e entidades a quem gostaria de agradecer:

Ao orientador Professor Doutor António Abreu, pela sua orientação científica, pelas sugestões e importantes recomendações que ajudaram na concretização deste trabalho.

À REN, por me permitir efetuar o caso de estudo sobre uma das suas instalações e os aos meus colegas em particular da Direção de Edifícios e Serviços Gerais, pela partilha de conhecimento, pela disponibilidade e apoio que sempre me demonstraram.

Aos meus amigos sem exceção, quero igualmente agradecer, pelo estímulo da sua amizade, pela ajuda e incentivo que sempre me demonstraram.

À Paula, ao Pedro e ao Lourenço, pela paciência, apoio e incentivo para realizar este objetivo, embora muitas vezes os tenha privado da minha companhia e atenção ao longo da execução e dedicação a este trabalho.

A todos o meu Obrigado!

Resumo

A mudança é a palavra que melhor caracteriza a natureza das sociedades modernas. As mudanças económicas, sociais e ambientais ocorridas principalmente na segunda metade do século passado têm redesenhado as bases de competitividade empresarial em todo o mundo. Para se afirmarem as empresas e seus gestores, têm novos desafios, dependendo da velocidade com que reagem e se adaptam à mudança e a procura por modelos de gestão cada vez mais eficientes, rentabilizando a sua cadeia de valor.

Um dos modelos de gestão mais eficazes no combate ao desperdício e criação de valor para as organizações, surge no século passado no seio da indústria automóvel, dando origem a uma nova filosofia de gestão designada de Lean (magra) e que foi aplicada à generalidade das atividades empresariais, sendo genericamente designada por Gestão Lean (*Lean Management*) ou gestão “magra”.

O estudo efetuado evidencia a exigência e responsabilidade da manutenção de edifícios, ao ter que garantir a disponibilidade de uma grande diversidade de equipamentos cada vez mais complexos, além de outras preocupações, como sejam, a eficiência energética, segurança, conforto, imagem, qualidade ambiental e cumprimento de requisitos regulamentares.

Nesta dissertação é proposto um modelo de gestão da manutenção de edifícios baseada na gestão Lean. Este modelo integra um conjunto de ferramentas Lean e indicadores de desempenho, que permitem a aplicação gradual do modelo na organização, realizando um diagnóstico da situação atual, identificando desperdícios e apresentando ferramentas para a criação de valor.

A metodologia desenvolvida foi aplicada a um caso de estudo, através da análise da manutenção de um edifício de serviços. Foi possível verificar a aplicabilidade do modelo proposto, tendo sido identificados alguns desperdícios e oportunidades de melhoria. As melhorias propostas consideram a eliminação de desperdícios, maior divulgação da informação, uma melhor organização e uniformização das atividades de manutenção, evidenciando os benefícios de uma gestão Lean na melhoria do desempenho e eficiência da manutenção de edifícios.

Palavras-chave

Lean; Manutenção; Edifícios.

Abstract

Modern societies can be well characterized by one word, Change. Economical, social and environmental changes, which occurred mainly on the second half of 20th century, redesigned the basis for business competitiveness all over the world. In order to be able to sustain and to gain their place in the market, companies seeking new management models that needs to be more and more efficient, bringing profit into the value chain.

One of the most effective management models to eliminate the waste and on creating value to the organizations appeared last century among the Automobile Industry, originating a new management philosophy named LEAN Management. Latter on this new philosophy has been applied to all business activities, independently from its field of expertise or its domain.

The present work highlights the demand and responsibility on building maintenance, knowing that needs to assure the permanent availability of a great diversity and complex equipment, while also needs to consider other aspects such as energy efficiency, safety, comfort, corporate image, environmental quality and the fulfill of every applicable legal requirements.

Along the essay a building management maintenance model based on Lean management is proposed. The mentioned model integrates several Lean tools and performance indicators that allow the introduction of the model within the organization in a step by step process, identifying the current status within the organization, the existing inefficiencies, and presenting the correct tools to increase value creation.

The developed methodology was used on a case study, based on the maintenance management of an administrative building. The applicability of the developed model was successfully tested, once several improvement opportunities were identified. Among the advantages that resulted from applying Lean management model we can highlight a reduction of unnecessary wastes, gaining efficiency also from an economical point of view, an increase on the information transmission between all involved parties and a better organization and harmonization of all maintenance activities.

Keywords

Lean, Maintenance, Buildings

Glossário

AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado.

BPI - *Building Performance Indicator* (Indicador de desempenho do edifício)

BSC - *Balance scorecard* (Quadro de bordo)

DMAIC - *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar).

GMAC – Gestão da Manutenção Assistida por Computador.

IEE – Índice de Eficiência Energética

JIT – *Just-In-Time*

Kgep – Quilograma equivalente de petróleo

KPI – *Key Performance Indicator* (Indicador de Desempenho)

MAC - Manutenção Assistida por Computador

MEI - *Maintenance Efficiency Indicator* (Indicador de eficiência da Manutenção)

MSC – *Maintenance scorecard* (Quadro de bordo para a manutenção)

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio Entre Falhas)

MMLT - *Mean Maintenance Lead Time* (Lead time da manutenção)

MTTF – *Mean Time To Failure* (Tempo Médio de Falha)

MTTO - *Mean Time To Organize* (Tempo médio até o início da reparação)

MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio de Para Reparação)

MTTY - *Mean Time To Yield* (Tempo médio para o equipamento entrar em operação)

MVSM - *Maintenance Value Stream Mapping* (Mapeamento da Cadeia de Valor para a Manutenção)

NZEB – *Net-Zero Energy Building* (Edifício de balanço energético nulo)

PDCA – *Plan, Do, Check, Act* (Ciclo da melhoria contínua)

PMP – Plano de Manutenção Preventiva

QAI – Qualidade do Ar no Interior.

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.

REN – Rede Energética Nacional.

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE – Sistema Nacional da Certificação Energética e da Qualidade do Ar nos Edifícios.

SGE – Sistema de Gestão de Energia

Tep - Tonelada equivalente de petróleo

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

TPS – *Toyota Production System* – (Sistema de Produção da Toyota)

VSM – *Value Stream Mapping* (Mapeamento da Cadeia de Valor)

Índice

| | |
|---|----|
| Capítulo 1- Introdução | 1 |
| 1.1. <i>Enquadramento</i> | 1 |
| 1.2. <i>Objetivos da dissertação</i> | 2 |
| 1.3. <i>Organização</i> | 4 |
| Capítulo 2 – A Manutenção Lean | 7 |
| 2.1. <i>Manutenção</i> | 7 |
| 2.1.1. <i>Evolução Histórica da manutenção</i> | 7 |
| 2.1.2. <i>Objetivos da Manutenção</i> | 9 |
| 2.1.3. <i>Tipos e metodologias de Manutenção</i> | 11 |
| 2.1.4. <i>Manutenção Corretiva</i> | 12 |
| 2.1.5. <i>Manutenção preventiva</i> | 13 |
| 2.1.5.1. <i>Manutenção sistemática</i> | 14 |
| 2.1.5.2. <i>Manutenção Condicionada</i> | 14 |
| 2.1.6. <i>Indicadores de Desempenho da Manutenção</i> | 16 |
| 2.2. <i>Metodologia Lean</i> | 19 |
| 2.2.1. <i>O que é o Lean</i> | 19 |
| 2.2.2. <i>O Lean Management</i> | 22 |
| 2.2.3. <i>Evolução histórica do Lean</i> | 23 |
| 2.2.4. <i>Conceito de desperdício</i> | 30 |
| 2.2.5. <i>Conceito de valor</i> | 33 |
| 2.2.6. <i>Manutenção Lean</i> | 34 |
| 2.2.7. <i>Ferramentas Lean</i> | 37 |
| Capítulo 3 – Gestão Lean na manutenção de edifícios | 53 |
| 3.1. <i>O Lean aplicado aos serviços de manutenção de edifícios</i> | 53 |
| 3.2. <i>Manutenção de edifícios</i> | 54 |
| 3.2.1. <i>Resenha histórica</i> | 54 |
| 3.2.2. <i>Tipos de edifícios</i> | 55 |

| | | |
|---------|---|------------|
| 3.2.3. | <i>Edifícios de serviços</i> | 57 |
| 3.2.4. | <i>Gestão de edifícios</i> | 59 |
| 3.2.5. | <i>Gestão da manutenção de edifícios</i> | 60 |
| 3.2.6. | <i>Custos da manutenção</i> | 62 |
| 3.2.7. | <i>Sistemas de informação na manutenção de edifícios</i> | 66 |
| 3.2.8. | <i>Aplicações comerciais de softwares de informação na manutenção</i> | 70 |
| 3.2.9. | <i>Metodologia BIM (Building Information Model)</i> | 71 |
| 3.2.10. | <i>Gestão Energética de Edifícios</i> | 72 |
| 3.3. | <i>Indicadores de desempenho na Manutenção de edifícios</i> | 76 |
| 3.3.1. | <i>Indicador de desempenho do edifício (BPI)</i> | 77 |
| 3.3.2. | <i>Indicador de eficiência da Manutenção (MEI)</i> | 78 |
| 3.3.3. | <i>Indicadores de Eficiência Energética de Edifícios</i> | 82 |
| 3.4. | <i>Modelo Lean Building Maintenance (LBM)</i> | 84 |
| 3.4.1. | <i>Implementação do Modelo LBM</i> | 85 |
| | Capítulo 4 – Caso de estudo | 89 |
| 4.1. | <i>Considerações gerais</i> | 89 |
| 4.2. | <i>Caracterização da REN</i> | 89 |
| 4.3. | <i>Descrição geral do edifício e da sua utilização</i> | 89 |
| 4.3.1. | <i>Principais sistemas</i> | 91 |
| 4.3.2. | <i>Áreas do edifício</i> | 92 |
| 4.3.3. | <i>Organização da manutenção do edifício</i> | 93 |
| 4.4. | <i>Aplicação do Modelo LBM</i> | 94 |
| 4.4.1. | <i>Fase de Diagnóstico</i> | 94 |
| 4.4.2. | <i>Fase de Identificação do desperdício</i> | 99 |
| 4.4.3. | <i>Fase da Criação de valor</i> | 104 |
| 4.4.4. | <i>Sistemas de Informação, GMAC ou BPI</i> | 120 |
| | Capítulo 5 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros | 122 |
| | Bibliografia | 124 |
| | Anexos | 130 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 - Principais objetivos da Manutenção, adaptado de Pinto, (2013) | 10 |
| Figura 2.2 - Tipos de Manutenção, adaptado de NP 13306 (IPQ, 2007)..... | 11 |
| Figura 2.3 - Principais técnicas de manutenção condicionada | 15 |
| Figura 2.4 - Desperdício nas atividades de trabalho, adaptado de Pinto (2008)..... | 20 |
| Figura 2.5 - Benefícios gerais do Lean..... | 21 |
| Figura 2.6 - Fluxo da gestão Lean, adaptado de Naik (2015)..... | 23 |
| Figura 2.7 - Evolução cronológica do pensamento Lean..... | 24 |
| Figura 2.8 - Integração da “casa” do TPS no edifício Lean, adaptado de Pinto (2014)..... | 29 |
| Figura 2.9 - Os 7 desperdícios do Lean segundo Taichi Ohno | 30 |
| Figura 2.10- As diferentes partes interessadas na criação de valor da organização..... | 33 |
| Figura 2.11 - Melhoria contínua na gestão da manutenção | 36 |
| Figura 2.12 - Os 5S's, adaptado de Liker, (2004)..... | 40 |
| Figura 2.13 - Esquema de implementação do MVSM, adaptado de Rother, <i>et al.</i> (1999) | 43 |
| Figura 2.14 – Sequência do diagrama SIPOC | 44 |
| Figura 2.15 - O ciclo da melhoria continua PDCA | 52 |
| Figura 3.1 - Instalações e equipamentos em edifícios, adaptado de Gonçalves (2014)..... | 56 |
| Figura 3.2 - Principais atividades da Gestão de Edifícios | 59 |
| Figura 3.3 - Tipo de manutenção e o seu custo (Gonçalves, 2014) | 63 |
| Figura 3.4 - Ação da manutenção no ciclo de vida de um edifício, (Machado, 2013) | 65 |
| Figura 3.5 - Fatores com influência na degradação de um edifício | 66 |
| Figura 3.6 - Modelo BIM, informação global do edifício | 71 |
| Figura 3.7 - Coeficiente de idade do edifício ao longo dos anos (adaptado de Shohet, 2003) | 80 |
| Figura 3.8 - Nível de Ocupação e Coeficiente de Ocupação (adaptado de Shohet, 2003) | 81 |
| Figura 3.9 - Valores <i>standard</i> do MEI por tipo de edifício (adaptado de Shohet, 2003)..... | 82 |
| Figura 3.10 – Representação do modelo LBM..... | 85 |
| Figura 4.1 - Edifício objeto do caso de estudo | 90 |

| | |
|--|-----|
| Figura 4.2 - Distribuição da área total do edifício em função da atividade | 93 |
| Figura 4.3 - Organograma da Área de Edifícios | 93 |
| Figura 4.4 - Aplicação do diagrama SIPOC à atividade de manutenção de edifícios..... | 95 |
| Figura 4.5 - Mapa de processo, para pedido de manutenção corretiva | 97 |
| Figura 4.6 - Arquivo da documentação da manutenção | 99 |
| Figura 4.7 - Aplicação dos 5´s (fonte Duclos, (2013)) | 100 |
| Figura 4.8 -Análise 5 porquês, exemplo de aplicação | 101 |
| Figura 4.9 - MVSM de um processo de manutenção atual | 102 |
| Figura 4.10 - MVSM de um processo de manutenção futuro | 103 |
| Figura 4.11 - Determinação do coeficiente de idade (ACy) | 109 |
| Figura 4.12 - Determinação do nível de ocupação (OC) | 110 |
| Figura 4.13 - Classificação do MEI, (adaptado de Shohet (2003))..... | 111 |
| Figura 4.14 - Consumos energéticos de um ano tipo..... | 111 |
| Figura 4.15 – Caracterização e comparação dos consumos do edifício..... | 112 |
| Figura 4.16 - Quadro de bordo, Indicadores de Manutenção | 114 |
| Figura 4.17 - Exemplo da uniformização de um relatório de diagnóstico e inspeção | 115 |
| Figura 4.18 - Gestão visual, exemplos de painéis de informação..... | 117 |
| Figura 4.19 - Gestão visual - Informação de obras..... | 117 |
| Figura 4.20 – Gestão visual - Informação dos consumos energia | 118 |
| Figura 4.21 - <i>Software</i> de gestão da manutenção MAC | 121 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|-----|
| Tabela 2.1 - Princípios do Pensamento Lean aplicados à Manutenção Lean, adaptado de Pinto (2013) ... | 35 |
| Tabela 2.2 - Ferramentas Lean mais comuns | 39 |
| Tabela 2.3 - Questões para definir um SLA | 49 |
| Tabela 2.4 - Exemplo de aplicação dos 5W's..... | 51 |
| Tabela 3.1 - Principais tipos de edifícios de acordo com a sua utilização (adaptado do DL n.º 220/2008) | 56 |
| Tabela 3.2 - Principais funções associadas à manutenção de edifícios | 61 |
| Tabela 3.3 - Aplicações comerciais GMAC | 70 |
| Tabela 3.4 - Grelha de classificação dos vários elementos Pk (Shohet, 2003) | 77 |
| Tabela 3.5 - Ponderação dos dez sistemas constituintes de edifícios hospitalares (Shohet, 2003)..... | 78 |
| Tabela 3.6 - Categorias de resultados do BPI (Shohet, 2003) | 78 |
| Tabela 3.7- Classificação resultados para o MEI (adaptado de Shohet, 2003)..... | 81 |
| Tabela 3.8 – Equivalência para energia primária (Kgep) | 83 |
| Tabela 4.1 - Áreas do edifício sede da REN..... | 92 |
| Tabela 4.2 - Tabela de entradas e saídas para pedido de manutenção corretiva | 96 |
| Tabela 4.3 – VOC, exemplo de um plano de ação | 98 |
| Tabela 4.4 - Resumo de tempos, MVSM atual e MVSM futuro | 103 |
| Tabela 4.5 - Indicadores de desempenho para método LBM | 105 |
| Tabela 4.6 - Divisão do edifício em sistemas e respetiva ponderação..... | 106 |
| Tabela 4.7 - Grelha de classificação dos vários elementos Pk (Shohet, 2003) | 107 |
| Tabela 4.8 - Cálculo do BPI | 108 |
| Tabela 4.9 - Categorias de resultados do BPI (Shohet, 2003) | 108 |
| Tabela 4.10 - Cálculo do MEI | 110 |
| Tabela 4.11- Desagregação dos consumos do edifício em energia primária | 112 |
| Tabela 4.12 - Valores de referência para cálculo IEE | 113 |
| Tabela 4.13 - Método dos 3 Níveis de intervenção de manutenção | 118 |
| Tabela 4.14 - SLA em função do grau de prioridade..... | 119 |
| Tabela 4.15 - Definição dos SLA para o edifício | 120 |

Capítulo 1- Introdução

1.1. Enquadramento

Uma organização ou empresa que se queira manter competitiva no atual mercado cada vez mais global, caracteriza-se por ter como um dos seus principais objetivos, o combate ao desperdício.

A procura por modelos de gestão cada vez mais eficientes é uma das principais preocupações de qualquer gestor dos tempos modernos através da implementação de processos e mecanismos de controlo que têm como objetivo a eliminação do desperdício, como sejam, evitar custos desnecessários, fomentar a poupança de recursos e produzir apenas o que é necessário. Em termos históricos, estas preocupações só se evidenciam a partir da década de 50, associadas a uma nova filosofia de gestão designada por Lean (magra) fundamentada no sistema de produção automóvel da Toyota, inspirado pelas ideias propostas por Taiichi Ohno (Liker, 2004). As primeiras iniciativas de expansão desta nova filosofia fora do sector automóvel surgem só a partir da década de 90, quando a sua utilização passa a ser aplicada de uma forma mais generalizada a outros sectores da indústria e estendida também ao sector dos serviços (Francischini, et al., 2006).

O Lean começa assim a ser considerado como um antídoto para os tempos de crise conforme refere Pinto (2013), dado que é uma forma de pensar e atuar que tem como objetivo a constante eliminação do desperdício, ou seja, tudo aquilo que não acrescenta valor do ponto de vista do cliente, aumentando assim a competitividade das empresas.

Uma das áreas de aplicabilidade da gestão Lean é a área da manutenção, para a qual foram desenvolvidas ferramentas específicas contribuindo para uma profunda alteração do paradigma dominante. De acordo com a perspetiva tradicional a manutenção é conotada como uma atividade secundária consumidora de recursos (Smith, et al., 2004).

Ao nível da gestão, a função manutenção dispõe de um conjunto de conceitos e regras gerais, o que possibilita que possam ser transponíveis para qualquer tipo de organização, variando apenas o conjunto de equipamentos, as pessoas e a cultura organizacional. Esta universalidade da atividade de manutenção permite que seja possível partilhar as regras básicas a qualquer tipo de organização, variando apenas o

conjunto de equipamentos, as pessoas e a sua cultura, podendo assim ser aplicada na sua globalidade aos edifícios, embora, esta atividade seja normalmente vista como secundária e pouco interessante face às outras atividades da indústria imobiliária, quase sempre virada para a construção (RICS, 2009).

No caso da indústria do imobiliário, um edifício industrial ou de escritórios, tinha no passado poucas exigências de manutenção, normalmente sempre associados a intervenções de manutenção corretiva, ou seja, atuar apenas em consequência de uma anomalia. Atualmente, os edifícios são instalações complexas, por vezes designados de “inteligentes”, que refletem preocupações de eficiência energética, segurança, conforto, imagem, qualidade ambiental e que têm que satisfazer os requisitos associados aos processos de certificação e regulamentos (Cabral, 2013).

A gestão da manutenção de edifícios deve possuir uma elevada capacidade técnica e organizativa de modo a garantir a disponibilidade de um conjunto variado de equipamentos e infraestruturas, dos sistemas de segurança, do cumprimento das exigências legais de controlo de qualidade do ar interior (QAI) e racionalização energética e ainda considerar os condicionamentos devidos ao elevado número de pessoas em movimento não organizado.

Este conjunto alargado de responsabilidades leva a que as organizações tenham um interesse crescente nas áreas da gestão e manutenção dos edifícios, no parque edificado e com os custos fixos a ele associados.

Pretende-se com o estudo efetuado nesta dissertação desenvolver um modelo de manutenção de edifícios baseado na filosofia Lean, demonstrar a sua aplicabilidade e assim contribuir para que esta atividade seja reconhecida como criadora de valor, que dá resposta aos problemas, que é eficiente e que procura a satisfação do cliente final.

1.2. Objetivos da dissertação

Esta dissertação surge na sequência da crescente atenção dada à manutenção dos edifícios de serviços, que se deve em grande parte às preocupações com a redução dos custos de exploração, a uma cada vez maior eficiência energética, questões ambientais e de segurança. Para além disso, surgem cada vez mais exigências impostas pela nova legislação de eficiência energética e de qualidade ambiental, o que implica novas responsabilidades atribuídas à manutenção.

O que se pretendeu demonstrar nesta dissertação é que é possível estender os conceitos de uma filosofia e gestão Lean que visam a eliminação de desperdícios e a criação de valor para o cliente, que já são aplicáveis à manutenção industrial, para a manutenção de edifícios, tendo em conta as suas particularidades.

Através da análise do caso de estudo podemos identificar algumas particularidades da manutenção de edifícios:

- Requer intervenção numa grande variedade de equipamentos e tecnologias;
- Intervenções relativamente menos frequentes, devido à ausência de equipamentos de desgaste;
- Trabalhos de manutenção normalmente realizados em regime de subcontratação, pelos próprios fabricantes ou por empresas credenciadas para o efeito;
- Restrição na realização dos trabalhos de manutenção devido a condicionantes, como seja, a permanência dos utilizadores nas instalações durante as horas normais de trabalho, o que impossibilita a realização de intervenções longas que impliquem à paragem dos trabalhos;
- Inexistência de uma equipa de manutenção interna com várias valências, existindo quanto muito, uma equipa com um ou dois técnicos que efetuam as intervenções mais simples;
- Pelo facto de os trabalhos de manutenção serem realizados em regime de subcontratação por pessoal externo pertencente a diferentes empresas, cada uma das quais com os seus próprios procedimentos, impede que as operações possam ser geridas através de um sistema de informação de manutenção da organização, significando que a maioria das intervenções será gerida por correio eletrónico ou pedidos telefónicos;
- Devido ao grande número de intervenientes e em grande parte externos existe dificuldade na obtenção de indicadores e medidas concertadas com a restante organização.

Um número limitado de pessoas é responsável por um conjunto alargado de atividades das quais as intervenções de manutenção são apenas uma parte, sendo também normalmente da sua responsabilidade outras atividades (segurança, gestão de resíduos, gestão de energia, gestão técnica, projetos de remodelação, auditorias, etc.).

Uma gestão Lean promove a eficiência dos processos de forma a fazer mais por menos através da eliminação de desperdícios de materiais, tempo e recursos, aproximando cada vez mais o produto ou serviço aos desejos do cliente, neste caso o utilizador.

O principal desafio foi de através da aplicação de um modelo baseado em ferramentas Lean, aplicá-lo à manutenção de edifícios e contribuir para um aumento da eficiência desta atividade e criação de valor, contribuindo para o seu reconhecimento pela organização. Em função do sucesso obtido, consciencializar a organização para a importância e vantagens da aplicação global de uma gestão Lean.

1.3. Organização

Em termos de organização, a dissertação está estruturada em cinco capítulos, que pretendem seguir a abordagem da investigação pretendida:

Capítulo 1 – Introdução – Capítulo onde se pretende expor de uma forma geral quais os motivos e objetivos da dissertação, o seu enquadramento e relevância do tema na situação atual, considerando o caso de estudo e qual metodologia a aplicar.

Capítulo 2 - Manutenção Lean – Este capítulo divide-se em dois subcapítulos dedicados ao atual estado do conhecimento com base na revisão bibliográfica de publicações e artigos científicos sobre os temas em investigação.

No primeiro subcapítulo dedicado à Manutenção além de uma resenha histórica da sua evolução, efetua-se também uma apresentação dos conceitos gerais e definições base relativos à manutenção, bem como, um levantamento do conjunto de indicadores fundamentais para implementar um eficiente sistema de gestão.

No segundo subcapítulo efetua-se uma abordagem ao estado da arte sobre a gestão Lean orientada para a atividade de Manutenção, apresentando um conjunto de definições e conceitos base deste tipo de gestão e dando relevância à importância da aplicação de um conjunto de ferramentas desta filosofia.

Capítulo 3 - Gestão Lean na manutenção de edifícios – Pretende-se, neste capítulo, efetuar uma abordagem às principais características de um edifício de serviços, seguida de uma pesquisa bibliográfica relativa à manutenção e gestão de edifícios. São apresentadas algumas particularidades específicas deste tipo de manutenção e as principais diferenças face à manutenção tradicional, bem como a necessidade de cumprimento de legislação específica relativa a aspetos energéticos e ambientais. Nos

seguintes subcapítulos pretende-se estudar a aplicação de uma gestão Lean à área da manutenção particularizando a pesquisa para a manutenção de serviços. Dos conjuntos de ferramentas associadas à gestão Lean pretende-se estudar quais as que poderão ter um melhor desempenho e que apresentem vantagens da sua eventual aplicabilidade à manutenção de edifícios. É proposto um método que agrupe um conjunto de ferramentas e indicadores selecionados, que se designou por LBM (*Lean Building Maintenance*).

Capítulo 4 – Caso de estudo - Caracterização do caso de estudo, através de informação recolhida através da realização de questionário e entrevistas sobre o estado atual da gestão da manutenção de um edifício de escritórios com cerca de 30 anos, com uma ocupação de aproximadamente 300 pessoas e localizado no centro de Lisboa. Análise dos dados recolhidos e sua integração com as ferramentas propostas no modelo LBM, numa perspetiva de identificação e eliminação de desperdícios e criação de valor através práticas que suportem uma melhoria contínua. Implementação de alguns dos indicadores e ferramentas propostas, apresentação e avaliação de resultados.

Capítulo 5 – Conclusões e desenvolvimentos futuros – São apresentadas as conclusões sobre a aplicação do método proposto à manutenção de edifícios objeto do caso de estudo. Reflexão sobre as dificuldades encontradas e oportunidades de melhoria a desenvolver na área em estudo.

Capítulo 2 – A Manutenção Lean

2.1. Manutenção

2.1.1. Evolução Histórica da manutenção

As atividades de manutenção são levadas a cabo pelo Homem desde os tempos primitivos. A capacidade de adaptação do ser humano ditou a constante evolução das ferramentas por ele utilizadas. Desde cedo, o Homem sentiu a necessidade de reparar essas ferramentas enquanto considerasse que estas deveriam ou tinham que ser recuperadas, em vez de substituídas. Nasceu assim a base do conceito de vida útil dos equipamentos.

O conceito de manutenção aparece desde de sempre associado à reparação das avarias, numa altura em que estas só eram assumidas quando implicavam a paragem dos equipamentos, e conseqüente imobilização e perda de produção.

Na realidade até à 2ª Guerra Mundial, a grande maioria dos equipamentos operavam a baixa velocidade, funcionando muitas vezes em condições deficientes resultantes de elevado desgaste.

Em termos de evolução cronológica da manutenção podemos considerar 3 gerações:

1ª Geração – Até meados dos anos 40 (2ª Guerra Mundial), em que não existia qualquer manutenção organizada, existindo apenas como função subordinada à produção. A questão da prioridade não era relevante. Os operadores em caso de avaria é que se encarregavam da reparação dos equipamentos, conseqüentemente a reparação era só efetuada quando a avaria surgia, ou seja, era essencialmente uma manutenção corretiva. Dava-se início aos primeiros levantamentos estatísticos sobre avarias.

2ª Geração – De meados dos anos 40 até ao início da década de 70, inicia-se o desenvolvimento progressivo da função manutenção conseqüência do aparecimento de indústrias com grande capacidade de produção nas quais, as paragens devido a avarias acarretavam custos elevados. Também a necessidade de mão-de-obra diminuiu sensivelmente, conseqüência do forte aumento da mecanização, bem como a complexidade das instalações industriais. A necessidade de uma maior disponibilidade dos equipamentos, implica um elevado custo de funcionamento em caso de paragem, passando assim a indústria a ficar dependente do bom funcionamento dos

equipamentos. Era cada vez maior a necessidade de começar a estudar as falhas dos equipamentos com o intuito de evitar as avarias essencialmente na indústria aeronáutica, surgindo os primeiros conceitos de manutenção preventiva. Na década de 60 esta manutenção consistia em intervenções periódicas em intervalos fixos, que eram efetuadas nos equipamentos. Os custos de manutenção começam a ser cada vez mais elevados comparativamente com os outros custos operacionais, surgindo então os sistemas de planeamento e controlo que ainda hoje são parte integrante da gestão da manutenção.

3ª Geração – A partir da década de 70, o processo de mudança nas indústrias era cada vez mais rápido, qualquer paragem da produção acarretava elevados custos e perda de qualidade, o que começava também a ser uma preocupação generalizada no mundo empresarial. O conceito do JIT (*Just In Time*) que estava já globalizado, implica que mesmo pequenos atrasos na produção/entrega, poderiam paralisar as fábricas. O crescimento da automatização e da mecanização implicava que a disponibilidade dos equipamentos fosse um dos pontos-chave nos mais distintos sectores industriais. O aparecimento cada vez mais frequente de falhas vai afetar a capacidade de manter os padrões de qualidade estabelecidos e que tanto se aplica a um produto como um serviço. Por exemplo, um atraso na rede de transportes e o elevado impacto que isso acarreta na maioria das indústrias. Também as preocupações ambientais e de segurança passam a ser exigências cada vez maiores. Em alguns sectores da indústria as expectativas com a segurança e a preservação ambiental eram de tal maneira elevadas que caso não fossem cumpridas poderiam levar ao seu encerramento ou impedimento de funcionamento por períodos relativamente longos. O desenvolvimento de computadores que se tornavam cada vez mais rápidos e mais pequenos, levou à possibilidade de desenvolvimento de *softwares* potentes, passando a manutenção a dispor de ferramentas sofisticadas para controlo e análise e passando a ser utilizadas no dia-a-dia. A manutenção passa não só a utilizar as caixas de ferramentas para a reparação dos equipamentos avariados, como também a usar análises de risco e vários meios de diagnóstico, passando a antecipar-se ao surgimento das falhas podendo assim determinar os melhores e mais adequados períodos para a execução da manutenção preventiva. Esta, na maioria dos casos deixa de ser apenas baseada em intervalos temporais, passando a estar diretamente relacionada com a condição do equipamento. Surge um novo conceito, a manutenção condicionada,

que passa a estar subordinada de um tipo de acontecimento pré-determinado, resultante de um processo de inspeção ou diagnóstico.

A partir da década de 80 a manutenção muda o seu enfoque, afastando-se cada vez mais do conceito do aumento de disponibilidade para começar a implementar uma eficaz gestão de ativos e que transformam a função de manutenção como uma atividade cada vez mais fundamental na política estratégica de desenvolvimento das empresas. Este novo contexto levou ao surgimento de novas técnicas, como sejam: RCM (*Reliability Centred Maintenance*), TPM (*Total Productive Maintenance*), PBS (*Performance Based Specifications*), LCC (*Life Cost Cycle*), RAMS (*Reliability, Ability, Maintenance and Security*), *e-Maintenance*, entre outras.

2.1.2. Objetivos da Manutenção

Segundo a norma NP EN 13306 (IPQ, 2007) podemos definir manutenção como a combinação de todas as ações destinadas a assegurar o bom funcionamento de um bem garantindo que são intervencionados quando oportuno, de acordo com as adequadas práticas técnicas e exigências legais, de forma a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida, com a maior brevidade possível e a um custo otimizado (Cabral, 2013). Outra interpretação de Kardec (2003), este afirma que o objetivo da manutenção deve ser um conjunto de ações que garantam a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações, de modo a garantir um determinado processo de produção e a preservação do meio ambiente com segurança e custo adequados. Assim o enfoque passa a estar na disponibilidade da função em vez de garantir apenas a disponibilidade do equipamento.

Ainda segundo Cabral (2013), o principal objetivo de uma adequada gestão da manutenção é o de assegurar o bom funcionamento dos equipamentos e não o de controlar custos.

Compete à gestão da manutenção estabelecer um compromisso equilibrado entre as várias solicitações que lhe são efetuadas, definindo quais os objetivos prioritários, dado que em muitas situações esses objetivos podem ser contraditórios. A Figura 2.1 ilustra resumidamente os principais objetivos da manutenção.

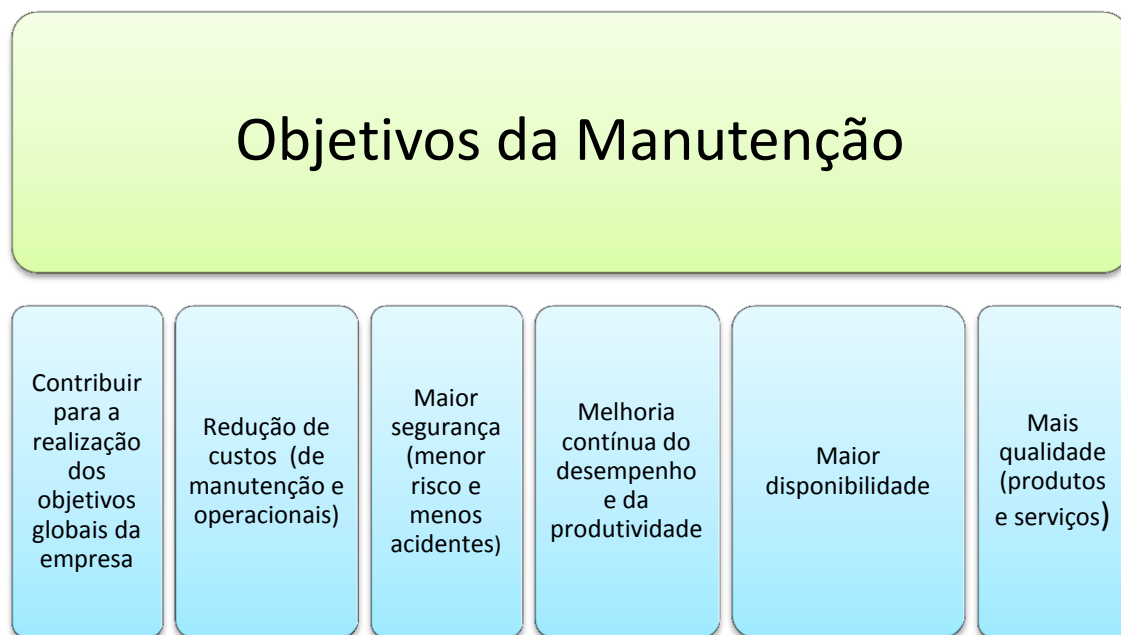


Figura 2.1 - Principais objetivos da Manutenção, adaptado de Pinto, (2013)

De acordo com a norma NP EN 13306 (IPQ, 2007) a gestão da manutenção compreende todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo, a supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos.

Para Cabral (2013), uma possível definição, numa só palavra, para gestão da manutenção, seria Planeamento. Ou seja, será sempre mais fácil fazer com que as situações aconteçam de uma forma desejada ou controlada do que gerir imprevistos com consequências imprevisíveis.

Como objetivos da manutenção podemos de forma resumida considerar que se pretende garantir que os equipamentos operem num estado de funcionamento seguro e eficiente, obtendo rendimentos próximos dos 100%, garantindo uma adequada disponibilidade e fiabilidade dos equipamentos e uma redução ao mínimo da produção de produtos defeituosos. O cumprimento de todos estes objetivos deve obedecer também à sua racionalidade económica. A aplicação destes objetivos na indústria imobiliária, ou seja, na manutenção e gestão de edifícios, devido principalmente às suas particularidades e objetivos específicos, implica que aquele conjunto de ações deve ter sempre em conta, para além da operacionalidade do equipamento, a do sistema e a do sector em que ele se integra.

No caso específico da manutenção de edifícios, os objetivos além dos já anteriormente referidos devem considerar também um conjunto de ações específicas como sejam o garantir o cumprimento das exigências legais relativas à gestão energética e da qualidade do ar interior (QAI), garantir a segurança de pessoas e bens, garantir a qualidade ambiental, minimizar consumos, entre outros.

2.1.3. Tipos e metodologias de Manutenção

Dado ser um conceito muito abrangente existem várias definições possíveis para os vários tipos de manutenção. A norma NP EN 13306 (IPQ, 2007) apresenta um conjunto de definições tendo em conta o objetivo que se pretende atingir com a sua implementação e a forma como a manutenção é desencadeada, definindo-se vários tipos de manutenção conforme ilustrado na Figura 2.2.

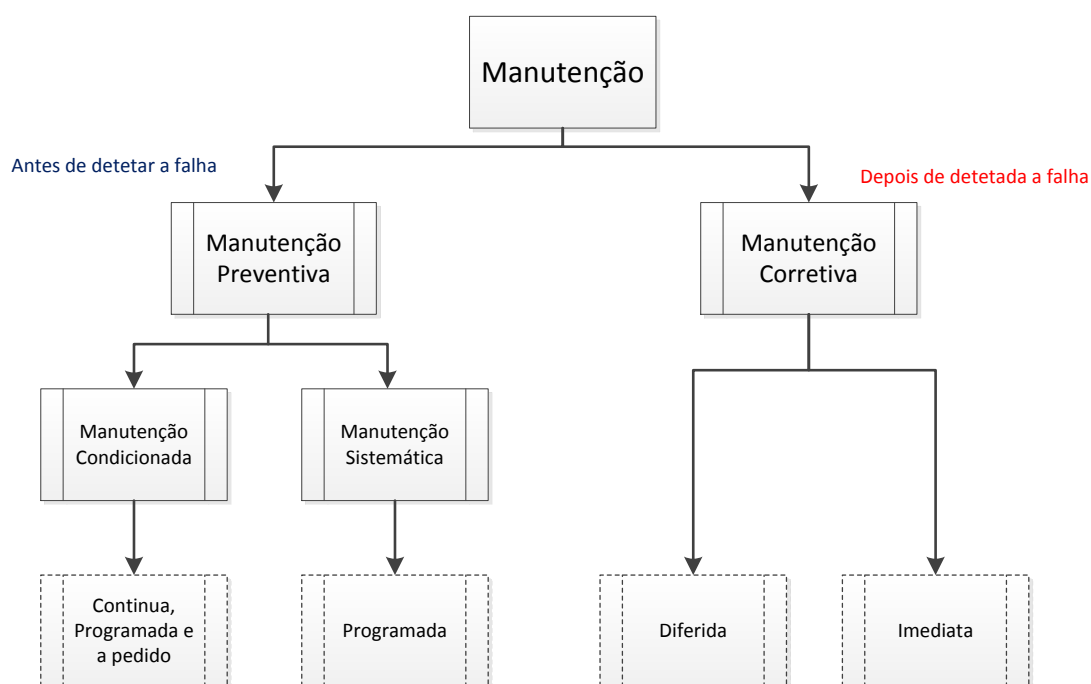


Figura 2.2 - Tipos de Manutenção, adaptado de NP 13306 (IPQ, 2007)

Assim, distinguem-se os dois grandes tipos de manutenção em função da deteção ou não, de falhas no equipamento. A manutenção efetuada antes da ocorrência da falha é designada de preventiva dividindo-se em condicionada e sistemática. A manutenção efetuada depois da ocorrência da falha designa-se por corretiva, dividindo-se em diferida ou imediata. A manutenção corretiva diferida é efetuada posteriormente à

deteção da falha no equipamento. Por outro lado, a manutenção imediata é realizada após a deteção da falha, com vista a evitar consequências drásticas.

