

# Medição do Desempenho da Gestão da Manutenção LARG (Lean, Agile, Resilient e Green) na Hotelaria – Seleção Multicritério de KPIs

**César Gonçalves**

[cgoncal@ualg.pt](mailto:cgoncal@ualg.pt)

Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve

ORCID 0000-0003-0831-3098

**José Dias**

[jad@fct.unl.pt](mailto:jad@fct.unl.pt)

Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

ORCID 0000-0001-9313-2536

## Resumo:

A manutenção de um hotel exige atualmente uma gestão otimizada para responder à complexidade tecnológica, às exigências legais, aos padrões de conforto e qualidade requerida dos ativos físicos, às questões ambientais e à competitividade do setor. Neste contexto, surge o modelo de Gestão da Manutenção LARG (*Lean, Agile, Resilient e Green*), um conceito inovador que fornece uma visão holística dos parâmetros essenciais das atividades da manutenção atuais. Com o presente estudo, pretende-se contribuir para a melhoria do desempenho da gestão da manutenção de ativos físicos em hotéis e, de forma mais ampla, em grandes estruturas edificadas. Para viabilizar a medição desse desempenho no âmbito de cada paradigma LARG, o artigo propõe uma metodologia de Apoio Multicritério à Decisão (MCDA), utilizando o método ELECTRE III, para selecionar Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) relevantes. O estudo inclui um caso aplicado a uma unidade hoteleira, no qual são selecionados KPIs importantes para avaliar aspetos essenciais da gestão da manutenção. Os resultados obtidos demonstram a eficiência da metodologia, permitindo reduzir a subjetividade inerente ao processo de decisão e melhorar a precisão na seleção dos indicadores mais adequados.

**Palavras-chave:** ELECTRE, KPI, LARG, Manutenção.

## Abstract:

Hotel maintenance currently requires optimized management to meet technological complexity, legal requirements, comfort and quality standards required for physical assets, environmental issues and competitiveness in the sector. In this context, the LARG (*Lean, Agile, Resilient and Green*) Maintenance Management model

emerges, an innovative concept that provides a holistic view of the essential parameters of current maintenance activities. The present study aims to contribute to improving the performance of physical asset maintenance management in hotels and, more broadly, in large built structures. To enable the measurement of this performance within each LARG paradigm, the article proposes a Multi-Criteria Decision Support (MCDA) methodology, using the ELECTRE III method, to select relevant Key Performance Indicators (KPIs). The study includes a case applied to a hotel unit, in which important KPIs are selected to evaluate essential aspects of maintenance management. The results obtained demonstrate the efficiency of the methodology, allowing to reduce the subjectivity inherent in the decision-making process and improve the precision in selecting the most appropriate indicators.

**Keywords:** ELECTRE, KPI, LARG, Maintenance.

## 1. Introdução

O turismo continua a ser uma das indústrias dominantes em Portugal, com crescente atividade e qualidade reconhecida mundialmente, portanto, um setor estratégico para a economia Nacional.

Um dos principais fatores que contribui para o desempenho e excelência das unidades hoteleiras é a qualidade dos serviços oferecidos. A influência da manutenção nos equipamentos e instalações é essencial e decisiva na sua operacionalidade e reflete-se na qualidade dos serviços prestados.

Os gestores das unidades hoteleiras, principalmente nas unidades de categoria mais elevada, estão cada vez mais sensibilizados com a importância da manutenção no negócio das suas organizações (Gonçalves e Mortal, 2015). Atualmente, a manutenção de um hotel exige uma gestão otimizada e o planeamento das atividades para atender à complexidade tecnológica, às exigências da legislação, aos padrões de conforto e qualidade requeridos, às questões ambientais e à competitividade dos mercados.

Os autores deste trabalho sugerem o modelo de Gestão da Manutenção LARG (*Lean, Agile, Resilient e Green*), um conceito inovador que fornece uma visão abrangente em aspetos essenciais das atividades da manutenção, para uma gestão mais eficiente na resposta às necessidades técnicas, de sustentabilidade e económicas, nomeadamente em estruturas hoteleiras que pretendam manter-se competitivas e que aspirem responder às expectativas de qualidade atuais.

O artigo explora também a necessidade da medição do desempenho, para o controlo dos processos de manutenção e do pensamento estratégico, para consecução dos objetivos de acordo com as necessidades reais do negócio da organização e da gestão otimizada do ciclo de vida

dos seus ativos físicos. Para medir os seus desempenhos devem-se selecionar indicadores facilmente mensuráveis e que englobem os objetivos da manutenção (Gonçalves *et al.* 2015b). Uma vez que a medição do desempenho da manutenção é um processo multidisciplinar, tendo em atenção múltiplos aspetos das suas atividades, a seleção dos melhores indicadores chave de desempenho (KPIs – *Key Performance Indicators*) é uma tarefa complexa, a qual pode ser formulada como um problema de Apoio Multicritério à Decisão (MCDA – *Multiple Criteria Decision Aiding*). Entre os diversos métodos MCDA desenvolvidos até à atualidade, merecem destaque os métodos da família ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*), em especial os concebidos para tratar de problemas de ordenação de alternativas.

Neste artigo, os autores recorrem a uma metodologia multicritério para auxiliar os gestores da manutenção na seleção de KPIs relevantes para a sua gestão, no âmbito de cada paradigma LARG. A metodologia proposta, apresentada em Gonçalves (2014) e também utilizada em (Gonçalves *et al.* 2015b), baseia-se na utilização do método ELECTRE III, o qual foi estabelecido para ordenar alternativas, por ordem decrescente, com a preferência do decisor segundo vários critérios (Figueira *et al.* 2013).