2.1.4. Manutenção Corretiva

Pode considerar-se este tipo de manutenção como aquela que primeiro surge e que durante muito tempo foi o único modelo aplicado devido à sua simplicidade pelo facto de dispensar uma estrutura organizada. Segundo a norma NP EN 13306 (IPQ, 2007) por manutenção corretiva entende-se aquela que é efetuada depois de detetada a avaria e que tem como objetivo repor o bom estado de funcionamento do equipamento. Esta pode ser dividida em dois grupos, nomeadamente, manutenção corretiva imediata e manutenção corretiva diferida ou planeada.

Manutenção corretiva imediata ou de urgência é aquela que é realizada imediatamente após a deteção da falha afim de evitar consequências inaceitáveis e que assume uma prioridade de execução sobre as restantes atividades. Para Xenos (2004), este modelo de manutenção causa, na maioria dos casos, um elevado prejuízo pois tem como consequência a interrupção inesperada da atividade tendo custos com paragens e pondo em causa a qualidade e os prazos de entrega ou compromissos assumidos com os clientes.

Manutenção corretiva diferida entende-se quando a correção é programada ou acompanhada através de métodos preditivos ou de deteção, até que a intervenção seja possível, sem afetar diretamente a produção (Kardec, 2003). Trata-se de um bom exemplo de engenharia de manutenção dado que tem por objetivo adaptar ou corrigir as anomalias detetadas, seja na conceção ou instalação de um equipamento ou seja por uma necessidade de adaptação a novas exigências (Pinto, 2013).

No entanto a manutenção corretiva pode ser considerada uma boa opção num contexto operacional de baixa responsabilidade e desde que o custo das consequências das suas falhas não sejam superiores ao custo de evitar a ocorrência da falha, ou seja, o conjunto de custos indiretos da manutenção. É preciso ter em consideração que a opção por este tipo de manutenção corretiva requer a existência de meios humanos capazes de realizar as atividades de reparação, bem como a disponibilidade dos meios materiais (peças de reserva, ferramentas e equipamentos) para que as equipas de manutenção possam agir rapidamente de maneira a minimizar os impactos das falhas (Xenos, 2004). A constante

exposição à falha e a situação imprevistas não se coaduna com uma estrutura organizada e tem como consequência os elevados custos da não manutenção.

2.1.5. *Manutenção preventiva*

Manutenção preventiva é a manutenção que é efetuada em intervalos de tempo predeterminados ou de acordo com critérios definidos com a intenção de reduzir ou evitar a avaria do equipamento. Segundo Xenos (2004), a razão fundamental da existência de um departamento de manutenção numa empresa é a sua capacidade e o esforço para evitar que as falhas ocorram. Assim, o departamento de manutenção não deve existir apenas para reparar as falhas que vão surgindo mas principalmente para a execução de algumas tarefas simples, porém sistemáticas e não esporádicas. Usualmente recorre-se à utilização de um plano onde estão calendarizados um conjunto de ações que não estão dependentes do estado real dos equipamentos nem da real necessidade de intervenção, mas apenas tem como objetivo ter os cuidados preventivos que ajudem a evitar as falhas (Kardec, 2003).

Como a prevenção da avaria é o objetivo principal da gestão da manutenção, por vezes confunde-se este tipo de manutenção com a própria definição de manutenção (Cabral, 2013).

Segundo um estudo realizado por Wireman (2005), este concluiu que uma manutenção preventiva poderá reduzir os custos de energia entre 5% a 11%, essencialmente porque os equipamentos não eram inspecionados com regularidade, por inexistência ou incumprimento dos planos de manutenção. São identificadas algumas causas de desperdício de energia, como por exemplo situações de falta de limpeza de permutadores ou filtros, falta de lubrificação de rolamentos ou desalinhamento em engrenagens, a permanência de situações de fugas por exemplo de ar comprimido, água, vapor, óleo, gás, etc. Um adequado plano de manutenção preventiva permite um aumento considerável da vida útil de um determinado equipamento, reduzindo a ocorrência de falhas aumentando assim a sua disponibilidade com uma consequente poupança de recursos bem com a redução do risco de acidentes aumentando a segurança de pessoas e bens.

2.1.5.1. *Manutenção sistemática*

Manutenção sistemática é um tipo de manutenção preventiva que se realiza em intervalos de tempo predefinidos ou em função de unidade de utilização mas sem o controlo prévio do estado ou do equipamento. Normalmente é desencadeada respeitando as indicações dos fabricantes dos equipamentos embora requeira uma análise crítica por parte da gestão da manutenção, pois deve-se ter em consideração que as condições reais de operação (temperatura, humidades, poeiras, etc.) que quase sempre são diferentes das condições de ensaio realizadas em fábrica, devendo por isso os planos de manutenção sistemática serem adaptados às condições reais de operação. Em cada intervenção são realizadas um conjunto de ações planeadas, com intervalos de tempo constantes e que pretendem repor as condições iniciais de fiabilidade dos sistemas e seus componentes (Pinto, 2013). Este tipo de manutenção considera que os padrões de falhas são constantes, implicando assim a substituição periódica de componentes independentemente do seu estado real, mas antes do atingir os limites de vida útil pré-estabelecidos. Em termos de custos, este tipo de manutenção apresenta valores totais elevados sendo por vezes mais onerosos do que os da manutenção corretiva. Além disso, este tipo de manutenção também não elimina as ações de manutenção corretiva, não só aquelas que são imprevisíveis, mas também aquelas que ocorrem entre os períodos definidos para as substituições.

2.1.5.2. *Manutenção Condicionada*

Manutenção condicionada é um tipo de manutenção preventiva baseada na inspeção do estado de funcionamento do equipamento e/ou dos parâmetros significativos do seu funcionamento, sendo que as ações de intervenção são decorrentes dessa avaliação do estado de condição do equipamento. A inspeção do estado ou dos parâmetros de funcionamento podem ser executados segundo um calendário pré-definido, em modo contínuo ou devido a uma ação específica. Da análise dos parâmetros de funcionamento dos equipamentos (vibrações, ruído, termografia, tribologia, etc.) conforme ilustrado na Figura 2.3, podem-se prever futuras ocorrência de falhas, através do estudo das curvas de tendência ou por comparação com os valores padrão definidos pelos fabricantes. Esta capacidade de prever o estado do equipamento leva a que também se designe este tipo de manutenção como manutenção preditiva (Pinto, 2013).



Figura 2.3 - Principais técnicas de manutenção condicionada

Neste tipo de manutenção o controlo de condição pode ser efetuado com os equipamentos em funcionamento e pode ser realizado em regime contínuo, permitindo um registo em tempo real das condições dos equipamentos e avaliá-las face aos limites definidos (alarmes). Também se poderá efetuar o controlo de condição dos equipamentos em intervalos de tempo pré-definidos, avaliando os resultados e caso necessário efetuar as intervenções de manutenção.

Pode-se assim tentar detetar possíveis falhas ocultas, que não estão perceptíveis para a equipa de operação ou de manutenção. No caso específico da manutenção de edifícios podemos considerar os simulacros que são efetuados aos vários sistemas, como por exemplo aos sistemas de deteção de incêndios (detetores de fumo ou de gás, bombas, rede de água, etc.) como ações de manutenção condicionada, pois destinam-se a avaliar a condição e garantir a fiabilidade dos sistemas quando estes são chamados a operar.

Em termos de custos de manutenção estes são elevados, nomeadamente os custos indiretos pois será necessário recorrer a um conjunto de tecnologia sensorial e informática bem como a pessoal especializado e para o planeamento e controlo das atividades. Segundo Pinto (2013), este tipo de manutenção apesar de ser mais dispendioso consegue eliminar grande parte das desvantagens da manutenção sistemática.

2.1.6. Indicadores de Desempenho da Manutenção

Todas as organizações que pretendam evoluir necessitam de medidas de avaliação e controlo de maneira a medir seu progresso em direção às metas definidas. Admitindo o princípio de que só se gere o que se mede (“*If you can’t measure it, you can’t manage it.*”, Peter Drucker), a organização da informação é fundamental para extrair um conjunto de indicadores que podem avaliar a eficiência e a eficácia do sistema medido (Peres, et al., 2008). Esta avaliação de desempenho para deve ser abrangente e utilizada por toda a organização (Assis, 2010).

Conforme Norma NP EN 15341 (IPQ, 2009), um sistema de gestão de indicadores de desempenho (*KPI, Key Performance Indicators*), serve para obter uma indicação sobre um determinado desempenho da manutenção sob a influência de diversos fatores, tais como: fatores económicos, técnicos e organizacionais. Estes indicadores servem para avaliação e melhoria da eficiência e eficácia de forma a se atingir a excelência da manutenção dos bens imobilizados.

Os indicadores de desempenho procuram traduzir a estratégia da organização em métricas e formas de reporte que auxiliem a melhorar a gestão através de uma análise da realidade e a sua avaliação, permitindo atuar proactivamente (Cavalcanti, 2009). O simples facto de se definir e caracterizar um conjunto de indicadores para a gestão da manutenção é por si só já um exemplo de aplicação das boas práticas de gestão.

A definição de um conjunto de indicadores é fundamental para uma correta avaliação do desempenho da manutenção e permite avaliar a utilização eficiente dos recursos para manter ou restabelecer a condição de um bem, de modo a que ele possa cumprir a sua função. O conjunto dos indicadores selecionados para a gestão da manutenção de uma determinada organização devem organizar-se num quadro de bordo (*BSC- Balance Scorecard*) exprimindo o que se pretende avaliar e os comportamentos face às metas ou objetivos definidos ou a valores padrão (Cabral, 2013).

O desempenho da manutenção depende de dois tipos de fatores conforme o referido na Norma NP EN 15341 (IPQ, 2009):

- Externos: condições que variam fora do controlo da gestão da empresa, como sendo: Localização, cultura da sociedade, custo de mão-de-obra, situação do mercado e legislação do sector /áreas.

- Internos: referem-se ao grupo, empresa, fábrica e instalações que estão sob o controlo de gestão da empresa, mas fora do controlo da gestão da manutenção, como sendo: Cultura da empresa, severidade do processo, gama do produto, dimensão da instalação, taxa de utilização, idade da instalação e criticidade.

A definição dos indicadores de desempenho e o número de indicadores a considerar devem em primeiro lugar estar orientados claramente para os objetivos da empresa e servirem para monitorizar o alcance desses mesmos objetivos. Este processo de definição e escolha de objetivos é único para cada organização e necessita de ser desenvolvido de forma independente, de acordo com as suas características específicas (Smith, et al., 2004).

Segundo Pinto (1994), para a utilização correta destes indicadores devem-se ter em conta alguns aspetos, como sejam, a sua utilidade pois devem ser os necessários e adequados para o processo de gestão e controlo, devem ser claros e entendíveis por todos e devem ser fiáveis e rigorosos. São um meio para auxiliar a gestão e não um fim em si mesmo. Os indicadores devem reagir com a necessária rapidez às variações do contexto que estão a aferir, devem complementarem-se uns aos outros e no seu conjunto, devendo cobrir o mais possível a totalidade da atividade de manutenção da empresa.

Os indicadores de desempenho devem ser calculados em intervalos regulares e serem adimensionais, devem ter vários níveis hierárquicos e devem traduzir de um modo significativo se estão a atingir as metas definidas. Estes são úteis para que o sistema de gestão possa controlar e identificar necessidades obtendo-se assim um melhor desempenho satisfazendo assim todas as partes interessadas da empresa (Neto, et al., 1998).

A Norma NP EN 15341 (IPQ, 2009), propõe que os indicadores de manutenção sejam divididos em três grandes grupos:

- Indicadores económicos (E): Relacionam os custos de operação com os custos de manutenção preventiva e corretiva, valores de imobilizado em stock e formação dos colaboradores;
- Indicadores organizacionais (O): Avaliam a eficiência da gestão técnica do departamento de manutenção, número de trabalhadores diretos e indiretos e a manutenção total de horas.

- Indicadores Técnicos (T): Relacionam os tempos de operações, tempos de inatividade e número de avarias.

Cada grupo está estruturado em níveis que representam a sua estrutura hierárquica. Os indicadores abaixo do nível 1 (nível 2 e 3) são descrições detalhadas dos indicadores de nível mais elevado. O número de níveis e a sua amplitude poderão ser estabelecidos para cada organização de acordo com a necessidade e objetivos definidos.

Na manutenção tal como em muitas outras áreas, os indicadores de desempenho, permitem analisar e compreender o ritmo a que ocorrem as avarias, os tempos de reparação, a disponibilidade dos equipamentos, bem como o sucesso da política de manutenção da empresa (Cabral, 2013). Na gestão da manutenção, é preciso dar especial atenção a estes indicadores, para se conseguir uma boa gestão dos mesmos. É importante salientar que, como o próprio nome indica são apenas indicadores de apoio à tomada de decisão, não devendo por isso ser apenas o único fator na tomada de decisão. É desaconselhável a utilização de muitos indicadores simultaneamente, pois muitas vezes só dificultam a análise e avaliação do problema. Segundo Cabral (2013), para decidir quais indicadores que pretendemos utilizar, deverá ponderar-se sobre a utilidade dos mesmos e se estão de acordo com os objetivos pretendidos. As principais utilizações de indicadores são:

- Apoio na tomada de decisão de gestão;
- Comparação da atividade entre períodos distintos;
- Avaliar o impacto de uma determinada política de manutenção;
- Análise do orçamento da manutenção;
- Identificação de problemas.

De referir que existem vários indicadores de desempenho, uns mais usuais que outros, podendo estes variar consoante a literatura consultada. Nas tabelas 1, 2 e 3, apresentadas no Anexo I, é efetuado um levantamento comparativo dos indicadores propostas por um conjunto de autores relacionando-os com os que estão considerados na norma NP EN 15341 (IPQ, 2009).

2.2. Metodologia Lean

2.2.1. O que é o Lean

Lean é uma filosofia de gestão empresarial que tem como objetivo principal a criação de valor para todas as partes interessadas através da constante redução ou eliminação dos desperdícios indo de encontro às expectativas do cliente (Womack, et al., 2003).

A filosofia Lean surge de uma forma embrionária na década de 50, com base no sistema de produção implementado nas empresas do grupo da indústria automóvel Toyota, designado por TPS (*Toyota Production System*), que se tratava de um método de gestão e cultura desenvolvido pelo japonês Taiichi Ohno (1912-1990), engenheiro mecânico e vice-presidente executivo da *Toyota Motor Corporation*. O TPS foi criado através da observação e a aprendizagem das práticas da indústria automóvel Americana, sendo adaptada às necessidades da indústria japonesa e assentava nos seguintes conceitos (Smith, et al., 2004):

- Eliminação dos desperdícios;
- Trabalho padronizado;
- Sistemas JIT (*just in time*);
- Qualidade, fazer bem à primeira;

Só em 1990, é abordado e estudado pela primeira vez, o termo e Lean e o método que viria a ser designado por *Lean Manufacturing*, através da publicação do livro “*The Machine That Changed the World*” de James Womack, Daniel Roos e Daniel Jones. Neste livro são reunidos estudos sobre os vários métodos utilizados na indústria automóvel Japonesa, Europeia e Americana, sendo principalmente descritos os métodos de produção da Toyota. Mas não se tratava de apenas mais um livro sobre produção, mas sim como uma empresa trabalha em conjunto para dar ao cliente aquilo que ele pretende, ao mesmo tempo que se eliminam desperdícios na cadeia de valor e na procura da melhoria contínua dos processos (Liker, et al., 2006).

A designação *Lean Thinking* (pensamento magro), surge como conceito de liderança e gestão empresarial, pela primeira vez, também por James Womack e Daniel Jones em 1996, no seu livro com o mesmo nome e que fornece uma excelente análise das diferenças entre a abordagem da produção tradicional e a abordagem *Lean Thinking*. Esta obra é o grande ponto de partida para a compreensão do *Lean Thinking* e que irá

servir de base à sua expansão a outras atividades fora do universo da produção (Pinto, 2008).

A filosofia Lean assenta numa mudança dos atuais paradigmas de gestão e implica uma completa mudança de mentalidades e empenhamento de todos na procura de uma melhoria contínua (Hines, et al., 2000). Para Liker *et al.* (2006), o pilar central da filosofia Lean são as pessoas, sendo fundamental o envolvimento de todos de forma a reduzir a resistência à mudança.

Segundo Smith *et al.*, (2004), o conceito Lean não é uma atividade de produtividade, mas sim uma metodologia para a remoção de desperdícios do processo produtivo mantendo a qualidade do produto.

Por desperdício (em Japonês Muda) entende-se como qualquer atividade que absorve recursos e não gera valor acrescentado para o cliente nem para a organização.

Vários autores como Melton (2005) e Pinto (2014), referem que num processo produtivo típico, o desperdício pode representar até 95% do tempo total de uma organização. Ainda segundo estes autores, das atividades que não acrescentam valor, 35% do desperdício, são atividades necessárias, sendo que 60% são puros desperdícios sem qualquer valor para a organização e que devem ser eliminados.

Normalmente as empresas orientam o seu esforço de aumentos de produtividade para a componente que acrescenta valor (5%), ignorando o enorme potencial de ganho que pode ser obtido se a sua atenção for orientada para as atividades que não acrescentam valor, como ilustrado na Figura 2.4.

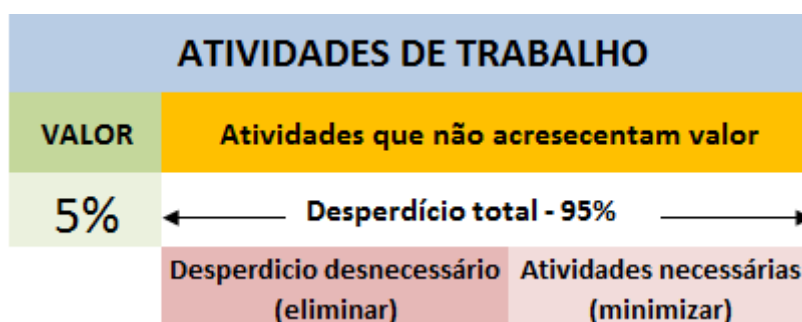


Figura 2.4 - Desperdício nas atividades de trabalho, adaptado de Pinto (2008).

Verifica-se então que apenas uma reduzida fração de tempo e esforço de uma organização é transformada em valor para o cliente. Tal como afirmou Peter Drucker (1909-2005): “Não há nada mais inútil do que fazer de forma eficiente algo que nunca deveria ter sido feito”.

Podemos definir resumidamente que o Lean é um conjunto de práticas em que se pretende fazer mais com menos e que estas se relacionam de maneira a obter os materiais adequados, no local correto, na quantidade necessária, minimizando o desperdício, sendo flexível, ter espírito crítico e aberto a mudanças, tendo como objetivo fornecer os produtos ou serviços com a mais elevada qualidade, com o menor custo e tempo possível (Gonçalves, 2014). Na Figura 2.5 são ilustrados alguns dos benefícios gerais decorrentes da implementação da filosofia Lean.



Figura 2.5 - Benefícios gerais do Lean

As empresas hoje em dia orientam a sua gestão para uma melhoria da produtividade, reduzindo ou eliminando custos e tempos, melhorando o desempenho dos seus processos, eliminando gorduras desnecessárias e criando valor para os seus clientes e demais partes interessadas (Pinto, 2008). O conceito Lean tem uma difusão à escala mundial e é aplicado em áreas como a indústria e em outros serviços gerais, sejam do domínio empresarial ou público.

2.2.2. O Lean Management

Lean management (gestão Lean) é uma parte fundamental do pensamento Lean. Quando se pretende implementar o Lean em qualquer organização será necessário em primeiro lugar garantir o envolvimento das pessoas. Aliás, citando Liker et al. (2006), o pilar central da cultura Lean são as pessoas, que devem estar informadas e envolvidas de forma a reduzir a natural resistência à mudança.

Também é fundamental que a gestão de topo esteja envolvida e comprometida de modo a definir quais as necessidades específicas da organização e quais os objetivos a atingir com a implementação de uma cultura Lean, garantindo que estes objetivos serão necessariamente os mesmos da organização.

Segundo Charron *et al.*, (2014) as duas principais responsabilidades de uma gestão Lean são manter e melhorar os processos existentes. Num sistema de gestão Lean os gestores além das várias responsabilidades, como sejam a gestão de ativos, a gestão do risco e gestão dos recursos devem focar-se na melhoria constante do desempenho. Esta melhoria desenvolve-se com o envolvimento das pessoas, com uma formação adequada e uma efetiva mudança de atitude da gestão.

Várias publicações referem o Lean como sendo quase exclusivamente um conjunto de ferramentas que identificam e eliminam o desperdício, o que pode levar a pensar que só pela utilização e aplicação destas ferramentas e sem uma gestão adequada, a produtividade e o desempenho da organização irão melhorar e assim tornar-se Lean. Dificilmente se conseguirá implementar uma gestão Lean, sem criar a base de uma cultura Lean e sem o conhecimento do terreno (*Gemba*, em japonês) onde todas as atividades se realizam de modo a avaliar a sua implementação (Liker, et al., 2006). As ferramentas propriamente ditas não são mais que ferramentas de gestão geral, quadros de bordo e gestão de indicadores que por si só não produzem os resultados esperados se não estiveram orientadas para um determinado objetivo.

Se em conjunto com a implementação indiscriminada das ferramentas Lean, sem qualquer estratégia definida e sem a responsabilidade e liderança, nenhuma ação for tomada para mudar a maneira como são geridos os processos, as pessoas e os produtos, quase de certeza que se irá verificar a falha de implementação dos projetos para aplicar a cultura Lean.

O Lean com já referido deve estar orientado para o cliente e cabe aos gestores desenvolver e manter os processos que permitam criar valor. Os processos são

conduzidos por pessoas e só com uma liderança com objetivos definidos que apoie e oriente as pessoas para que continuamente melhorem os processos e como consequência criem valor para o cliente (Charron , et al., 2014). O tipo de gestão que poderá ajudar a atingir estes objetivos será a gestão Lean (*Lean management*).

Segundo Naik (2015), um dos grandes desafios e onde existe bastante trabalho a desenvolver é transformar gestores tradicionais em gestores Lean

A Figura 2.6 ilustra o fluxo da gestão Lean onde numa determinada organização através do uso de várias ferramentas, se interligam os processos e as pessoas com objetivo pretendido, ou seja, a criação de valor para o cliente.



Figura 2.6 - Fluxo da gestão Lean, adaptado de Naik (2015).

Assim aplicando os princípios pelo os quais se rege o *Lean Management*, herdados do sistema Toyota, existe um objetivo evidente de melhorar a eficiência e a competitividade, mas acima de tudo, esta filosofia desenvolveu-se com claros objetivos económicos de redução de custos inúteis e como consequência também reduzir a necessidade de investir mais dinheiro. Isso faz da gestão Lean um sistema bastante completo e desde de logo bastante adequado a uma época em que os recursos financeiros são escassos e caros como acontece na economia atual (Cuatrecasas, 2014).

2.2.3. Evolução histórica do Lean

Com já referido o pensamento Lean consiste num conjunto de princípios de gestão que visam simplificar o modo como uma organização produz e entrega valor aos seus clientes enquanto o maior número possível de desperdícios são eliminados. Embora seja assumido genericamente que o conceito Lean surge após a 2ª Guerra Mundial, no seio

da industria automóvel Japonesa, em particular na Toyota, através do seu sistema de produção TPS (*Toyota Production System*), já na Idade Média (Século XV) e na Europa de acordo com Jones (2004), podemos encontrar os mesmos princípios do pensamento Lean tendo este evoluindo como se pode observar na Figura 2.7.

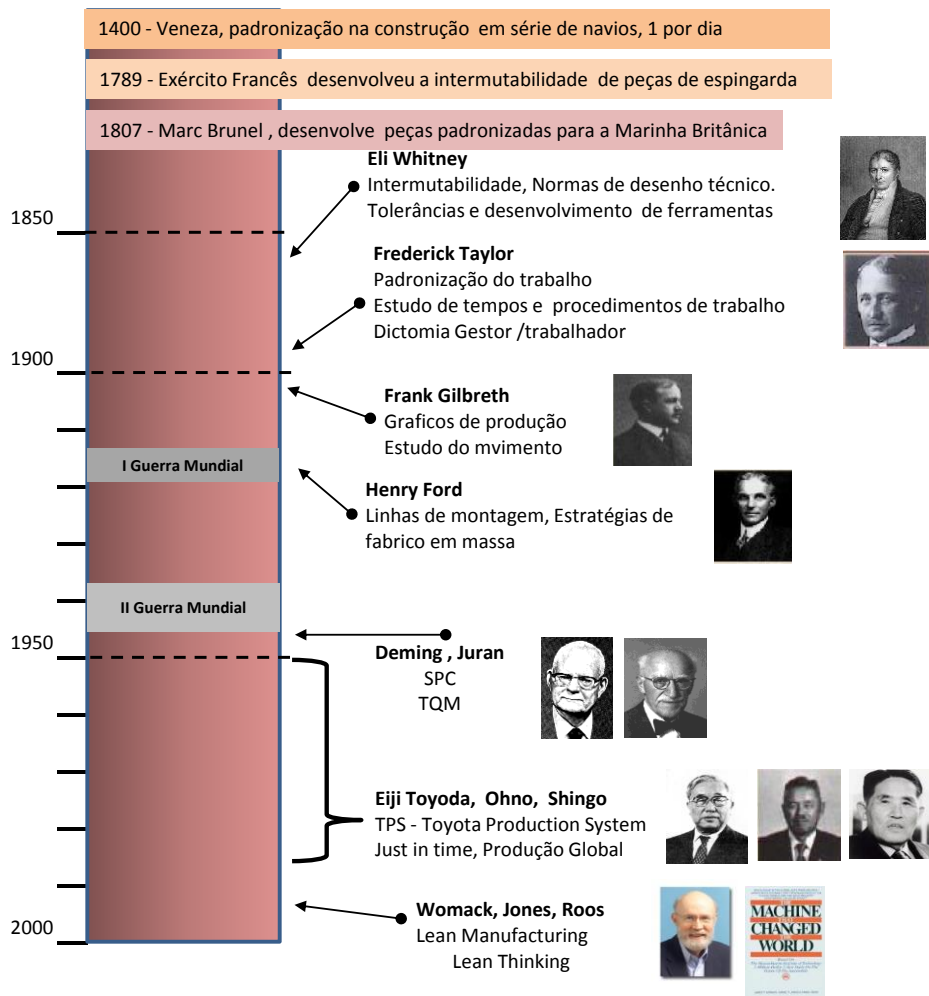


Figura 2.7 - Evolução cronológica do pensamento Lean

No início do século XV, Veneza era uma poderosa cidade estado e uma das maiores potências navais da época, servindo de plataforma para as Cruzadas na Terra Santa, mantendo confrontos com o império Otomano, sendo também detentora um grandioso império mercantil. Este poderio era suportado na sua imensa frota naval, devido a um alto grau de padronização nos sistemas de construção. No seu Arsenal chegaram a trabalhar mais de 16.000 operários tornando-se o maior estaleiro naval do mundo e a primeira empresa industrial do Estado. Criaram o conceito de peças intermutáveis e padronizadas e uma linha construção contínua, tirando partido dos canais onde existiam

diversos estaleiros (Charron, et al., 2014). Esta produção em massa também levou a uma alteração dos princípios de construção o que levou que a mesma fosse muito mais rápida e com menos madeira o que permitia obter custos mais baixos e uma maior eficácia, atingindo um ritmo de construção de um navio por dia.

Também ainda antes da revolução francesa (1789) o exército francês tinha iniciado outra revolução com o desenvolvimento e uso de peças intermutáveis permitindo assim uniformizar o fabrico de alguns componentes de espingardas.

A Marinha Britânica no início do século XIX, já tirava partido da produção uniformizada através máquinas concebidas por Marc Brunel para a produção de dezenas de milhares de cadernais por ano, para manobrar as velas dos seus inúmeros navios.

Nos finais do século XVIII, Eli Whitney um engenheiro norte-americano patenteou uma máquina inventada por si para descaroçar algodão que permitia que em apenas uma hora fosse feito o trabalho que vários operários faziam num dia. Mais tarde concebeu um sistema de produção, que viria a ser conhecido como “sistema americano de produção”, onde trabalhadores pouco qualificados conseguiriam fazer um produto final com a mesma qualidade que um especialista sozinho, porém com uma velocidade muito maior. Este sistema baseava-se no conceito de uniformização dos produtos: um trabalhador seguia uma linha de montagem sempre idêntica e auxiliado por máquinas cuja maioria foi projetada pelo próprio Whitney e recorrendo a peças intermutáveis entre elas, diminuiria consideravelmente o tempo de produção. Outro fator determinante nesse sistema era que o operário não precisava ter um grande conhecimento mecânico como no caso da produção artesanal até ali utilizada, bastava aprender a usar as máquinas e seguir o planeamento de produção previamente elaborado.

Mais tarde Frederick Taylor um engenheiro mecânico norte-americano, nascido em Março de 1856 em Filadélfia nos Estados Unidos, desenvolveu e aplicou uma série de conceitos que revolucionaram o sistema produtivo no final do séc. XIX e início do séc. XX, dando assim origem ao Taylorismo (ou Teoria Científica do Trabalho). Esta teoria começou a ser implementada em 1881, nas fábricas de aço Midvale Steel Company e após várias experiências de medição de tempos de execução de tarefas com o objetivo de eliminar ineficiências, introduz um método de produção baseado na produção em série, um método que assentava na subdivisão dos processos produtivos em pequenos segmentos ou tarefas, com o objetivo de eliminar todos os tempos mortos. A aplicação de métodos científicos da ciência à gestão teve como instrumento básico o estudo

exaustivo dos tempos e movimentos que permitiu a racionalização dos métodos de trabalho e a fixação dos tempos padrão para a execução das tarefas. Permitia assim aos trabalhadores produzirem mais com menor esforço nascendo assim a Engenharia Industrial (Smith, et al., 2004).

No virar do século XIX, Frank Gilbreth faz uma abordagem quantitativa aos processos produtivos, com base nos estudos do movimento e análises de produção.

Em 1896, Henry Ford completou o fabrico da sua primeira carruagem sem cavalos, mais tarde designado por automóvel. Em 1908 Ford anunciou a sua intenção de produzir um carro que fosse possível ser adquirido pela grande maioria das pessoas surgindo assim o Ford T. Durante os 19 anos da produção do modelo T foram vendidos cerca de 17 milhões unidades o que representou cerca de metade da produção mundial daquela época. Para este nível de vendas contribuía uma produção de baixo custo, que só era possível obter através de novos conceitos de produção, surgindo assim a linha de montagem. Este novo conceito de produção consistia na realização sequencial de montagem de grupos e subgrupos de equipamentos de um forma constante e com tempos padronizados, sendo possível construir um *chassi* completo em cada 93 minutos. Mas para atingir este nível de eficiência foram necessários mais de 5 anos de estudos de cada uma das operações, efetuando ajustes e eliminando todos os desperdícios de tempo em cada item, aumentando os níveis de qualidade reduzindo assim de 728 minutos em 1908, para 93 minutos na montagem de um *chassi* completo em 1913 (Smith, et al., 2004).

Só foi possível reduzir este tempo devido a uma uniformização de processos, a redução de movimentos desnecessários eliminações de desperdícios, tempos intermédios, redução de stocks e um melhor profissionalismo dos trabalhadores. Todas estas atividades são identificadas e subjacentes ao pensamento Lean.

O sucesso de Ford não passou despercebido a outros fabricantes, que aproveitaram para adaptar e implementar este conceito. O modelo Ford T esteve no mercado 19 anos sem sofrer alterações. Como não existiam estudos da reação dos consumidores e das suas necessidades, para saber quais os produtos que precisam de ser inovados, melhorados e substituídos, esta situação fizeram com que os consumidores se cansassem do modelo entrando este em decadência.

No final da década de 30 um empresário japonês, Sakichi Toyoda, que pretendia alargar os seus negócios à indústria automóvel, envia o seu filho, Kiichiro Toyoda, para estudar

os conceitos de produção que Ford tinha inventado. Como o mercado japonês era diferente do mercado norte-americano, muito mais pequeno, houve necessidade de adaptar o conceito de Ford às necessidades japonesas apostando em criar vários tipos de modelos e em pequenas quantidades em vez da produção massiva de um único modelo (Liker, 2004).

Após a da 2ª Guerra Mundial, a indústria japonesa fora praticamente destruída, sendo obrigada a reorganizar-se em particular a indústria automóvel Japonesa, que para competir nos mercados internacionais teve de melhorar a qualidade e a produtividade das suas fábricas. O maior construtor automóvel japonês o Toyoda Group envia alguns dos seus representantes, em particular o engenheiro Taichi Ohno, para os Estados Unidos para estudar o sistema de produção automóvel americano. Entretanto o grupo muda de nome passando a designar-se por Toyota (1957) e resolve incorporar no seu sistema produtivo alguns conceitos observados na indústria americana mas que teriam que ser adaptados ao mercado japonês que por ser de menor dimensão exigia qualidade, custos reduzidos, menores tempos de fabrico e flexibilidade. Assim Ohno, desenvolveu em conjunto com outros engenheiros entretanto contratados (Shigeo Shingo e Edward Deming), o TPS (*Toyota Production System*). Este sistema tinha como principal objetivo aumentar a eficiência da produção eliminando os desperdícios e introduziu novos conceitos de gestão. Como exemplo, temos Liker (2004), que considerou que os princípios do TPS são 14, dividindo-se em quatro categorias: filosofia (pensamento a longo prazo), processo (eliminação do desperdício na organização), pessoas (sublinhando o respeito mútuo, os desafios e o crescimento mútuo) e resolução de problemas (enfatizando a melhoria contínua e promovendo o conhecimento ao nível organizacional e das pessoas). Alguns desses conceitos eram:

- Kaizen, melhoria contínua, fazer bem à primeira.
- *One piece flow*, sistema de fluxo contínuo de produção.
- JIT (*Just in time*), reduzir os stocks.
- Sistema *pull*, produção puxada pelo cliente, baseada no sistema de abastecimento dos supermercados.
- Kanban, alerta visual através de cartões que indicava quando era necessária a reposição do produto.
- Trabalho normalizado.

- Jidoka – Aposta na formação e treino da pessoas, deixando estas de ser apenas um instrumento de trabalho.

O sistema TPS foi rapidamente adotado para otimizar a produção por várias empresas japonesas nas décadas de 60 e 70, implementando desta forma processos de simplificação de trabalho, materiais e de mão-de-obra mais eficientes quanto possível, fazendo todos os esforços para eliminar os desperdícios (em japonês MUDA), desigualdades ou o que é variável (em japonês MURA), e sobrecarga, excesso ou o que é irracional (em japonês MURI).

Quando o sistema TPS começou a dar indícios de sucesso, a curiosidade ocidental não se fez esperar e o TPS foi ficando cada vez mais conhecido. Este novo sistema de produção foi divulgado para o mundo ocidental através do livro “*The machine that changed the world*” de Womack *et al*, (1990), onde é dado destaque aos métodos de produção japonesa e à sua comparação com os métodos ocidentais de produção em massa. Mais tarde com a publicação do livro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Organisation*” em 1996, também dos mesmos autores, com refere (Melton, 2005) são apresentados os princípios que definem o Lean bem como se introduziu a expressão “*Lean Thinking*” (pensamento Lean).

Estes autores identificam 5 princípios subjacentes ao pensamento Lean:

- Criar valor, tem como objetivo satisfazer todas as partes interessadas;
- Definir a cadeia de valor, refere-se onde se vai intervir e é uma maneira rápida de identificar os desperdícios;
- Otimizar o fluxo, refere-se aos meios a aplicar para um fluxo de produção continua tentando sincronizar todas as atividades envolvidas;
- Implementar o sistema *pull*, deixar a que seja o cliente a desencadear (puxar) os processos. Produzir de acordo com as necessidades do cliente;
- Perfeição, refere-se à procura permanente da melhoria contínua, escutando sempre o cliente;

A Comunidade Lean Thinking (CLT) conforme refere Pinto (2014), sugere a que se considerem 2 novos princípios para o pensamento Lean sendo estes:

- Conhecer todos as partes interessadas (*stakeholders*), ou seja conhecer quem servimos, dando uma perspetiva global da cadeia de valor e centrar as atenções no cliente final;

- Inovar constantemente, refere-se à capacidade de criar novos produtos ou serviços que criem valor para o cliente e assim aumentar a competitividade da organização no mercado.

Com base nestes conceitos, o sistema TPS evolui para o pensamento Lean e começa a popularizar-se a definição Lean.

De acordo com a Comunidade Lean Thinking (CLT), a filosofia Lean é o resultado de se acrescentarem dois novos blocos ao edifício do TPS definido por Liker *et al.*, (2006). Para este autor a integração do TPS no Lean, é apresentado em forma de edifício conforme ilustrado na Figura 2.8, onde se considera que uma casa só é forte e resistente se o telhado, os alicerces e os pilares da mesma forem igualmente fortes.

Ao adicionarmos também a gestão da cadeia de valor e o serviço ao cliente, como princípios da filosofia Lean, está-se a criar valor para todas as partes interessadas (*stakeholders*). Desta forma, o Lean deve centrar-se nas atividades que vão ao encontro da satisfação de todos os *stakeholders*, deixando de ser algo exclusivo da organização passando a ser transversal a todos os sistemas, estendendo os seus conceitos e envolvendo fornecedores e clientes de modo a garantir vantagens competitivas e a sustentabilidade nos mercados atuais (Almeida, 2011).



Figura 2.8 - Integração da “casa” do TPS no edifício Lean, adaptado de Pinto (2014).

2.2.4. Conceito de desperdício

Como pudemos observar umas das características principais do Lean é a preocupação permanente em identificar e posteriormente, eliminar os desperdícios, ou seja qualquer atividade que absorve recursos e que não gera valor acrescentado para o cliente (Melton, 2005). Este desperdício que não acrescenta qualquer valor ao produto ou serviço está refletido no seu custo final.

Como já referido anteriormente o desperdício numa organização pode atingir cerca de 95% do tempo despendido com a execução de atividades que não acrescentam valor. A atuação com o objetivo de eliminar este conjunto de atividades que geram desperdício, representam um enorme potencial de desenvolvimento na melhoria dos processos e a consequente redução de custos. É assim fundamental a identificação dos desperdícios numa organização para se saber concretamente o que de facto pode e deve ser eliminado.