O artigo apresenta um caso de estudo para exemplificar a aplicação da metodologia proposta, na ordenação de um conjunto de KPIs, como alternativas possíveis, para medir o desempenho da gestão da manutenção de uma unidade hoteleira, no âmbito *Agile*, um dos paradigmas do conceito LARG. A partir do resultado gerado foi possível evidenciar a preferência do gestor da manutenção pelos KPIs, que melhor refletem aspetos importantes da agilidade dos processos de manutenção e de maior relevo na interpretação de desempenhos obtidos face aos expectáveis.

## 2. Gestão da Manutenção na Hotelaria

Com a evolução tecnológica surgem novas práticas, técnicas e filosofias na manutenção. A atuação da gestão da manutenção centra-se, cada vez mais, na eliminação de desperdícios e redução de custos, na capacidade técnica e agilidade das equipas de trabalho, na capacidade de resposta a emergências disruptivas dos processos, com primordial atenção para as questões ambientais, nomeadamente, para a eficiência energética e minimização da agressividade ambiental nas suas intervenções. Atualmente, gerir a manutenção é uma tarefa complexa e compreende o domínio de um vasto número de disciplinas e conceitos (Gonçalves, 2014). Os gestores da manutenção têm a responsabilidade de planear, controlar e supervisionar a manutenção e melhoria dos métodos de organização que também contribuem para os seus objetivos gerais (Gonçalves *et al.* 2015a).

Na hotelaria, os progressivos requisitos na qualidade do serviço e a evolução tecnológica, têm vindo a introduzir, além de mais funcionalidades, também o aumento da complexidade dos sistemas e equipamentos das suas instalações. Em consequência, aumentam os custos de operação e manutenção e acrescem as preocupações legais de segurança e ambientais. O conforto e a satisfação dos clientes estão diretamente relacionados com a qualidade do serviço e gestão da manutenção nos hotéis.

Existe uma tendência mundial de atender, e até superar, as expectativas dos consumidores e clientes em relação à qualidade, especialmente por meio de fatores diferenciais e decisivos para a conquista e permanência no mercado. No setor hoteleiro, a qualidade é um fator essencial de competitividade, e a manutenção desempenha um papel fundamental nesse contexto.

Segundo Naji e Mousrij (2022), a globalização do mercado e o avanço tecnológico têm levado as empresas a concentrarem-se cada vez mais no desempenho da função de manutenção. Anggradewi *et al.* (2019) referem que as organizações devem realizar uma manutenção de qualidade como o objetivo de garantir que os equipamentos permaneçam operacionais e seguros, assegurando os requisitos de qualidade. Além disso os autores destacam a importância de considerar as particularidades de cada organização, por forma a ajustar o modelo de gestão da manutenção a seguir.

A implementação de um modelo de Gestão da Manutenção numa unidade hoteleira deve resultar de uma avaliação holística, adaptada ao contexto específico da organização.

### **3. Gestão da Manutenção LARG (*Lean, Agile, Resilient e Green*) na hotelaria**

O conceito LARG surgiu como resultado da integração dos modelos *Lean, Agile, Resilient e Green* na gestão estratégica de cadeias de abastecimento para a indústria da produção, e foi desenvolvido no âmbito de um projeto de investigação conjunta entre a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL) e o MIT Portugal (MIT - *Massachusetts Institute of Technology*). As contribuições na literatura revelam que o conceito LARG fornece uma visão abrangente na resposta às necessidades das organizações, nomeadamente tornando-as mais competitivas, respondendo rapidamente às necessidades dos clientes, reagindo eficazmente a eventos inesperados, eliminando processos inúteis e atuando em linha com as responsabilidades ambientais (Carvalho e Cruz-Machado, 2009; Cruz-Machado e Duarte, 2010; Carvalho e Cruz-Machado, 2011; Azevedo *et al.* 2012; Cabral *et al.* 2012; Tavana *et al.* 2021; Nima, *et al.* 2022; Saraji, *et al.* 2023; Cabrita *et al.* 2023).

Neste trabalho, os autores inserem uma abordagem inovadora ao contexto das atividades e gestão da manutenção, através do modelo de Gestão da Manutenção LARG (*Lean, Agile, Resilient e Green*), o qual consideram proficiente para implementar na indústria hoteleira. O modelo de Gestão da Manutenção LARG foi introduzido pela primeira vez por Gonçalves (2014), numa abordagem de integração do conceito LARG à gestão da manutenção em edifícios.

O principal contributo deste modelo na otimização da gestão da manutenção, é contextualizá-la de forma integrada nos paradigmas LARG:

- **Lean**, com visão abrangente e atitude proativa, que determine a melhor atuação, que assista na redução de desperdícios materiais e de tempo, empenhada na redução de custos, prevenida para a eliminação de acidentes e falhas e, sobretudo preocupada com a melhoria contínua dos ativos e da qualidade, no cumprimento dos objetivos do negócio;

- **Agile**, com capacidade técnica, informada e dotada de conhecimentos, que habilite as equipas de manutenção para uma rápida e eficiente resposta face às ocorrências, com rigor no planeamento dos trabalhos, com pensamento ágil, adaptável e flexível a alterações de sistemas, de práticas e metodologias e, sobretudo que potencie agilidade no processo de manutenção;

- **Resilient**, capacitada para dar resposta em situações disruptivas, de sobrecarga dos serviços, a enfrentar os problemas de forma mais eficaz, a eventuais acidentes ou mesmo catástrofes, que se adapte a alterações imprevisíveis e que reponha a funcionalidade dos ativos, que seja eficiente nas ações corretivas de emergência, com competências para intervir em situações de rutura sob pressão e, acima de tudo, sem suprimir a segurança no trabalho;

- **Green**, consciente em questões ambientais, que propicie eficiência energética, gestão eficiente nos consumos de energia e água, interessada na redução e tratamento de resíduos, com desempenho na redução e eliminação desperdícios, que se preocupe e minimize a agressividade com o ambiente nas suas intervenções, que utilize recursos e práticas ambientalmente recomendadas, prudente no controlo de fontes de poluição e na eliminação de avarias com risco de danos ambientais, procurando sempre a redução de custos.

Em termos concetuais, a Figura 1 apresenta genericamente o modelo para a Gestão da Manutenção LARG. Ou seja, são enunciados os principais contributos integrados a cada paradigma LARG para a gestão das atividades da manutenção.



**Figura 1** - Modelo conceitual da Gestão da Manutenção LARG

(Adaptação: Gonçalves, 2014)

A implementação do modelo de gestão da manutenção em hotéis, com base nas premissas LARG, pode estabelecer uma manutenção proactiva, que viabilize a máxima fiabilidade, disponibilidade e conforto das suas instalações, que garanta segurança de pessoas e bens, interessando-se sempre pela melhoria contínua e consolidando práticas eficazes para a garantia da qualidade e excelência operacional.

#### **4. Medição do Desempenho da Gestão da Manutenção**

Medir o desempenho é essencial em qualquer atividade ou negócio. As empresas normalmente usam KPIs para medir o sucesso das atividades nas quais estão envolvidas. A medição de desempenho é um princípio fundamental da gestão e, tal como para outras funções, é importante na gestão da função manutenção (Muchiri *et al.* 2011). O desempenho da manutenção está claramente identificado como um componente crítico da competitividade das empresas, relacionado com o contexto específico dos negócios, estratégias, processos e sistemas das empresas (Gonçalves *et al.* 2015b).

Um indicador de desempenho é definido pela norma europeia NP EN 15341 (2009), como uma característica de medição de um fenómeno, de acordo com uma fórmula específica que

avalia a sua evolução. Para selecionar KPIs relevantes, esta norma estabelece que o primeiro passo é definir os objetivos a alcançar, identificando o modelo adequado de gestão da manutenção de forma a melhorar o desempenho global. O passo seguinte será encontrar KPIs que permitam a medição de parâmetros ou aspetos relacionados com os objetivos definidos. A norma menciona que para a seleção de KPIs relevantes, pode ser feito inicialmente um rastreio às listas de indicadores existentes, identificando aqueles que revelem ser de interesse para medir o desempenho da manutenção sobre os aspetos pretendidos. Outros KPIs podem ser desenvolvidos para a medição de aspetos específicos, permitindo a análise para a sua otimização (Gonçalves, 2014). Moghadasnian e Beheshtinia (2024) são da opinião que a estratégia para a implementação de KPIs deve contemplar a revisão da literatura por forma a compreender as melhores práticas, nomeadamente na área de negócio na qual os indicadores serão utilizados.

Para Murad *et al.* (2022), os indicadores de desempenho devem ser selecionados a partir de uma análise cuidadosa da interação entre a função de manutenção com outras funções organizacionais, nomeadamente com a função de produção. Segundo Ge *et al.* (2024), a implementação de uma estrutura de KPIs requer a colaboração interdepartamental no sentido de contemplar, um diagnóstico ao desempenho da manutenção no entendimento de aspetos importantes para a organização.

Deve existir um procedimento para a identificação precisa dos KPIs, nomeadamente um algoritmo para estabelecer um conjunto de indicadores que sejam representativos de um dado processo (Pacaiova *et al.* 2013). Os mesmos autores aconselham que o número de indicadores a utilizar deve ser limitado através da identificação das principais características ou fatores-chave.

Na literatura são encontrados vários estudos contribuindo com estruturas de KPIs selecionados para avaliar diferentes modelos de gestão da manutenção (Muchiri *et al.* 2011; Anggradewi *et al.* 2019; Naji *et al.* 2020).

Assim, na prossecução da implementação da Gestão da Manutenção LARG, considera-se importante a seleção de KPIs relevantes para medição do desempenho da gestão da manutenção no âmbito de cada paradigma LARG e que cubram as necessidades de medição como forma de controlo dos principais aspetos da manutenção e estratégias estabelecidas.

Dado que a medição do desempenho da manutenção é um processo multidisciplinar, relacionado com múltiplos aspetos das atividades da manutenção, a seleção dos melhores indicadores chaves de desempenho da manutenção é uma tarefa complexa que pode ser formulada através de um problema de Apoio Multicritério à Decisão.

## 5. Apoio Multicritério à Seleção de KPIS

Apoio multicritério à decisão é a tradução da expressão *Multiple Criteria Decision Aiding* (MCDA) e é um importante ramo da investigação operacional dedicado à análise e resolução de problemas de decisão perante o carácter conflituoso de diferentes pontos de vista, ou seja, múltiplos critérios. O objetivo é auxiliar o decisor a agir de acordo com as suas preferências, quando várias alternativas são avaliadas por múltiplos critérios. Roy (1991) e Figueira *et al.* (2013) distinguem essencialmente três principais tipos de problemas de decisão: escolha; classificação; e ordenação.