As sete originais fontes de desperdício (ou *Mudas*) identificadas por Taichi Ohno são ilustradas na Figura 2.9.



Figura 2.9 - Os 7 desperdícios do Lean segundo Taichi Ohno

De acordo com Pinto (2008), apresenta-se uma breve descrição de cada um destes desperdícios:

- **Produção em excesso:** Produzir excessivamente ou cedo demais face ao pedido pelo cliente, resultando fluxos irregulares de materiais e informação, ou em excesso de stocks. Tem como consequências principais o consumo desnecessário de matérias-primas, ocupação dos meios de armazenamento e dos meios de transporte;
- **Tempo de espera:** Quando existem longos períodos de paragem de pessoas, equipamentos, materiais e peças e informação, resultando em interrupção dos fluxos, tem como causas principais avarias do equipamento, atrasos nas entregas, burocracia nos processos, pouca autonomia das pessoas, etc. Principal consequência a perda de tempo, que quase sempre significa custo;
- **Transporte:** deslocações excessivas de pessoas, materiais e informação não acrescentado valor e resultando em dispêndio de capital, tempo e energia;
- **Sobre processamento:** Utilização incorreta de equipamento e ferramentas, aplicação de recursos e processos inadequados às funções, aplicação de procedimentos complexos ou incorretos ou sem a informação necessária. Não acrescenta qualquer valor ao serviço ou produto;
- **Inventário:** Armazenamento excessivo de matérias-primas ou produtos finais, falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixo desempenho e mau serviço prestado ao cliente. Ocupação dos meios de armazenamento, equipamentos e mão-de-obra;
- **Movimento:** Refere-se ao movimento excessivo por parte dos operadores devido a uma disposição (*layout*) pouco eficiente de recursos e/ou equipamentos nos locais de trabalho, resultando em mau desempenho, despreocupação por aspetos ergonómicos e pouca atenção às questões associadas ao estudo do trabalho. Revela falta de organização;
- **Defeitos:** Problema de qualidade do produto, ou baixo desempenho na entrega que resulta normalmente em retrabalho ou realizações de operações extra, para correção dos defeitos. Tem uma importante consequência que é o de deixar o cliente insatisfeito.

Apesar destes desperdícios estarem inicialmente mais direcionados para a indústria, os seus conceitos são facilmente aplicáveis aos serviços. A acrescentar aos desperdícios acima identificados por Ohno, é ainda possível identificar mais algumas formas de

desperdício, que segundo Pinto (2008) e Bicheno (2008), se podem traduzir como igualmente importantes nas organizações:

- Talento humano ou seja não aproveitar o potencial das pessoas no que diz respeito ao seu conhecimento, experiência, criatividade e inteligência, gerando desmotivação e passividade.
- Utilização de sistemas inapropriados, através aplicação de tecnologia ou de sistemas de *software* muito sofisticados e com custos elevados, sem ter em conta as reais necessidades da organização, gerando utilizações incorretas ou parciais sendo então um a fonte de desperdício.
- Desperdício de energia, refere-se a fontes de energia como a eletricidade, gás, petróleo, etc. cujo o uso desnecessário, tem não só um custo elevado com implicação direta nos custos operacionais, bem como provoca um significativo impacto ambiental. Atualmente a eficiência energética é uma obrigação legal, por exemplo a nível da gestão de edifícios, pelo que cada vez mais as organizações se preocupam com a eficiência energética contribuindo para a redução dos desperdícios de energia, desenvolvendo práticas de *Lean energy*.
- Desperdício de materiais, ou seja as preocupações que as atividades produtivas têm em reutilizar parte dos materiais que chegam ao fim da sua vida útil e que o fazem não são só uma questão de responsabilidade ambiental mas também por uma questão de lucro. Para que se recuperem parte destas materiais é necessário fazer logo uma abordagem quando da sua conceção e criar meios de recolha, transporte, separação. Os sectores industriais do vidro, plásticos ou automóvel são exemplos da grande quantidade de materiais que são reutilizados, evitando desperdícios e também a aquisição de nova matéria-prima.
- Desperdício do tempo do cliente, ou seja, o tempo em que o cliente se vê obrigado a esperar pelo produto ou serviço que pretende, ou se vê envolvido em burocracias desnecessárias

Estes são alguns dos tipos de desperdícios mais comuns, talvez a ponta do iceberg, que podemos encontrar nas organizações e que com o recurso a ferramentas Lean podem ser detetados. Mas conforme referido por Melton (2005), não interessa só detetar o desperdício, o sintoma, mas fundamentalmente descobrir a sua origem e eliminá-la e prevenir o seu reaparecimento (Song, et al., 2009) .

2.2.5. Conceito de valor

Um dos princípios subjacentes á filosofia Lean é a criação de valor. Apesar de não ser fácil definir este conceito dada as suas múltiplas interpretações, vários autores como Pinto, (2008), Womack, *et al.*, (2003), têm tentando definir valor como sendo tudo aquilo que justifica a atenção, o tempo, o esforço e a necessidade por parte do cliente. Quando este sente que não vale a pena, não vai, não compra, não dedica tempo ou atenção.

Muitas vezes, não é fácil medir o valor dado à presença de componentes não quantificáveis ou intangíveis. Nem sempre valor é o que se leva trocado pelo preço que se paga, pois existem muitos produtos ou serviços gratuitos e que representam valor.

A existência das empresas justifica-se pela sua capacidade de gerar valor e que deve destinar-se à satisfação de todas as pessoas que diretas ou indiretamente são parte interessada dos seus produtos ou serviços (*stakeholders*). Todas elas têm interesses e necessidades e a sua satisfação resulta no valor criado pela organização.

Assim, uma organização deve conhecer com detalhe quem serve para que possa criar valor de uma forma sustentada para os seus *stakeholders*, conforme ilustrado na Figura 2.10, devendo centrar-se nas atividades que vão ao encontro da satisfação destes, procurando eliminar todas as formas de desperdício.



Figura 2.10- As diferentes partes interessadas na criação de valor da organização

2.2.6. Manutenção Lean

O conceito Lean não é sinónimo de produtividade, mas pretende a eliminação de desperdícios do processo produtivo mantendo a qualidade do produto (Smith, et al., 2004). Assim o conceito Lean pode estender-se a outras atividades que não sejam diretamente relacionados com a gestão da produção.

Surge então outro novo conceito, o *Lean Maintenance* (manutenção Lean, ou livre de desperdícios) que pretende através da eliminação de desperdícios, acrescentar valor à gestão da manutenção ou seja, aplicar os conceitos do pensamento Lean à gestão da manutenção. Segundo Smith *et al.*, (2004), o *Lean Maintenance*, deriva da filosofia TPM (*Total Productive Maintenance*). De acordo com Pinto (2013), a manutenção Lean é uma operação proactiva que emprega atividades planeadas de manutenção através das práticas TPM, usando estratégias de manutenção centrada na fiabilidade (*RCM, Reliability Centered Maintenance*) recorrendo a equipas autónomas (pluridisciplinares, da manutenção e produção) através do uso correto de sistemas informáticos de apoio à manutenção.

A TPM é uma filosofia originalmente desenvolvida pelos japoneses da Nipodenso, empresa do grupo Toyota, nas décadas de 60/70, para apoiar o sistema de produção JIT (*just in time*) e que tem como principal objetivo a otimização da fiabilidade e eficácia dos equipamentos industriais com a colaboração de todos os trabalhadores.

O *Japan Institute of Plant Maintenance*, (JIPM) através do seu Vice chairman S. Nakajima, considera que a TPM é uma combinação da manutenção preventiva americana com os conceitos japoneses da TQM (*Total Quality Management*) e com envolvimento total de todos os colaboradores (Ben-Daya, et al., 2009).

De acordo com McCarthy (2004), a aplicação dos princípios do pensamento Lean ao TPM pode alterar padrões de comportamento já estabelecidos, tornando-os mais versáteis, flexíveis e orientados para a criação de valor para o cliente. A TPM promove uma visão proactiva e procura as razões para os desvios face ao planeado. A combinação dos dois conceitos potencia uma nova atitude, desenvolvendo novas capacidades, eliminando obstáculos, proporcionando maior conhecimento, novas possibilidades de trabalho em conjunto, promovendo a participação dos trabalhadores e uma nova forma de trabalho e melhoria contínua.

No entanto a manutenção Lean não pode importar diretamente os princípios e as ferramentas do pensamento Lean, dado que este se encontra mais focalizado para a

produção e dinâmica da gestão de recursos de manutenção e é diferente daquele encontrado num ambiente produtivo. De acordo com Mather (2007), os princípios do JIT (*just in time*) fundamental na produção, por vezes tem que ser modificado na manutenção como *Just In Case*, assumindo stocks com quantidades diferentes das calculadas pelo JIT, dado que a manutenção tem que considerar a probabilidade de falha dos ativos sob a sua gestão. Também o conceito de produção sem desperdício assume diferentes perspetivas, sendo que para a produção significa a entrega do produto ou serviço de acordo com o requerido pelo cliente e para a manutenção, a ausência de desperdícios, significa a garantia da disponibilidade máxima dos equipamentos, com qualidade e ao mais baixo custo de exploração (Pinto, 2013)

A abordagem à manutenção Lean terá de ser diferente. Assim, os sete princípios inicialmente propostos para o Lean management terão de ser adequados à realidade da manutenção. A Tabela 2.1 apresenta os sete princípios do pensamento Lean e a sua aplicação à gestão da manutenção.

Tabela 2.1 - Princípios do Pensamento Lean aplicados à Manutenção Lean, adaptado de Pinto (2013)

| Princípios do Pensamento Lean | Aplicação à Manutenção Lean |
|-------------------------------|--|
| Conhecer o cliente | Conhecer quem é o cliente da Manutenção. O Departamento de Produção/Operações, o cliente externo e a generalidade dos colaboradores. |
| Definir valor | Que valor espera o cliente receber da manutenção? O objetivos de todos. Colaboração, zero avarias, zero acidentes, zero paragens, redução de tempos não-produtivos, redução de custos e maior eficiência das operações. |
| Analisar a cadeia de valor | Quais as etapas envolvidas na criação do valor que a manutenção entrega aos seus clientes? Definir o campo de intervenção e identificar a cadeia (sequência) de valor e o que realmente contribui com valor ou com desperdícios. |
| Otimizar os fluxos | Procurar otimizar fluxos de informação, de materiais/peças e de pessoas de forma a acelerar os processos de criação de valor. |
| Aplicar o sistema <i>pull</i> | Este princípio pode ser aplicado a várias áreas da empresa: gestão de materiais, gestão de fornecedores e na melhoria da comunicação e relacionamento da função manutenção com as demais funções da empresa. |
| Procurar a perfeição | Incutir nos colaboradores de manutenção a constante necessidade de melhoria contínua. |
| Constante inovação | Apostar e identificar novas oportunidades de melhoria de processos, produtos, equipamentos e serviços, colaborando com outras funções na empresa na procura de processos e bens inovadores. |

Com a manutenção Lean, pretende-se assegurar que os sistemas e os equipamentos atinjam uma elevada disponibilidade com o mínimo custo possível, pelo que é necessário determinar a melhor atuação, eliminando acidentes, falhas, defeitos, paragens e custos, através de uma gestão proactiva (Gonçalves, 2014). O ideal para a manutenção é que

esta seja planeada para atuações preventivas, eliminando ao máximo as atuações não planeadas de manutenção corretiva, transformando a manutenção numa atividade que gera valor e contribuindo para a estabilidade do processo produtivo.

Segundo Dhillon (2002) a melhoria contínua do programa de gestão da manutenção exige uma atitude proactiva e um envolvimento, desde o início, da parte de todos os intervenientes na organização, devendo ter o compromisso da gestão de topo para ser implementada com êxito. Na Figura 2.11 estão ilustrados os 9 passos sequenciais que devem ser considerados na sua implementação.

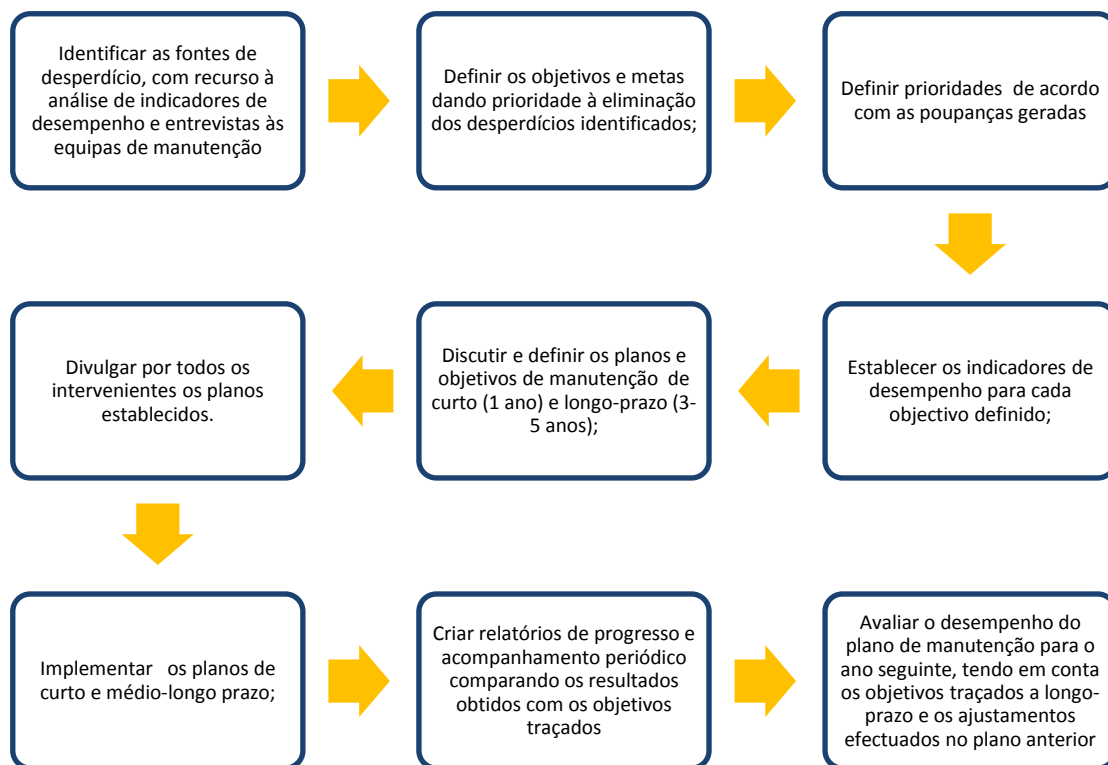


Figura 2.11 - Melhoria contínua na gestão da manutenção

A adaptação da filosofia Lean à gestão da manutenção não é, normalmente, um processo fácil nem rápido e pode ser um grande desafio para qualquer organização.

Para implementar uma manutenção Lean e vencer as sempre presentes resistências à mudança é necessário que todos conheçam melhor as necessidades dos clientes, saibam mais sobre manutenção e fiabilidade dos equipamentos e assim estejam mais identificados para a criação de valor para a organização. Dai ser fundamental o recurso

a um sistema de comunicação rápido e eficaz que permita o registo e a partilha do conhecimento, que é normalmente efetuado com o recurso a um *software* de gestão da manutenção GMAC (Gestão da Manutenção Assistida por Computador) ou CMMS (*Computerized Maintenance Management System*).

Segundo Pinto (2013), a adoção de uma manutenção Lean numa empresa pode contribuir para que estas se tornem:

- Mais competitivas, pois o crescente aumento dos custos (materiais, energia, recursos humanos e serviços) podem ser reduzidos se forem adotadas práticas de redução eliminação de desperdícios e a conseqüente melhoria dos processos;
- Respondam melhor à exigente regulamentação ambiental, através da procura de uma eficiência energética;
- Promovam uma abordagem integrada e colaborativa evitando o isolamento de funções, pois é necessário pensar na empresa como um todo e promover uma efetiva sintonia com cada uma das funções;
- Mais organizadas, através de uma maior coordenação e consistência de projetos transversais na empresa, projetos de melhoria contínua, de redução de custos ou ainda de criação de valor para todas as partes interessadas;
- Mais evoluídas, com o recurso a equipamentos e sistemas cada vez mais especializados e automatizados, com grande presença de sistemas informáticos;
- Mais atrativas, devido ao maior envolvimento e motivação das pessoas (a começar pelos que estão associados à manutenção);
- Tenham alternativas a modelos de gestão de manutenção como o TPM ou RCM que não produziram a esperada redução de custos e criação de valor.

2.2.7. Ferramentas Lean

A implementação da filosofia Lean nas organizações é realizada através da adoção de um conjunto de técnicas e ferramentas, genericamente designadas de ferramentas Lean (*Lean tools*). O desenvolvimento destas ferramentas remonta à década de 50 e tem como base ferramentas que surgiram noutras filosofias de gestão, mas que foram adaptadas e melhoradas para o pensamento Lean.

Como já referido a filosofia Lean é bastante abrangente e não se resume a aplicações isoladas de ferramentas que até podem apresentar numa fase inicial resultados rápidos e visíveis, mas isso não significa que os métodos utilizados estejam enraizados na cultura da organização.

A escolha adequada das ferramentas é fundamental para uma implementação de forma sustentável e permanente da filosofia Lean. Um dos aspetos que importa considerar na seleção das ferramentas é a distinção entre produto e serviço, dado que existem ferramentas com algumas características que se adequam mais a um ou outro (Davies, et al., 2010).

As principais diferenças entre produto e serviço, referidas por Almeida (2011), é que um produto é tangível, existe fisicamente e poder ser tocado, modificado, armazenado e transportado. Por outro lado, um serviço é algo intangível que embora exista não é físico, não pode ser tocado e não é transportado ou armazenado, inviabilizando por exemplo a aplicação de um conjunto de ferramentas que dizem respeito à gestão de stocks (JIT) e que estão base de uma parte do pensamento Lean.

A Tabela 2.2 ilustra algumas ferramentas Lean propostas por vários autores, sendo destacadas as propostas por Smith, et al., (2004) e Pinto (2013), como as mais recomendáveis para aplicação na manutenção e identificadas na tabela como "RM" (Recomendadas na Manutenção).

A lista de ferramentas apresentada é bastante extensa pelo que não se pretende na presente dissertação descrevê-las todas em detalhe, sendo apresentado um resumo das ferramentas mais comuns com aplicabilidade na manutenção.

Tabela 2.2 - Ferramentas Lean mais comuns

| Ferramenta / Metodologia | Aplicação Preferencial | | Autores | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------|----------|---------------|----------------|--------------------|----------------|--------------|------------------------|
| | Indústria | Serviços | Womack (2003) | Bicheno (2005) | Gianni Ruri (2007) | Moreira (2008) | Pinto (2013) | Smith & Hawkins (2004) |
| VSM (value stream map) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | RM |
| MVSM (maintenance value stream map) | | ● | | | | | RM | RM |
| Swimlanes | | ● | | | | | ● | |
| 5S | ● | ● | ● | ● | | ● | RM | RM |
| Uniformização do trabalho | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | RM |
| Manutenção produtiva total (TPM) | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| Kaizen | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| Poka-Yoke | ● | ● | ● | ● | ● | ● | RM | RM |
| Heijunka (nivelamento da produção) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| Kanban | ● | | ● | | ● | | ● | RM |
| Arranjo celular | ● | ● | ● | | ● | ● | ● | |
| Takt Time | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| SMED | ● | ● | ● | | | | ● | |
| Ishikawa | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| 5W (5 porquês) | ● | ● | | | | | ● | |
| 5W2H | ● | ● | ● | | | | ● | |
| FMEA(Análise Modal de Falha) | ● | ● | | | | ● | ● | |
| FMEA (Análise Crítica Modal de Falha) | ● | ● | | | | ● | ● | |
| OPL (one point lesson) | | ● | | | | | ● | |
| Desdobramento QFD | ● | ● | | | | | ● | |
| PDCA | ● | ● | ● | | | | ● | |
| Método científico | ● | ● | | | | | ● | |
| Gestão Visual | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | |
| Análise da cadeia de valor | ● | ● | ● | | | | ● | |
| 3Mudas | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| Hoshin Kanri | ● | ● | | | | | ● | |
| RIE (Rapid Improvement events) | | ● | | | | | ● | |
| TOPS 8D | ● | ● | | | | ● | ● | |
| Fluxo contínuo | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| Pull | ● | ● | ● | ● | | ● | RM | RM |
| 6 Sigma | ● | ● | ● | | | | ● | |
| Just in time (JIT) | ● | ● | ● | ● | | | ● | RM |
| Relatório A3 | ● | ● | ● | ● | | | ● | |
| Diagrama causa-efeito | ● | ● | | ● | | | RM | |
| Matriz de competências | ● | ● | | | | | RM | |
| SIPOC | | ● | | ● | | | RM | |
| Voz do cliente (VOC) | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| Gráfico Radar | | ● | | ● | | | ● | |

2.2.7.1. 5 S's

A metodologia dos 5S's foi desenvolvida no Japão nos anos de 1950 por Kaoru Ishikawa, baseando-se em cinco fases com designações cujas iniciais são a letra S (do japonês).

Trata-se de uma ferramenta associada à gestão visual e refere-se a um conjunto de práticas de simples aplicação, que procuram a redução do desperdício e a melhoria do desempenho das pessoas e dos processos tendo por base organização e limpeza do espaço de trabalho.

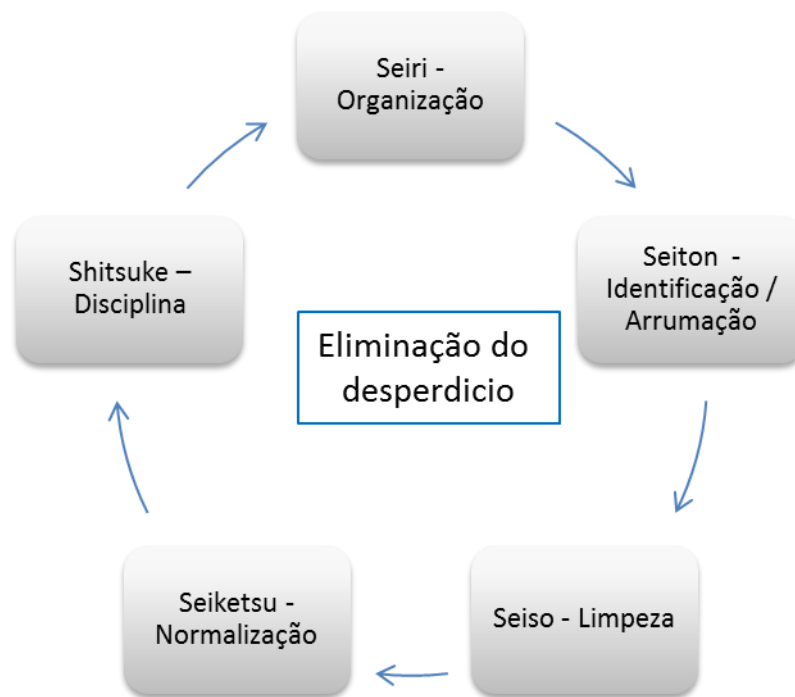


Figura 2.12 - Os 5S's, adaptado de Liker, (2004)

A designação de 5 “S” deve-se ao conjunto de 5 palavras japonesas “seri – seiton – seiso – seiketsu - shitsuki” cujo significado è:

- Seiri (Organização), pretende a identificação de todos os elementos existentes na área de trabalho (papéis, ferramentas, máquinas), verificando a sua importância para a realização do trabalho, de tal modo que, os que são mais utilizados, devem ser aqueles que estão mais próximas do posto de trabalho. O objetivo é realizar-se o mínimo de deslocamentos possíveis no local de trabalho.

Os principais benefícios para a organização são: uma utilização racional do espaço, a eliminação do excesso das ferramentas, armários e documentos de validade limitada, a diminuição do tempo da procura das ferramentas e dos documentos e a diminuição do custo com o stock e espaços. Portanto, o procedimento consiste em separar o útil do inútil, eliminar o desnecessário, classificar e separar os objetos e dados necessários dos inúteis (Cunha, 2012).

- Seiton (Identificação / arrumação), deve-se definir um local adequado tendo em conta a sua utilização e também a segurança e a ergonomia para cada objeto e proceder à sua identificação (ajuda visual). O objetivo é que cada objeto tenha um lugar próprio.

Os principais benefícios são: a melhoria dos fluxos de pessoas e de materiais, um maior controlo do espaço de trabalho, a facilidade de se encontrar o material que necessita, evitar comprar material sem ser necessário, não haver desperdício de material, economizar o máximo tempo possível e a aplicação de uma nomenclaturas e codificação (Cunha, 2012).

- Seiso (Limpeza), pretende-se que cada pessoa seja responsável pela limpeza do posto de trabalho, dos equipamentos depois utilizados bem como da área envolvente. Deve estar definida uma norma de limpeza para essa zona do posto de trabalho, bem como, o material de limpeza e os locais de recolha de lixo e resíduos devem estar devidamente identificado e bem visíveis para todos. Ao realizar-se a limpeza devem-se limpar todas as áreas, assim como identificar as causas da sujidade. O objetivo da Limpeza é manter o ambiente de trabalho limpo e agradável. Os principais benefícios são: um ambiente limpo e agradável que contribua para uma melhor imagem do local de trabalho, a preservação dos equipamentos, a eliminação, sempre que possível, das causas da sujidade e dos desperdícios. Sobretudo, deve-se obter um ambiente de trabalho agradável e limpo, o que resultará numa maior qualidade de trabalho, de saúde, ambiente e de segurança (Cunha, 2012).

- Seiketsu (Normalização) pretende definir uma norma geral de organização, arrumação e limpeza para o posto de trabalho (os anteriores S's),. Estas normas assentes em procedimentos, identificações e etiquetas, devem ser documentadas e informadas a todos os colaboradores para que tenham conhecimento das mesmas, as pratiquem e respeitem.

Os principais benefícios são: Criar um ambiente de trabalho que respeite a saúde, a higiene e a segurança. Normalizar e difundir a forma de agir no local de trabalho, a eliminação das condições inseguras no trabalho (evitar acidentes), uma melhor segurança e desempenho pessoal, a obediência às regras da segurança no trabalho, a utilização de roupas limpas e o aumento do nível de satisfação/ motivação dos colaboradores para o trabalho (Cunha, 2012).

- Shitsuke (Disciplina), pretende implementar a prática dos princípios de organização, sistematização e limpeza; eliminar a variabilidade, estabelecer procedimentos de controlo visual e procurar fazer sempre bem à primeira. Os colaboradores devem agir de uma forma autónoma verificando se tudo está a ser feito como definido,

demonstrando o seu total envolvimento. A implementação desta ferramenta requer tempo, acompanhamento e persistência.

Os principais benefícios da Disciplina é que todos cumpram e transformem os princípios simples dos 5 S's numa ferramenta que permita melhorar o ambiente de trabalho, eliminar desperdícios, reduzir custos, melhorar a qualidade dos produtos ou serviços, desenvolver do trabalho de equipa, melhorar condições de higiene e segurança e criar uma maior motivação dos colaboradores.

2.2.7.2. Mapeamento de Fluxo de Valor na Manutenção (MVSM)

O Mapeamento de Fluxo de Valor ou VSM (*Value Stream Mapping*) é uma ferramenta que pretende através de um conjunto de ícones padronizados, representar um conjunto de fluxos de material, informação e de pessoas, ao longo de toda a cadeia de valor. Foi desenvolvida por Rother, et al. (1999) e é normalmente considerada como fundamental para apoiar a implementação de uma gestão Lean em processos de produção, para avaliar o estado da organização e numa fase inicial ajudar a identificar o desperdício e as suas causas (Forno, et al., 2014). Segundo Pinto (2013), por cadeia de valor entende-se como o conjunto de todas atividades que desenvolvem desde da obtenção do pedido até à entrega do serviço ao cliente final. Assim o gestor terá uma visão global e uma melhor perceção do fluxo de valor de toda a organização em vez dos processos individualmente. Esta visualização também permite verificar a relação entre os processos e entre os fluxos de informação e de material (Tapping , et al., 2003). No Anexo II estão representados os principais símbolos gráficos utilizados nos mapas do VSM e do MVSM.

O mapeamento da cadeia de valor da manutenção ou MVSM (*Maintenance Value Stream Mapping*) é uma adaptação do VSM dado que as ferramentas deste não correspondem diretamente às necessidades da manutenção pois trata-se de um serviço não regular, específico, distinto portanto de um processo de produção em série.

Na implementação desta ferramenta é efetuado o mapeamento físico do estado atual e projetado a ideia do estado que se pretende alcançar ou estado futuro.

Sendo esta uma ferramenta que analisa os tempos consumidos nas várias etapas dos processos (*lead time*) foi necessário adaptar este conceito para a manutenção, ou seja, o tempo total de imobilização será o tempo em que o equipamento deixa de desempenhar

a sua função até o momento de entrar em operação novamente, designando-se este tempo por *Mean Maintenance Lead Time* (MMLT).

Então o *lead time* da manutenção (MMLT) pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$MMLT = MTTO + MTTR + MTTY \quad (2.1)$$

Onde:

MTTO = *Mean Time To Organize* (tempo médio até ao início da reparação)

MTTR = *Mean Time to Repair* (tempo médio de reparação)

MTTY = *Mean Time To Yield* (tempo médio para o equipamento entrar em operação)

Assim, a redução do tempo total de imobilização depende de outros tempos além daquele que fundamental (aquele tempo gasto pela equipa de manutenção para resolver o problema), sendo que muitas vezes basta analisar e intervir no tempo de espera para atingir o objetivo de redução do tempo total (Kannan, et al., 2007).

Segundo Rother *et al.* (1999), o MVSM é uma ferramenta de “papel e lápis” de modo a facilitar as anotações e modificações necessárias e a sua implementação deve obedecer a um conjunto de etapas, conforme ilustrado na Figura 2.13.



Figura 2.13 - Esquema de implementação do MVSM, adaptado de Rother, *et al.* (1999)

2.2.7.3. SIPOC

O SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers*) é uma ferramenta de análise, que se apresenta como um diagrama ou Tabela e é normalmente utilizado na fase inicial de implementação do Lean. Esta ferramenta é muito utilizada para que se consiga compreender facilmente as várias relações, responsabilidades e necessidades em cada etapa do processo, permitindo um diagnóstico preciso antes de uma eventual intervenção. É utilizada a nível das atividades macro de um processo, existindo outras ferramentas do mesmo tipo para uma análise de um processo com mais detalhe como os fluxogramas ou *swimlanes* (Charron, et al., 2014). Pode também ser usada como ferramenta de reavaliação ao progresso do trabalho que tem sido realizado.

Esta ferramenta consiste num conjunto de etapas e onde estão bem identificados, os fornecedores (*suppliers*) do processo e que podem ser internos ou externos, os elementos de entrada (*inputs*) necessárias para cada etapa, a descrição detalhada do processo (*process*) identificando os vários procedimentos, as saídas (*outputs*) pretendidas do processo e quem são os clientes (internos e externos).

Pinto (2013), sugere a seguinte sequência para o preenchimento do SIPOC:

- 1- Identificar os clientes conhecidos (*customers*);
- 2- Identificar as saídas do processo (*outputs*);
- 3- Identificar entradas para o processo (*inputs*);
- 4- Identificar as principais atividades do processo (*process*);
- 5- Identificar os fornecedores (*suppliers*);

O SIPOC é composto por cinco colunas correspondentes a cada uma das etapas do processo que são representadas conforme ilustrado na Figura 2.14.

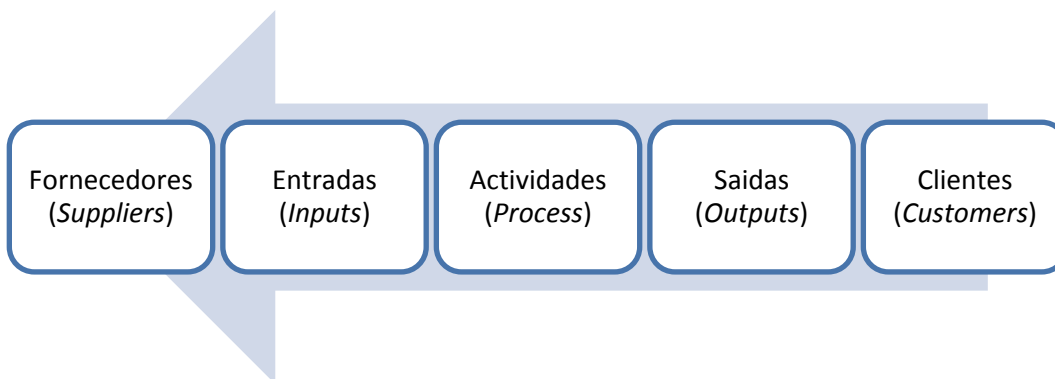


Figura 2.14 – Sequência do diagrama SIPOC

2.2.7.4. Voz do cliente

A voz do cliente (VOC - *Voice of the customer*) é uma ferramenta que tem como objetivo escutar qual a opinião e as reais necessidades do cliente final. Contrariando a prática de que o que importava era a opinião imposta pela empresa ou hierarquia e que condicionava o mercado, atualmente essa visão está a ser substituída pela opinião do cliente. É fundamental conhecer e entender quem são os clientes, ou seja, quem é a pessoa ou organização que usufrui de um produto ou serviço resultante de um determinado conjunto de atividades. Pode ser um cliente interno como a área complementar de um certo processo da organização ou cliente externo sobre o qual em última análise está a decisão da aquisição de um produto ou serviço.

Escutar o cliente e verificar quais as suas expectativas e otimizar o desempenho de um serviço ou garantir a qualidade do produto, é uma forma de evitar a incorporação de características ou funcionalidades nos produtos ou serviços que aumentam o preço desnecessariamente sem acrescentar qualquer valor para os clientes finais, evitando assim que os clientes paguem esse custo adicional (Almeida, 2011).

Um dos princípios Lean é a orientação para as necessidades do cliente e o que não satisfaz o cliente deve ser visto como defeito.

Esta ferramenta recorre à utilização de várias técnicas para recolha do VOC, como sejam, os questionários de satisfação de clientes, análise das reclamações recebidas, visitas e reuniões, de modo a avaliar qual a qualidade percebida pelo cliente de produto ou serviço.

2.2.7.5. Gestão visual

A gestão visual também referida como controlo visual é um processo bastante utilizado na implementação do Lean, pois permite apoiar o aumento da eficácia e da eficiência dos processos tornando-os mais visíveis, lógicos e simples. Vários estudos referem que é através da visão que recebemos a maior quantidade de informação (entre 75% e 80%) pelo que, através do uso de sinais visuais que sejam adequados à área ou posto de trabalho, a informação será melhor compreendida, mais simples e melhor assimilada pelos colaboradores.

A gestão visual serve para simplificar os processos, sem estar dependente de sistemas informáticos complexos e procedimentos formais, facilitando a comunicação e partilha de informação necessária aos processos de tomada de decisão (Pinto, 2013).

Segundo Melo, *et al.*(2013), os principais objetivos da gestão visual são:

- Oferecer informações acessíveis e simples, capazes de facilitar o trabalho diário,
- Aumentar a partilha de informações ao maior número de pessoas possíveis;
- Reforçar a autonomia dos colaboradores incentivando a participação de todos;
- Melhorar a cultura da empresa tornando-a mais transparente com a exposição da condição dos equipamentos;
- Organizar e identificar o local de trabalho e objetos;
- Promover o processo de melhoria contínua.

Na manutenção em particular a gestão visual é uma das soluções mais simples e económicas de implementar sendo aplicada em várias áreas como o planeamento, armazéns, oficinas e na gestão da manutenção. O recurso a painéis, quadros, marcas no chão ou paredes, semáforos ou luzes, roupa ou fardas diferentes, são exemplos de sinais visuais que pretendem transmitir uma melhor comunicação e informação organizada, o que se irá traduzir numa melhoria significativa do desempenho e forma de combater o desperdício e a subjetividade. Um exemplo prático desta ferramenta é o sistema de atribuição pulseiras coloridas (em função da gravidade da doença) durante o rastreio aos doentes que recorrem às urgências hospitalares de modo a assegurar, que o doente é atendido num prazo de tempo que não ponha em risco a sua situação clínica

A gestão visual deve obedecer a princípios de simplicidade e rapidez de assimilação para que as pessoas recebam só a informação necessária e objetiva mas deve ter em atenção para não se cair no exagero e afixar informação a mais, desnecessária ou desatualizada.

A gestão visual assume particular relevo na implementação de outras ferramentas Lean, como os 5S's anteriormente referidos.

2.2.7.6. Uniformização do trabalho

A normalização, padronização ou uniformização de processos e trabalho (*Standard work*) é uma ferramenta bastante eficiente para organizar pessoas, materiais e

equipamentos. Tem como objetivo documentar e normalizar as várias tarefas ao longo da cadeia de valor, reduzindo a subjetividade e variabilidade no processo, permitindo assim a diminuição de erros ou falhas, eliminação de excessos ou insuficiências, contribuindo para a eliminação de desperdícios e para a melhoria contínua do processo. A uniformização do trabalho pode ser definido como um conjunto de procedimentos de trabalho, que procuram estabelecer os melhores métodos e sequências para cada processo e para cada trabalhador. Como referido por Pinto (2013), o ciclo PDCA evolui através da aplicação da uniformização transformando o P (*plan*) em S (*standardize*), passando a designar-se por SDCA (*standardize, do, check, act*), permitindo assim um novo passo na melhoria contínua do desempenho dos processos.

Também a aplicação de normas é fundamental para uma adequada uniformização do trabalho. Para Bicheno (2008) as normas são a base para a qualidade e melhoria contínua, apresentando várias vantagens:

- Facilitam a comunicação e partilha de informação através da definição de conceitos e termos na manutenção;
- A uniformização dos indicadores de manutenção permite a sua análise comparativa (*benchmarking*);
- Na elaboração de contractos de manutenção definindo deveres e responsabilidades entre as partes;
- Na uniformização da documentação técnica, facilitando sua interpretação, análise e melhoria;
- Na gestão de peças e materiais de manutenção com uma adequada normalização e codificação evitando excessos de stocks;

A uniformização é o ponto de partida para valorizar o processo e procurar oportunidades de melhoria, as quais surgem de uma análise constante e com a colaboração dos intervenientes, pelo que assim, se definem os procedimentos e os métodos que correspondem à melhor forma conhecida de se realizar determinada tarefa ou atividade. Todos os intervenientes terão acesso à informação (procedimentos) e irão desempenhar da mesma forma as tarefas ou atividades do processo, eliminando desvios ou incertezas, o que terá como consequência um aumento da qualidade, da produtividade e a segurança no posto de trabalho.

A metodologia de implementação desta ferramenta considera os seguintes passos:

1. Selecionar as atividades ou tarefas do processo que serão objeto de observação e os objetivos pretendidos;
2. Estudar o trabalho (efetuar medições de tempos onde aplicável);
3. Avaliar a desenvolver uma sequência otimizada das tarefas ou atividades do processo;
4. Definir os procedimentos normalizados;
5. Documentar e formar todos os intervenientes, de acordo a norma criada.

No caso da prestação de serviços, devido a um maior contacto com o cliente e a imprevisibilidade de situações, é mais difícil a uniformização através de procedimentos escritos exaustivos, recorrendo-se muitas das vezes a atuações padronizadas através de elaboração e cumprimento de *check-lists* com questões ou tarefas uniformizadas.

2.2.7.7. Níveis de Serviço, Subcontratação em Manutenção

Hoje em dia muitas organizações recorrem à subcontratação total ou parcial dos serviços de gestão e execução da manutenção das suas instalações.

A subcontratação em manutenção pontual ou continuada, pode ser entendida como a transferência através de um contrato com uma entidade externa designada de fornecedor ou prestador de serviços, a responsabilidade pelo fornecimento, total ou parcial, das atividades relacionadas com o programa de manutenção de uma empresa.

A subcontratação em manutenção tem por objetivo minimizar para a organização, os custos globais desta atividade de maneira a adequar uma correta distribuição dos recursos para execução dos trabalhos de manutenção, otimizando e dimensionando os meios próprios e garantindo a realização dos trabalhos que requerem tecnologias ou logísticas muito específicas, fruto da instalação de equipamentos cada vez mais complexos.

A generalização desta prática levou a sua normalização através da NP EN 13269 (IPQ, 2007) que fornece as orientações para a elaboração de contractos de manutenção ou acordo de serviços de manutenção. É no âmbito desse contrato de manutenção, que o subcontratado assume a responsabilidade da prestação de um serviço em determinadas condições (âmbito, localização, preços, prazos, nível de assistência, etc.) perante a entidade adjudicatária. Conforme referido por Cabral (2013), a contratualização destes serviços obedecem a um conjunto de princípios jurídicos comuns a qualquer contrato e

requer um conhecimento profundo sobre o âmbito e as condições dos serviços de forma a garantir uma relação clara entre o adjudicatário e o prestador de serviços.

Um dos componentes mais importantes de definir no âmbito contratual são os níveis de serviços ou SLA (*Service Level Agreement*) ou seja, o tempo de resposta ou período de tempo máximo para resolução da ocorrência (avaria, pedido de solicitação de intervenção, etc.).

Dada a importância que este componente pode assumir na execução do contrato de prestação de serviços de manutenção e apesar de ser um termo já bastante difundido e utilizado, é fundamental que o SLA esteja bem definido para as partes envolvidas (Chanter, et al., 2007). A definição clara de quais as garantias e responsabilidades em relação aos serviços contratados e a forma como estes níveis de serviço serão medidos, reportados e melhorados continuamente de modo a que o contrato possa ser efetivamente cumprido, é fundamental para que não existam conflitos que poderão ter como consequência nos casos mais graves uma rescisão contratual.

Para caracterizar os níveis de serviços adequados a um determinado conjunto de serviços, podemos seguir o método simples também utilizado no Lean (os “5 W”), que consiste em responder a algumas questões (o quê, quando, quanto e como) sobre o que pretendemos. Através da resposta a estas questões poderemos encontrar um SLA que seja eficaz, simples e realista. Na Tabela 2.3 encontram-se algumas considerações a ter em conta na definição de um SLA.

Tabela 2.3 - Questões para definir um SLA

| | |
|----------|---|
| O quê ? | Quais os serviços que devem ter associados um SLA. Identificar as exclusões onde o SLA não é aplicável. |
| Quando ? | Quando é que o serviço deve ser fornecido? Nível de disponibilidade do serviço (%), horário da disponibilidade do serviço: horário normal, 24x5, 24x7, etc. |
| Quanto ? | Refere-se aos requisitos de capacidade, qual quantidade e com que desempenho o serviço será realizado. Deve-se considerar um nº máximo de ocorrências em simultâneo (por ex. ot's), qual a taxa de resposta, modos de revisão, como actuar em casos excepcionais. |
| Como ? | Deve ficar claro quais são as responsabilidades e deveres das partes. Por exemplo tempos de resposta máximos. Como analisar os SLA's, com que periodicidade e como serão medidos e analisados? Que tipo de informação é requerida. |

A definição do SLA não deve ser descurada e deve ser avaliada e discutida dentro da organização, de forma a evitar exigências muitas vezes irrealistas ou desadequadas que terão como consequência um aumento desnecessário dos preços contratualizados, evitando assim desperdício de recursos financeiros.

2.2.7.8. 5 Porquês (5 Whys)

A ferramenta os 5 porquês ou 5 *Whys*, é utilizada para pesquisar as origens e causas das falhas detetadas (avarias ou acidentes) de uma forma simples e sem a necessidade recorrer a uma investigação detalhada e dispendiosa. Pretende-se assim não apenas reparar ou resolver uma determinada situação, mas investigar para encontrar as origens do problema, para que depois sejam adotadas as medidas corretivas que eliminem definitivamente o problema. Como o próprio nome indica, procura encontrar a relação causa-efeito que esteve na origem do problema ou avaria e consiste na realização de um conjunto de cinco questões (porquês), ou um outro número de questões até que os resultados nos satisfaçam e que permitam descobrir a causa da ocorrência dos problemas.

A primeira questão que deve ser colocada e mais genérica é relativa ao problema detetado e define o objetivo a atingir, “porque é que ocorreu o problema?”.

Quando obtivermos a resposta para a primeira questão, esta deverá ser o segundo porquê e assim sucessivamente considerando sempre questões cada vez mais objetivas, até que na última questão é descoberta a raiz do problema que muitas das vezes estava dissimulado escondido por outras causas.

Esta ferramenta tem normalmente um aspeto de uma tabela, conforme exemplo representado na Tabela 2.4, ou através de diagrama em forma de árvore (por vezes designado por árvore dos porquês) onde as questões se vão encadeando. Pretende ser uma solução simples, de fácil implementação para a resolução dos problemas e promovendo a melhoria contínua nas organizações.

Tabela 2.4 - Exemplo de aplicação dos 5W's

| Passo | Porquê | Respostas | Evidência | Solução |
|-------|---|---|---|--|
| 1 | Porque é que o carro parou ? | Porque ficou sem gasolina na autoestrada | O carro parou na autoestrada | |
| 2 | Porquê ficou sem gasolina ? | Porque não abasteci o carro hoje de manhã | O indicador no carro mostra que o tanque está vazio | Contactar um reboque para levar gasolina |
| 3 | Porque é que não abasteceste hoje de manhã ? | Porque vinha atrasado e esqueci-me da carteira | Não tinha a carteira | Sair com mais tempo para evitar esquecimentos |
| 4 | Porque é que é que vinhas atrasado ? | Porque ando ando sair tarde do trabalho e a dormir pouco | Anda a dormir cerca de 5 horas | Sair mais cedo e dormir cerca de 8 horas |
| 5 | Porque é que é que andas a sair tarde do trabalho ? | Porque estou a fazer também o trabalho de um colega de férias | O colega foi de férias e fiquei com trabalho dele | Reorganizar o trabalho de forma a evitar sobrecargas |

2.2.7.9. Mapa de processos

Trata-se de uma das ferramentas clássicas da qualidade e tem como objetivo a rerepresentação gráfica de um processo em análise, descrevendo a sequência das várias atividades que estão relacionadas entre si ou seja o fluxo da informação, das pessoas, ou materiais. Recorre a uma simbologia uniformizada o que torna esta ferramenta de uso universal e simples de aplicar. Muitas vezes é utilizada juntamente com outras ferramentas como por exemplo com o SIPOC.

2.2.7.10. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) também designado por “Ciclo da Melhoria” é uma ferramenta simples que tem como objetivo implementar melhorias nos processos ou produtos.

O PDCA foi criado por Walter Shewart e foi introduzido por W. Edward Deming no Japão no ano de 1950 integrado no TPM e tem como principais objetivos tornar mais claros e ágeis os processos, através de uma aplicação simples e pode ser adaptado a qualquer organização.

O ciclo PDCA é um método de controlo de processos sendo composto por 4 fases:

1. Planear (*Plan*) – Trata-se do primeiro passo onde deve ser estabelecido um plano com objetivos definidos, que pode ser por exemplo, após surgir uma ocorrência, a necessidade de propor as medidas corretivas para evitar o seu reaparecimento.

Devem definir-se as melhorias a implementar e determinar os métodos para alcançar essas melhorias;

2. Fazer (Do) – consiste na execução rigorosa plano previamente definido testando a solução proposta para a resolução do problema inicial. Recorre a formação, treino e execução do trabalho planeado na fase anterior;
3. Verificar (Check) – É a análise ou verificação dos resultados alcançados e recolha de dados, corrigindo anomalias ou falhas. Permite a verificação da eficácia do trabalho executado;
4. Agir (Act) – Agir ou atuar no processo em causa, em função dos resultados obtidos e analisar e reduzir os desvios.

De acordo com Alsyouf (2011), esta metodologia de melhoria contínua preconizada pelo ciclo PDCA, que considera um planeamento, a realização das ações, a análise constante e a respetiva verificação de resultados, conforme ilustrado na Figura 2.15, representa um conjunto de atividades que suportam e validam a implementação de outras ferramentas Lean.

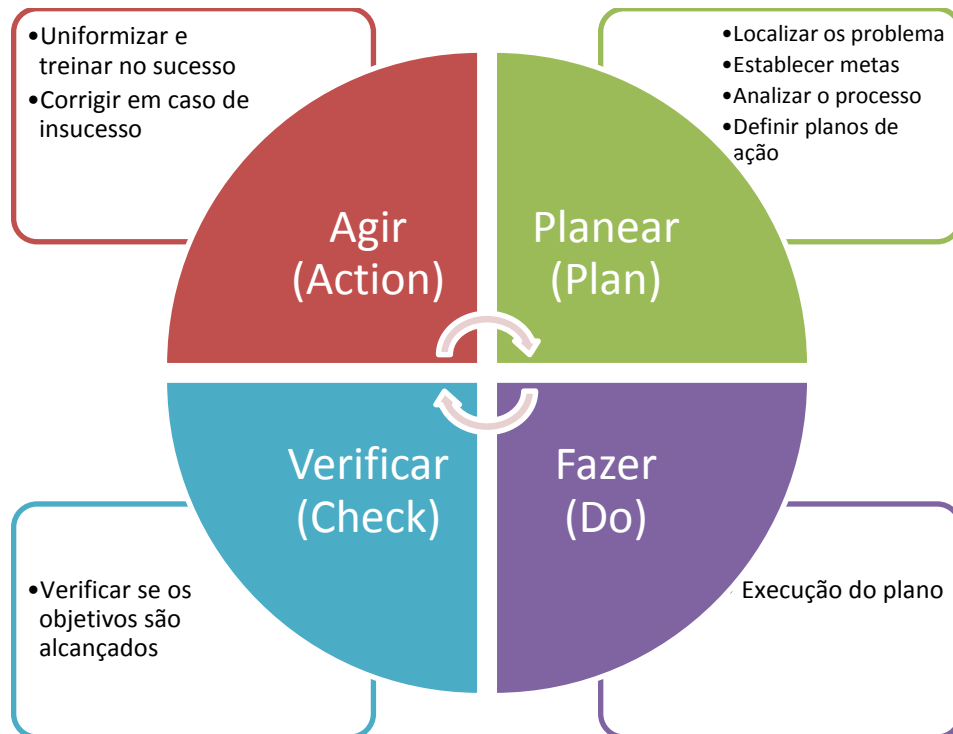


Figura 2.15 - O ciclo da melhoria contínua PDCA

Capítulo 3 – Gestão Lean na manutenção de edifícios.

3.1. O Lean aplicado aos serviços de manutenção de edifícios

Com a atual conjuntura socioeconómica global, eliminar desperdícios e criar valor, deixam de ser os princípios de base apenas do *Lean Management* e passam a ser necessidades de todos: empresas, indivíduos, sociedade e ambiente.

Para a implementação de uma cultura Lean é fundamental que as organizações definam com detalhe todo o processo de prestação dos seus serviços, em particular no que diz respeito a funções, responsabilidades, fornecedores e clientes. Estes últimos, na medida em que representam o ponto central da cultura Lean, devem ser identificados e compreendidos pelas organizações, devendo estas, ao longo do decorrer dos processos, fazer uma gestão contínua do desempenho.

De acordo com Gonçalves (2014), a manutenção Lean de instalações em edifícios deve orientar os seus objetivos e realizar as suas atividades para a criação de valor, observando os processos, o planeamento e controlo das operações de manutenção, bem como outras atividades que podem realmente contribuir com valor ou com diminuição de desperdícios, melhorar a qualidade, conforto e imagem dos serviços prestados pelo edifício.

Na escolha e implementação de ferramentas Lean, importa fazer uma correta distinção entre serviços e produção ou produto, identificar as características específicas de cada um deles, de maneira a selecionar as ferramentas mais corretas e adequadas.

Em termos de operação e melhorias as empresas de serviços estão muito atrás face às de produção (Hanna, 2007). Nem todas as ideias provenientes das experiências da produção Lean podem ser transpostas para a sala de um escritório.

Em suma os princípios da manutenção Lean desenvolvidos no seio da indústria têm aplicabilidade nas atividades da manutenção de edifícios, embora existam algumas condicionantes na sua aplicação que podem inviabilizar a aplicação do Lean na íntegra, nomeadamente com algumas características específicas.

3.2. Manutenção de edifícios

3.2.1. Resenha histórica

Segundo Calejo (2001), as referências mais antigas relacionadas com a necessidade de “tomar conta” dos edifícios para que eles mantenham o seu desempenho, vêm do antigo Egipto através dos relatos de Sir Flinders Petrie, egiptólogo do início do século XX, que escavou a pirâmide de Kahun e a cidade que lhe era anexa que remonta ao tempo do Antigo Egipto, (1895 AC). Dos estudos obtidos da escavação desta cidade foi possível identificar um conjunto de “artífices” cuja ocupação profissional era o de procederem à reparação de edifícios e templos, e que lidaram então com problemas de infiltração de humidade havendo, segundo a mesma fonte, descrição de utilizarem folhas de palma e gorduras animais para resolverem os problemas.

Já no tempo do Império Romano através de Marcus Vitruvius Pollio um Engenheiro/Arquitecto/Construtor que no seu tratado de 10 volumes intitulado “*De architectura libri decem*”, além de detalhadamente se referir à construção em geral aborda de como se devem manter e cuidar dos edifícios atuais. Num dos seus livros aparecia já uma frase “um edificio deve ter comodidade, durabilidade e beleza” (Calejo, 2001), o que evidencia já uma preocupação quanto à necessidade de manter o edifício em atividade e em boas condições ao longo do tempo.

Ao longo dos séculos foram existindo diversas preocupações usualmente através da publicação de leis ou decretos, que impunham fiscalização e regras de manutenção e limpeza dos edifícios, essencialmente de edifícios históricos ou considerados como património (Tavares, 2009).

Mais um exemplo referido por Calejo (2001), na sequência do grande incêndio que consumiu três quartos de Londres (1666), o documento “*Building Act of London*” (1667), além de instituir as regras de construção estabelece também a obrigação de conservação para os utentes, salientando-se as seguintes referências:

“ Os vazadouros devem permanecer limpos pelo menos quando visitados pelo fiscal”;

“ Os rebocos exteriores devem ser repostos se caírem e antes da passagem de um Inverno”.

As referências mais antigas relativas à gestão e manutenção de edifícios enquanto atividade remontam à década de 60 e só nos anos 80 assumem um carácter mais geral,

para conhecerem só praticamente no final dos anos 90, uma primeira tentativa de instituição e autonomia (Calejo, 2001).

Adaptando a definição de manutenção ao caso específico dos edifícios, temos então que a manutenção será a combinação de todas as ações técnicas e administrativas de forma a que o edifício e seus elementos desempenhem, durante a sua vida útil, as funções para as quais foram concebidos (ISO-15586-1, 2011).

Importa também distinguir a designação de manutenção da de reabilitação, sendo que esta última pressupõe reequacionar o desempenho de um edifício (ou das suas soluções construtivas) definindo intervenções destinadas a incrementar o seu desempenho funcional, sendo normalmente da responsabilidade do projetista (Rodrigues, 2008).

A manutenção tem um sentido mais vasto, pois designa um conjunto de intervenções técnicas que tem como objetivos a proteção e defesa do nível de qualidade, do equipamento e do serviço, procurando atuar preventivamente e proactivamente na deteção e origem de falhas (Tavares, 2009).

3.2.2. Tipos de edifícios

Na atual sociedade é quase impossível não interagir diariamente com vários tipos de edifícios e os equipamentos que neles se encontram instalados. Com o crescente aumento demográfico e a constituição de grandes metrópoles passou a ser uma necessidade social a presença de vários tipos de edifícios na proximidade das populações. Atualmente, os edifícios tendem a ter cada vez mais maiores dimensões e são assentes quase sempre na verticalidade, albergando equipamentos complexos que servem um número cada vez maior de utilizadores distintos. A Tabela 3.1 descreve a tipologia dos edifícios de acordo com a utilização.

Os edifícios são cada vez mais dotados de um conjunto de sistemas e equipamentos complexos que devem funcionar sempre que necessário e proporcionar condições de conforto e segurança aos seus utilizadores.

Tabela 3.1 - Principais tipos de edifícios de acordo com a sua utilização (adaptado do DL n.º 220/2008)

| Tipo de Edifício | Utilização |
|-----------------------------------|---|
| Habitacionais | Edifícios destinados a habitação unifamiliar ou multifamiliar, incluindo os espaços comuns. |
| Estacionamento | Edifícios destinados exclusivamente à recolha de veículos e seus reboques, fora da via pública, ou recintos delimitados ao ar livre, para o mesmo fim. |
| Administrativos | Edifícios onde se desenvolvem actividades administrativas, de atendimento ao público ou de serviços. |
| Escolares | Edifícios que recebem público, onde se ministrem acções de educação, ensino e formação ou exerçam actividades lúdicas ou educativas para crianças e jovens. |
| Hospitalares | Edifícios que recebem público, destinados à execução de acções de diagnóstico ou à prestação de cuidados na área da saúde, com ou sem internamento. |
| Espectáculos e recintos públicos | Edifícios, recintos itinerantes ou provisórios e ao ar livre que recebam público, destinados a espectáculos, reuniões, exibição de meios audiovisuais, bailes, jogos, conferências, culto religioso e exposições. |
| Hoteleiros e de restauração | Edifícios ou partes de edifícios, recebendo público, fornecendo alojamento temporário ou exercendo actividades de restauração e bebidas, em regime de ocupação exclusiva ou não. |
| Comerciais e gares de transportes | Edifícios que recebem público, estabelecimentos comerciais onde se exponham e vendam produtos, ou ocupados por gares de transporte rodoviário, ferroviário, marítimo, fluvial ou aéreo. |
| Desportivos e de lazer | Edifícios, partes de edifícios e recintos, recebendo ou não público, destinados a actividades desportivas e de lazer. |
| Museus e galerias de arte | Edifícios que recebem ou não público, destinados à exibição de peças do património histórico e cultural ou a actividades de exibição, demonstração e divulgação de carácter científico, cultural ou técnico. |
| Bibliotecas e arquivos | Edifícios recebendo ou não público, destinados a arquivo documental, podendo disponibilizar os documentos para consulta ou visualização no próprio local ou não. |
| Industriais, oficinas e armazéns | Edifícios, partes de edifícios ou recintos ao ar livre, não recebendo habitualmente público, destinados ao exercício de actividades industriais ou ao armazenamento |

Além do assegurar das condições ótimas de funcionamento, existe um grande número de normas e legislação que é necessário respeitar e evidenciar, nomeadamente no que diz respeito à segurança, qualidade e conforto, ambiente e eficiência energética. Na Figura 3.1 são apresentados alguns exemplos dos principais sistemas e equipamento existentes em edifícios.

| Rede de Fluídos : | Comunicação | Segurança | Arquitectura e estrutura |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Água fria | Telefones | Incêndio | Estrutura |
| Água quente e vapor | Dados | Video Vigilância | Fachada |
| Águas pluviais | TV /Videos e rádio | Alarmes | Paredes |
| Esgotos | Sistemas de som | Iluminação de emergência | Coberturas |
| Gás | Sinalização | Sonorização de Segurança | Revestimentos |
| Ar comprimido | Audiovisuais | | Interiores |
| Incêndios | | | |
| Redes Elétricas | Mecânicas | Climatização | Equipamentos |
| Distribuição de energia | Elevadores | Ar condicionado | Relativos às instalações |
| Produção de energia | Monta-cargas | Ventilação/exaustão | Uso específico |
| Iluminação | Escadas rolantes | Tratamento de ar | Mobiliário |
| Protecção | Portões e portas automáticas | Camâras frigoríficas | Cozinhas e refeitórios |
| | | Aquecimento | Lavandarias |
| | | Humidificação | Ferramentas de manutenção |

Figura 3.1 - Instalações e equipamentos em edifícios, adaptado de Gonçalves (2014).

Como se pode observar a diversidade e complexidade de equipamentos é elevada e qualquer equipamento ou sistema está sujeito a desgaste e avarias, fruto de sua

utilização ou causas furtivas, por isso requerem que sejam efetuadas uma série de ações que se destinam a repor os níveis de operacionalidade. Tal facto veio exigir uma maior diversidade de especialidades de manutenção, bem como, uma responsabilidade acrescida no que diz respeito à integração da dimensão técnica com a dimensão económica.

Rodrigues (2008), refere algumas das principais características de um edifício em serviço:

- Tem grande impacto social e económico;
- Necessita de recursos económicos durante todo o seu ciclo de vida;
- Mesmo novo, nem sempre apresenta as qualidades necessárias, consequência de uma deficiente qualidade na construção;
- Envelhece fruto de vários condicionamentos até devido à degradação natural dos vários componentes;
- Está sujeito a "acidentes" devido à intensa e por vezes desorganização dos seus utilizadores;
- Nem sempre é intuitiva a sua utilização, nem existe normalmente um manual de utilização ou operação;
- A aparente robustez esconde algumas debilidades;
- Tem necessidades técnicas e regulamentares para garantir o desempenho.

Assim, a função manutenção de edifícios tem como objetivo contrariar não só a tendência natural de degradação consequência de vários fatores, como sejam, a deterioração devido ao envelhecimento dos seus elementos construtivos, utilização intensiva e não organizada por parte dos seus utilizadores e como também adiar a insolvência económica devido aos elevados custos associados à sua manutenção e exploração.

3.2.3. Edifícios de serviços

Neste trabalho serão abordados diversos aspetos sobre a manutenção de edifícios, em particular aplicados aos edifícios de serviços. Embora em todo o tipo de edifícios independentemente da sua utilização a atividade de manutenção é de grande importância, no caso de edifícios administrativos ou de serviços, locais de trabalho por

excelência, esta atividade é geradora de custos elevados que se devem essencialmente à sua exaustiva e elevada densidade ocupacional (Mauricio, 2011).

Os edifícios de serviços ganharam especial destaque a partir do século XX, contribuindo e dominando a imagem da paisagem urbana das cidades mais modernas pela sua grandeza e imponência, expressando muitas vezes grandiosidade, prosperidade e poder (Liu, 2010).

A sua especificidade, tanto no processo de construção como durante a fase de exploração, requer um projeto e conceção particulares.

Por serem locais fundamentalmente de trabalho, a sua funcionalidade e harmonia são duas das principais características que devem estar presentes por serem elementos importantes na produtividade dos seus utilizadores, tendo a capacidade de afetar tanto positiva como negativamente e, conseqüentemente, afetar a produtividade da organização.

De maneira a garantir esta produtividade não esquecendo também a preocupações ambientais, de segurança e de eficiência energética, é cada vez mais frequente recorrer a soluções arquitetónicas e de *design* complexos para projetar este tipo de espaço fornecendo flexibilidade, funcionalidade e arrumação garantindo igualmente que se torna o espaço prático, harmonioso e aprazível aos utilizadores (Mauricio, 2011).

Aquando da elaboração do projeto de um edifício de serviços deve-se ter em conta as necessidades para uma adequada utilização, sendo consideradas as seguintes necessidades funcionais (Conway, 2010):

- Funcionalidade e Operacionalidade: conhecimento das necessidades e efetuar uma adequada gestão do espaço, considerando sempre a possível necessidade de expansão e prevendo necessidades futuras;
- Flexibilidade: o espaço de escritório deve possuir características de durabilidade e adaptabilidade de acordo com as transformações da organização, de modo a permitir alterações das estações de trabalho e o fundamental apoio tecnológico;
- Conforto e Segurança: a saúde, segurança e conforto dos utilizadores deve ser uma das principais preocupações para a organização. Por esta razão, o espaço deve ser projetado para fornecer todo o conforto, ergonomia e segurança necessária ao bem-estar dos utilizadores. Devem ser periodicamente efetuadas monitorizações e avaliações destas condições;

- **Sustentabilidade:** devido à sua dimensão e intensa utilização a eficiência energética de um edifício é fundamental não só por causas de proteção ambiental, como é um meio de reduzir custos à organização. O recurso a iluminação natural bem como a implementação de uma adequada política de eficiência energética, a nível dos utilizadores e equipamentos (de iluminação e térmicos) devem ser considerados em todos os espaços possíveis do edifício

Atualmente cada vez mais os edifícios fazem parte da estratégia de afirmação de uma determinada organização.

3.2.4. Gestão de edifícios

Como já referido, hoje um edifício é composto por equipamentos e sistemas com características e complexidade técnica elevada, com exigências de segurança, de conforto e qualidade e o cumprimento de um conjunto de normas e requisitos legais, que obrigam a uma gestão técnica esclarecida e bastante abrangente.

Compete assim à gestão de edifícios gerir um conjunto de atividades e procedimentos relacionadas com operações diárias dos sistemas prediais, administração dos serviços e planeamento estratégico, com o objetivo de melhorar a qualidade da operação do edifício (Tavares, 2009).

Dado ser uma área tão abrangente, nos edifícios de grande dimensão a sua gestão é subdividida em três domínios de atividades principais, conforme ilustrado na Figura 3.2, de modo a facilitar a compreensão dos diversos objetivos e metas a alcançar em cada uma delas.

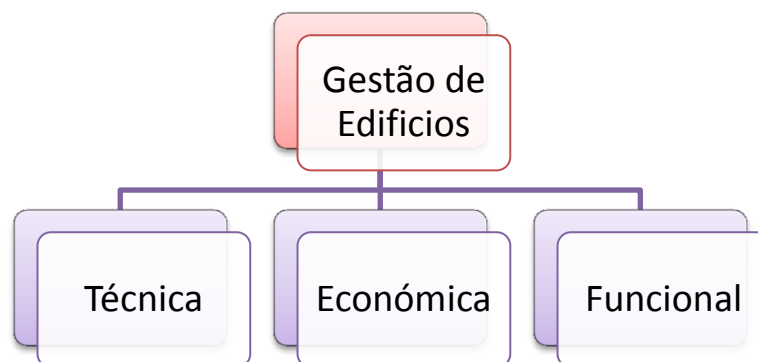


Figura 3.2 - Principais atividades da Gestão de Edifícios

Compete principalmente à gestão técnica desenvolver um conjunto de ações de prevenção, de intervenção e correção naquilo a que, genericamente se designa de ações de manutenção, sendo por isso muitas vezes a atividade de gestão técnica de edifícios designada por gestão da manutenção. Este tipo de manutenção fica a cargo do responsável da manutenção do edifício, assim como da gestão técnica do mesmo. Além das ações de manutenção estão consideradas outras ações técnicas, como sejam, a limpeza e higiene, a gestão das emergências com origem técnica e acidental, o ajuste funcional dos sistemas técnicos e a sua interação com os utilizadores e também o cumprimento de normas e regulamentos legais a que o edifício está sujeito.

Como é possível concluir, compete ao gestor técnico ou gestor da manutenção assumir a responsabilidade e integrar um conjunto bastante abrangente de atividades técnicas fundamentais para o bom desempenho de um edifício de serviços.

3.2.5. Gestão da manutenção de edifícios

Até há pouco tempo um edifício tinha exigências de manutenção relativamente modestas mas o contexto atual é diferente pois as instalações são cada vez mais complexas e com novas responsabilidades.

Assim, a função manutenção de edifícios tem como objetivo contrariar não só a tendência natural de degradação consequência de vários fatores, como sejam, a deterioração devido ao envelhecimento dos seus elementos construtivos, utilização intensiva e não organizada por parte dos seus utilizadores e como também adiar a insolvência económica devido aos elevados custos associados à sua manutenção e exploração (Au-Yong, et al., 2014).

No entanto, a implementação de uma gestão moderna requer que os gestores se deixem e se focar apenas na eficácia técnica mas que considerem também os fatores que contribuem para uma gestão eficiente dos recursos disponíveis. Assim, caberá à manutenção a combinação de todas as ações técnicas e administrativas para que o edifício e seus elementos desempenhem, durante a sua vida útil, as funções para as quais foram concebidos (ISO-15586-1, 2011). Para além da manutenção dos vários equipamentos e sistemas, a norma BS 8210 (BSI, 1986) define a manutenção de edifícios como sendo todo o trabalho que não seja o da limpeza diária, que é necessário para manter o adequado desempenho do edifício e as suas infraestruturas.

Cabe ainda à manutenção proporcionar condições de conforto e segurança aos seus utilizadores, bem como, o cumprimento de um grande número de normas e legislação, não descurando a gestão eficiente gestão dos recursos (Cabral, 2013).

A Tabela 3.2 descreve as principais funções associadas à manutenção de edifícios, organizadas de acordo com as suas principais responsabilidades, ou seja, a gestão técnica dos vários tipos de equipamentos instalados, o dar cumprimento a todas as obrigações regulamentares decorrentes dos Decreto-Lei n.º 78/2006 e n.º 79/2006 e ainda gerir e organizar a atividade de manutenção.

Tabela 3.2 - Principais funções associadas à manutenção de edifícios

| |
|---|
| <p>Funções operacionais</p> <p>Garantir a disponibilidade de um conjunto variado de equipamentos: Distribuição de energia, redes de fluidos, esgotos, aquecimento, ar condicionado, ventilação, elevadores, infraestruturas civis, sistemas de segurança (deteção e combate a incêndios, videovigilância, saídas de emergência, etc.), alimentação de emergência. Ter em conta as particularidades de alguns equipamentos específicos como sejam cantinas, laboratórios, bares, posto médico. Assegurar a limpeza e gestão ambiental.</p> |
| <p>Funções regulamentares</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumprimento dos requisitos de conforto ambiental e de qualidade do ar interior (QAI); • Monitorização de consumos e assegurar a eficiência energética; • Análise e tratamento de água; • Realizar auditorias energéticas e de QAI periódicas de acordo com a tipologia do edifício; • Assegurar a manutenção de alguns equipamentos específicos (AVAC, Elevadores, etc.) por técnicos qualificados e credenciados. |
| <p>Funções de gestão e planeamento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de planos, procedimentos e rotinas de manutenção, operação dos equipamentos e das instalações do edifício; • Gestão de obras; • Gerir da documentação do edifício e respetivos equipamentos; • Gerir recursos materiais e humanos; • Analisar as informações de desempenho recolhidas por inspeções e/ou avarias; • Adequar os planos de manutenção preventiva de acordo com as taxas de ocupação do edifício e disponibilidade de mão-de-obra; • Assegurar uma resposta rápida e eficiente no caso de avaria (manutenção corretiva); • Gerir os contractos dos prestadores de serviços externos; • Elaboração do orçamento de manutenção e garantir racionalização e controlo dos custos. |

Conforme refere Cardoso (2012), um sistema eficaz de manutenção contribui para a diminuição da degradação de um edifício e para o aumento da sua vida útil.

A atividade de manutenção em edifícios tem um impacto direto na qualidade do serviço prestado pelo mesmo, nas condições de segurança, de uso e conforto por parte dos seus utilizadores (Raposo, 2012).

Como já referido, tal como na manutenção tradicional, também na manutenção de edifícios se pode considerar que o papel da manutenção atual não deve estar assente na capacidade de corrigir anomalias (manutenção corretiva), mas sim em agir de forma preventiva ou pró-ativa de maneira a detetar e evitar que a falha ocorra ou tentar detetar possíveis falhas ocultas, que não estão perceptíveis para a equipa de operação, garantindo a máxima eficiência e eficácia de todos os equipamentos e sistemas que compõe um edifício (Au-Yong, et al., 2014).

Neste sentido e conforme referido por Gonçalves (2014), podem ser estendidos e adaptados à manutenção de edifícios, os conceitos da Manutenção Produtiva Total (TPM - *Total Productive Maintenance*) que têm por base os conceitos gerais de uma gestão Lean. A implementação destas metodologias poderá contribuir para a eliminação de desperdícios e assim procurar uma melhoria da eficácia das instalações e equipamentos dos edifícios, envolver a gestão de topo e todas as partes interessadas, no contínuo melhoramento da qualidade do serviço prestado ao cliente, nunca descurando uma racionalização dos custos, pretendendo-se assim alcançar a excelência.

3.2.6. Custos da manutenção

Num sistema de gestão de manutenção o custo é o elemento que quantifica financeiramente a utilização de um recurso ou a inaptidão para explorar rentavelmente um objeto de manutenção (Cabral, 2013). Com a necessidade de uma gestão rigorosa dos recursos disponíveis cabe aos gestores da manutenção um controlo rigoroso dos custos da atividade de manutenção bem como elaborar orçamentos fiáveis e consistentes, tendo em conta que o termo custo nesta atividade é bastante abrangente e depende de vários fatores.

Na norma NP EN 15341 (IPQ, 2009) estão referidos genericamente um conjunto de fatores diretos que contribuem para o custo total da manutenção e que se distribuem genericamente em:

- Custos dos recursos humanos;
- Custos com equipamentos e materiais;

- Custos dos serviços internos ou externos.

Estes fatores são normalmente quantificáveis e administrativos (o custo está associado a um documento contabilístico), mas no caso da manutenção de edifícios devem também ser controlados e analisados os consumos excessivos e as ineficiências das várias fontes de energia, os recursos humanos mobilizados para os trabalhos, os preços dos serviços e peças de armazém, os custos de inoperacionalidade, isto é proceder à eliminação de qualquer fonte de desperdício. Segundo Cabral (2013), recorrendo à analogia de um iceberg, apenas 20% dos custos correspondem à parte visível sendo por isso identificáveis, enquanto cerca de 80% dos custos estão na parte submersa sendo portanto invisíveis e com tal difícil de identificar. Muitos destes custos não dependem diretamente da manutenção nem são diretamente quantificáveis, sendo por isso considerados indiretos, mas podem ser influenciados pela manutenção no sentido de os controlar e se possível evitá-los. Cabe à manutenção enquanto atividade que se interliga com as outras atividades da organização, ser sensível em relação a todos os custos da organização, contribuindo assim para uma melhoria global e reconhecimento pela organização enquanto atividade com uma contribuição positiva e não continuar a ser vista apenas como um encargo financeiro e uma atividade consumidora de recursos. Dependendo das opções estratégicas da organização e os níveis de custos estabelecidos para a manutenção é possível identificar o nível de manutenção pretendido, tendo em conta que mais manutenção não corresponde diretamente a uma melhor manutenção. A Figura 3.3 evidencia a relação existente entre o tipo de manutenção e o seu custo inerente.

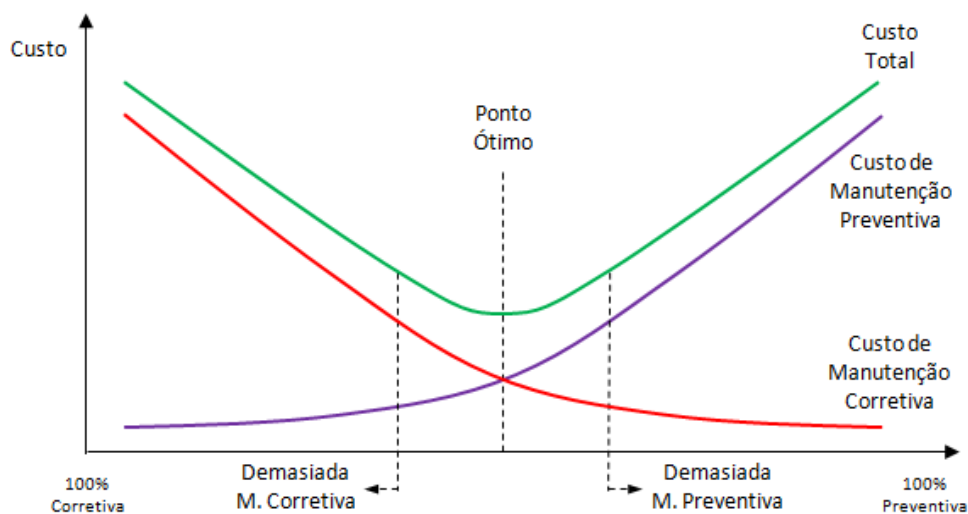


Figura 3.3 - Tipo de manutenção e o seu custo (Gonçalves, 2014)

O gestor da manutenção deve implementar um sistema de análise através de uma seleção correta de indicadores de desempenho, normalmente organizados em quadros de bordo e que lhe permita ter um conhecimento sustentado sobre os custos da manutenção, sendo este conjunto de indicadores uma das ferramentas mais eficazes na análise e controlo dos custos da manutenção de maneira a que estes se mantenham no intervalo ótimo.

A manutenção de edifícios torna-se assim uma atividade decisiva na gestão do edifício durante o seu ciclo de vida e a política de manutenção adotada com a alocação de recursos (humanos materiais e financeiros) definidos pela organização tem um impacto direto nos seus custos. Em diversos estudos citados por Raposo (2012), é referido que:

- Uma implementação da manutenção preventiva é responsável por reduções nos consumos energéticos de 5% a 11%;
- Na manutenção reativa cerca de 20% das peças são desperdício;
- Os trabalhos de manutenção reativa custam cerca de 3 a 4 vezes mais que os trabalhos planeados;
- Equipamentos com uma boa manutenção duram mais 30 a 40% do que um equipamento com manutenção deficiente.

As boas condições de utilização dos edifícios contribuem também para bom desempenho das instalações, infraestruturas e equipamentos, que se irão refletir ao longo da sua “vida útil” na preservação da sua integridade e durabilidade.

Se considerarmos um ciclo de vida do edifício em termos médios para um edifício de serviços de média ou grande dimensão teremos (Raposo, 2012):

- 1 a 2 anos são utilizados na conceção e projeto;
- 2 a 3 anos são utilizados na sua construção;
- 20 ou mais anos são dedicados à fase de operação, exploração e manutenção do edifício;

Vários estudos realizados, para diferentes tipos de edifícios, indicam que os custos anuais envolvidos na operação e manutenção dos edifícios variam entre 1% e 2% do seu custo inicial (NBR-5674, 1999). Este valor é aparentemente pequeno, mas considerando o seu valor acumulado ao longo da vida útil do edifício, verifica-se que estes poderão ser iguais ou superiores ao custo de construção.