Na literatura surgem algumas abordagens aplicando métodos MCDA na seleção de KPIS relevantes para a gestão da manutenção (Galante e La Fanta, 2017; Naji *et al.* 2019; Larsson *et al.* 2021; Oliveira *et al.* 2023). Para o presente estudo merecem destaque duas contribuições que recorrem a diferentes variantes do método ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*).

Gonçalves *et al.* (2015a) desenvolveram uma metodologia de decisão multicritério baseada no método ELECTRE I que, embora seja um método concebido para a problemática da “escolha”, os autores recorrem à integração de uma análise complementar aos resultados do método, para obterem a ordenação decrescente de KPIS relevantes para a manutenção, apesar de Gonçalves *et al.* (2014) considerarem que a metodologia desenvolvida auxilia nas tarefas de seleção de KPIS, de acordo com os objetivos e estratégias da manutenção, os resultados podem afetar a convicção do gestor da manutenção quando simultaneamente são gerados valores relativamente baixos, relacionados com a concordância e discordância das alternativas. Ou seja, nem sempre fornece resultados consistentes de forma a permitir a decisão convicta na seleção dos KPIS mais relevantes. Por outro lado, o método ELECTRE I não permite estabelecer limiares de discriminação, como forma de diminuir o grau de imprecisão, incerteza ou a má determinação do processo de decisão.

Em Gonçalves *et al.* (2015b) é proposta uma inovação à metodologia apresentada em Gonçalves *et al.* (2014), recorrendo ao método ELECTRE III, o qual foi concebido especificamente para a resolução de problemas de “ordenação” de alternativas por ordem decrescente, com a preferência do decisor segundo múltiplos critérios. Embora mais complexo, permite explorar melhor a preferência do decisor e atribuir mais credibilidade nas relações de prevalência entre as alternativas. Para demonstrar a aplicação da metodologia, os autores apresentam um caso de estudo com a seleção de KPIS relevantes para a manutenção, concluindo que o método ELECTRE III confere mais credibilidade às ordenações geradas a partir da

exploração das preferências do gestor da manutenção. Ou seja, atribui mais credibilidade ao processo de decisão.

O método ELECTRE III foi concebido com o conceito difuso (*fuzzy*) para determinar a ordenação de alternativas, permitindo a criação de pseudo-critérios. A abordagem difusa do ELECTRE III permite a inclusão das imprecisões e incertezas do processo de decisão, através da definição dos limiares de preferência e indiferença. Figueira *et al.* (2005) referem que neste método a relação de prevalência pode ser interpretada como uma relação difusa, estabelecida através de um índice de credibilidade. Os três limiares a declarar no modelo de pseudo-critérios podem ser definidos do seguinte modo:

- **Limiar de indiferença** – corresponde à maior diferença de desempenho entre duas alternativas, compatível com uma situação de indiferença;
- **Limiar de preferência** – corresponde à menor diferença de desempenho entre duas alternativas, a partir da qual o decisor define a sua preferência estrita pela alternativa que apresenta o melhor desempenho;
- **Limiar de veto** – é a mais pequena diferença de desempenho entre duas alternativas, a partir da qual o decisor considera que não é possível suportar a ideia que a pior de duas alternativas em consideração, perante um critério, possa ser compreensivelmente considerada tão boa como a melhor, ainda que o seu desempenho em todos os outros critérios seja melhor.

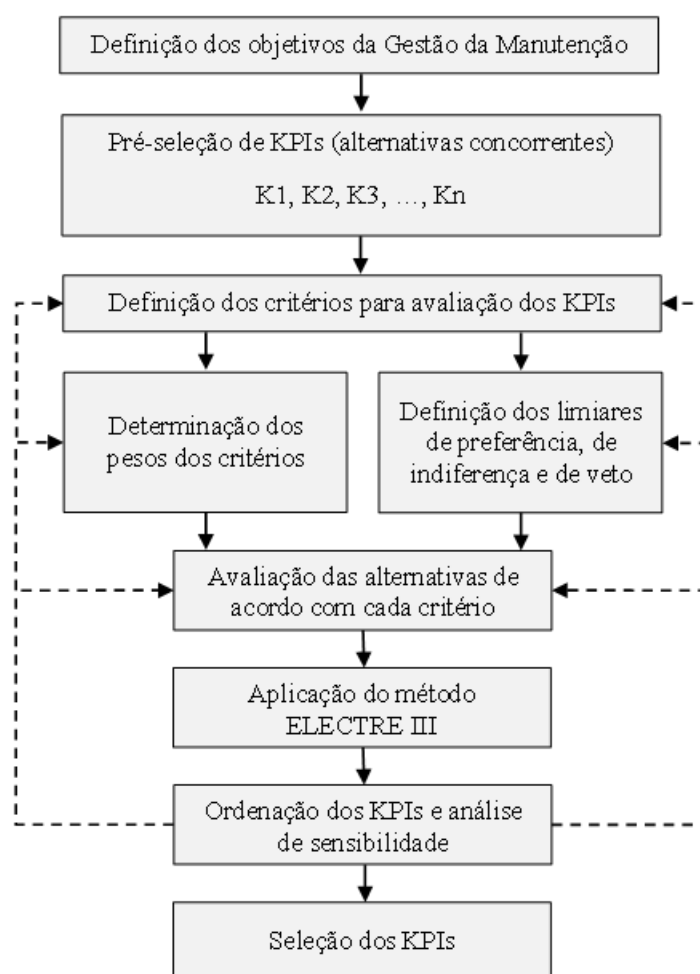
Através da exploração das relações de prevalência difusa, o algoritmo deste método estabelece a ordenação das alternativas por ordem de preferência do decisor. Os procedimentos do método ELECTRE III podem ser consultados em Figueira *et al.* (2005), Dias *et al.* (2006), Figueira *et al.* (2013) e Gonçalves (2014).