Para um edifício com uma vida útil expectável de 50 anos, as despesas relacionadas com as fases de projeto e de construção representam cerca de 20 a 25% dos custos totais, enquanto que a fase de exploração e de manutenção constitui cerca de 75 a 80% desses mesmos custos (Tavares, 2009).

É preciso não esquecer a importância da manutenção na durabilidade dos edifícios pois ao longo da sua vida útil estes encontram-se sujeitos a variados agentes de deterioração que afetam o seu desempenho. Cabe assim à manutenção a realização de um conjunto de atividades essencialmente de carácter preventivo nos vários sistemas e equipamentos do edifício, com o objetivo de repor parcialmente o seu desempenho inicial, dado que existe sempre uma perda residual devido à deterioração do edifício. Assim se chega ao conceito de vida útil, considerando-se esta como sendo o período de tempo após o fim da construção, em que os edifícios ou os seus componentes ultrapassem os níveis de desempenho funcionais mínimos, até à sua eliminação (ISO-15586-1, 2011).

Na Figura 3.4 é possível observar as várias fases durante a vida útil do edifício e o papel desempenhado pela manutenção na garantia do nível de desempenho para o qual o edifício foi projetado, sendo que se forem realizadas intervenções que incrementem o nível requerido já se considera como sendo uma atividade de reabilitação.

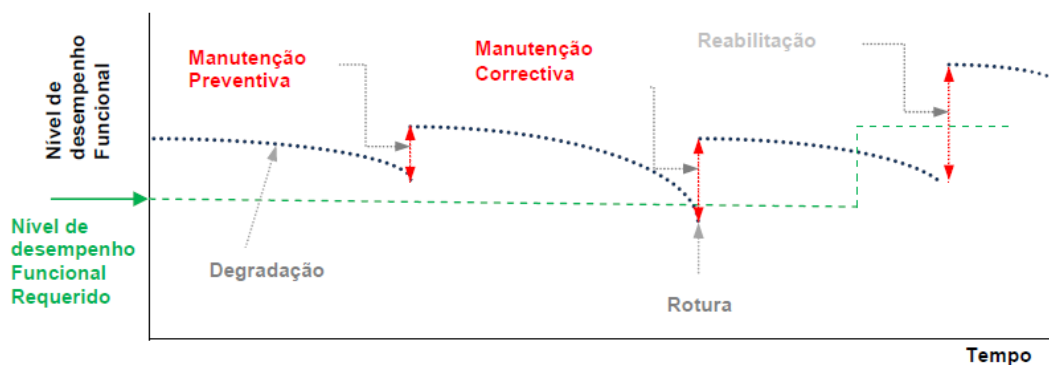


Figura 3.4 - Ação da manutenção no ciclo de vida de um edifício, (Machado, 2013)

Diversos fatores influenciam a degradação do edifício e que podem surgir em diversas fases da vida com influência direta na sua vida útil (Raposo, 2012). Na Figura 3.5 estão indicadas algumas das causas que estão na origem da degradação dos edifícios.

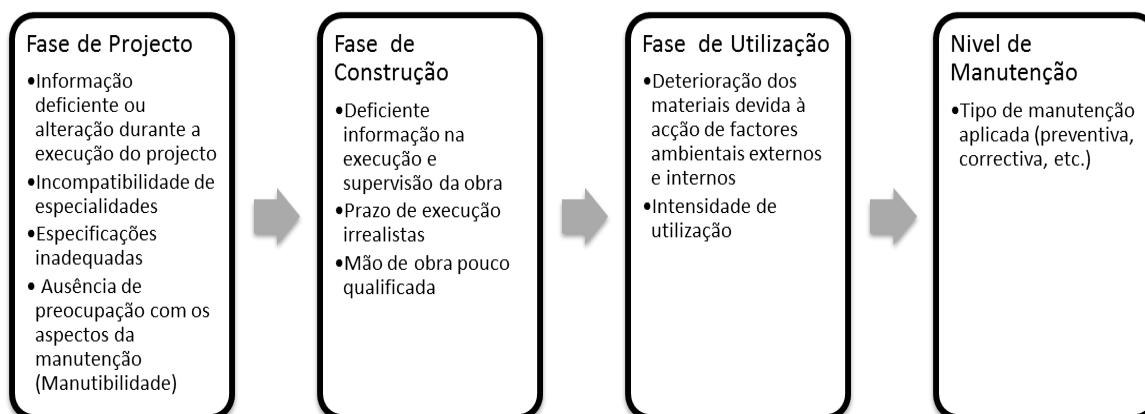


Figura 3.5 - Fatores com influência na degradação de um edifício

3.2.7. Sistemas de informação na manutenção de edifícios

Uma gestão eficiente da manutenção de edifícios tem que gerir um conjunto considerável de informação bastante diversificada, bem como, uma variedade de recursos, entre os quais se incluem as pessoas, os edifícios, as instalações técnicas, os equipamentos, requisitos legais, etc.

Sendo a gestão e o controlo da informação um dos aspetos de crescente importância das sociedades modernas, a atividade de manutenção não pode dispensar o uso dos meios mais adequados para a sua recolha, armazenamento, processamento, análise, comunicação e distribuição, minimizando assim o esforço requerido por tais preocupações (Falorca, et al., 2011).

À manutenção não é requerido apenas a recolha sistemática, a monitorização e a análise dos dados, mas também a tomada de decisões estratégicas em relação ao nível de manutenção necessária, melhorando substancialmente a capacidade dos gestores em cumprir os objetivos da manutenção.

Por isso, o recurso a um sistema informático para a organização e gestão da manutenção de edifícios é um fator imprescindível, sendo hoje, ferramentas indiscutíveis para apoio à gestão da manutenção.

A utilização de computadores e o desenvolvimento de ferramentas informáticas como auxiliares da gestão da manutenção, remonta à década de 80, onde muitas organizações utilizavam *software* desenvolvido para sistemas de computadores de grande porte que geriam grandes bases de dados que continham informação relativa às avarias,

reparações e atividades da manutenção. Foi nessa altura que surgiram os primeiros Sistemas de Informação para Gestão da Manutenção (*Maintenance Management Information Systems - MMIS*), que não eram mais do que extensos bancos de dados que facilitavam o seu rápido processamento e tratamento num formato que aceitava perguntas instantâneas e específicas (Falorca, et al., 2011).

Um *software* de gestão da manutenção é hoje cada vez mais uma ferramenta comum cuja utilização se tem vindo a expandir nas organizações que pretendem ver a sua gestão da manutenção otimizada, nomeadamente em edifícios, onde se evidenciam vantagens significativas. Costuma designar-se pelas siglas abreviadas de GMAC (Gestão da Manutenção Assistida por Computador) ou CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) ou ainda EAM (*Enterprise Asset Management System*).

Segundo Gonçalves (2014), a implementação de sistemas informáticos na gestão da manutenção em edifícios poderá ter um impacto relevante na melhoria dos resultados da gestão, produtividade, eficiência e certificação da organização.

Uma ferramenta de GMAC deve centrar-se sobre a problemática da manutenção e na resolução dos problemas associados, sendo o poder analítico e capacidade de armazenamento as principais características. Tratam-se de sistemas complexos que devem segundo Cabral (2013), dispor dos seguintes módulos:

- Materiais – Codificação e normalização dos materiais de manutenção, não só os de armazém mas também todos os que sejam necessárias para a manutenção. Criação de uma base de dados com facilidade de consulta e capacidade de correlação com os equipamentos onde estão instalados.
- Equipamentos /Objetos de manutenção – Codificação e organização em fichas de características técnicas. Criação de plano de manutenção preventiva. Correlação com materiais intermutáveis.
- Gestão dos Trabalhos – Planeamento e gestão de OT's (Ordens de Trabalho) consoante a necessidade planeadas ou não. Registo de ocorrência de falhas e constituição de histórico. Criação automática de uma OT com base nos planos de manutenção e emissão de cronogramas. Capacidade de fazer a gestão de *stocks*. Emissão de relatórios de atividades, tempos e recursos.
- Análise – Calculo de indicadores de desempenho (KPI's) definidos de acordo com as necessidades e que permitam avaliar o desempenho da manutenção,

Segundo Smith *et al.*, (2004), de uma análise efetuada a cerca de 600 departamentos de manutenção, seis funções chave devem estar consideradas numa GMAC, sendo estas:

- Gestão de ordens de trabalho;
- Planeamento;
- Calendarização;
- Orçamento/ gestão dos custos;
- Gestão de peças de reserva;
- Indicadores de desempenho (KPI's).

Um *software* de GMAC oferece ao gestor de manutenção a possibilidade de fazer o seu trabalho de forma mais eficaz salientando-se algumas potencialidades:

- Melhor afetação de recursos, por exemplo, determinar que ativos necessitam de manutenção, organizando toda a logística desde das rotas das visitas até à seleção dos armazéns que contêm as peças/elementos de reposição que eles precisam);
- Capacidade de produzir cronogramas mais adequados;
- Emissão de ordens precisas de trabalho e possibilidade de criação automática;
- Realizar monitorização aos equipamentos e criar uma base de dados de equipamentos e históricos das instalações tendo como vantagens a capacidade de armazenar e consultar dados, conforme necessário;
- Tomar decisões melhor fundamentadas (por exemplo, o cálculo do custo de reparação de uma avaria de um elemento *versus* a manutenção preventiva de cada elemento);
- Capacidade de fazer a gestão de stocks;
- Possibilidade de produzir relatórios automaticamente e de indicadores de desempenho da manutenção que são relevantes para a gestão global da organização;
- Gerir toda a documentação técnica (digitalizada) para obter informações diversas referentes ao edifício, às suas instalações, sistemas e equipamentos, de modo rápido e preciso;
- Os dados da GMAC também podem ser usados para verificar as conformidades regulamentares.

De um modo geral segundo Cabral (2013), a criação de uma GMAC vai provocar na organização uma melhoria global da sua gestão, permitir a partilha de informação e conhecimento, uma vulgarização de conceitos atualizados de manutenção e gestão e conseqüentemente um aumento de produtividade.

A escolha de um *software* GMAC deve considerar algumas características para uma adequada implementação (Smith, et al., 2004). Deve ser fácil de utilizar e com uma curta curva de aprendizagem de maneira libertar o utilizador para as outras tarefas fundamentais, deve possuir um interface amigável para o utilizador e ter bem definido os procedimentos de implementação para os resultados requeridos. Não interessa à organização ter uma ferramenta informática muito sofisticada e cheia de potencialidades e conseqüentemente dispendiosa, mas que por si só não irá resolver os problemas da manutenção, se não estiver bem definido um planeamento adequado, que dados irão ser carregados, quais as possibilidades concretas de os obter e como proceder à sua análise. Relativamente aos dados que irão ser a base de uma GMAC devem-se considerar três requisitos fundamentais (Smith, et al., 2004) :

- Toda a informação pertinente deve estar considerada.
- A informação recolhida deve ser correta e fidedigna.
- A forma de comunicação deve ser compreensível para o *software* e para o utilizador.

Uma formação adequada é fundamental para evitar alguns riscos que normalmente advêm da implementação da GMAC como sejam, os técnicos de manutenção passarem grande parte do seu tempo em tarefas administrativas, o risco de diferenciação daqueles que sabem utilizar bem a ferramenta face aqueles têm menos conhecimento ou aptidão e também o excesso de informação que depois torna a ferramenta inoperacional e desmotiva a sua utilização.

O sucesso da implementação de qualquer ferramenta informática será o reflexo da qualidade da informação recolhida, da fluidez com que é efetuado o tratamento da mesma, da importância dos resultados que são apurados e do conhecimento operacional dos seus utilizadores. Deve-se ter em consideração que este tipo de ferramenta é um auxiliar importante na melhoria do desempenho da manutenção mas não é seu único meio de gestão e por si só não gere a manutenção.








3.2.8. Aplicações comerciais de softwares de informação na manutenção

Uma das recomendações feitas por Cabral (2013), quando da tomada de decisão de avançar com a implementação de um *software* de GMAC, é abdicar do seu desenvolvimento dentro da organização, pois será um processo longo e penoso, por vezes desmotivante e na maioria dos casos inacabável.

Existem disponíveis no mercado já um número razoável de empresas de *software* que se propõem oferecer aplicações para a gestão e manutenção de edifícios. Os pacotes de GMAC têm tendência a ser cada vez mais generalistas e podem ser utilizados por qualquer organização que tem a responsabilidade de efetuar a manutenção de equipamentos, bens e imóveis. No entanto, existem alguns produtos no mercado que abrangem também noutros sectores de atividade, como por exemplo na manutenção de frotas automóvel, gestão ambiental e energética.

Como orientação para uma possível implementação, foram identificadas de acordo com Falorca, et al. (2011), algumas das aplicações específicas recentes, com origens distintas, conforme apresentado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Aplicações comerciais GMAC

| Produto | Origem |
|---|----------|
| Axxerion Software | EUA |
|  | |
| Archibus | Espanha |
|  | |
| GIM | Espanha |
|  | |
| Dic - Pla | |
| PGMe | Portugal |
|  | |
| SMIT | |
|  | |
| InnWinWin | Portugal |
|  | |
| MAC | |
|  | |

Além destas aplicações mais específicas existem também módulos de *softwares* de gestão mais generalistas do tipo ERP (*Enterprise Resource Planning*), que em muitos casos já existem nas empresas e que poderão ampliar o seu âmbito com gestão da

manutenção de edifícios, com os benefícios de partilha da informação com outras aplicações (gestão de ativos, contabilidade, compras, gestão de matérias etc.).

Muitos destes *softwares* estão a desenvolver-se utilizando as recentes tecnologias de informação e comunicação (sistemas Wi-fi, códigos de barras, etc), baseados em ambientes que operam através da Internet com acesso através de portal (*web-based*), o que significa que são instalados pela empresa que vende o produto num servidor externo e com armazenamento dos dados em “*cloud*” não sobrecarregando os sistemas dedicados da organização, ou seja, um conjunto de potencialidades que permite tornar este tipo de ferramenta mais acessível e com mais funcionalidades.

3.2.9. Metodologia BIM (*Building Information Model*)

Um das metodologias recentes utilizadas na gestão da manutenção edifícios é o modelo BIM (*Building Information Model*), que considera uma abordagem global da gestão da informação relativa ao edifício, considerando as suas várias fases: no projeto, construção, operação e manutenção, ou seja, ao longo do seu ciclo de vida (Gonçalves, 2014).

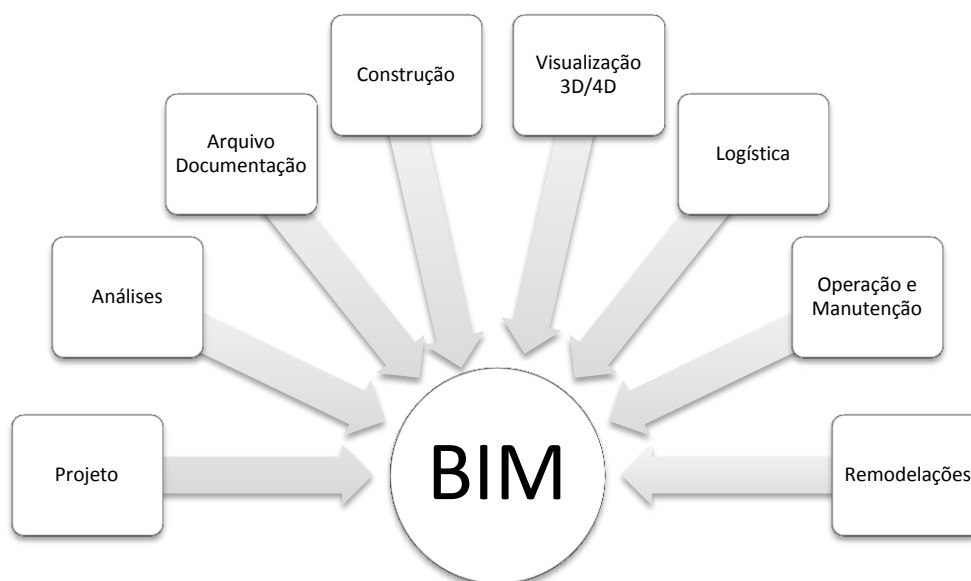


Figura 3.6 - Modelo BIM, informação global do edifício

O BIM nasce como uma nova visão no âmbito do projeto de edifícios no início dos anos 90, desenvolvendo-se inicialmente dentro dos centros de investigação empresariais e académicos e sem pouca utilização em projetos reais.

No entanto como consequência do desenvolvimento das tecnologias de informação, a metodologia BIM envolve-se em múltiplas especialidades e permite uma grande abrangência podendo ser implementado em diferentes tipos de edifícios: pequenas moradias, grandes edifícios de escritórios, hospitais, centros comerciais, escolas, hotéis, estádios, aeroportos, entre outros.

Inicialmente os primeiros contributos para o desenvolvimento do BIM eram essencialmente para gerir informação do projeto e construção, mas atualmente estuda-se a sua aplicabilidade à gestão, operação e manutenção de edifícios.

Segundo Simões *et al.*, (2014), os modelos BIM revelam-se uma excelente ferramenta de suporte às ações de manutenção de edifícios, pois permitem devido à sua capacidade de armazenar informação, centralizar num suporte digital toda a informação física e funcional do edifício, utilizando os desenhos corretos e possibilitando a sua visualização e a simulação a três dimensões, permitindo a partilha e atualização da informação relevante e verificação de condições funcionais, normas e especificações.

Os modelos BIM apresentam vantagens sobre os tradicionais sistemas CAD (*Computer Aided Design*), pois além de permitirem visualizar a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazenam também os seus atributos, transmitindo assim mais informação do que os modelos CAD (Gonçalves, 2014).

Outra característica importante é o facto de o BIM permitir que toda a informação esteja concentrada, uniformizada e imediatamente disponível num único modelo digital, facilitando a comunicação e coordenação do trabalho em equipa entre os vários profissionais, o que traduz além de uma nova atitude, também uma maior eficiência para a manutenção e gestão de edifícios.

3.2.10. Gestão Energética de Edifícios

A construção e a exploração de edifícios representam um dos sectores da economia que provoca dos maiores impactos negativos em termos ambientais. Este impacto negativo pode ser agravado durante a fase de exploração e utilização do edifício, devido a deficiências do projeto e de construção, bem como, pela obsolescência dos edifícios, seus equipamentos e sistemas (Gonçalves, 2014).

De acordo com Gonçalves (2010), em Portugal no que diz respeito ao contributo dos edifícios para a situação energética, estes representam 30% da energia final, ou seja da

energia total consumida, considerando a energia elétrica, gás natural e outros combustíveis. Relativamente à energia elétrica os edifícios representam 60% do seu consumo, sendo o 2º sector em termos de emissões de CO₂. Também é necessário não esquecer que um edifício tem uma grande produção de resíduos sólidos e efluentes líquidos com um impacto ambiental considerável, cabendo também à manutenção reduzir os mesmos ao mínimo, bem como garantir uma adequada gestão dos resíduos produzidos contribuindo de uma forma decisiva para a sustentabilidade do edifício (Stanford, 2010).

Atualmente devido ao aumento das exigências a nível de conforto, essencialmente térmico por parte dos utilizadores dos edifícios verifica-se nestes um rápido aumento do consumo energético.

Os elevados custos dos combustíveis fósseis coloca na ordem do dia a questão dos custos da energia e a sua influência direta no desempenho da economia. A utilização racional da energia tem um impacto direto no desempenho dos edifícios e na sua estrutura de custos, sendo um dos atuais paradigmas o desenvolvimento de edifícios de baixo consumo e edifícios de balanço energético nulo (NZEB - *net-zero energy building*), Este é um dos caminhos para atingir os objetivos definidos pela EU para que em 2020 o nível de emissões de gases de efeito estufa (CO₂) no seu conjunto será 20% inferior ao de 1990 (Erhorn, et al., 2012).

O aumento contínuo das necessidades globais de energia torna, atualmente, a eficiência energética uma prioridade governamental de máxima importância. Em Portugal existem vários programas e regulamentos específicos que visam a poupança energética e a redução de emissão de CO₂ para a atmosfera. Através de programas como o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, pretende-se através de legislação e definição de objetivos, reduzir o consumo de energia em edifícios e equipamentos públicos. Algumas destes objetivos resultam da transposição de diretivas europeias (Diretiva nº 2006/32/CE) e estabelecem a criação de condições para a promoção e desenvolvimento de um mercado de serviços energéticos e para o desenvolvimento de medidas que promovam a eficiência energética. Temos como exemplo destas medidas, a classificação e certificação energética dos edifícios, a realização de auditorias energéticas, incentivos financeiros à troca de equipamentos menos eficientes por outros mais eficientes (por exemplo a substituição de lâmpadas incandescentes) e obrigatoriedade de instalação de painéis solares em edifícios públicos construídos após

2006. Muitas destas medidas são implementadas através das áreas de manutenção de edifícios que vêm aumentar assim, as suas responsabilidades e que lhe exigem uma capacidade técnica sólida e abrangente que dê resposta efetiva às novas necessidades que não se cingem só ao cumprimento legal mas também com a incorporação de regras de engenharias e princípios de gestão.

Cabe geralmente à manutenção de edifícios a responsabilidade de implementar sistemas de certificação e desempenho energético bem como garantir a qualidade do ar interior em edifícios. Estes requisitos energéticos estão transcritos na legislação portuguesa através do Decreto-Lei n.º 78/2006 de 4 de Abril, relativo ao SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, que é o pilar sobre o qual assenta a nova legislação relativa à qualidade energética dos edifícios em Portugal e que tem por finalidade assegurar a aplicação dos regulamentos de energia em edifícios, certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios e identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos e que se pretende que venha a proporcionar economias significativas de energia para o país em geral e para os utilizadores dos edifícios em particular.

A certificação energética assenta na aplicação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, 2006) através do Decreto- Lei n.º 80/2006 e o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE, 2006) através do Decreto-Lei n.º 79/2006, que definem regras e métodos para verificação da aplicação efetiva do SCE aos novos edifícios, bem como aos imóveis já construídos.

Os principais consumidores de energia num edifício são genericamente:

- Sistemas AVAC (Aquecimento, ventilação e ar condicionado);
- Sistemas de produção de frio (frigoríficos e arcas);
- Sistemas de produção e vapor e água quente (fornos e caldeiras);
- Transportes e movimentação (elevadores, escadas rolantes e monta cargas);
- Sistemas de informação (rede informática);
- Rede de iluminação e vigilância.

De acordo com Pinto (2013), num edifício de escritórios os maiores consumidores de energia são: o AVAC com 34%, a iluminação com 29% e os equipamentos com 28%.

Cabe assim à manutenção a seleção das soluções mais económicas, inspecionando avaliando e corrigindo todas as situações que possam representar desperdício de energia e que deverá considerar a totalidade do parque de equipamentos e sistemas, como por exemplo os identificados por Gonçalves (2014):

- Fugas nas redes de fluidos;
- Aquecimento ou climatização inadequados ou desregulados;
- Isolamentos deficientes ou inexistentes;
- Consumos excessivos de combustíveis, energia ou lubrificantes;
- Iluminação desnecessária ou inadequada.
- Outros fatores de desperdício, como sejam equipamentos desajustados com baixo rendimento, equipamentos sobredimensionados, cargas variáveis mal aproveitadas, etc.;
- Formar e sensibilizar os utilizadores para uma utilização mais racional das fontes energéticas.

No âmbito destas preocupações, surge a norma NP EN ISO 50001 (IPQ, 2012) que estabelece os requisitos que deve ter um sistema de gestão de energia (SGE) de uma organização para ajudá-la a melhorar o seu desempenho energético, aumentar a sua eficiência energética e diminuir os impactos ambientais, assim como também a aumentar a sua competitividade nos mercados em que opera, sem com isso afetar a sua produtividade e com os relevantes reduções dos custos com os consumos energéticos. A norma NP EN ISO 50001 (IPQ, 2012) é baseada no ciclo da melhoria continua PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) que também está presente na gestão Lean e incorpora a gestão de energia nas práticas diárias das organizações e define os requisitos orientadores para a implementação de um sistema de gestão de energia.

Os aspetos essenciais referidos por Pinto (2013), a considerar na implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) são:

- Desenvolvimento de ferramentas que permitam conhecer os consumos energéticos da organização: porque/como/onde/quando e quanto se consome de energia;
- Análise e avaliação das tendências da evolução dos consumos de energia;
- Disponibilização de dados para melhor perceber os consumos e uso da energia para tomada de decisões sobre as medidas a adotar para a melhoria do desempenho energético;

- Controlo dos resultados das ações e investimentos realizados para melhoria do desempenho energético;
- Adoção de medidas que permitam melhorar a utilização de energia;

A NP EN ISO 50001 (IPQ, 2012) pode ser implementada isoladamente ou ser integrada com outros sistemas de gestão já existentes na organização, reforçando os princípios de aplicação de uma gestão Lean.

3.3. Indicadores de desempenho na Manutenção de edifícios

Segundo Pinto (2013), as boas práticas de uma gestão Lean devem considerar a definição de indicadores de desempenho na gestão da manutenção. Para que se possa analisar esse desempenho é necessário criar ferramentas que permitam avaliar, de uma forma simples e precisa, o que pode ser melhorado, a definir e medir o progresso em direção as metas propostas. A sua aplicação, no caso da manutenção dos edifícios, permite monitorizá-los com o intuito de aumentar a sua eficiência.

Com a vista monitorizar e aumentar a eficiência da manutenção de edifícios propõe-se um conjunto de indicadores divididos em 4 grupos. Três dos grupos propostos consideram indicadores técnicos, organizacionais e económicos, de acordo com a organização proposta na norma NP EN 15341 (IPQ, 2009), e um quarto grupo que é constituído por um conjunto específico de indicadores para a manutenção de edifícios. Estudos efetuados por um investigador israelita, Igal Shohet, que tem centrado a sua atenção no estudo e análise da manutenção de edifícios hospitalares, apresentou alguns indicadores de gestão de manutenção que consideram vários fatores, como sejam, exigências funcionais do edifício, áreas de construção, idade, taxa de ocupação, custos de manutenção e recursos humanos afetos à manutenção. Cada indicador pretende avaliar diferentes aspetos da atividade de manutenção de edifícios e que serão analisados de seguida.

3.3.1. Indicador de desempenho do edifício (BPI)

Este indicador designado como indicador de desempenho do edifício ou BPI (*Building Performance Indicator*) determina-se segundo fórmula desenvolvida por Shohet (2003), que é definido por:

$$BPI = \sum_{k=1}^n W_k \times P_k \quad (3.1)$$

Sendo:

BPI – Indicador de desempenho do edifício;

n – Número de sistemas em que é decomposto o edifício.

W_k – Ponderação do sistema a analisar.

P_k – Define o estado de conservação de cada sistema.

O BPI está definido numa escala de 100 pontos que classifica um edifício de acordo com o seu estado físico e sua aptidão para o uso bem como dos seus principais sistemas. A cada um destes sistemas é atribuída uma classificação pontuação, *P_k*, dada numa escala de 1-100 e que tem em conta os seguintes elementos básicos: avaliação do estado físico do sistema, anomalias existentes e tipo de política/estratégia de manutenção implementada pela organização. A avaliação para estes elementos representada na Tabela 3.4, pode ser obtida através da atribuição da seguinte grelha de classificação:

Tabela 3.4 - Grelha de classificação dos vários elementos *P_k* (Shohet, 2003)

| | | | | | | | | | |
|----------|----|-----------------|----|--------------|----|-------|----|-----------|-----|
| 0 | 20 | | 40 | | 60 | | 80 | | 100 |
| Perigoso | | Muito degradado | | Satisfatório | | Bom | | Muito Bom | |

A classificação final destes três fatores traduz o nível de desempenho para a totalidade dos sistemas *P_k*.

De acordo com os estudos efetuados por Shohet (2003), e tomando como exemplo o cálculo do BPI para um tipo específico de edifício, estabelecimentos hospitalares, foi proposta uma decomposição do edifício em dez sistemas principais e respetiva ponderação de acordo conforme representado na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Ponderação dos dez sistemas constituintes de edifícios hospitalares (Shohet, 2003)

| Sistema | W_k |
|--|-------------------------|
| Estrutura | 12,4 |
| Envolvente exterior | 5,3 |
| Acabamentos interiores | 34,8 |
| Sistema de proteção contra incêndio | 2,2 |
| Sistema de distribuição de águas e esgotos | 7,6 |
| Elevadores | 4,1 |
| Sistema elétrico | 12,7 |
| Sistema de AVAC | 13,7 |
| Sistemas de informação e comunicação | 4,6 |
| Sistemas de extração de gases hospitalares | 2,6 |
| Total | 100 |

A ponderação W_k atribuída para cada um dos sistemas propostos é calculada de acordo com a sua importância na análise de custo da vida útil do edifício. Esta análise considera os custos durante as seguintes fases: peso do sistema na fase de construção, peso na fase de manutenção e fase de remodelação ou substituição.

Através da aplicação da fórmula de cálculo do BPI para cada sistema analisado e consequentemente para o BPI final, vamos obter valores entre 0 e 100. É este resultado que irá caracterizar o estado de conservação e desempenho do edifício de acordo com as categorias apresentadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Categorias de resultados do BPI (Shohet, 2003)

| | |
|---------------|---|
| BPI > 80 | Edifício em bom estado de conservação |
| 70 < BPI ≤ 80 | Edifício apresenta degradação em alguns elementos |
| 60 < BPI ≤ 70 | Edifício deteriorado a necessitar de manutenção |
| BPI ≤ 60 | Edifício globalmente muito degradado |

3.3.2. Indicador de eficiência da Manutenção (MEI)

Este indicador MEI (*Maintenance Efficiency Indicator*) permite avaliar qual a eficiência dos gastos da manutenção do edifício em função do desempenho do edifício (BPI), a sua idade e o número de ocupantes.

Este indicador é definido pela equação desenvolvida por Shohet (2003).

$$MEI = \frac{AMC}{BPI \times AC_y} \times \frac{1}{OC} \times ic \quad (3.2)$$

Sendo:

MEI – Indicador de eficiência da manutenção

AMC – Custo Anual de Manutenção do edifício

BPI – Indicador de desempenho do edifício

AC_y – Coeficiente de idade para o ano *y*

OC – Coeficiente de ocupação

ic – Índice de preços

Os custos anuais de manutenção (€/m²) são determinados de acordo com os custos de manutenção preventiva dos vários elementos do edifício, bem como, com os custos de substituição e de fim de vida útil. Os custos de manutenção apresentam uma grande variação de ano para ano, sendo que nos primeiros anos os seus custos são relativamente reduzidos, essencialmente devido a algumas correções específicas e esporádicas, admitindo uma construção de acordo com as regras da arte. Ao longo da vida do edifício as suas necessidades de manutenção vão aumentando e os consequentes custos. Verificam-se assim alguns períodos irregulares que traduzem essencialmente a realização de algumas substituições periódicas efetuadas em datas específicas (ao fim alguns anos 25, 30, etc.) devido ao termo da vida útil dos equipamentos. É por isso que fundamental que exista um coeficiente de idade do edifício (*AC_y*) que traduza as necessidades de recursos ao longo da vida do edifício e que não dependem do tipo de manutenção. Estudos realizados por Shohet (2003), assumem um período de vida do edifício em serviço de cerca de 75 anos e considera os custos de manutenção preventiva previstos para este período aos quais são adicionados os custos de substituição de equipamentos ou componentes. Esta substituição só se justifica se o período remanescente em serviço do equipamento for superior a metade do seu ciclo de vida.

Dos estudos efetuados considerando um rácio dos custos de manutenção total previstos para um determinado ano, sobre os custos médios de manutenção para o período de vida do edifício, resultaram num conjunto de valores ilustrados na Figura 3.7.

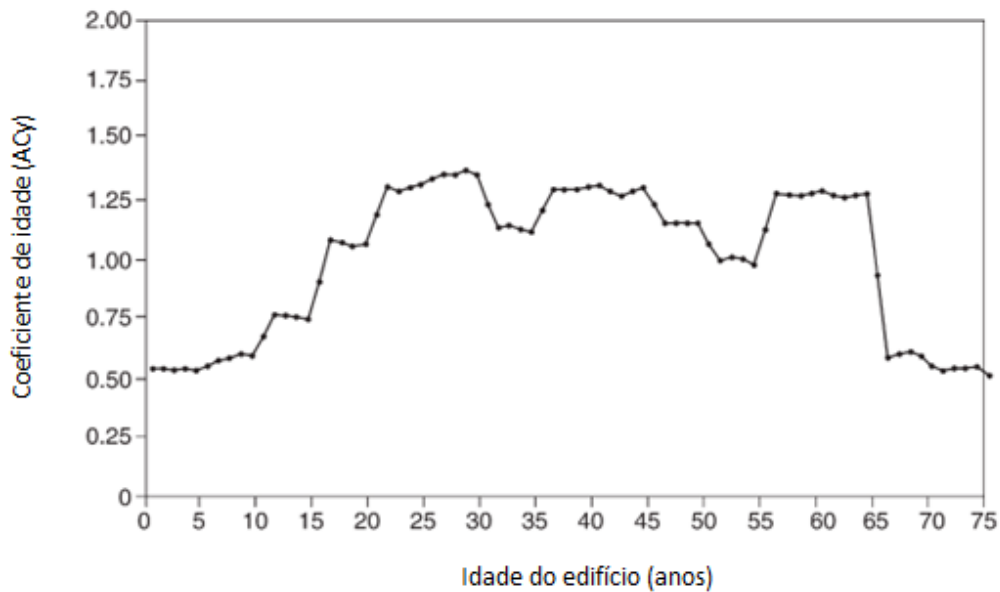


Figura 3.7 - Coeficiente de idade do edifício ao longo dos anos (adaptado de Shohet, 2003)

Verifica-se assim uma grande amplitude de valores que vai desde de 0,55 na primeira década a cerca de 1,32 na terceira e quarta décadas, que no fundo reflete o grande nível de substituição e remodelação de equipamentos neste período em contraste com o seu reduzido nível na década inicial, o mesmo se passando na década final onde já não compensa investir na substituição dos equipamentos. Este coeficiente evidencia também a dificuldade em orçamentar e executar os planos de manutenção necessários.

O coeficiente de ocupação do edifício *OC* é outro dos fatores a ter em conta no apuramento deste indicador, pois permite aferir diretamente, se existe uma elevada utilização do edifício face à uma utilização normal, com o conseqüente aumento do desgaste e degradação dos diversos sistemas e equipamentos. Dos estudos realizados (Shohet, 2003) verifica-se que este fator tendo em conta o impacto direto dos custos de manutenção, poderá variar entre -5% (0,95) para edifícios com ocupação menor (até 80%) face à estimada e +22% (1,22) para elevados níveis de ocupação (130-140%).

A Figura 3.8 apresenta a relação entre o nível de ocupação e coeficiente de ocupação.

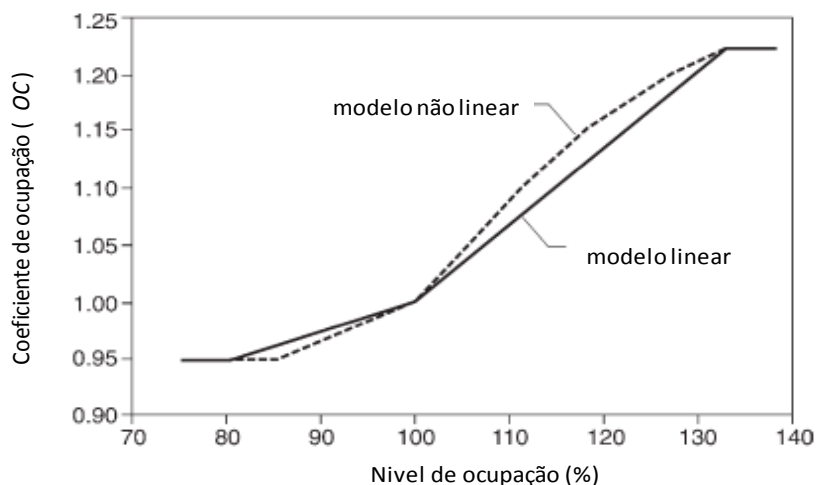


Figura 3.8 - Nível de Ocupação e Coeficiente de Ocupação (adaptado de Shohet, 2003)

Através da aplicação da fórmula de cálculo do MEI vamos obter um valor que indica a eficiência da manutenção e que poderá servir de parâmetro de análise seja interna através da sua evolução seja externa através de *benchmarking* com outros edifícios de natureza semelhante.

Considerando um exemplo com os seguintes fatores, um custo anual de manutenção (AMC) de 20€/m², um indicador de desempenho do edifício (BPI) de 80 para um edifício em bom estado de conservação, um coeficiente de idade (AC) e um coeficiente de ocupação (OC) padrão, ou seja 1, obtemos um valor do MEI de 0,25.

De acordo com a classificação dada por (Shohet, 2003) e indicada na Tabela 3.7, para valores do MEI teremos:

Tabela 3.7- Classificação resultados para o MEI (adaptado de Shohet, 2003)

| | |
|-------------------|--|
| MEI ≤ 0,37 | Os recursos estão a ser usados com grande eficiência ou baixo investimento em manutenção |
| 0,37 < MEI ≤ 0,52 | Os recursos estão a ser usados com uma eficiência razoável |
| MEI > 0,52 | Os recursos estão a ser usados com uma eficiência baixa ou custos elevados de manutenção |

Os valores calculados para o MEI dependem do tipo de edifício e da sua complexidade. Assim, Shohet (2003), propõe valores *standards* do MEI para 3 tipos de edifícios distintos conforme ilustrado na Figura 3.9.

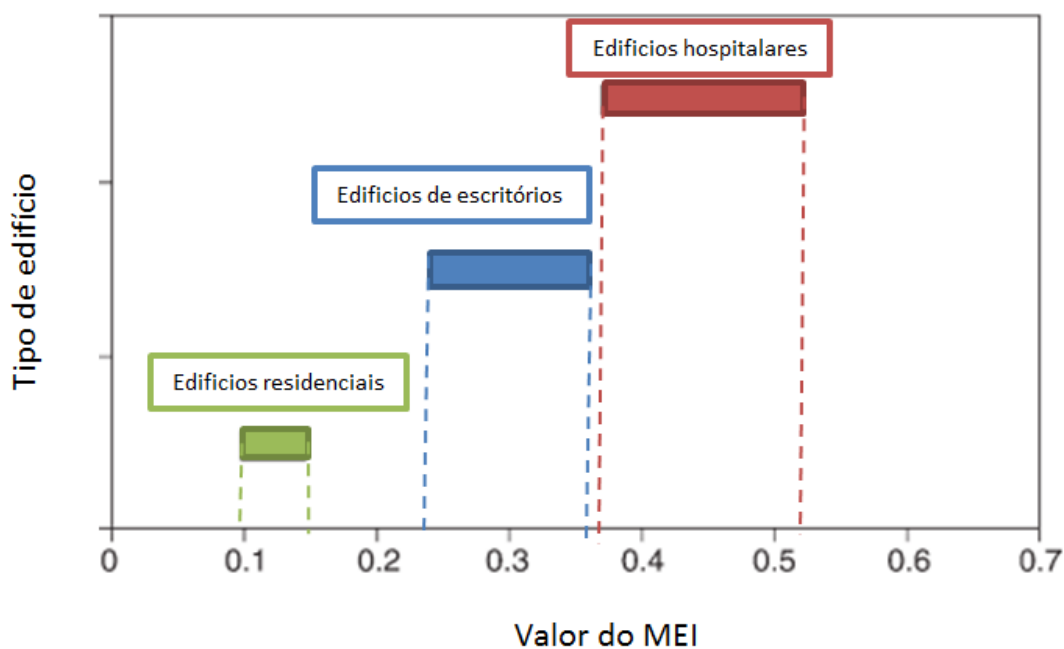


Figura 3.9 - Valores *standard* do MEI por tipo de edifício (adaptado de Shohet, 2003)

Estes indicadores fornecem uma visão geral do estado da manutenção e desempenho do edifício e qual a eficiência das políticas e recursos atribuídos à manutenção pela organização (Mauricio, 2011).