Os métodos ELECTRE são populares na investigação MCDA (Govindan e Jepsen, 2016), frequentemente utilizados para a ordenação de alternativas, por vezes aplicado de forma híbrida com outros métodos (Salvador *et al.* 2024), além de apresentarem vantagens quando comparados com as limitações de outros métodos (Figueira *et al.* 2013). Na literatura, algumas abordagens mereceram atenção pela aplicação do método ELECTRE III: Augusto *et al.* (2005) propõem uma abordagem multicritério, para a ordenação de setores económicos da economia portuguesa; Liu e Zhang (2011) para a seleção de fornecedores numa cadeia de abastecimento; Marzouk (2011) e Chen *et al.* (2024) para a seleção de materiais de construção; Mancini e Marcarelli (2023) para ordenar o desempenho de escolas secundárias públicas; Yusoff *et al.* (2023) propõem uma extensão do Método ELECTRE III para análise de decisão em grupo.

## 6. Metodologia Proposta

Nesta investigação é proposta uma metodologia para a seleção de KPIS relevantes para a manutenção, cuja estrutura conceitual segue a metodologia desenvolvida por Gonçalves *et al.* (2015b), com o recurso ao ELECTRE III.

Os procedimentos metodológicos são apresentados na Figura 2 de forma a elucidar sobre os passos necessários para a seleção de KPIS com evidência para a gestão da manutenção, numa organização.



**Figura 2** – Procedimentos da metodologia proposta

Vista a complexidade da aplicação do método ELECTRE III, nomeadamente, os procedimentos matemáticos, a morosidade na resolução para obter a ordenação de um elevado número de KPIS sob a avaliação de muitos critérios e face à quantidade de informação, propõe-se a sua computação através do *software* ELECTRE III-IV (Dias *et al.* 2006).

## 7. Caso de Estudo – Unidade Hoteleira

Para a medição do desempenho da Gestão da Manutenção LARG implementada numa unidade hoteleira, pretende-se selecionar um conjunto de KPIs relevantes no contexto de cada paradigma. Admita-se um hotel de categoria alta, com elevado número de quartos, uma estrutura de grande complexidade, variedade de equipamentos, sistemas e instalações para proporcionar um serviço de hospedagem de excelência.

Para exemplificar a aplicabilidade da metodologia proposta foi solicitada a colaboração de um experiente gestor da manutenção de um grupo hoteleiro, com o propósito de selecionar um conjunto de KPIs relevantes para a medição dos desempenhos da manutenção relacionados com o paradigma *Agile*, o qual reflete aspetos importantes da agilidade dos processos de manutenção na garantia da disponibilidade e qualidade do serviço.

Para a avaliação dos KPIs foi definido um conjunto de cinco critérios, segundo os quais o decisor pode expressar a importância que atribui a cada alternativa:

- **C1 - Relação do KPI com o conceito *Agile*:** o decisor expressa o quanto um KPI é importante para medir aspetos relacionados com o conceito de manutenção *Agile*;
- **C2 – Objetivos da Gestão da Manutenção:** o decisor avalia a importância do KPI para medir o desempenho da manutenção no cumprimento dos objetivos definidos;
- **C3 - Influência do KPI na Estratégia Global da Manutenção:** o decisor avalia a importância do KPI quanto à influência do seu resultado no controlo estratégico da manutenção num processo de melhoria contínua;
- **C4 - Predomínio do KPI na Gestão dos Ativos:** o decisor avalia a importância do KPI para medir e fornecer à gestão de topo da empresa a perceção do desempenho da manutenção dos ativos físicos, de acordo com as necessidades do negócio e que permitem manter a empresa competitiva;
- **C5 - Partilha de resultados:** o decisor avalia a importância do KPI relativamente ao seu interesse comum entre a manutenção e outros setores da empresa, colaboradores, clientes e/ou parceiros no negócio, em partilhar os resultados medidos pelo KPI, relativos a aspetos da manutenção.

Pelo decisor, foi atribuído o valor da importância relativa de cada critério, ou seja, o peso de cada critério de avaliação. Foram também atribuídos limiares de indiferença e preferência aos critérios C1, C2 e C3 por serem considerados os mais importantes na decisão. Prescindiu-se das restrições através de limiares aos restantes critérios porque se considerou que a avaliação reflete

maior subjetividade. Não foram atribuídos limiares de veto por forma a não inviabilizar a seleção de KPIS. A Tabela 1 apresenta os valores dos pesos dos critérios e respetivos limiares de discriminação atribuídos.

**Tabela 1 – Pesos e limiares de discriminação dos critérios**

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5
Peso	0,3	0,25	0,25	0,12	0,08
Limiar de Indiferença	1	1	1	-	-
Limiar de Preferência	2	2	2	-	-
Limiar de Veto	-	-	-	-	-

Para avaliação dos KPIS foi proposta uma escala *Likert* de nove níveis de intensidade de importância (Tabela 2). Esta escala discreta, com descrição verbal, permite ao decisor manifestar o nível de importância de cada KPI face aos distintos critérios, segundo o seu ponto de vista.