Embora estes indicadores propostos por Shohet (2003), sejam resultantes de uma investigação efetuada a edifícios hospitalares, normalmente de grande complexidade e com um elevado conjunto de sistemas, estes indicadores fornecem uma visão global do estado da manutenção do edifício, o que permite concluir, que considerando as devidas alterações será possível no geral adaptar estes indicadores a outro tipo de edifícios.

3.3.3. Indicadores de Eficiência Energética de Edifícios

Conforme o definido no Decreto-Lei 79/2006, o consumo específico de um edifício é a “energia utilizada para o funcionamento de um edifício durante um ano tipo, sob padrões nominais de funcionamento, por unidade de área ou por unidade de serviços prestados”.

É então necessário converter os consumos dos vários tipos de energia (eletricidade, gás, combustíveis líquidos, carvão, etc.) para uma energia primária equivalente, expressa numa unidade comum, que se definiu como sendo a massa equivalente de petróleo apresentada em Kgep (quilograma equivalente de petróleo) ou Tep (tonelada equivalente de petróleo). Na Tabela 3.8 são apresentados os fatores de conversão dos

vários tipos de energia nas suas unidades habituais de leitura para a unidade comum Kgep.

Tabela 3.8 – Equivalência para energia primária (Kgep)

| Tipo de Energia | Unidade de leitura | Fator conversão para "Kgep" |
|------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Eletricidade | kW.h | 0,29 |
| Gás Natural | m ³ | 0,82 |
| Gás Propano | Kg | 1,14 |
| Fuelóleo Pesado | t (Tonelada) | 969 |
| Fuelóleo Leve | t (Tonelada) | 984 |
| Gasóleo | l (Litros) | 0,84 |
| Petróleo | l (Litros) | 0,79 |

Um das obrigações regulamentares em termos de consumos de energia decorre do RSECE (2006), que se aplica principalmente aos grandes edifícios de serviços que apresentam uma área útil de pavimento superior a 1000 m², ou 500 m² para centros comerciais, supermercados, hipermercados ou piscinas aquecidas, ou que tenham uma potência de calor/frio superior a 25 kW e tem por objetivo a eficiência energética dos sistemas de climatização, impondo limites máximos ao consumo de energia de todo o edifício.

O regulamento define também algumas obrigações técnicas relacionadas com a manutenção, monitorização, auditoria energética, de qualidade do ar interior e organização dos equipamentos, a que se tentará dar expressão com a sua inclusão no modelo de manutenção para edifícios.

Para avaliar a eficácia das políticas de gestão energética existem alguns objetivos regulamentares que é necessário cumprir e que normalmente são quantificáveis através da utilização de indicadores, conforme já referido no Capítulo 2.

O controlo energético de um edifício é obrigatório através do cálculo do Índice de Eficiência Energética (IEE) que é dado pela seguinte expressão:

$$IEE = \frac{\text{Energia Agregada consumida anualmente}}{\text{Área útil do edifício}} \quad [\text{Kgep/Ano.m}^2] \quad (3.3)$$

3.4. Modelo *Lean Building Maintenance* (LBM)

Atualmente, a manutenção de edifícios não pode ser encarada como uma atividade menor uma vez que a política de manutenção tem um impacto direto nos custos de operação ao longo do seu ciclo de vida do edifício. O recurso a modernas técnicas de gestão como a filosofia Lean, permite alcançar os objetivos de eliminação do desperdício e criação de valor para o cliente. O sucesso da implementação de uma gestão Lean numa organização está em grande parte baseado numa seleção adequada das ferramentas a aplicar (Cabral, 2013). Da vasta variedade de ferramentas existentes na filosofia Lean, importa identificar as características específicas de cada uma delas, de maneira a selecionar quais as que produzem os resultados adequados face aos objetivos definidos, pois estes dependem da situação específica de cada organização (Hines, et al., 2000).

O sucesso de uma gestão Lean não depende apenas do domínio de um conjunto de ferramentas, mas também de outros aspetos menos tangíveis, como sejam o envolvimento da gestão, a motivação das pessoas e da cultura da organização. No entanto o conhecimento e adequada aplicação de um conjunto de ferramentas Lean é fundamental para o sucesso deste modelo de gestão.

Assim como veículo de suporte à implementação de uma abordagem Lean associada à manutenção de edifícios, é proposto um modelo que considera um conjunto de métodos e indicadores integrados com um conjunto de ferramentas Lean, que se designou por Manutenção Lean em Edifícios ou LBM (*Lean Building Maintenance*).

O modelo proposto, conforme ilustrado na Figura 3.10, recorre a várias fases/pilares de implementação seguindo uma distribuição evolutiva e global, onde as primeiras iniciativas visam conhecer a organização, passando depois para identificação do desperdício e numa fase mais avançada aplicar ferramentas orientadas para a criação de valor.



Figura 3.10 – Representação do modelo LBM

Pretende-se assim constituir um modelo que permita uma abordagem Lean na manutenção de edifícios de uma forma rápida e organizada.

3.4.1. Implementação do Modelo LBM

Como método de implementação sugere-se a utilização sempre que possível do ciclo PDCA que é uma ferramenta de simples aplicação, ou o método DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) também bastante utilizada na gestão 6 Sigma.

Assim na primeira fase/pilar tem como objetivo efetuar um levantamento do estado atual e conhecimento da organização de modo a obter um diagnóstico o mais exato possível sobre a organização. As ferramentas a considerar nesta fase são:

- **SIPOC** (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers*) – Ferramenta de análise utilizada para averiguar num determinado processo quem são os clientes, quais as suas necessidades e conhecer também como operam os fornecedores.
- **VOC** (*Voice of the customer*) - A voz do cliente é uma ferramenta que tem como objetivo escutar qual a opinião e as reais necessidades do cliente final.

- **Mapa de processos** – Utilizado para o diagnóstico do serviço, através da descrição gráfica da sequência das várias atividades que estão relacionadas entre si, ou seja, o fluxo da informação, das pessoas ou materiais.

Efetuada o levantamento do estado inicial da organização, a segunda fase/pilar tem como objetivo identificar os desperdícios, ou seja, as atividades que não acrescentam valor para a organização. As ferramentas propostas para esta fase são:

- **MVSM** (*Maintenance Value Stream Mapping*) - O mapeamento do fluxo de valor da manutenção é uma ferramenta que pretende através de um conjunto de ícones padronizados, representar graficamente os fluxos de material, informação e de pessoas, ao longo de toda a cadeia de valor. Esta ferramenta permite identificar as potenciais oportunidades de melhoria.
- **5 S's** - Ferramenta associada à gestão visual e refere-se a um conjunto de práticas de simples aplicação, que procuram a redução do desperdício e a melhoria do desempenho das pessoas e dos processos tendo por base organização e limpeza do espaço de trabalho.
- **5 Whys** (5 porquês) – Esta ferramenta é utilizada para identificar as causas das anomalias detetadas (avarias ou acidentes) de modo estruturado.

A terceira fase/pilar tem como objetivo medir o impacto das melhorias que foram introduzidas como consequência da aplicação das ferramentas nas etapas anteriores, evidenciando a criação de valor para a organização. As ferramentas propostas para esta fase são:

- **Gestão Visual** - Permite apoiar o aumento da eficácia e da eficiência dos processos tornando-os mais visíveis, lógicos e simples, facilitando a comunicação e partilha de informação necessária aos processos de tomada de decisão.
- **KPI's** (Indicadores de desempenho) – Permitem medir o desempenho e eficiência da manutenção. Foram selecionados com base na norma NP EN 15341 (IPQ, 2009) alguns indicadores genéricos para a monitorização da função manutenção. No entanto, no contexto da manutenção de edifícios dada a sua relevância são sugeridos os seguintes indicadores:
 - **BPI** (*Building Performance Indicator*) - Indicador de desempenho do edifício que numa escala de 1-100 classifica um edifício de acordo com o seu estado físico e a sua aptidão para o uso e dos seus principais sistemas.

- MEI (*Maintenance Efficiency Indicator*) - Este indicador permite avaliar qual a eficiência dos gastos da manutenção do edifício em função do desempenho do edifício (BPI), a sua idade e o número de ocupantes.
- IEE (Índice de eficiência energética) - Indicador específico de classificação do edifício em termos energéticos. Implica a conversão dos consumos dos vários tipos de energia para uma unidade comum. Promove a análise e avaliação das tendências da evolução dos consumos.
- **SLA's** (Níveis de serviço) – Permite definir prioridades e critérios para definir o tempo de resposta ou período de tempo máximo para resolução da ocorrência. Fundamental para a relação contratual na subcontratação da manutenção.
- **Uniformização do trabalho** - Ferramenta bastante eficiente para organizar pessoas, materiais e equipamentos. Tem como objetivo documentar e normalizar as várias tarefas ao longo da cadeia de valor, reduzindo a subjetividade e variabilidade no processo, permitindo assim a diminuição de erros ou falhas, contribuindo para a melhoria contínua do processo.

A quarta fase/pilar tem como objetivo a implementação de um sistema de informação de modo a permitir uma gestão mais eficiente do volume de informação necessária à atividade de gestão como também no suporte à tomada de decisão. Assim, é preconizado a implementação de um sistema informático para a organização e gestão da manutenção de edifícios, usualmente designados por GMAC (Gestão da Manutenção Assistida por Computador). Em alternativa, pode ser implementado o modelo BIM (*Building Information Model*) que considera uma abordagem global da gestão da informação relativa ao edifício, considerando as suas várias fases: projeto, construção, operação e manutenção, ou seja, todo o ciclo de vida do edifício (Gonçalves, 2014).

Capítulo 4 – Caso de estudo

4.1. Considerações gerais

Depois de executada uma exposição dos termos relativos à gestão e manutenção de edifícios, particularizando sempre que possível para edifícios de serviços, bem como, de conceitos e ferramentas de uma gestão Lean que se traduzem no modelo designado LBM, o principal objetivo deste capítulo é a análise da aplicação prática desses conceitos e ferramentas à atividade de gestão e manutenção de edifícios.

O edifício objeto do caso de estudo é o edifício-sede da REN (Redes Energéticas Nacionais), localizado no concelho de Lisboa, com uma área útil de 11666 m² e com utilização genérica administrativa com cerca de 300 utilizadores. Assim, criou-se uma metodologia de estudo onde se recolheu informação, junto dos responsáveis pelas ações de gestão e manutenção no edifício e de diversas organizações prestadoras de serviços com contractos de manutenção.

4.2. Caracterização da REN

A REN atua em duas áreas de negócio principais: o transporte de eletricidade em muito alta tensão e a gestão técnica global do Sistema Elétrico Nacional, sendo titular da concessão de serviço público para a exploração da Rede Nacional de Transporte, a única rede de transporte de eletricidade em muito alta tensão em Portugal Continental; e o transporte de gás natural em alta pressão e a gestão técnica global do Sistema Nacional de Gás Natural, a receção, armazenamento e regaseificação de GNL e o armazenamento subterrâneo de gás natural, sendo titular das respetivas concessões de serviço público. A REN está ainda presente no negócio das telecomunicações, explorando a capacidade excedentária de telecomunicações das respetivas redes de eletricidade e de gás natural, e na da comercialização de energia, através da participação de 90% no Operador do Mercado Ibérico de Energia (Pólo Português), S.A.

4.3. Descrição geral do edifício e da sua utilização

O edifício está localizado na Avenida dos Estados Unidos da América em Lisboa, com a fachada principal orientada a Norte com um desvio de 3 graus para Este, sendo

considerado como “Grande Edifício” de acordo uma tipologia do RSECE (2006). O projeto data de 1983 tendo a sua construção sido concluída em 1985.

O horário de funcionamento aos dias de semana é típico de um edifício de escritórios, com o início da atividade laboral pelas 8-9.00h, iniciando-se o abandono do edifício pelas 18.00-19:00h. Ao fim de semana não existe atividade normal pese embora a utilização muito pontual ao sábado da parte da manhã.



Figura 4.1 - Edifício objeto do caso de estudo

O edifício, é constituído por 23 pisos mais coberturas, aos quais corresponde uma área total bruta de aproximadamente 17000 m². Resumidamente, a sua caracterização ocupacional é a seguinte:

- Subcave: Este é o piso mais “técnico” do edifício, localizando-se aqui a central de ar condicionado, o grupo eletrogéneo de emergência, o quadro geral de baixa tensão (QGBT), as centrais hidropressoras de água potável e de incêndios, o parque de estacionamento e outros elementos necessários à gestão técnica do edifício;

- Cave: Este piso tem alojado o *Datacenter*, a oficina de apoio à manutenção do edifício, o auditório, o armazém da cozinha e outros espaços que servem maioritariamente para arquivo de documentação. A entrada logística do edifício faz-se pela cave;
- Rés-do-chão: Além de ser a entrada principal do edifício, é aqui que funciona o refeitório e respetiva cozinha (aproximadamente 200 refeições/dia). A central telefónica encontra-se instalada neste piso;
- Piso 1: Neste piso, encontram-se alojados o posto médico e o economato;
- Pisos 2 a 20: Estes pisos são constituídos quase exclusivamente por gabinetes e salas de reuniões;
- Terraço do piso 1: A torre de refrigeração, diversos ventiladores de renovação de ar e algumas unidades autónomas de ar condicionado, estão instalados neste terraço;
- Terraço da cobertura (piso 20): Além da casa das máquinas dos elevadores, estão aqui instalados a maioria dos ventiladores pertencentes ao sistema de renovação de ar.

4.3.1. Principais sistemas

- Caracterização dos Sistemas de Climatização

De forma a garantir a climatização dos espaços do edifício, este tem instalado um sistema de ar condicionado e outro de renovação de ar, ambos do tipo centralizado (ao nível da produção). Os sistemas em questão têm mais de 25 anos de funcionamento.

Os espaços do edifício são climatizados por unidades de gabinete do tipo bomba de calor por condensação a água. Existe um circuito principal de circulação de água entre os aparelhos de gabinete e a central de ar condicionado (a dois tubos), que tem por função promover as trocas de energia entre os espaços a climatizar e o exterior do edifício. Na estação de arrefecimento, a circulação de água faz-se entre os aparelhos e a torre de refrigeração, dissipando-se assim o calor para o meio ambiente. Na estação de aquecimento, a circulação de água faz-se entre os aparelhos e a caldeira elétrica (potência elétrica de 500 kW), que fornece o calor necessário à climatização dos espaços.

O sistema principal de renovação de ar é constituído por diversos ventiladores de insuflação e de extração de ar. O sistema atual não promove trocas de energias entre o ar insuflado e o ar rejeitado.

- Caracterização dos Sistemas de Alimentação Elétrica

O edifício é alimentado via EDP em baixa tensão. A distribuição de energia elétrica faz-se a partir do QGBT. Todos os pisos possuem dois quadros elétricos dedicados à distribuição de energia aos diversos espaços.

O edifício possui um grupo eletrogéneo de emergência de 375 kVA, para salvaguardar as alimentações elétricas socorridas.

Os serviços essenciais, tais como, o *Datacenter* possuem alimentações elétricas ininterruptas.

- Caracterização dos Sistemas de Incêndios

Todo o edifício está protegido por via de um sistema automático de deteção de incêndios, sendo que, alguns espaços estão dotados de sistemas de extinção automática.

Os diversos carretéis da rede armada de incêndios (RIA) são alimentados por via de uma central de bombagem de água, constituída por eletrobombas, motobombas e reservatório de 120 m³ de capacidade. A garagem do edifício possui uma rede de *Sprinklers*.

4.3.2. Áreas do edifício

A indicação das áreas de referência do edifício estão expressas na Tabela 4.1 e a sua distribuição por atividade está ilustrada na Figura 4.2.

Tabela 4.1 - Áreas do edifício sede da REN

| | | | |
|------------------|-------|----------------|---|
| Área bruta | 17695 | m ² | De acordo com o RGEU. |
| Área total | 14036 | m ² | Área de espaços interiores úteis e não úteis. |
| Área útil | 11666 | m ² | De acordo com o RSECE. |
| Área climatizada | 7483 | m ² | |

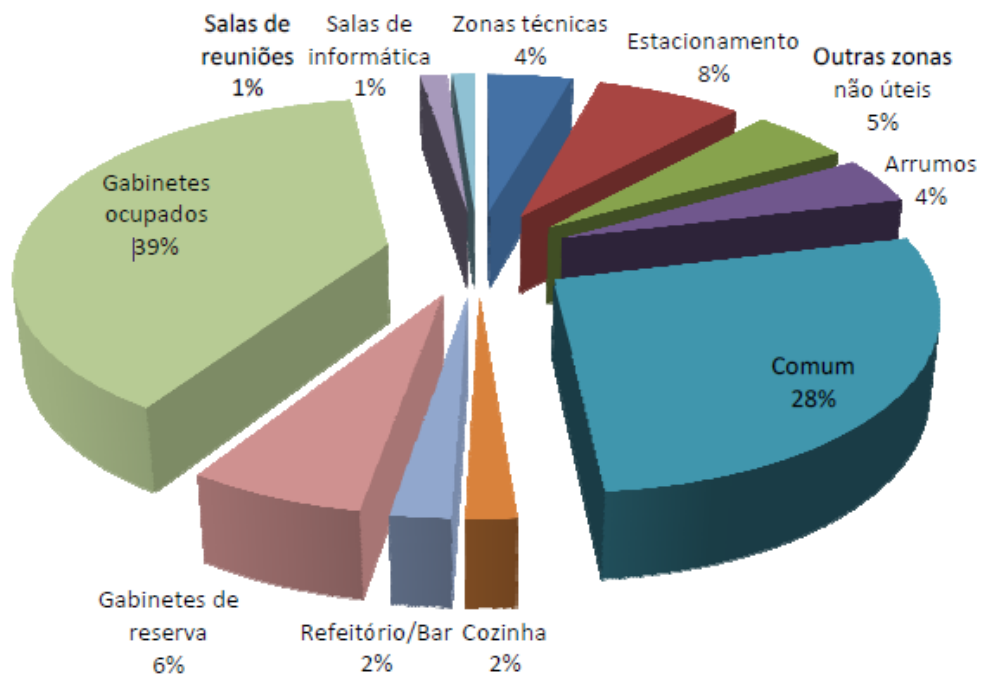


Figura 4.2 - Distribuição da área total do edifício em função da atividade

4.3.3. Organização da manutenção do edifício

A área responsável pela manutenção do edifício está integrada na Direção de Edifícios e Serviços Gerais da REN Serviços, empresa do grupo REN que agrega todas as áreas de serviços comuns necessárias às empresas do grupo, conforme ilustrado na Figura 4.3.



Figura 4.3 - Organograma da Área de Edifícios

A Área de Edifícios é responsável pela manutenção de mais 7 edifícios administrativos, e pela manutenção de AVAC em cerca de 80 edifícios pertencentes às subestações elétricas. Na presente data a manutenção dos edifícios está totalmente subcontratada, cabendo à Área de Edifícios a gestão das atividades subcontratadas supervisionadas por um gestor de contrato, sendo ainda responsável pela gestão de cerca de 10 contratos externos de manutenção de alguns sistemas mais específicos.

4.4. Aplicação do Modelo LBM

A realização do caso de estudo foi efetuada através de duas fontes de informação, realização de entrevistas com os intervenientes na manutenção do edifício e consulta e recolha de alguns dados de gestão da manutenção. Com base nestas informações foram criados ou desenvolvidas um conjunto de ferramentas conforme a seguir proposto.

4.4.1. Fase de Diagnóstico

4.4.1.1. SIPOC

A ferramenta SIPOC (*Suppliers, Input, Process, Output e Clients*) é bastante útil para se efetuar um diagnóstico sobre o estado da atividade de manutenção antes de iniciar a implementação do Lean. A aplicação desta ferramenta permitiu visualizar de uma forma abrangente toda a atividade, identificando quem são os vários clientes e fornecedores da manutenção sejam eles diretos ou indiretos. Também através da análise das entradas e saídas se pode verificar a abrangência da atividade de manutenção com solicitações e respostas de várias naturezas e de diversas entidades. A elaboração do SIPOC permitiu efetuar um levantamento do processo geral da manutenção com as tarefas necessárias a todo o processo, evidenciando já algumas dificuldades mas cuja análise será efetuada com recurso a outras ferramentas. A Figura 4.4 ilustra cada um dos elementos do SIPOC aplicado ao processo de manutenção do edifício.

| Fornecedores (<i>Suppliers</i>) | Entradas (<i>Inputs</i>) | Actividades (<i>Process</i>) | Saídas (<i>Outputs</i>) | Clientes (<i>Customers</i>) |
|--|---|--------------------------------|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Prestadores de serviços/Contratos externos • Entidades Auditoras / Certificadoras • Entidades oficiais (Bombeiros, Serviços Municipalizados, Protecção civil) • Armazém | <ul style="list-style-type: none"> • Planos de manutenção preventiva - OT's planeadas • Solicitações dos utilizadores - OT's não planeadas • Requisitos legais • Condição do equipamento • Orçamento de Manutenção | | <ul style="list-style-type: none"> • Reparações concluídas • Revisão de planos de manutenção • Relatórios de auditoria /certificados • Gestão de contratos • Relatórios de análise e KPI's | <ul style="list-style-type: none"> • Todos os utilizadores do edifício • Entidades oficiais • Gestão da manutenção • Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança. |

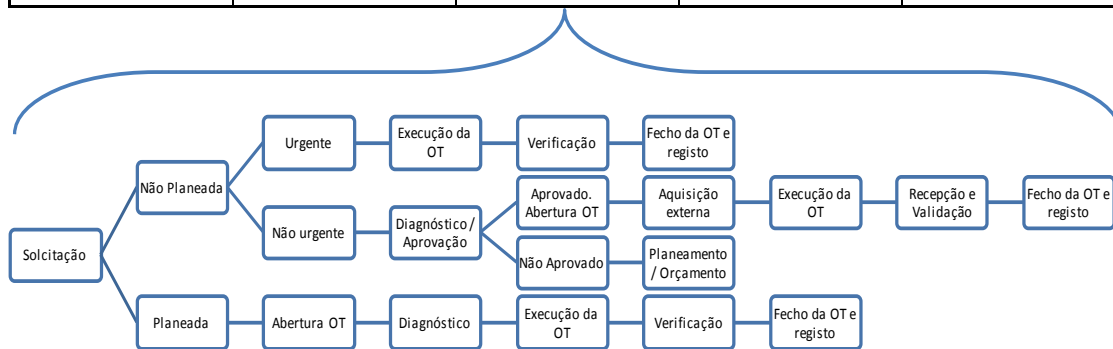


Figura 4.4 - Aplicação do diagrama SIPOC à atividade de manutenção de edifícios

4.4.1.2. Mapa de processos

O mapa de processos é uma ferramenta que pretende representar através de um fluxograma detalhado a sequência de execução das diversas atividades de um processo específico. Identifica os objetivos, as entradas e saídas, bem como o responsável em cada momento do processo de modo a analisar a transferência de responsabilidades entre os vários intervenientes.

Como exemplo de aplicação escolheu-se o processo de pedido de reparação de manutenção corretiva, não urgente. Este pedido de reparação depois de validado dá origem a uma ordem de trabalho com um conjunto de atividades específicas. O objetivo e as respetivas entradas e saídas, deste processo estão representados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Tabela de entradas e saídas para pedido de manutenção corretiva

| |
|---|
| Objetivo: → Gestão e controlo de ordens de trabalho para pedidos de manutenção corretiva, executada através de equipa interna ou com recurso a equipa externa contratada para o efeito. |
| Entradas: <ul style="list-style-type: none">● Pedidos de intervenção (via telefone ou mail)● Ordens de trabalho para manutenção corretiva● Propostas de fornecedores |
| Saídas: <ul style="list-style-type: none">● Consultas ao mercado● Autorização de adjudicação● Pedido de compra● Relatório de intervenção● Fecho e registo da ordem de trabalho |

Efetuada uma descrição sucinta do processo, após a constatação de uma necessidade de intervenção esta é transmitida ao gestor de manutenção do edifício diretamente via telefone ou via correio eletrónico. Registado o pedido é efetuada uma avaliação da situação e se justificar procede-se à abertura de uma ordem de trabalho. Após a sua criação as ordens serão analisadas e hierarquizadas sendo encaminhadas para o responsável pela sua execução, normalmente a equipa interna de manutenção. Durante a execução da ordem de trabalho é efetuado um diagnóstico detalhado e é avaliado se existem meios materiais e humanos para proceder à sua execução, podendo existir a necessidade de adquirir materiais ou serviços no exterior. Nestes casos efetua-se uma consulta ao mercado a vários fornecedores conforme procedimento interno da empresa selecionando-se a proposta mais vantajosa. Em função do valor das propostas e da autorização orçamental pode ser dado seguimento à ordem de trabalho, podendo existir um período de tempo de espera, para mobilizar ou entregar os serviços ou bens contratados. Executada a ordem de trabalho a mesma é validada e eventualmente dada como concluída. Posteriormente a mesma é fechada e arquivada. Todo este processo é ilustrado no mapa do processo na Figura 4.5, sendo também identificados os vários responsáveis ao longo do desenvolvimento do processo.

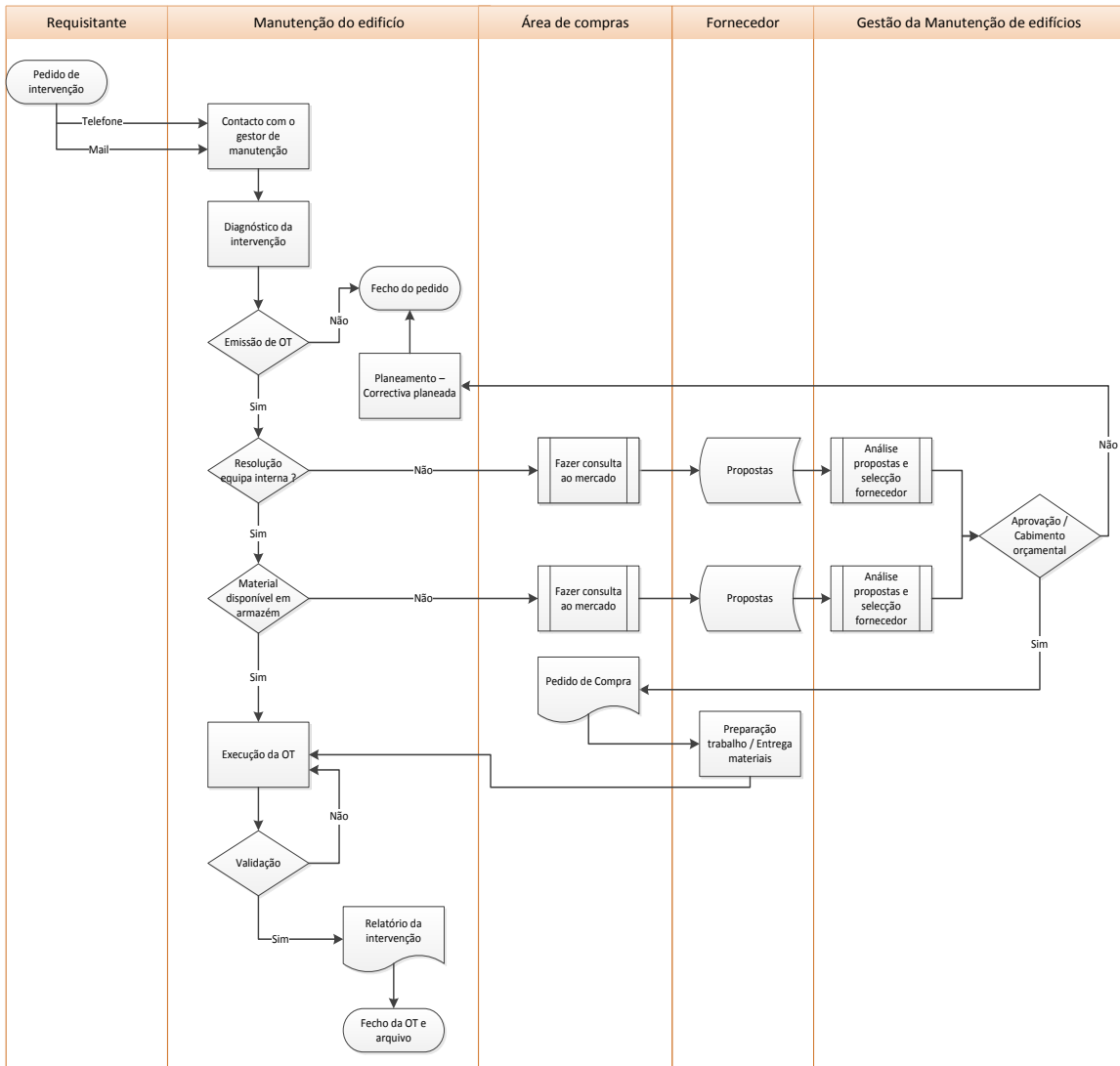


Figura 4.5 - Mapa de processo, para pedido de manutenção corretiva

Esta análise detalhada permite já na nesta fase de diagnóstico, verificar que existem várias possibilidades de diminuir os desperdícios, pois verificam-se tempos de espera relativamente elevados sempre que não existam os recursos disponíveis, bem como, o elevado número de responsáveis durante o processo criam paragens e tempos de espera elevados. Todos estes tempos de espera estão associados a atividades que não criam valor, pelo que devem ser atenuadas ou eliminadas se possível. O método utilizado para o registo, fecho e arquivo das ordens de trabalho é quase todo em papel o que o torna falível e causa dificuldades de partilha de informação, correndo-se o risco de repetir erros, não diagnosticar causas de avarias repetitivas e como consequência aumentar os desperdícios, sendo portanto um método a melhorar.

4.4.1.3. Voz do Cliente (VOC)

Outra ferramenta importante no diagnóstico do processo é a Voz do Cliente (VOC). Tem como objetivo melhorar a qualidade dos serviços prestados através da identificação das necessidades e do grau de satisfação do cliente, neste caso qualquer utilizador do edifício ou que tenha efetuado um pedido de manutenção. O modo de comunicação por excelência para estes casos será através de questionários, inquéritos ou caixas de sugestões, que permitam avaliar o índice de satisfação dos clientes e recolher comentários que traduzam uma melhoria e evitar que se repitam erros e desperdícios.

Como exemplo do escutar das necessidades dos clientes, verificando-se que muitos utilizadores do edifício pelas mais variadas razões fazem a suas refeições no seu local de trabalho recorrendo na maioria dos casos a equipamentos individuais (frigoríficos, micro-ondas, máquinas de chá e café), pelo que a gestão do edifício resolveu desenvolver algumas iniciativas conforme apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – VOC, exemplo de um plano de ação

| Identificação da Necessidade | Ação | Benefícios |
|--|---|--|
| Muitos utilizadores instalam equipamentos particulares (frigoríficos, microondas, máquinas de chá e café) nos seus gabinetes ou em salas disponíveis em alguns pisos, para aquecerem ou fazer as suas refeições. | A gestão do edifício decidiu considerar no seu orçamento um projecto que prevê criar uma copa anexa ao refeitório com frigoríficos e microondas, onde seja possível os utilizadores guardarem e aquecerem a sua comida. | Para a organização, redução do número de equipamentos individuais instalados, reduzindo consumos e garantindo uma maior segurança. Para os utilizadores, permite uma maior sociabilidade, melhores condições num espaço adequado e evita a necessidade de compra de aparelhos individuais. |

Para a avaliação da satisfação dos clientes da manutenção de edifícios é apresentado um modelo de questionário que deve ser disponibilizado a todos os utilizadores que tenham efetuado um pedido de intervenção à manutenção ou que estejam envolvidos numa intervenção. É preciso referir que grande parte das intervenções são realizadas durante o horário de trabalho normal, logo podendo afetar o normal ritmo de trabalho dos utilizadores direta ou indiretamente, pelo que as intervenções a realizar devem ter um planeamento adequado e uma execução rápida. Como na maioria dos casos as intervenções estão a cargo de empresas subcontratadas, com diferentes tipos de procedimento, é importante ter um *feedback* do seu trabalho de modo a avaliar o seu desempenho e cumprimento contratual se for o caso.

Este questionário do qual é apresentado um exemplo no Anexo III, deve ser de rápido e conter no máximo 4 ou 5 questões que permitam avaliar o desenvolvimento e a qualidade da intervenção, bem como, a satisfação dos utilizadores afetados. Deve ser

realizado em suporte digital de modo a facilitar a rapidez e tratamento das respostas, por exemplo, através da rede de Intranet da empresa. A sua avaliação deve ser periódica, trimestral ou semestral tendo em conta o número de pedidos realizados. Complementarmente a este questionário deve existir uma “caixa eletrónica” para sugestões, de modo que todos os utilizadores partilhem as suas sugestões de melhoria na utilização do edifício.

4.4.2. Fase de Identificação do desperdício

4.4.2.1. 5 S's

No que diz respeito à implementação das práticas de 5S, efetuaram-se algumas diligências em relação à identificação e organização de toda a documentação de suporte à atividade de manutenção do edifício, em arquivos específicos, conforme ilustrado na Figura 4.6, de maneira a facilitar a sua consulta.



Figura 4.6 - Arquivo da documentação da manutenção

Neste arquivo deve estar incluído um manual de operação e manutenção do edifício, considerando um conjunto de documentação técnica relativa ao edifício, como sejam:

- As telas finais, projetos de execução das especialidades, especificações de materiais e respetivos catálogos e as atualizações consequência de intervenções posteriores.

Complementarmente neste arquivo deve estar considerada também a seguinte informação:

- Ordens de trabalho das operações de manutenção programada e corretiva com a documentação de apoio anexa, por exemplo, proposta do fornecedor de bens ou serviços no caso de aquisição externa e relatórios da intervenção ou de fiscalização;
- Relatórios das inspeções e auditorias;
- Registos de reclamação e solicitação dos utilizadores;
- Planos de manutenção preventiva;
- Contractos das empresas subcontratadas;
- Conjunto de normas e legislação que dizem respeito à manutenção e gestão do edifício;

Este conjunto organizado de informação torna-se fundamental para uma eficiente gestão da manutenção e será uma importante base de trabalho para a criação de um sistema informático da manutenção (GMAC) e da base de dados de modo a que este seja utilizado por todos os interessados.

No que diz respeito à organização e limpeza da oficina de manutenção, o facto de a mesma neste momento estar sob responsabilidade de uma empresa subcontratada, não foi possível evidenciar as modificações sugeridas. A Figura 4.8 apresenta um exemplo que ilustra a aplicação destas práticas. Os benefícios são evidentes na disposição, na limpeza na arrumação e na segurança com que se desenvolvem os trabalhos, eliminando movimentações desnecessárias, reduzindo os gastos com compras desnecessárias por via de uma organização dos *stocks* e incrementando a segurança no local de trabalho.



Figura 4.7 - Aplicação dos 5's (fonte Duclos, (2013))

4.4.2.2. 5 Porquês ou 5 Whys

Esta ferramenta é utilizada para identificar as causas das anomalias detetadas (avarias ou acidentes) de um modo estruturado. Pretende ser um suporte para o desenvolvimento de uma análise crítica na procura das causas das anomalias detetadas e assim evitar a sua repetição. Dado que não existe atualmente uma base de dados estatísticos que ajudem a analisar e identificar as possíveis causas das várias anomalias, a aplicação desta ferramenta poderá ser bastante rápida e eficaz na sua identificação. Na Figura 4.8 é ilustrado um *template* com um exemplo prático de aplicação desta ferramenta. A anomalia escolhida foi a reparação de uma torneira numa das casas de banho, uma situação que ocorre com alguma frequência, dado a idade da canalização. Assim além da reparação que foi efetuada e emissão da respetiva ordem de trabalho de manutenção corretiva, foi analisada a causa da anomalia e quais as medidas que podem evitar de novo a sua ocorrência neste ou em equipamentos semelhantes, dado que existem cerca de 60 casas de banho em todo o edifício.

A solução preconizada foi incluir uma nova rotina de verificação das torneiras na inspeção quinzenal, onde é efetuada uma “ronda tipo passeio” pela totalidade do edifício inspecionando visualmente e verificando alguns equipamentos, anotando sintomas e anomalias e planeando intervenções em função dessas observações.

| Análise de causa de anomalia | | | | |
|---|---|--|---|---|
| Manutenção do edifício | | | | |
| Ordem de trabalho nº : xxxxxxx | | 5 porquês - iniciando o conjunto de questões com a anomalia detetada, tente responder sucessivamente considerando sempre questões cada vez mais objetivas até encontrar a causa da anomalia. | | Data |
| Anomalia detetada : Inundação da casa de banho do 6 piso, ala norte | | | | |
| Passo | Porquê | Respostas | Evidência | Solução |
| 1º Porquê | Porque é existiu a inundação ? | Porque existiu uma fuga na torneira do lavatório ou entupimento do cano | Água no pavimento, torneira pinga continuamente | Secar o pavimento |
| 2º Porquê | Porquê ocorreu a fuga na torneira do lavatório ? | Porque a junta ou anilha de estanqueidade deixou de vedar | Torneira a pingar | Reparar a torneira ou fecho da válvula de segurança |
| 3º Porquê | Porque é que a junta deixou de vedar ? | Porque teve uso continuado ou presença de impurezas e não existiu uma inspeção | Não existiu nenhum aviso da anomalia | Os utilizadores devem alertar a manutenção sobre a anomalia |
| 4º Porquê | Porque é que não existe inspeção ? | Porque não está considerado nos planos de manutenção preventiva. | Não é feita qualquer inspeção preventiva | Rever o plano de manutenção |
| 5º Porquê | Porque não está considerado este tipo de inspeção nos planos de manutenção preventiva ? | Porque só os grandes equipamentos estão considerados nos planos de manutenção preventiva | O plano de manutenção preventiva não contempla este tipo de instalações | Rever o plano de manutenção, em particular no plano de inspeção tipo visita a efectuar pela equipa interna. |
| Solução proposta : Considerar no plano de inspeção sistemático quinzenal, "Visita de inspeção geral" , a verificação de torneiras das casas de banho de todos os pisos | | | | |
| O técnico de manutenção | | Parecer : | | |

Figura 4.8 -Análise 5 porquês, exemplo de aplicação

4.4.2.3. MVSM (Maintenance Value Stream Mapping)

A aplicação da ferramenta MVSM (*Maintenance Value Stream Mapping*) mapeamento do fluxo de valor a um processo de manutenção atual., pretende analisar os tempos consumidos nas várias etapas dos processos (*lead time*). Para o presente caso de estudo foi analisado um processo completo de um pedido de reparação (por exemplo avaria do motor na unidade de ar condicionado) onde são descritas todas as fases e os intervenientes, considerando também a necessidade de contratação de recursos exteriores, dado a inexistência de meios próprios. Foi efetuado um levantamento dos tempos consumidos desde do momento em equipamento deixa de desempenhar a sua função e é comunicada a anomalia, até o momento de entrar em operação novamente. Com base na informação recolhida foi elaborado o MVSM do estado atual apresentado na Figura 4.9.