**Tabela 2 – Escala *Likert* para avaliação das alternativas (KPIS)**

Intensidade da Importância	Definição
1	Muito pouco importante
3	Pouco importante
5	Importante
7	Muito importante
9	Absolutamente importante
2, 4, 6 e 8	Valores intermédios

Foi pré-selecionado um conjunto de KPIS, cujas principais fontes foram a norma NP EN 15341 (2009) e literatura no âmbito da medição de desempenho da manutenção, sendo que alguns KPIS foram desenvolvidos para este caso específico.

A Tabela 3 apresenta a avaliação (estabelecida pelo gestor da manutenção) dos KPIS propostos como alternativas para a medição do desempenho da manutenção do hotel, no âmbito do conceito *Agile*.

Com recurso ao *software* ELECTRE III-IV gerou-se a ordenação decrescente dos KPIS, também apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3 – Avaliação dos KPIs propostos como alternativas para medição *Agile***

N	Descrição dos KPIs	Avaliação por Critérios					Ordenação
		C1	C2	C3	C4	C5	
A1	Índice de execução das Ots de manut. preventiva dentro do tempo especificado	9	8	5	3	2	7
A2	Índice de qualidade da execução	6	9	5	3	1	16
A3	Índice de OTs que excederam o tempo especificado	6	9	4	2	3	17
A4	Índice de OTs para retrabalho (rework)	7	8	8	4	2	14
A5	Índice de qualidade do planeamento	7	7	6	2	2	15
A6	Capacidade de resposta do planeamento	9	8	5	2	1	4
A7	Índice de qualidade da programação	8	9	8	4	5	18
A8	Índice de qualidade da manutenção	4	8	7	3	1	1
A9	Intensidade do planeamento	3	9	8	3	1	13
A10	Índice de cumprimento na execução	4	8	6	2	1	20
A11	Índice de trabalho planeado/executado	6	8	5	2	1	6
A12	Índice de manutenção preventiva	5	6	8	3	1	5
A13	Índice de execução de OTs de manutenção preventiva	4	5	8	7	2	9
A14	Índice de recalendarização de OTs de manutenção preventiva	9	9	8	4	1	2
A15	Tempo médio de encaminhamento de incidências	9	7	8	3	3	8
A16	Tempo médio para diagnóstico	8	9	7	3	4	12
A17	Tempo médio para assistir (MTTA - Mean Time To Assist)	8	9	8	3	4	3
A18	Tempo médio operacional para reparar (MTTR – Mean Time To Repair)	6	8	7	7	2	11
A19	Tempo médio de indisponibilidade operacional relacionado com manutenção	5	5	8	3	1	19
A20	Índice de competências multidisciplinares	8	4	8	6	1	22
A21	Índice de utilização de software pelo pessoal da manutenção	5	3	7	2	1	21
A22	Índice de horas de formação da manutenção	4	4	8	5	1	23
A23	N.º médio de horas de formação por colaborador por ano	3	4	8	5	1	10
A24	Custo da formação por pessoa da manutenção	3	3	7	4	1	24

A metodologia proporcionou a ordenação das alternativas, da melhor para a pior, de acordo com a preferência do decisor. Os resultados permitem selecionar os KPIs relevantes e de maior interesse para o gestor da manutenção no contexto do paradigma *Agile*.

## 7.1. Análise de Resultados

Após análise de sensibilidade aos resultados, verificou-se que os dez KPIs melhor classificados podem estabelecer uma medição razoável do desempenho da gestão da manutenção *Agile*, cobrindo os aspetos de maior relevo para a organização no âmbito deste paradigma.

A limitação na seleção pretende não sobrecarregar o responsável da manutenção com demasiada informação.

Os KPIs selecionados devem abranger os fatores essenciais à análise e perceção de aspetos importantes da atividade da manutenção. Todavia, poder-se-á recorrer a outros indicadores para analisar e clarificar fenómenos da atividade da manutenção que evidenciem a necessidade de um estudo mais abrangente. A Tabela 4 lista o conjunto de KPIs selecionados.

**Tabela 4 – KPIS selecionados segundo o conceito *Agile***

Ordenação	N	Descrição dos KPIS
1	A8	Índice de qualidade da manutenção
2	A14	Índice de recalendarização de OTs de manutenção preventiva
3	A17	Tempo médio para assistir (MTTA - <i>Mean Time To Assist</i> )
4	A6	Capacidade de resposta do planeamento
5	A12	Índice de manutenção preventiva
6	A11	Índice de trabalho planeado/executado
7	A1	Índice de execução das Ots de manutenção preventiva dentro do tempo especificado
8	A15	Tempo médio de encaminhamento de incidências
9	A13	Índice de execução de OTs de manutenção preventiva
10	A23	N.º médio de horas de formação por colaborador por ano

O processo de decisão termina com a confirmação de que a medição e análise do desempenho da gestão da manutenção no âmbito do paradigma *Agile* é possível através do conjunto de KPIS melhor classificados e que asseguram o controlo de aspetos essenciais relacionados com os principais objetivos da manutenção. Foram selecionados os KPIS que melhor refletem aspetos importantes da agilidade dos processos de manutenção, nomeadamente relacionados com situações críticas que exigem medidas imediatas como, por exemplo, o aumento da “Qualidade da Manutenção”, melhoria na “Recalendarização das OTs da Manutenção Preventiva” e, sobretudo, diminuir o “MTTA” (o tempo decorrido entre a avaria e o início da sua reparação).