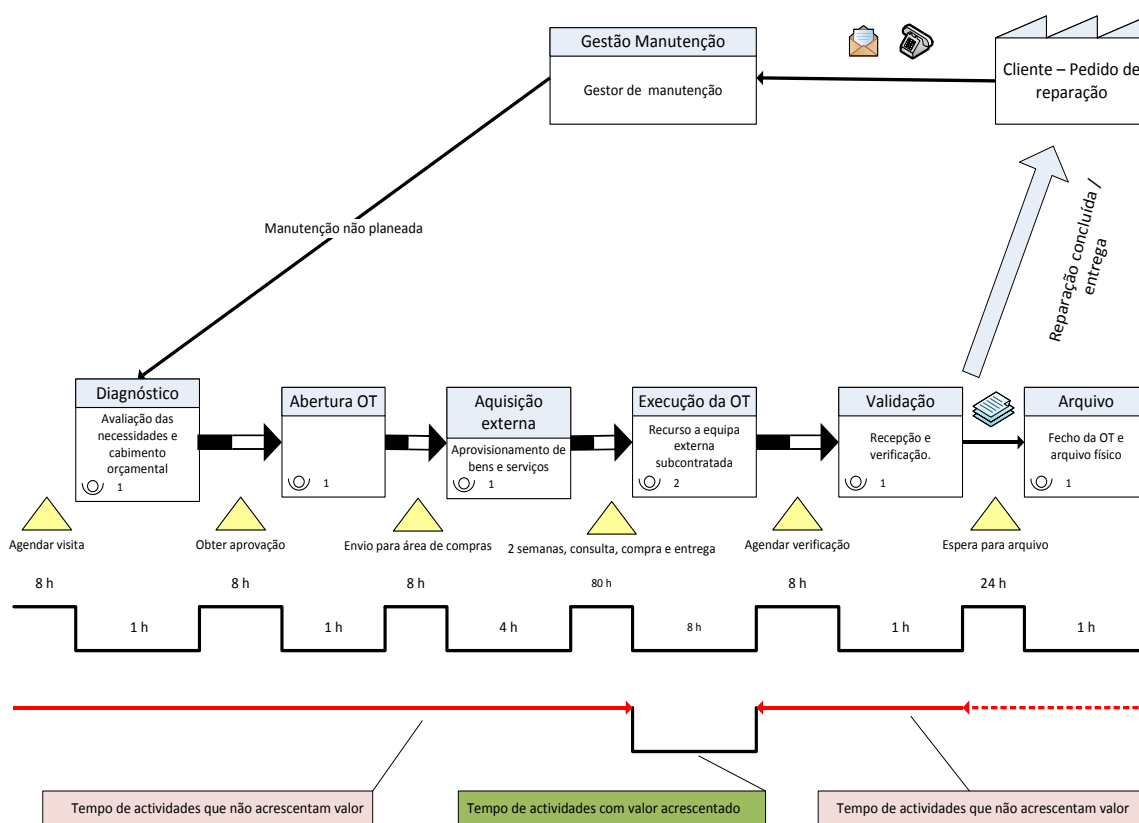


Figura 4.9 - MVSM de um processo de manutenção atual

Verifica-se nesta situação que o nível organizacional é bastante falível e que existem elevados tempos de espera e atividades desnecessárias. Uma atuação sobre os tempos

das atividades que não criam valor será a opção mais indicada para reduzir o tempo total de imobilização, conforme ilustrado na Figura 4.10 onde se representa o MVSM futuro, considerando as oportunidades de melhoria.

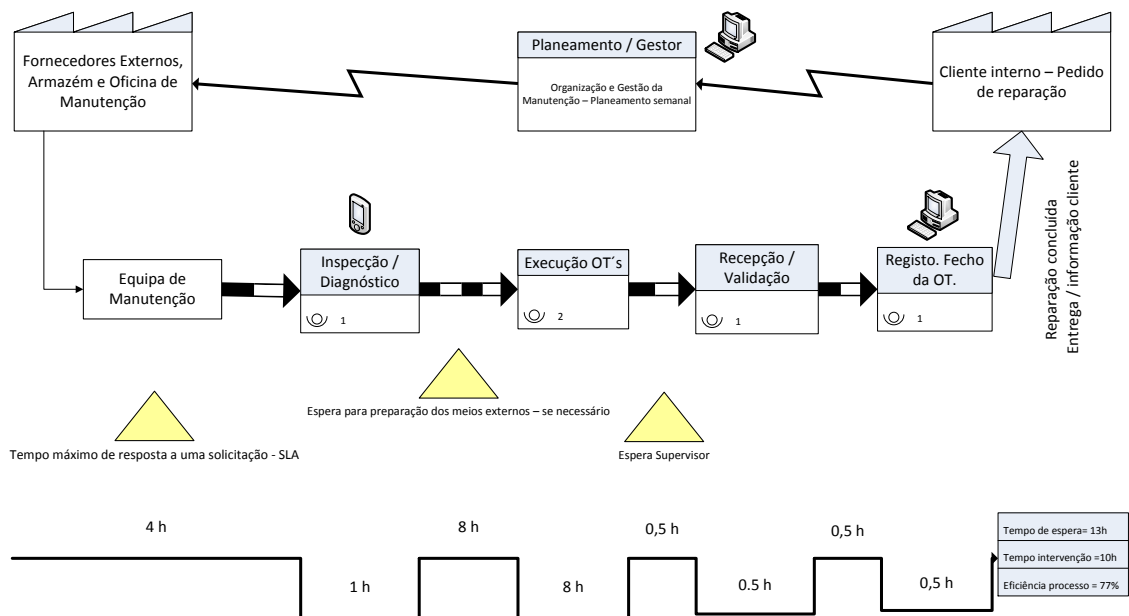


Figura 4.10 - MVSM de um processo de manutenção futuro

Na Tabela 4.4 apresenta-se um resumo dos tempos apurados considerando os dois cenários analisados.

Tabela 4.4 - Resumo de tempos, MVSM atual e MVSM futuro

| Tempos dos processos | MVSM - Caso actual (h) | MVSM - Caso Futuro (h) |
|--|------------------------|------------------------|
| Tempo médio até o início da reparação (MTTO) | 104 | 13 |
| Tempo médio de reparação (MTTR) | 8 | 8 |
| Tempo médio para o equipamento entrar em operação (MTTY) | 9 | 2 |
| Tempo para conclusão do processo (fecho da OT) (h) (não contabiliza) | 25 | 0 |
| Tempo de espera (h) | 112 | 13 |
| Tempo de intervenção (h) | 15 | 10 |
| Tempo total de imobilização (MMLT) | 121 | 23 |
| Eficiência da manutenção (MTTR/ MMLT) | 7% | 35% |
| Eficiência do processo (tempo espera/tempo intervenção) | 13% | 77% |

Verifica-se assim uma redução significativa do tempo total de imobilização, que se deve às seguintes propostas de melhoria consideradas no MVSM futuro:

- Utilização de um programa informático de gestão de manutenção (GMAC), de modo a facilitar a comunicação e organizar a informação, diminuindo o tempo de resposta.
- Recurso a subcontratação da manutenção geral (preventiva e corretiva) com valores base previamente acordados e aprovados, reduzindo os tempos e eliminação de algumas atividades que não criam valor;
- Definição de níveis de serviço (SLA) a incluir na subcontratação, com a contratualização do tempo máximo de resposta a um pedido de intervenção.

4.4.3. Fase da Criação de valor

4.4.3.1. Indicadores KPI's

O objetivo principal ao estabelecer indicadores é que estes permitam a medição do desempenho das atividades da manutenção de edifícios e o de simplificar a gestão e o processo de decisão. Para selecionar os indicadores mais relevantes, o primeiro passo é definir os objetivos e estabelecer as metas que se pretendem atingir. Como objetivos globais para a seleção dos indicadores chave teremos:

- Redução dos orçamentos de manutenção global e subcontratada;
- Redução das tarefas de manutenção corretiva;
- Aumento da eficiência energética;
- Aumento da eficiência da manutenção;
- Melhoria do desempenho do edifício;
- Garantir o cumprimento das obrigações regulamentares.

No que diz respeito às fontes dos KPI's, foi tido em conta o estudo efetuado no Capítulo 2, com base na norma NP EN 15341 (IPQ, 2009) e recomendação de alguns autores, bem como na literatura no âmbito da medição do desempenho e eficiência da manutenção de edifícios e eficiência energética.

Na Tabela 4.5 são apresentados o conjunto de indicadores selecionados para o LBM, organizados por categorias, tendo em conta o caso específico do edifício em estudo.

Tabela 4.5 - Indicadores de desempenho para método LBM

| Categoria : Caraterização Edifício | | | |
|------------------------------------|---|--|-----------------|
| C1 | Área bruta do edifício = | 17695 | m2 |
| C1 | Área útil do edifício = | 11667 | m2 |
| C2 | Índice de ocupação diária = | $\frac{\text{Número de utilizadores diários}}{\text{Área bruta edifício}}$ | x 1000 |
| Categoria : Energia | | | |
| E1 | Índice mensal energia ativa = | $\frac{\text{Consumo mensal energia ativa do ano 0}}{\text{Consumo mensal energia ativa do ano -1}}$ | x 100 |
| E2 | Índice mensal energia reativa = | $\frac{\text{Consumo mensal energia reativa do ano 0}}{\text{Consumo mensal energia reativa do ano -1}}$ | x 100 |
| IEE | Índice eficiência energética = | $\frac{\text{Consumo anual da energia primária}}{\text{Área útil edifício}}$ | kgep/ m2.ano |
| Categoria : Organização | | | |
| O1 | Recursos Humanos de manutenção por área = | $\frac{\text{Numero de total de funcionários de manutenção}}{\text{Área bruta edifício}}$ | |
| O2 | Índice de subcontratação = | $\frac{\text{Numero de funcionários de manutenção externos (subcontratados)}}{\text{Numero total de funcionários de manutenção}}$ | x 100 |
| O22 | Nível de serviço da manutenção = | $\frac{\text{Número de OT's manutenção executadas dentro do tempo previsto}}{\text{Número total de ordens de trabalho programadas}}$ | x 100 |
| ISC | Nível de satisfação dos clientes = | $\frac{\text{Respostas questionário com avaliação global de "Adequado" ou "Adequado e rápido"}}{\text{Total de respostas dos inquéritos}}$ | x 100 |
| Categoria : Técnicos | | | |
| O18 | Índice de manutenção preventiva = | $\frac{\text{Horas homem dispendidas na manutenção preventiva}}{\text{Total horas homem para manutenção}}$ | x 100 |
| O18 | Índice de manutenção corretiva = | $\frac{\text{Horas homem dispendidas na manutenção corretiva}}{\text{Total horas homem para manutenção}}$ | x 100 |
| BPI | Índice de desempenho da manutenção = | $BPI = \sum_{k=1}^{10} W_k * F_k$ | |
| MEI | Índice de eficiência de manutenção = | $MEI = \frac{AMC}{BPI * AC_y} * \frac{1}{OC} * ic$ | |
| T21 | Índice de reparação (MTTR) = | $\frac{\text{Tempo total das reparações}}{\text{Número total de avarias}}$ | h |
| Categoria : Económicos | | | |
| AMC | Custo anual da manutenção = | 427.707,00 | € |
| AMCA | Custo anual da manutenção por Área = | $\frac{\text{Custo total anual da manutenção}}{\text{Área bruta edifício}}$ | €/ m2 |
| E9 | Custo RH manutenção externa = | $\frac{\text{Custo total recursos humanos externos de Manutenção}}{\text{Custo total de Manutenção}}$ | x 100 |

Grande parte dos indicadores representados na tabela anterior estão caracterizados pela sua formulação e descrição dos fatores que os integram, sendo o seu resultado obtido diretamente. Para os indicadores BPI, MEI e IEE, com formulações mais complexas é apresentado seguidamente o seu cálculo.

- *Cálculo BPI e MEI*

Como anteriormente referido, o BPI classifica um edifício de acordo com o seu estado físico e a sua aptidão para o uso, bem como, dos seus principais sistemas.

Para proceder a uma avaliação de um edifício de serviços deve-se proceder à sua organização em sistemas funcionais que pretendem ser uma radiografia das principais funções necessárias para o seu funcionamento.

O indicador desenvolvido por Shohet (2003), é definido pela Equação (2.1):

$$BPI = \sum_{k=1}^n W_k \times P_k \quad (2.1)$$

Onde:

n – O número de sistemas em que é decomposto o edifício.

W_k – Ponderação associada a cada sistema. O peso a ser atribuído tem por base o custo de cada sistema em relação ao custo global durante o ciclo de vida do edifício.

P_k – Define o *estado* de conservação de cada sistema.

Logo, como primeiro passo devemos identificar os principais sistemas funcionais necessários ao bom funcionamento do edifício. No caso de estudo, foram considerados dez sistemas principais que representam as principais funções do edifício. Assim, vamos ter um valor de $n=10$. A Tabela 4.6 ilustra os pesos que foram atribuídos aos 10 sistemas considerados.

Tabela 4.6 - Divisão do edifício em sistemas e respetiva ponderação

| SISTEMA | W_k |
|--|-------------------------|
| Estrutura | 10 |
| Sistemas de vigilância (CCTV) | 5 |
| Construção Civil interiores: Caleiras, estores, caixilharia, portas, fechaduras, etc | 15 |
| Sistema automático de Detecção e Extinção de Incêndio e Extintores | 10 |
| Instalações de Águas e Esgotos, grupos de bombagem de esgotos e hidropressores | 10 |
| Elevadores e monta-cargas | 5 |
| Instalações Eléctricas e pequenas intervenções gerais | 10 |
| AVAC (Instalação Geral e equipamentos) | 15 |
| Telecomunicações | 5 |
| Alimentação de emergência - grupos electrogéneos, UPS, <i>datacenter</i> e baterias | 15 |
| Total | 100 |

Para cada um dos sistemas considerados foi atribuída uma classificação, P_k , com base numa escala de 1-100 e que tem em conta os seguintes elementos básicos:

- Avaliação do estado do sistema;
- Anomalias existentes;
- Tipo de política/estratégia de manutenção implementada pela organização.

Para cada um dos sistemas e ponderando os vários elementos, o valor de P_k para cada sistema k é calculado com base na seguinte Equação:

$$P_k = C_k \times W(C)_k + F_k \times W(F)_k + PM_k \times W(PM)_k \quad (4.1)$$

Onde:

C_k - Número da escala de 0 a 100 pontos, onde é expresso o desempenho do sistema;

$W(C)_k$ - Peso atribuído às condições do componente do sistema k ;

F_k - Frequência de anomalias, considerando um valor entre 100 (nenhuma anomalia em 12 meses) e 20 (anomalias frequentes – em média 12 anomalias em 12 meses);

$W(F)_k$ - O peso das anomalias no sistema k ;

PM_k - Pontuação para manutenção preventiva, avalia o cumprimento dos procedimentos recomendados para cada sistema;

$W(PM)_k$ - Peso da manutenção preventiva no sistema k ;

A avaliação para estes elementos decorre de vistorias que são efetuadas e são obtidas através da atribuição de uma classificação conforme representado na tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Grelha de classificação dos vários elementos P_k (Shohet, 2003)

| | | | | |
|------------|-----------------|--------------|----------|-----------|
| 0 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Perigoso | Muito degradado | Satisfatório | Bom | Muito Bom |

A combinação final destes três fatores traduz o nível de desempenho para cada um dos sistemas P_k . A Tabela 4.8 apresenta os valores utilizados no cálculo do BPI.

Tabela 4.8 - Cálculo do BPI

| SISTEMA | C _k | W(C) k | F _k | W(F) k | PM _k | W(PM) k | P _k | W _k | BPI |
|--|----------------|--------|----------------|--------|-----------------|---------|----------------|----------------|-------------|
| Estrutura | 60 | 45% | 30 | 45% | 100 | 10% | 50,5 | 10% | 5,1 |
| Sistemas de vigilância (CCTV) | 80 | 25% | 80 | 25% | 100 | 50% | 90 | 5% | 4,5 |
| Construção Civil interiores: Caleiras, estores, caixilharia, portas, fechaduras, etc | 50 | 45% | 60 | 45% | 100 | 10% | 59,5 | 15% | 8,9 |
| Sistema automático de Detecção e Extinção de Incêndio e Extintores | 90 | 20% | 80 | 20% | 100 | 60% | 94 | 10% | 9,4 |
| Instalações de Águas e Esgotos, grupos de bombagem de esgotos e hidropressores | 50 | 30% | 30 | 30% | 100 | 40% | 64 | 10% | 6,4 |
| Elevadores e monta-cargas | 90 | 20% | 80 | 20% | 100 | 60% | 94 | 5% | 4,7 |
| Instalações Elétricas e pequenas intervenções gerais | 80 | 25% | 60 | 25% | 100 | 50% | 85 | 10% | 8,5 |
| AVAC (Instalação Geral e equipamentos) | 40 | 40% | 20 | 30% | 100 | 30% | 52 | 15% | 7,8 |
| Telecomunicações | 85 | 20% | 60 | 20% | 100 | 60% | 89 | 5% | 4,5 |
| Alimentação de emergência - grupos electrogêneos, UPS, <i>datacenter</i> e baterias | 85 | 25% | 80 | 25% | 100 | 50% | 91,25 | 15% | 13,7 |
| Total BPI | | | | | | | | | 73,4 |

De acordo com a classificação proposta por Shohet (2003), indicada na Tabela 4.9, podemos concluir que o valor obtido para BPI (73,4) reflete a idade do edifício (cerca de 30 anos) e a necessidade de efetuar algumas intervenções de melhoria.

Individualmente verifica-se o peso dos sistemas elétricos e alimentação de emergência, consequência da existência de um *Datacenter* e os necessários sistemas de apoio.

Além da avaliação das condições atuais do edifício e de cada um de seus sistemas, este indicador tem por objetivo fornecer elementos para análise da evolução da manutenção e eventuais comparações (*benchmarking*) com outros edifícios. Ao incorporar uma componente financeira no desempenho da manutenção do edifício, o gestor da manutenção fica com uma nova perspectiva e uma melhor capacidade de decisão face a algumas intervenções que terá que avaliar.

Tabela 4.9 - Categorias de resultados do BPI (Shohet, 2003)

| | |
|---------------|---|
| BPI > 80 | Edifício em bom estado de conservação |
| 70 < BPI ≤ 80 | Edifício apresenta degradação em alguns elementos |
| 60 < BPI ≤ 70 | Edifício deteriorado a necessitar de manutenção |
| BPI ≤ 60 | Edifício globalmente muito degradado |

O MEI (*Maintenance Efficiency Indicator*) é obtido pela Equação (3.2).

$$MEI = \frac{AMC}{BPI \times AC_y} \times \frac{1}{OC} \times ic \quad (3.2)$$

Onde:

AMC – Custo Anual de Manutenção do edifício [€/m²];

BPI – Indicador de desempenho do edifício;

AC_y – Coeficiente de idade para o ano *y*;

OC – Coeficiente de ocupação;

ic – Índice de preços.

Os custos anuais de manutenção (€/m²) são determinados de acordo com os custos de manutenção preventiva dos vários sistemas do edifício, bem como, os custos de substituição e de fim de vida útil. O coeficiente de idade calculado por Shohet para edifícios hospitalares, relaciona as grandes substituições que ocorrem em cada 20/30 anos com o valor total do orçamento da manutenção para uma duração estimada de 75. Entendeu-se este fator de ponderação como representativo e aplicável a outros tipos de edifícios como sejam os edifícios de serviços como o do caso de estudo.

Assim e aplicando os gráficos desenvolvidos por Shohet (2010), a Figura 4.11 ilustra o valor do coeficiente de idade e na Figura 4.12 o valor para o índice de ocupação.

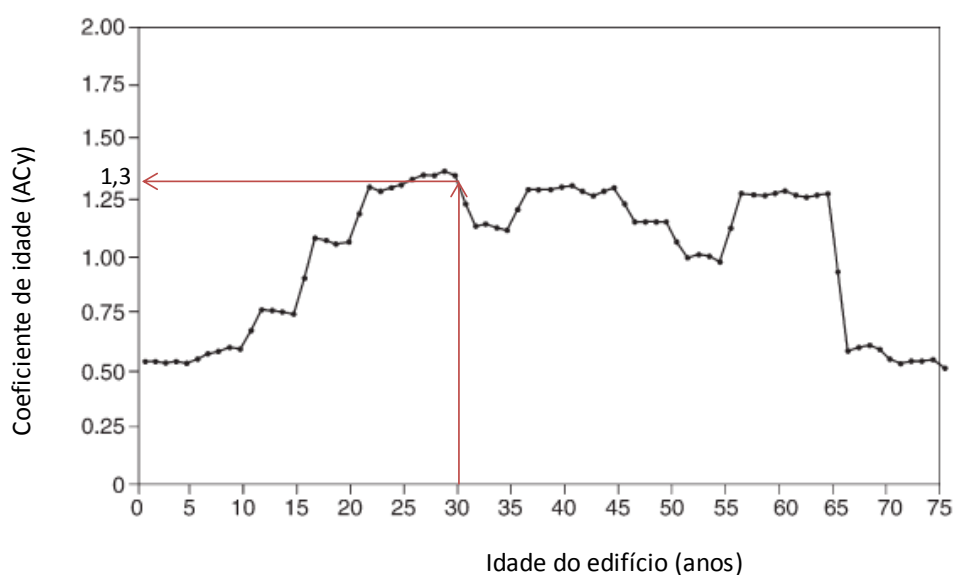


Figura 4.11 - Determinação do coeficiente de idade (AC_y)

Assim para o ano de 2015 (30 anos), o coeficiente de idade será de $AC=1,3$

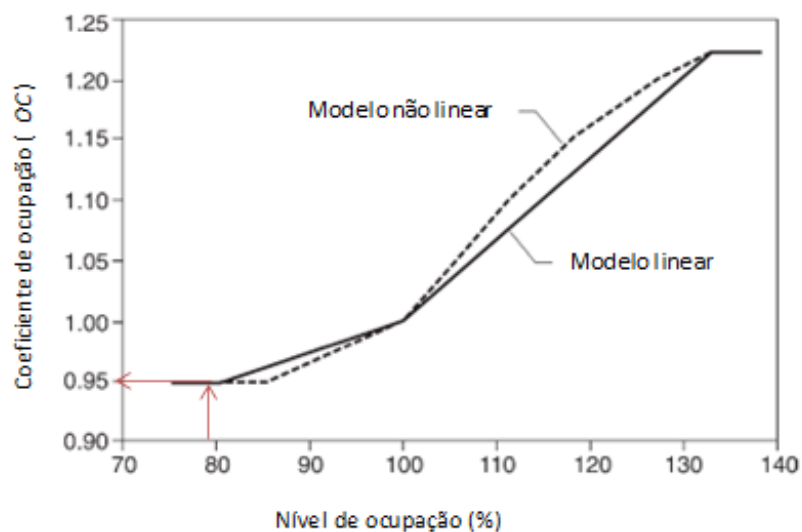


Figura 4.12 - Determinação do nível de ocupação (OC)

Dado o número reduzido de colaboradores residentes no edifício podemos considerar que o seu nível de ocupação será de cerca de 80% a que corresponde um coeficiente de ocupação $OC = 0.95$. Neste estudo não foi considerada a correção do nível de preços pelo que se considera $i=1$. A Tabela 4.10 ilustra os valores utilizados no cálculo do MEI.

Tabela 4.10 - Cálculo do MEI

| Dados do edifício | Valores | Un |
|--|-------------|----------------------|
| Área bruta | 17 695,00 | m ² |
| Utilizadores diários | 300 | |
| Conclusão construção | 1985 | |
| Despesa anual da Manutenção | 427 707,00 | € |
| Despesa anual da Manutenção /área | 24,17 | € por m ² |
| Coeficiente de idade para o ano 2015 (AC) | 1,3 | |
| Coeficiente de ocupação | 0,95 | |
| Indicador de desempenho do edifício (BPI) | 73,4 | |
| Índice de preços (i) | 1 | |
| MEI (Indicador de eficiência de manutenção) | 0,27 | |

De acordo com a classificação proposta por Shohet (2003) e indicação de valores standard para 3 tipos de edifícios distintos, conforme ilustrado na Figura 4.14, podemos concluir que o valor obtido para o MEI (0,27) indica que os recursos de manutenção

estão a ser utilizados com eficiência e são considerados aceitáveis para o tipo de edifício em estudo.

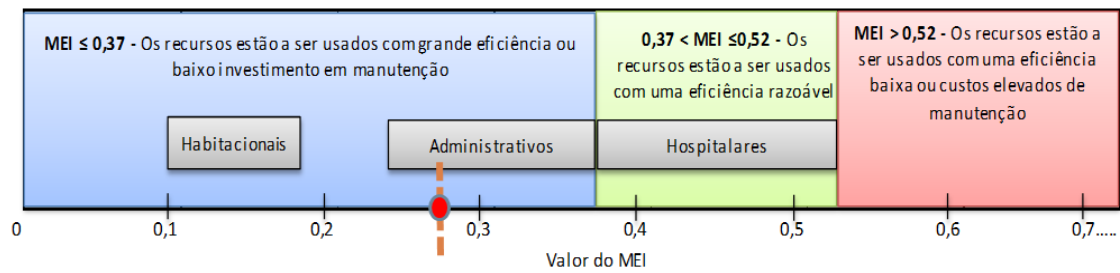


Figura 4.13 - Classificação do MEI, (adaptado de Shohet (2003))

- *Cálculo do IEE*

O edifício objeto de estudo utiliza a eletricidade e o gás natural como energia final. A análise geral do consumo energético é efetuada com base nas respetivas faturas mensais emitidas pelas entidades fornecedoras, tendo como base temporal o último ano de atividade no edifício. O consumo de gás é exclusivamente devido à cozinha sendo todo o sistema de climatização alimentado a energia elétrica. Assim sendo, o perfil de consumo de gás num ano tipo é praticamente constante, enquanto o perfil de consumo elétrico apresenta um pico em período de Verão devido às necessidades de arrefecimento. A evolução dos consumos num ano tipo estão expressas na Figura 4.14.

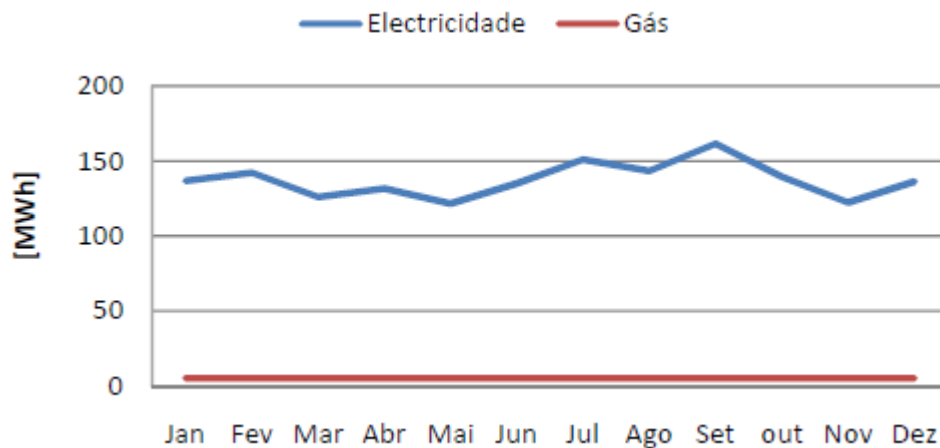


Figura 4.14 - Consumos energéticos de um ano tipo

O consumo médio anual de energia elétrica é de 1645 MWh e o de gás é de 465 m³ (64 MWh).

Os valores provenientes das várias unidades de contagem de eletricidade e de outras fontes de energia (gás) são convertidos para energia primária “kgep” ou “tep”, o que permite soma-los obtendo assim o consumo global de energia independentemente da sua origem. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11- Desagregação dos consumos do edifício em energia primária

| Sistemas | Energia Final [kWh] | | Energia Primária [kgep] (1) |
|--------------|---------------------|-------------|-----------------------------|
| | Energia elétrica | Gás Natural | |
| Iluminação | 504 588,00 | 30,7% | 146 331,00 |
| Equipamentos | 669 710,00 | 40,7% | 199 753,00 |
| AVAC | 470 240,00 | 28,6% | 136 370,00 |
| TOTAL | 1 644 538,00 | | 482 454,00 |

(1) Os fatores de conversão são 0,29 kgep/kWh para energia elétrica e 0,086 kgep/kWh para o gás natural

Analisando os valores obtidos é notória a importância do consumo dos equipamentos elétricos (41%) Os equipamentos instalados são os característicos da tipologia de escritórios, como computadores, impressoras / fotocopiadoras, máquinas de água, monitores, entre outros. Com um peso significativo nos consumos, é também necessário considerar os equipamentos da cozinha e do bar, dos elevadores, assim como a ventilação de desenfumagem do parque de estacionamento. Verifica-se também um peso bastante expressivo na iluminação (31%) o que terá a ver com o grande número de pisos e a tipologia ser assente em salas ou gabinetes em detrimento de espaços comuns. A Figura 4.15 ilustra a comparação dos valores obtidos com os valores indicados por Pinto (2013), onde se verifica um valor bastante distinto de mais 10% nos consumos dos equipamentos, sendo assim um sistema a analisar e estudar formas para diminuir o desperdício.

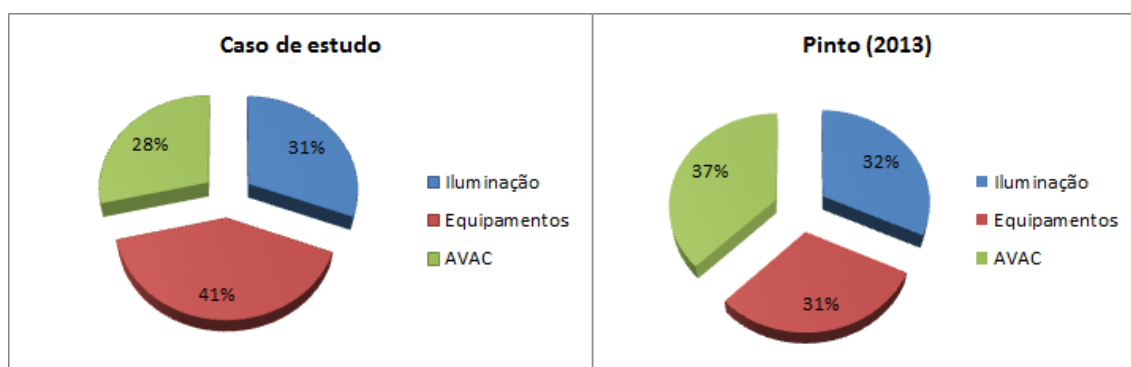


Figura 4.15 – Caracterização e comparação dos consumos do edifício

Atualmente todos os edifícios devem estar classificados energeticamente. O processo de certificação energética implica, em primeiro lugar, verificar se o edifício cumpre os requisitos energéticos regulamentares, ou seja, se o consumo do edifício é inferior aos valores de referência. Este valor de referência é calculado fazendo uma média ponderada pelas áreas dos diferentes tipos de espaços, existentes no edifício e com os valores de referência publicados no RSECE nos anexos X e XI, conforme representado na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Valores de referência para cálculo IEE

| Perfil | Área (m2) | IEE Ref. (kgep/m2.ano) |
|----------------------------------|--------------|------------------------|
| Escritórios | 11110 | 40 |
| Restaurantes | 305 | 170 |
| Cozinhas - 8 - Seg. a Sex. | 252 | 159 |
| Estacionamento - 10 -Seg. a Sex. | 1070 | 12 |
| Área útil total (1) | 11667 | 47,1 |

(1) Nos termos regulamentares a área de estacionamento não é área útil

Com os dados recolhidos e aplicando a Equação (3.3) é possível calcular o IEE real:

$$IEE = \frac{482\,453}{11\,666} = 41,4 \quad [\text{kgep/m}^2.\text{ano}]$$

Verifica-se assim que o valor obtido (41,4) é inferior ao valor de referência (47,1). Posteriormente, impondo ao edifício condições nominais de funcionamento como estão definidas no RSECE, é atribuída uma classificação energética no âmbito do SCE (Sistema de Certificação Energética dos Edifícios), o que para o caso de estudo dá uma classificação C (em 9 níveis, que vão do A+ até ao G). Apesar de o valor obtido ser um valor médio para edifícios usados, demonstra que ainda existem oportunidades de melhorar a sua eficiência.

Cabe normalmente à manutenção de edifícios a gestão energética do mesmo pelo que aplicar uma filosofia Lean neste domínio sobretudo na monitorização e no combate aos desperdícios faz todo o sentido, pois existe um grande potencial de ganhos através de um uso mais eficiente e conseqüente redução de custos.

- *Quadro de bordo*

De modo a apresentar a informação de uma forma concisa e global organizou-se um conjunto de indicadores de manutenção num quadro de bordo (MSC – *Maintenance Scorecard*). Com esta ferramenta é possível monitorizar o progresso no sentido das metas e objetivos definidos. A utilização de um gráfico tipo radar, conforme ilustrado na Figura 4.16, permite visualizar de uma forma imediata os desvios face às metas.

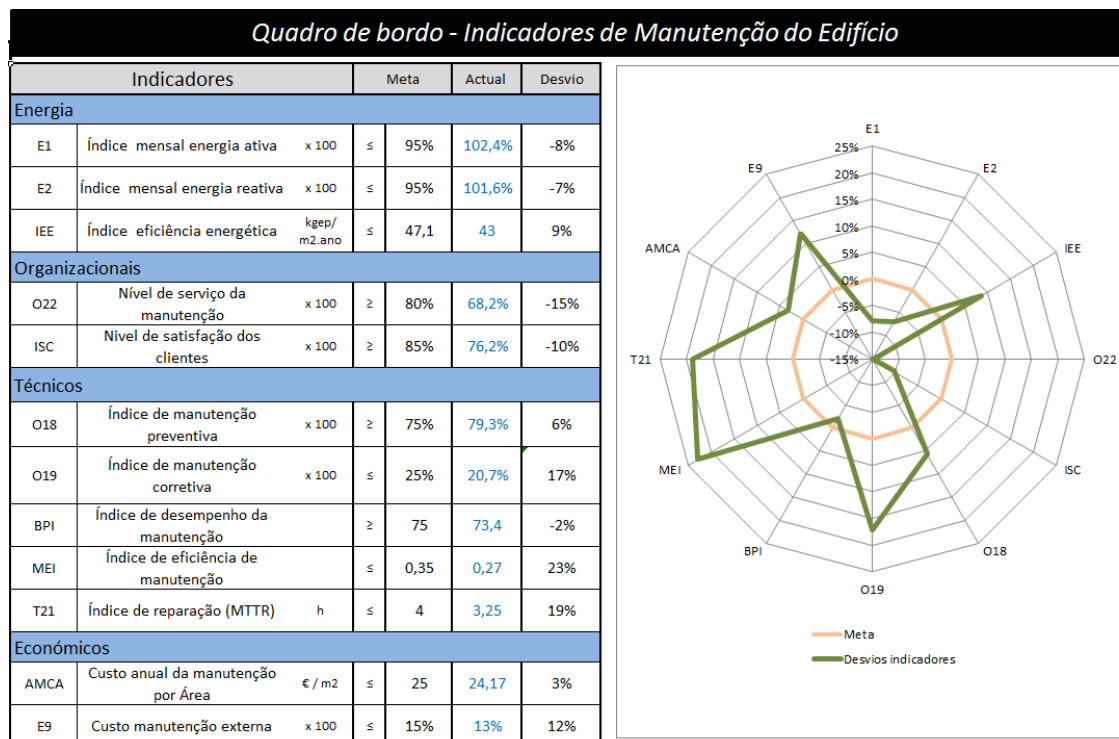


Figura 4.16 - Quadro de bordo, Indicadores de Manutenção

4.4.3.2. *Uniformização do trabalho*

A uniformização de processos tem estado presente na aplicação das várias ferramentas já exemplificadas. A base fundamental para uma adequada uniformização é a existência de um plano de manutenção preventiva que considera um conjunto estruturado de tarefas que devem estar tipificadas e que compreendem as atividades, os procedimentos, os recursos e a duração necessária para executar a manutenção de todos os sistemas do edifício. Também todos os ativos da manutenção (equipamentos materiais e sistemas) devem estar codificados e com registo das suas características técnicas, peças de reserva e intermutabilidade com outros equipamentos quando aplicável. Na etapa de

deteção/identificação de defeitos foi identificada como oportunidade de melhoria a informatização de todo o processo com recursos a *software* específicos (GMAC), reforçando a necessidade do registo de todas as ocorrências evitando a informação verbal e subjetiva. Um dos aspetos fundamentais para uma correta abordagem a uma solicitação de manutenção é o seu diagnóstico, pelo que, é importante uma correta avaliação, transmissão e rapidez da informação recolhida. Complementando os procedimentos já existentes e de modo a otimizar o fluxo de valor, propôs-se a criação de um relatório de diagnóstico e inspeção, conforme ilustrado na Figura 4.17, que uniformize as tarefas de recolha dos dados aquando da deteção de anomalias ou em inspeções periódicas, considerando a identificação do local, quais as técnicas de diagnóstico utilizadas, causas possíveis da anomalia e solução proposta.


| Relatório de inspeção, diagnóstico e reparação | | | |
|---|--|--------------------------------------|---------|
| Identificação do edifício | | Localização da anomalia | |
| Local | Edifício Sede | Piso: | 6 |
| Morada | Av. EUA, 55 | Sala: | WC 6.03 |
| Código Postal | 1794-55 | Outras observações: | |
| Data: | 28-07-2015 | | |
| Identificação da anomalia e metodologia de reparação | | | |
| Sistema: | Instalações de Águas e Esgotos, grupos de bombagem de esgotos e hidropressores | Reparação : | Nível 1 |
| Sub-Sistema: | Rede hidráulicas | Necessidade de desocupação do local: | Não |
| Anomalia detectada: | Fuga de água | Grau de urgência reparação : | Baixo |
| Consequência da anomalia: | Impossibilidade de utilização | | |
| Técnicas de diagnóstico/ ensaios utilizados: | | | |
| Análise visual - Verificação do estado das válvulas, empanques, corrosão, atuação | | | |
| Testar o funcionamento e estanqueidade da válvula, realização de 3 ciclos completos | | | |
| Causas possíveis para a anomalia: | | | |
| Desapertos | | | |
| Presença de impurezas ou calcário nas sedes, juntas ou cilindros (cerâmica) | | | |
| Envelhecimento da junta ou anilha de estanqueidade | | | |
| Proposta de resolução: | | | |
| Substituição da junta e anilha de estanqueidade ou cilindro (cerâmica) | | Validação: | Sim |
| Substituição completa da torneira | | Validação: | Não |
| Inibição do equipamento | | Validação: | Não |
| Equipamento e material necessário à reparação: | | | |
| Chave de bocas | | | |
| Chave de fendas | | | |
| Alicate | | | |
| Fita de teflon | | | |
| Juntas e anilhas de estanqueidade ou cilindro de cerâmica | | | |
| Metodologia de reparação: | | | |
| 1º Fecho da torneira de segurança | | | |
| 2º Retirar capa e manipulô | | | |
| 3º Desapertar a porca do veio ou do cilindro | | | |
| 4º Retirar o veio ou o cilindro | | | |
| 5º Substituição da junta e anilha ou cilindro de cerâmica | | | |
| Outras observações | | | |
| | | | |
| Registo Fotográfico: | | | |
|  | | | |
| Técnico : | | | |
| Criar Ordem de trabalho | | | |

Figura 4.17 - Exemplo da uniformização de um relatório de diagnóstico e inspeção

Este tipo de relatório pretende ser um complemento da ordem de trabalho e no caso de trabalhos idênticos servirem para a sua emissão automática. Desta forma, a informação e a forma correta de executar o trabalho está previamente detalhada e escrita sob a forma de procedimento, pelo que qualquer colaborador que venha a ocupar o lugar de outro colaborador (ou empresa), saiba exatamente o que tem que fazer de modo a garantir um padrão de trabalho uniformizado.