## 8. Conclusão

Os hotéis de média ou grande envergadura possuem, atualmente, características e sistemas sofisticados, além de exigências operacionais que requerem uma gestão técnica esclarecida da manutenção. Neste artigo, os autores propõem o modelo de Gestão da Manutenção LARG como uma abordagem que direciona a atenção dos intervenientes no processo de manutenção na hotelaria para aspetos essenciais no desempenho da manutenção dos ativos físicos.

Para medir esse desempenho, sugere-se a seleção de KPIS relevantes para cada paradigma, utilizando uma metodologia MCDA baseada no método ELECTRE III.

O conceito LARG, integrado à engenharia de manutenção, envolve não só a otimização de competências técnicas, mas sobretudo a melhoria das capacidades de gestão. Assim, a escolha criteriosa de KPIS permite monitorizar os principais aspetos da manutenção e avaliar as estratégias adotadas.

Na aplicação ao caso de estudo, contextualizado numa instalação hoteleira, a metodologia mostrou-se eficaz na ordenação de KPIS relevantes para medir o desempenho da manutenção no âmbito do paradigma *Agile*. Em particular, a abordagem revelou-se adequada para

hierarquizar os KPIs que melhor refletem a agilidade dos processos de manutenção. Isso inclui a capacidade de lidar com a complexidade tecnológica, assegurar resposta rápida a ocorrências, melhorar a manutibilidade e a fiabilidade dos sistemas e, simultaneamente, garantir os requisitos da *Qualidade do Serviço*, sempre alinhada com os *Objetivos da Organização*.

De forma resumida, a metodologia proposta demonstrou ser adequada para a problemática abordada, conferindo credibilidade às ordenações geradas para o paradigma analisado. Constatou-se que, apesar de envolver juízos de preferência, a presente metodologia multicritério reduz o nível de subjetividade ao permitir que o decisor reflita as suas avaliações de forma estruturada. Além disso, a aplicação pode ser facilmente replicada para os demais paradigmas.

## Referências

- Anggradewi, P., Aurelia, Sardjananto, S., & Ekawati, A. (2019). Improving quality in service management through critical key performance indicators in maintenance process: A systematic literature review. *Quality - Access to Success*, 20 (173), 72-79.
- Augusto, M., Figueira, J. & Lisboa, J., (2005). An application of multi-criteria approach to assessing the performance of Portugal's economic sectors – Methodology, analysis and implications. *European Business Review*, 17(2), 113-132.
- Azevedo, S., Carvalho, H. & Cruz-Machado, V., (2012). Proposal of a Conceptual Model to Analyze the Influence of LARG Practices on Manufacturing Supply Chain Performance. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, 8(2), 174-184.
- Cabral, I., Grilo, A. & Cruz-Machado, V., (2012). A decision-making model for Lean, Agile, Resilient and Green supply chain management. *International Journal of Production Research*, 50(17), 4830-4845.
- Cabrita, M. D. R., Duarte, S., & Cruz-Machado, V. (2023). Exploring LARG Management Concepts Within Business Model CANVAS: A Theoretical Approach. *International Journal of Business and Systems Research*, 17(3), 266-290.
- Carvalho, H., & Cruz-Machado, V., (2009). Lean, agile, resilient and green supply chain: a review. Published by World Academic Press, *Proceedings of the Third International Conference on Management Science and Engineering Management* (November 2-4, Bangkok, Thailand), pp.3-14.
- Carvalho, H. & Cruz-Machado, V., (2011). *Integrating Lean, Agile, Resilience and Green Paradigms in Supply Chain Management (LARG\_SCM)*. Supply Chain Management, Dr. Pengzhong Li (Ed.), In Tech, China.
- Chen, Z., Hu, Y., Ma, Z., Yang, H., Shang, L., & Skibniewski, M., (2024). Selecting optimal honeycomb structural materials for electronics clean rooms using a Bayesian best-worst method and ELECTRE III. *Journal of Building Engineering*, 85(108703).

- Cruz-Machado, V. & Duarte, S. (2010). Trade-offs among paradigms in Supply Chain Management. *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (Dhaka, Bangladesh, January 9-10), pp. 523-529.
- Dias, J., Figueira, J. & Roy, B., (2006). The Software ELECTRE III-IV, *Methodology and User Manual (version 3.x)*. University Paris-Dauphine, France.
- Figueira, J., Greco, S., Roy, B. & Slowinski, R., (2013). An Overview of ELECTRE Methods and their Recent Extensions. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Anal. 20, pp. 61-85.
- Figueira, J., Greco, S. & Ehrgott, M., (2005). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. *International Series in Operations Research and Management Science*, 78.
- Figueira, J. & Roy, B., (2002). Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure. *European Journal of Operational Research.*, 139(2), 317-326.
- Galante, G., & La Fanta, C., (2017). Combined fuzzy TOPSIS and AHP-based methodology for the prioritization of maintenance key performance indicators: Application to an oil refinery plant. 2nd *International Conference on System Reliability and Safety*, 2018, pp. 337-342.
- Ge et al. Ge, J., Sigsgaard, K. V., Andersen, B. S., Mortensen, N. H., Agergaard, J. K., & Hansen, K. B. (2024). An adaptable end-to-end maintenance performance diagnostic framework. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 41(2), 732-753.
- Gonçalves, C. (2014). *Gestão da Manutenção em edifícios: Modelos para uma abordagem LARG (Lean, Agile, Resilient e Green)*. Tese de Doutoramento em Engenharia Industrial. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Gonçalves, C, Dias, J. & Cruz-Machado, V. (2015a). Multi-criteria decision methodology for selecting maintenance key performance indicators. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 10(3), 215-223.
- Gonçalves, C., Dias, J. & Cruz-Machado, V. (2015b). Manutenção Lean - Seleção Multicritério de Indicadores de Desempenho. *Revista TMQ - Techniques, Methodologies and Quality*. Número Especial - Abordagens Lean, pp. 47-64.
- Gonçalves, C. & Mortal, A. (2015). Análise Empírica à Gestão da Manutenção nos Hotéis de 4 e 5 Estrelas no Algarve. *13º Congresso Nacional de Manutenção (APMI)*, 19 e 20 novembro, Centro de Congressos de Aveiro.
- Govindan, K. & Jepsen, M. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operation Research*, 250, pp. 1-29.
- Larsson, D., Ratnayake, C., & Gildseth, A., (2021). Development of a Balanced Score Card for Knowledge Work in Project-oriented Engineering Organization: KPI Prioritization Using AHP. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Singapore, Singapore, pp. 488-493.
- Liu, P. & Zhang, X., (2011). Research on the supplier selection of a supply chain based on entropy weight and improved ELECTRE-III method. *International Journal of Production Research*, 49(3), 637-646.
- Mancini, P., & Marcarelli, G., (2023). A multi-criteria approach for ranking Italian high schools. *QualQuant*, 57, pp. 5533-5549.