A possibilidade de poder efetuar este tipo de relatório em formato digital através de um equipamento móvel tipo PDA (*personal digital assistant*), funcionado como interface com o GMAC, evita a deslocação da equipa ao escritório e permite a partilha imediata da informação recolhida e eventuais tomadas de decisão, passando a informação de “*push*” (empurra) para “*pull*” (puxar) melhorando assim o fluxo de valor.

Outro aspeto proposto como uniformização de trabalho é o da necessidade de fechar sempre a ordem de trabalho através do uso de relatórios de fecho (*AAR- After action report*) ou preenchimento de campo específico para esse efeito no GMAC. Esta informação deve culminar toda e qualquer ação de reparação ou melhoria.

No âmbito Lean é importante fomentar o registo e a partilha do conhecimento para que não se comece sempre do zero e se evite cometer erros.

4.4.3.3. Gestão visual

Um dos princípios da gestão Lean diz respeito à envolvência das pessoas nos processos sendo para isso fundamental o acesso e partilha da informação. Assim a comunicação interna deve ser estimulada e como suporte à transmissão de informação recorreu-se as técnicas de gestão visual utilizando painéis e mapas acessíveis a todos os utilizadores do edifício. A nível dos painéis estes incidiram sobre a necessidade de poupança de energia e a sensibilização de todos para a eliminação de desperdícios nesta área, bem como, a sensibilização ambiental na separação dos resíduos possibilitando uma maior reciclagem diminuindo assim o impacto ambiental e melhorando a sustentabilidade do edifício. Na Figura 4.18 apresentam-se dois exemplos dos painéis informativos apelando à colaboração de todos no sentido de atingir os objetivos definidos, neste caso redução dos desperdícios de energia e melhoria da sustentabilidade do edifício.

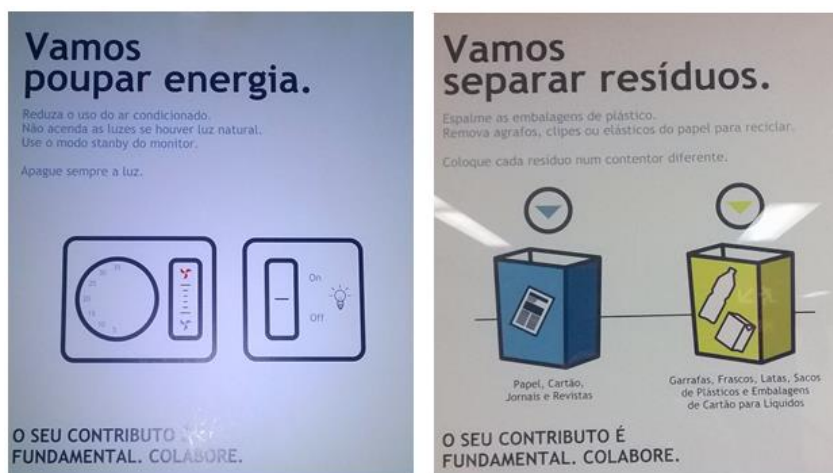


Figura 4.18 - Gestão visual, exemplos de painéis de informação

Outro exemplo de transmissão de informação é através da utilização de suporte digital usando a rede interna de Intranet, o que permite assim alcançar a quase totalidade dos utilizadores do edifício. Os exemplos ilustrados nas Figuras 4.19 e 4.20, incidem sobre dois tipos de informação visual. O primeiro, é um aviso afixado no local onde se irão realizar atividades de manutenção, de modo a prevenir os utilizadores mais afetados. O outro exemplo, é da divulgação de dados, via intranet, que visualizam a monitorização do consumo de energia (ativa e reativa) apelando à colaboração e sentido de responsabilidade de todos no sentido de contribuírem para a sua redução. Considerou-se nesta monitorização também a energia reativa, dado que esta não produz qualquer trabalho útil, sendo portanto uma fonte de desperdício e que representou no ano de 2014, cerca de 21.000,00€.



Figura 4.19 - Gestão visual - Informação de obras

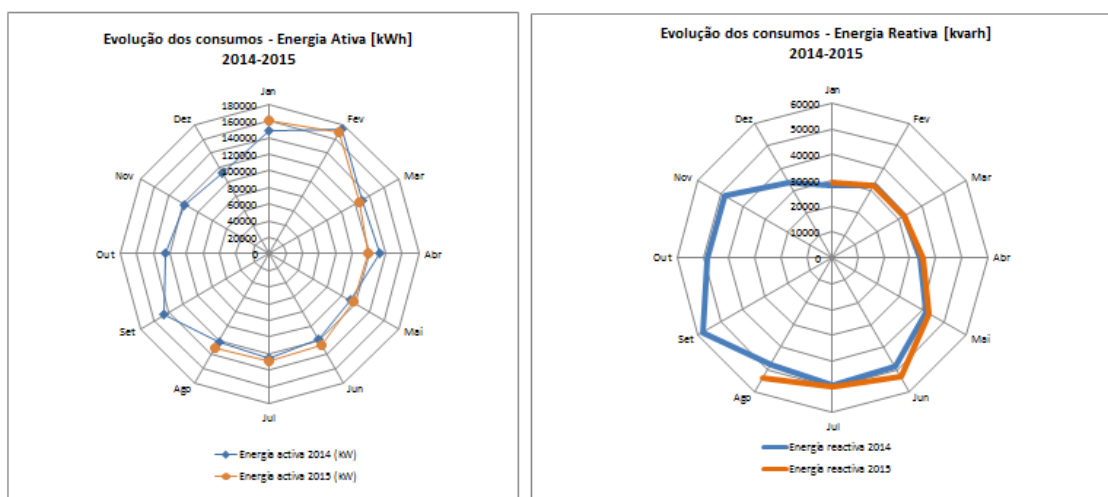


Figura 4.20 – Gestão visual - Informação dos consumos energia

4.4.3.4. SLA – Níveis de serviço

Um dos aspetos que interessa verificar no caso de estudo, diz respeito ao tipo de metodologia de manutenção que é aplicado para as várias solicitações que vão surgindo. Neste caso é aplicada a metodologia mais comum na manutenção de edifícios, ou seja, o método dos “3 níveis”. Neste método as intervenções de manutenção são organizadas conforme ilustrado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Método dos 3 Níveis de intervenção de manutenção

| | |
|---------|---|
| Nível 1 | Considera todas as atividades que possam ser executadas por mão-de-obra não especializada. Normalmente são ações executadas pela equipa interna (que pode ser subcontratada) |
| Nível 2 | Considera todas as atividades que devem ser executadas por mão-de-obra especializada. Normalmente este tipo de operações é realizado através de empresas subcontratadas |
| Nível 3 | Considera todas as atividades que só podem ser realizadas por mão-de-obra especializada, com assistência do fabricante do equipamento em causa e/ou por organizações certificadas |

Tendo em conta que grande parte das intervenções de manutenção estão sob responsabilidade de empresas subcontratadas é fundamental identificar o nível de criticidade técnica das incidências em cada sistema e para cada uma destas incidências definir um período de tempo máximo para resolução da ocorrência (avaria, pedido de solicitação de intervenção, etc.). Este tempo designado como nível de serviço (SLA) deve estar contratualizado para estejam claramente definidas as responsabilidades entre

o adjudicante e os prestadores de serviços de manutenção. Através da definição de SLA's é possível tanto ao adjudicante como ao prestador de serviços compartilhar uma visão comum dos objetivos estratégicos a atingir.

Para o presente caso de estudo considerando já a proposta de melhoria efetuada no mapa de MVSM do estado futuro, conforme ilustrado na Tabela 4.14, são considerados um conjunto de quatro níveis de serviço, cuja prioridade é definida quando do registo de todas as ordens de trabalho.

Tabela 4.14 - SLA em função do grau de prioridade

| Grau de prioridade | Impacto | Actuação | Exemplo da anomalia | Tempo de resposta (SLA) |
|--------------------|--|---|---|-------------------------|
| Baixo | Avaria detetada sem causar qualquer anomalia condicionante ao normal funcionamento do edifício | A manutenção deve proceder à inspeção e avaliação da avaria, planeando a correção para o momento mais oportuno de modo a não perturbar o funcionamento, nem causar incómodo aos utilizadores. | Torneira a pingar. Lâmpada fundida | ≤ a 4 horas ou planear |
| Normal | Avaria que pode causar problemas ao normal funcionamento do edifício, contudo outros equipamentos redundantes podem ser utilizados de modo a que não sejam afetados as funções requeridas | A manutenção deve, logo que possível, corrigir o problema para repor a funcionalidade do equipamento, sem causar grande transtorno para os clientes. | Elevador avariado. Porta de entrada avariada | ≤ a 4 horas |
| Urgente | Avaria que causa a paragem ou o deficiente funcionamento de um equipamento cuja gravidade coloca em causa o normal funcionamento da edifício, provocando transtornos aos utilizadores ou impossibilidade de utilização de algumas zonas essenciais | A manutenção deve num curto espaço de tempo corrigir o problema para repor a funcionalidade do equipamento. Devem ser tomadas as medidas que não exponham as pessoas, instalações ou ambiente a riscos desnecessários | Falta de energia dos sistemas de informática/ comunicações, falha de alimentação elétrica | ≤ a 2 horas |
| Emergência | Avaria que coloca em causa o funcionamento de um equipamento indispensável ou que coloca em causa a segurança dos utilizadores, da instalação ou risco de danos ambientais | A manutenção deve de imediato corrigir ou isolar o problema para repor a funcionalidade do equipamento. Em função do nível de criticidade devem ser tomadas medidas de emergência adequadas de modo a evitar transtorno para os utilizadores. | Fugas de gás ou fuel, inundações/ derrames | Imediato |

Assim o prestador de serviços deverá dotar-se dos meios necessários, muitas vezes através de serviços de assistência 24 horas-dia/7 dias por semana, de modo a satisfazer os SLA contratualizados e cujo incumprimento deverá estar sujeito à aplicação de penalidades.

Também em função da criticidade de alguns sistemas podem-se definir tempos de resposta distintos, sendo que para o caso do edifício em estudo, existem diferentes SLA's para as prioridades normais, conforme representado na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Definição dos SLA para o edifício

| Instalações | Tempo de resposta normais (SLA) |
|--|--|
| Alimentação de energia elétrica a centros de despacho <i>Datacenter</i> | ≤ a 2 horas |
| Edifício Geral | ≤ a 4 horas |

Devem ser associados indicadores de desempenho que avaliem o cumprimento destes tempos, sendo comum definir que no mínimo 95% das avarias/ocorrências sejam resolvidas no prazo indicado na tabela acima. Em função dos resultados verificados poderá ser necessário executar a reavaliação/redefinição anual dos objetivos, mediante acordo entre as partes.

O conhecimento da criticidade dos sistemas com a definição adequada dos SLA, bem como com a uniformização dos graus de prioridade, suportado com o registo de todas as ordens de trabalho (OTs) e ocorrências de avarias, traduz-se numa melhoria em termos de tempo de intervenção, bem como, a diminuição de eventuais litigâncias com as empresas prestadoras de serviços originadas por indefinições na atribuição de responsabilidades.

4.4.4. Sistemas de Informação, GMAC ou BPI

A quarta fase/pilar tem como objetivo a implementação de um sistema de informação de modo a permitir uma gestão mais eficiente do volume de informação necessária à atividade de gestão como também no suporte à tomada de decisão. Assim, é preconizado a implementação de um sistema informático para a organização e gestão da manutenção de edifícios, usualmente designados por GMAC (Gestão da Manutenção Assistida por Computador). Como alternativa, pode ser implementado o modelo BIM (*Building Information Model*). Este modelo considera uma abordagem global da gestão da informação relativa ao edifício, considerando as suas várias fases: projeto, construção, operação e manutenção, ou seja, todo o ciclo de vida do edifício. Tendo em conta a idade do edifício em estudo, a informação existente está quase toda em suporte físico o que para permitir um uso pleno de um BIM obrigava a um grande esforço na compilação e digitalização de todos os dados desde da fase de projeto, com o inevitável impacto económico.

Assim decidiu-se avançar para a implementação de um GMAC, como suporte para a gestão das atividades da manutenção e com possibilidade de ligação aos *softwares* de

gestão já utilizados na empresa (compras, contabilidade, património) evitando assim duplicação de dados e possibilitando a transferência de informações entre programas e módulos.

O sistema de informação é composto por vários módulos, que cobrem todas as atividades que se relacionam com a manutenção do edifício, conforme ilustrado na Figura 4.21. Cada módulo do programa tem, por seu lado, funções próprias dentro do sistema, funcionando como fornecedores de toda a informação necessária ao serviço de manutenção ou utilizadores interessados.



Figura 4.21 - Software de gestão da manutenção MAC

A utilização deste *software* MAC (desenvolvido pela Glintt) permite um registo informatizado de toda a informação relevante, passando a existir uma base de dados única e de acesso global que irá permitir um melhor planeamento e execução das atividades de manutenção. Este planeamento permite a maximização do tempo de funcionamento do equipamento, reduzindo o tempo total de imobilização, reduz a necessidade de manutenção corretiva de emergência, reduz os custos de manutenção e reduz o tempo das atividades não produtivas.

A disponibilidade de informação detalhada e rigorosa, conjugada com algumas das ferramentas já aqui apresentadas, permite gerir de forma eficiente as tarefas de manutenção preventiva e corretiva, apoiar as decisões de uma forma fundamentada e evidenciar o cumprimento de requisitos legais.

Capítulo 5 – Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

Os métodos de trabalho e de gestão herdados do passado estão cada vez menos adaptados às turbulências do mundo moderno. A gestão Lean, é uma filosofia de gestão que tem como principal objetivo a eliminação ou redução das atividades que não geram valor para o cliente.

Ao longo desta dissertação foi dado especial relevo à manutenção de edifícios, evidenciando as suas responsabilidades e grande abrangência de atuação, o que para garantir uma manutenção eficiente obriga a uma melhoria contínua e um cada vez maior combate ao desperdício.

O modelo proposto designado por LBM (*Lean Building Maintenance*) para a manutenção de edifícios procura combinar os conceitos da gestão Lean com as especificidades associadas à manutenção de edifícios de serviços, nomeadamente, na garantia dos padrões de conforto e qualidade do serviço prestado aos utilizadores, no cumprimento de requisitos legais, na adaptação à complexidade das tecnologias e funcionalidades do edifício, em conformidade com as questões de segurança e ambiente.

O LBM pretende ser um modelo de suporte à implementação de uma cultura Lean na gestão de manutenção de edifícios, proporcionando aos gestores um conjunto organizado e evolutivo de ferramentas e conceitos que despertem a atenção da organização para as vantagens da implementação de uma gestão Lean.

O caso de estudo permitiu ilustrar a aplicabilidade do modelo proposto assim como as vantagens associadas.

Desenvolvimentos Futuros

Para desenvolvimentos futuros, existem algumas ferramentas do LBM que deveriam ter continuidade dado que não foi possível implementá-las na sua totalidade, tendo em conta o intervalo temporal em que foi desenvolvida esta dissertação. Também o facto de se ter alterado o modelo de gestão da manutenção do edifício, passando esta a ser totalmente subcontratada, transferindo assim o risco de uma menor eficiência para o prestador de serviços, levou a que algumas medidas não fossem de imediato implementadas.

Um dos aspetos a desenvolver passa no acompanhamento e eventual desenvolvimento dos indicadores de desempenho (KPI's) utilizados no LBM através da realização de *benchmarking* com outras organização similares, ou mesmo internamente para as empresas subcontratadas e que têm na sua carteira de contractos várias empresas idênticas, de modo a avaliarem os resultados da aplicação dos seus procedimentos.

Será importante também avaliar periodicamente se o nível de serviço (SLA) usado pelas organizações para controlar os níveis de serviços que lhe são prestados, está adequado às necessidades de ambas as partes.

O método LBM foi desenvolvido e aplicado tendo em conta as características específicas do caso de estudo, pelo que seria interessante verificar futuramente a sua aplicabilidade através da sua implementação em edifícios de serviços, mas com características distintas.

Bibliografia

- Almeida, J.** 2011. *Aplicação de ferramentas associadas à filosofia Lean, Dissertação de Mestrado*. Lisboa : Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- Alsyouf, I.** 2011. *A framework for assessing the cost effectiveness of lean tools*. European Journal Of Industrial Engineering, Vol. 5, 170-197.
- Au-Yong, C.P., Ali, A.S. e Ahmad, F.** 2014. *Preventive Maintenance Characteristics towards Optimal Maintenance Performance: A Case Study of Office Buildings*. Kuala Lumpur, Malaysia: World Journal of Engineering and Technology, 2, 1-6.
- Assis, R.** 2010. *Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos*. Lisboa: LIDEL.
- Ben-Daya, M., Duffuaa, S., Knezevic, J. e Raouf, A.** 2009. *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. London : Springer-Verlag.
- Bicheno, J.** 2008. *The lean toolbox for service systems*. Cardiff : Lean Research Center, PICSIE Books
- BSI.** 1986. *BS 8210 - Guide to facilities maintenance management*. London : British Standard Institution
- Cabral, J.** 2013. *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios*. Lisboa : LIDEL
- Calejo, R.** 2001. *Gestão de edifícios: Modelo de simulação técnico-económica, Dissertação de Doutoramento*. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- Cardoso, H.** 2012. *Implementação de uma Ferramenta Informática para Gestão da Manutenção de um Edifício, Dissertação de Mestrado*. Lisboa : Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- Cavalcanti, T.** 2009. *KPI como ferramenta no controle de custos do estoque*. São Paulo, Brasil : Faculdade de Tecnologia Zona Leste - Centro Paula Souza
- Chanter, B. e Swallow, P.** 2007. *Building maintenance management, 2nd ed.* Oxford, UK : Blackwell Publishing.
- Charron, R., Harrington, H., Voehl, F. e Wiggin, H.** 2014. *The Lean Management Systems Handbook*. New York : CRC Press.
- Conway, B.** 2010. *Office Building*. Acedido em 11/04/2015, no web site da : Whole Building Design Guide – National Institute of Building Sciences: <http://www.wbdg.org/design/office.php#bldgatt>
- Cuatrecasas, L.** 2014. *Los principios del Lean Management desde el punto de vista económico*. Acedido em 23/03/2014, no web site da: *Lean Enterprise Institute*: www.mylean.org.

- Cunha, O.** 2012. *Implementação da metodologia 5S e análise de Tempos e Métodos numa linha de montagem de carroçarias, Dissertação de Mestrado.* Coimbra : Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciência e Tecnologia.
- Dhillon, B. S.** 2002. *Engineering and Technology Management Tools and Applications.* Norwood, EUA : Artech House, Inc.
- Duclos, M.** 2013. *Lean Principles in Facility management.* Athens, Geórgia, EUA : University of Georgia.
- Erhorn, H., Erhorn-Kluttig, H.** 2012. *The Path towards 2020: Nearly Zero-Energy Buildings,* REHVA, European HVAC Journal,49: 12-16
- Falorca, J., Rodrigues, C. e Silva, M.** 2011. *A utilidade das aplicações informáticas na gestão da manutenção de edifícios, 2º Forum Internacional de Gestão da Construção – GESCON 2011.* Porto : FEUP.
- Forno, Ana J., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., Kipper, L. M.** 2014. *Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about application of Lean tools.* The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 72: 779-790
- Francischini, P., Miyake, D. e Giannini, R.** 2006. *Adaptação de conceitos de melhorias operacionais provenientes do Lean Production em operações de serviços.* Fortaleza, Brasil : XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção.
- Giannini, R.** 2007. *Aplicação de ferramentas do pensamento enxuto na redução de perdas em operações de serviço.* São Paulo : Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Gonçalves, C.** 2014. *Gestão Manutenção em Edifícios: Modelos para uma abordagem LARG (Lean, Agile, Resilient e Green) - Dissertação de Doutoramento.* Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Gonçalves, H.** 2010. *Eficiência Energética nos Edifícios.* Lisboa : LNEG - Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia I.P.
- Hanna, J.** 2007. *Bringing 'Lean' Principles to Service Industries.* Harvard : Harvard Business Scholl.
- Hines, P. e Taylor, D.** 2000. *Going lean.* Cardiff, UK : Lean Enterprise Research Centre, Cardiff Business School.
- IPQ. 2007. NP EN 13269, Manutenção. Instruções para a preparação de contratos de manutenção.** Lisboa : Instituto Português da Qualidade.
- IPQ. 2007. NP EN 13306, Terminologia da Manutenção.** Lisboa : Instituto Português da Qualidade.
- IPQ. 2009. NP EN 15341 Indicadores de desempenho da manutenção (KPI).** Lisboa : Instituto Português da Qualidade.

- IPQ. 2012.** *NP EN ISO 50001 - Sistemas de Gestão de Energia.* Lisboa : Instituto Português da Qualidade.
- ISO-15586-1.** 2011. *Buildings and constructed assets - Service life planning.* s.l. : International Standard.
- Jones, T. 2004.** *Building a Lean management system.* Stuttgart : Productions systems conference.
- Kannan, S., Li, Y., Ahmed, N. e El-Akkad, Z.** 2007. *Developing a Maintenance Value Stream Map.* Knoxville, USA : Department of Industrial and Information Engineering, University of Tennessee.
- Kardec, A.** 2003. *Gestão e terceirização na manutenção.*
- Liker, J. e Morgan. J.** 2006. *The Toyota way in services: the case of Lean product.* EUA : Academy of Management Perspectives.
- Liker, J.** 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer.* New York : McGraw-Hil.
- Liu, A.** 2010. *Directrizes para Projectos de Edifícios de Escritórios - Dissertação de Mestrado.* São Paulo : Escola Politécnica da Universidade de São Paulo .
- Machado, M.** 2013. *Manutenção Preventiva de um Edifício Hospitalar, Dissertação de Mestrado.* Lisboa : Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Mather, D.** 2007. Lean vs. Lean Maintenance. Acedido em 27/05/2014, no web site da: *Plant Services.*: <http://www.plantservices.com/articles/2007/>.
- Mauricio, F.** 2011. *Aplicação de Ferramentas de Facility Management à Manutenção Técnica de Edifícios de Serviços - Dissertação de Mestrado I.* Lisboa : IST - Universidade Técnica de Lisboa.
- McCarthy, D. e Rich, N.** 2004. *Lean TPM – A Blueprint for Change.* England : Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Melo, E., Magnagnago, L. e Grippa, S.** 2013. *Aplicação da gestão visual no setor produtivo da empresa Ynovacor Texturização Ltda.* Brusque, Brasil : Revista Unifebe - Centro Universitário de Brusque.
- Melton, T.** 2005. *The Benefits of Lean Manufacturing - What Lean Thinking has to Offer the Process Industries.* Glasgow, UK : Chemical Engineering Research and Design.
- Moreira, F.** 2008. *Lean Thinking – Transferência do conhecimento para o sector dos serviços, Dissertação de Mestrado.* V.N. Famalicão : Universidade Lusíada.
- Naik, Vivek E.** 2015. Ultimate Guide to Lean Management. Acedido em 22/02/2015, no web site da *What is lean management.*: <http://whatisleanmanagement.com/>.
- NBR-5674.** 1999. *Manutenção de edificações - Procedimentos.* Rio de Janeiro, Brasil : ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas.

- Neto, P. e Martins, R.** 1998. *Indicadores de desempenho para gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização*. S. Paulo : Gestão & Produção.
- Ohno T.** 1998. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Portland, USA: Productivity Press
- Peres, C. e Lima, G.** 2008. *Proposta de modelo para controle de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados*.
- Pinto, J.** 2008. *Lean thinking – Introdução ao pensamento magro*. Lisboa : Comunidade Lean Thinking.
- Pinto, J.** 2013. *Manutenção Lean*. Lisboa : LIDEL.
- Pinto, J.** 2014. *Introdução ao pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa. : CLT Services.
- Pinto, M.V.** 1994. *Gestão da Manutenção*. Lisboa : IAPMEI Ministério da Industria e Energia.
- Proulx, L.** 2014. Lean implementation, step by step. Acedido em 24/09/2014, no web site da: *Plant Engineering*.: <http://www.plantengineering.com/single-article/lean-implementation-step-by-step>.
- Raposo, S.** 2012. *A gestão da manutenção de edifícios. Sessões técnicas do departamento de edifícios*. Faro : Universidade do Algarve
- RCCTE.** 2006. *DL 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Lisboa : Diário da República
- RICS, Royal Institution of Chartered Surveyors.** 2009. *Building maintenance: strategy, planning and procurement*. Coventry, UK : RICS
- Rodrigues, C.** 2008. *Gestão do Património Edificado - Gestão de Edifícios, Curso de Pós-Graduação em Gestão Imobiliária*. Porto : FEP-FEUP.
- Rother, M. e Shook, J.** 1999. *Learning to See - Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. MA, USA : The Lean Enterprise Institute.
- RSECE.** 2006. *DL 79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*. Lisboa : Diário da República..
- Shohet, I. e Lavy S.** 2003. *Integrated maintenance monitoring of hospital buildings*. : Construction Management and Economics.
- Shohet, I.M.** 2010. *Performance-Based-Maintenance of Public Facilities: Principles and Implementation*. Israel : Construction Management Program Department of Structural Engineering Ben-Gurion University of the Negev.
- Simões, Diogo e Sampaio, A. Z.** 2014. *Maintenance of Buildings Using BIM Methodology - Departamento Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa*. Lisboa : The Open Construction and Building Technology Journal, 8.

- Smith, R. e Hawkins, B.** 2004. *Lean Maintenance. Reduce costs, Improve Quality and increase market share.* Oxford, UK : Elsevier Butterworth–Heinemann.
- Song, W., Tan, K. e Baranek, A.** 2009. *Effective toolbox for lean service Implementation.* International Journal of Services and Standards, Vol. 5, Nº 1, 1-16.
- Stanford, H.** 2010. *Effective Building Maintenance: Protection of Capital Assets.* London : The Fairmont Press, Inc.
- Tapping , D. e Shuker, T.** 2003. *Management forthe Lean Office.* New York : CRC Press
- Tavares, A.** 2009. *Gestão de Edifícios, Informação Comportamental. Dissertação de Mestrado.* Porto : Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- Wireman, T.** 2005. *Developing performance indicadores for managing maintenance.* New York : Industrial Press.
- Womack, J., Jones, T. e Roos, D. T.** 1990. *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production.* New York, EUA : Rawson Associates.
- Womack, J., e Jones, T.** 2003. *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.* London : Simon & Shuster.
- Xavier, J. N.** 2007. *Indicadores de Manutenção.* : Acedido em 19/11/2014, no web site da: Manter - O portal da manutenção: <http://w.manter.com.br/>.
- Xenos, H. G.** 2004. *Gerenciando a Manutenção Produtiva : O Caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.* Belo Horizonte: Nova Lima IDGN Tecnologia e Serviços Lda.

Anexos

Anexo I – Listas comparativa de indicadores de desempenho

Tabela I.1 - Lista comparativa de indicadores económicos

| Indicadores Económicos | | Proposto por : | | | | NP EN 15341 (IPQ, 2009) |
|---|----------------------|-----------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------------|
| | | Pinto (2013) | Cabral (2013) | Xavier (2007) | Mauricio (2011) | |
| <u>Custo total de Manutenção</u> Custo de substituição | x 100 | | | | ✓ | E1 |
| <u>Custo total de Manutenção</u> Custo total da empresa | x 100 | ✓ | | | | |
| <u>Custo total de Manutenção</u> Quantidade produzida | €/un | ✓ | ✓ | | ✓ | E3 |
| <u>Custo total da manutenção</u> Custos de transformação da produção | x 100 | ✓ | | ✓ | | E4 |
| <u>Custo total de Manutenção+Custo de recuperação após indisponibilidade</u> Output de operações | | | | | ✓ | E5 |
| <u>Valor médio do stock de materiais de manutenção</u> Valor de substituição dos activos | x 100 | ✓ | ✓ | ✓ | | E7 |
| <u>Custo total recursos humanos de Manutenção</u> Custo total de Manutenção | x 100 | | | ✓ | | |
| <u>Custo total de Manutenção</u> Total de horas da manutenção | €/hora | ✓ | | | | |
| <u>Custo total recursos humanos internos de Manutenção</u> Custo total de Manutenção | x 100 | | ✓ | | ✓ | E8 |
| <u>Custo total recursos humanos externos de Manutenção</u> Custo total de Manutenção | x 100 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | E9 |
| <u>Custo total dos serviços de terceiros</u> Custo total de Manutenção | x 100 | | ✓ | | | E10 |
| <u>Custo total dos materiais de manutenção</u> Custo total de Manutenção | x 100 | | ✓ | ✓ | | E11 |
| <u>Custo total dos materiais de manutenção</u> Valor médio do stock de materiais de manutenção | = Taxa de rotação | ✓ | ✓ | | | E12 |
| <u>Custo total de Manutenção Correctiva</u> Custo total de Manutenção | x 100 | ✓ | ✓ | | | E15 |
| <u>Custo total de Manutenção não planeada</u> Número de avarias | €/avaria | ✓ | | | | |
| <u>Custo total de Manutenção Preventiva</u> Custo total de Manutenção | x 100 | | ✓ | | ✓ | E16 |
| <u>Custo total de Manutenção Condicionada</u> Custo total de Manutenção | x 100 | | | | ✓ | E17 |
| <u>Custo total de Manutenção Sistemática</u> Custo total de Manutenção | x 100 | | | | ✓ | E18 |
| <u>Custo das acções de melhoria</u> Custo total de manutenção | x 100 | | ✓ | | | E19 |
| <u>Custo das paragens programadas de manutenção</u> Custo total da manutenção | x 100 | ✓ | | | | E20 |

Tabela I.2 - Lista comparativa de indicadores técnicos


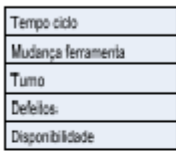






| Indicadores Técnicos | Proposto por : | | | | NP EN 15341 (IPQ, 2009) |
|--|-----------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------------|
| | Pinto (2013) | Cabral (2013) | Xavier (2007) | Mauricio (2011) | |
| <u>Tempo total de funcionamento</u> Tempo total de funcionamento + Tempo de indisponibilidade por manutenção x 100 | | ✓ | ✓ | ✓ | T1 |
| <u>Tempo de disponibilidade durante o tempo requerido</u> Tempo requerido x 100 | ✓ | ✓ | | ✓ | T2 |
| <u>Número de acidentes pessoais devidos à manutenção</u> Tempo de trabalho | | | | ✓ | T5 |
| <u>Tempo total de funcionamento</u> Tempo em funcionamento total+ Período de paragem devido a avarias x 100 | ✓ | ✓ | | ✓ | T6 |
| <u>Tempo total de funcionamento</u> Tempo em funcionamento total + Tempo indisponibilidade devido a Manutenção programada e planeada x 100 | | ✓ | | ✓ | T7 |
| <u>Período de paragem devido a Manutenção preventiva</u> Tempo total de indisponibilidade devido a Manutenção x 100 | | | | ✓ | T8 |
| <u>Período de paragem devido a Manutenção Sistemática</u> Tempo total de indisponibilidade devido a Manutenção x 100 | | | | ✓ | T9 |
| <u>Numero de avarias que causaram acidentes pessoais</u> Numero total de avarias x 100 | | | | ✓ | T11 |
| <u>Numero de avarias falhas que causaram perigos ambientais</u> Numero total de avarias x 100 | | | | ✓ | T13 |
| <u>Tempo total de funcionamento</u> Numero de ordens de trabalhos de manutenção | | | | ✓ | T16 |
| <u>Tempo total de funcionamento</u> Numero total de avarias x 100 | | ✓ | ✓ | ✓ | T17 |
| <u>Tempo total das reparações</u> Número total de avarias MTRR | | ✓ | ✓ | | T21 |

Tabela I.3 - Lista comparativa de indicadores organizacionais

| Indicadores Organizacionais | Proposto por : | | | | NP EN 15341 (IPQ, 2009) |
|---|----------------------------------|------------------|------------------|--------------------|----------------------------|
| | Pinto (2013) | Cabral (2013) | Xavier (2007) | Mauricio (2011) | |
| <u>Numero de funcionários de manutenção da organização</u> Numero total de funcionários na organização | x 100 | | | ✓ | O1 |
| <u>Numero de funcionários de manutenção indirectos da organização</u> Numero de funcionários de manutenção da organização | x 100 | | | ✓ | O2 |
| <u>Numero de funcionários de manutenção indirectos da organização</u> Numero de funcionários de manutenção directa da organização | x 100 | | | ✓ | O3 |
| <u>Horas homem em planeamento e programação da manutenção</u> Horas homem em manutenção disponível | x 100 | | ✓ | ✓ | O5 |
| <u>Número de acidentes com pessoal de manutenção</u> Efectivo total do pessoal de manutenção | x 10.000 (taxa de frequência) | ✓ | | ✓ | O6 |
| Horas homem perdidas pelo pessoal de manutenção devidas a acidentes de trabalho | x 10.000 (taxa de severidade) | ✓ | | ✓ | O7 |
| <u>Total de horas homem trabalhadas pelo pessoal de manutenção</u> Horas homem para manutenção autónoma realizada pelos operadores de produção | x 100 | | | ✓ | O9 |
| <u>Tempo dispendido em manutenção correctiva de urgência</u> Tempo total de indisponibilidade devido à manutenção | x 100 | ✓ | ✓ | ✓ | O11 |
| <u>Horas de mão-de-obra utilizadas na manutenção mecânica interna directa</u> Total de horas de mão-de-obra do pessoal interno de manutenção directa | x 100 | | ✓ | | O12 |
| <u>Horas homem dispendidas na manutenção correctiva</u> Total horas homem para manutenção | x 100 | ✓ | ✓ | ✓ | O16 |
| Horas de mão-de-obra de manutenção correctiva de urgência Total de horas de mão-de-obra de manutenção | x 100 | | ✓ | | O17 |
| <u>Horas homem dispendidas na manutenção preventiva</u> Total horas homem para manutenção | x 100 | | ✓ | ✓ | O18 |
| <u>Horas homem dispendidas na manutenção condicionada</u> Total horas homem para manutenção | x 100 | ✓ | | ✓ | O19 |
| <u>Horas extras de mão-de-obra utilizadas na manutenção interna</u> Total de horas de mão-de-obra utilizadas na manutenção interna | x 100 | | | ✓ | O21 |
| <u>Número de ordens de trabalho executadas dentro do tempo previsto</u> Número total de ordens de trabalho programadas | x 100 | ✓ | ✓ | ✓ | O22 |
| Número de peças de reserva fornecidas pelo armazém conforme especificação | x 100 | | ✓ | | O26 |
| <u>Horas homem na manutenção planeada</u> Total horas homem para manutenção executada | x 100 | ✓ | | ✓ | |

Anexo II – Simbologia gráfica usada no Mapeamento de Fluxo de Valor

| Símbolo | Descrição |
|---|--|
|  | Nivelamento produção |
|  | Ordem entrada e saída |
|  | Caixa de processo ou atividade |
|  | Cliente ou fornecedor |
|  | Inventário (Stock) |
|  | Movimentação de materiais empurrados para a próxima operação |
|  | Transporte |
|  | Movimentação de materiais |
|  | Recolha de materiais |

| Símbolo | Descrição |
|---|--|
|  | Supermercado |
|  | Caixa de registo de dados |
|  | Fluxo de informação eletrónica |
|  | Linha de tempo e de valor acrescentado |
|  | Kanban |
|  | Sinal de Kanban |
|  | Melhoria do processo |
|  | Stock de segurança |

Anexo III – Exemplo de questionário de aplicação da Voz do Cliente (VOC)

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO PARA SOLICITAÇÕES CORRETIVAS/PREVENTIVAS

Solicitamos um pouco do seu tempo para que nos ajude a melhorar o nosso serviço, respondendo às seguintes questões relacionadas com a intervenção realizada a seu pedido ou na sua área de trabalho.

Desenvolvimento do pedido de manutenção

O registo ou pedido da sua solicitação de manutenção foi?

- Simples e rápido
- Adequado
- Lento
- Tive que tentar várias vezes

Quando a equipa de manutenção efectuou o diagnóstico da anomalia foi?

- Cordata e tentou obter mais dados sobre a situação
- Cordata mas não colocou qualquer questão adicional
- Limitou-se a verificar a eventual anomalia, não tendo em conta o trabalho em curso (no local ou nas proximidades).

Quando foi concluída a reparação foi testado o funcionamento e/ou explicado o sucedido com eventuais recomendações?

- Sim, com recomendações de utilização
- Apenas informaram que a anomalia foi resolvida
- Não apareceu ninguém

Como avalia o tempo de resposta ao seu pedido?

- Rápido (até 4 h)
- Médio (até 1 dia)
- Demorada (mais de 1 dia)

Quando a equipa de manutenção executou a reparação ou desmontagem de equipamento?

- Respeitou o trabalho em curso e executou o trabalho rapidamente, com limpeza e de uma só vez
- Respeitou o trabalho em curso mas com execução lenta, com limpeza, mas com várias ausências
- Executou o trabalho não tendo em conta os trabalhos em curso, não tendo cuidados com a limpeza nem deixar o local nas condições iniciais

Qualidade global do Serviço

Como avalia de uma forma global o serviço prestado?

- Adequado e rápido
- Adequado
- Variava em cada visita
- Desadequado

Sugestões adicionais de melhoria