- Marzouk, M., (2011). ELECTRE III model for value engineering applications. *Automation in Construction*, 20, pp. 596-600.
- Moghadasnian, S. & Beheshtinia, F. (2024). Advancing Airworthiness Assurance in Airlines: A KPI-Driven Framework for CAMO Excellence. *Transactions on Data Analysis in Social Science*, 6(3), 31-40.
- Muchiri, P., Pintelon L., Gelders L. & Martin, H., (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295-302.
- Murad, C. A., Bellinello, M. M., Silva, A. J., Netto, A. C., de Souza, G. F. M., & Nabeta, S. I. (2022). A novel methodology employed for ranking and consolidating performance indicators in holding companies with multiple power plants based on multi-criteria decision-making method. *Operations Research Perspectives*, 9 (100254).
- Naji, A., Mousrij, A., Cillo, V., & Chierici, R., (2019). Measuring the maintenance performance through fuzzy logic and analytical hierarchy process. *International Journal of Managerial and Financial Accounting*, 11(3-4), 290-319.
- Naji, A., EL Oumami, M., Bouksour, O. & Beidouri, Z., (2020), A mixed methods research toward a framework of a maintenance management model: A survey in Moroccan industries. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 26(2), 260-289.
- Naji, A., & Mousrij, A., (2022). Holistic multi-criteria performance measurement system for the maintenance function. *Journal of the Operational Research Society*, 74(8), 1910-1924.
- Nima, A., Nazari-Shirkouhi, S., Sangari, S., & Vandchali, H., (2022). Lean, Agile, Resilient, and Green Human Resource Management: The Impact on Organizational Innovation and Organizational Performance. *Environmental Science and Pollution Research* 29 (55), 82812-26.
- NP EN 15341, (2009). *Manutenção – Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)*. Versão portuguesa da EN 15341:2007. Instituto Português da Qualidade.
- Oliveira, V., Oliveira, G., & Salomon, V. (2023). Multi-criteria Analysis of Maintenance Management Performance Indicators. *Proceedings of the 11th International Conference on Production Research – Americas*, pp. 47-58.
- Pacaiova, H., Nagyova, A., Namesanska, J. & Grecik, J., (2013). Systematic Approach in Maintenance Management Improvement. *International Journal of Strategic Engineering. Asset Management*, 1(3), 228-237.
- Roy, B., (1991). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and Decisions*, 31(1), 49-73.
- Saraji, M., Rahbar, E., Chenarlogh, A., & Streimikiene, D., (2023). A Spherical Fuzzy Assessment Framework for Evaluating the Challenges to LARG Supply Chain Adoption in Pharmaceutical Companies. *Journal of Cleaner Production*, 409 (January): 137260.
- Tavana, M., Shaabani, A., Di Caprio, D., & Bonyani, A., (2021). An Integrated Group Fuzzy Best-Worst Method and Combined Compromise Solution with Bonferroni Functions for Supplier Selection in Reverse Supply Chains. *Cleaner Logistics and Supply Chain* 2 (September): 100009.
- Yusoff, B., Pratama, D., Kilicman, A., & Abdullah, L. (2023). Circular Intuitionistic Fuzzy ELECTRE III Model for Group Decision Analysis. *Informatika*, 34(4), 881-908.

## Authors Profiles

**César Gonçalves** has a PhD in Industrial Engineering in the field of Maintenance Management, received from Faculty of Sciences and Technology, Nova University of Lisbon. He is currently Adjunct Professor in the Department of Mechanical Engineering, at the Instituto Superior de Engenharia, University of Algarve. His research interests are in the areas of Maintenance Management, Reliability Analysis, Multi-Criteria Decision Aiding and Building Information Modelling.

**José Mendonça Dias** has a PhD in Industrial Engineering in the field of Reliability Analysis from the Faculty of Sciences and Technology, Nova University of Lisbon, where he also taught as an Assistant Professor. He is a specialist in Industrial Maintenance by the Order of Engineers and a member of the Research and Development Unit in Mechanical and Industrial Engineering (UNIDEMI). His research interests are in the areas of Maintenance Management and Reliability Analysis.