

## Um panorama sobre a implementação de *Lean Maintenance* em processos de manufatura

### An Overview about the implementing of *Lean Maintenance* in Manufacturing Processes

---

Danilo Ribamar Sá Ribeiro\* – [danilo\\_saribeiro@hotmail.com](mailto:danilo_saribeiro@hotmail.com)

Fernando Antônio Forcellini\* – [forcellini@gmail.com](mailto:forcellini@gmail.com)

Milton Pereira\* – [milton.pereira@ufsc.br](mailto:milton.pereira@ufsc.br)

Fábio Antonio Xavier\* – [f.xavier@ufsc.br](mailto:f.xavier@ufsc.br)

\* Universidade Federal de Santa Catarina – (UFSC), Florianópolis, SC

---

#### Article History:

Submitted: 2018 - 04 - 11

Revised: 2018 - 05 - 16

Accepted: 2018 - 06 - 20

---

**Resumo:** *Lean Maintenance* é uma abordagem que trata sistematicamente os problemas da Manutenção, isto é, desempenha uma função significativa na otimização por meio da eliminação de desperdícios nesta área. Com base nisso, este artigo tem como objetivo identificar e analisar os conhecimentos existentes sobre *Lean Maintenance* na literatura qualificada por meio de uma revisão bibliográfica sistemática com o propósito de levantar as principais práticas para implementação da abordagem. O método utilizado nesta pesquisa foi o teórico-conceitual, com base na revisão bibliográfica sistemática a fim de realizar análise bibliométrica e de conteúdo de artigos científicos. A pesquisa resultou em um portfólio bibliográfico de 22 artigos específicos, que foram analisados de acordo com as lentes definidas nos objetivos apresentados para a pesquisa. Esta pesquisa contribuiu para tecer uma visão geral da produção acadêmica desta temática, bem como auxiliar o pesquisador a construir um conhecimento inicial necessário para a criação de um método mais flexível de implementação de *Lean Maintenance* que proporcione o desenvolvimento de soluções de maneira sistemática e científica, de forma a propiciar a sustentabilidade da busca pela excelência na manutenção.

**Palavras-chave:** *Lean Maintenance*, Manufatura, Implementação e Revisão Bibliográfica Sistemática.

**Abstract:** *Lean Maintenance* is an approach that systematically discusses Maintenance's wastes, in other words, it makes a significant role in optimization in this area. This paper aims to identify and analyze the existing knowledge about *Lean Maintenance* in the qualified literature through a systematic literature review with the purpose of understanding the main practices to implement this approach. The method used was the theoretical-conceptual, based on the systematic literature review to do a bibliometric analysis and a content analysis of articles. The research resulted in a bibliographical's portfolio of 22 articles that were analyzed according to the objectives of this paper. This research contributes to the compose the academic production's overview of this thematic as well as it helps to create an initial knowledge necessary to do a more flexible method of *Lean Maintenance*'s implementation that provides the development of solutions in a systematic and scientific method, it to propitiate sustenance for excellence in Maintenance.

**Keywords:** *Lean Maintenance*, Manufacturing, Implementation and Systematic Literature Review.

## 1. Introdução

Na economia globalizada, a sobrevivência das organizações depende de sua habilidade e rapidez em inovar e efetuar melhorias contínuas. Para tanto, as organizações buscam, continuamente, novas ferramentas de gestão que as guiem para uma maior competitividade por meio da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços (Kardec e Nascif, 2004). É por este motivo que se dá a constante busca por diferenciais competitivos que, muitas vezes, são obtidos por meio de melhorias no processo de manufatura e nas áreas que o apoiam.

O termo Manufatura consiste na coordenação e gerenciamento dos esforços de produção de produtos e serviços, ao longo de uma cadeia de geração de valor, que, para um produto, se inicia no seu projeto, passa pelo desenvolvimento do processo de fabricação, fornecimento de insumos, fabricação, armazenagem e distribuição, até chegar aos serviços associados ao produto entregue (Skinner, 1996).

Dentre os vários processos que apoiam a manufatura, têm-se a Manutenção, que é parte integrante e fundamental no processo de qualquer indústria de manufatura, pois é por meio da Manutenção que se torna possível antecipar-se e evitar falhas que poderiam ocasionar danos significativos ou paradas imprevistas dos equipamentos produtivos. Esta atividade também não ficou imune às profundas reformas e, nas últimas décadas foram verificadas mudanças significativas na sua forma de condução (Shigunov Neto e Scarpim, 2011).

Segundo Léger *et al.* (1999), a Manutenção é considerada como um ponto chave para a competitividade de sistemas de fabricação, pois uma falha do sistema pode ter um importante impacto para o operador, na qualidade do produto, na disponibilidade de equipamentos e no meio ambiente. Romano *et al.* (2013) destacam que a manutenção efetiva prolonga a vida útil dos equipamentos, melhora as suas disponibilidades e os mantêm em condições adequadas para as operações. Por outro lado, os equipamentos mal conservados terão falhas mais frequentes e conseqüentemente uma vida útil mais curta, o que conduz a baixos níveis de utilização do mesmo, atraso na produção e custos de operação mais elevados.

Para reduzir os custos e melhorar os processos de manufatura, muitas empresas têm adotado filosofias como uma abordagem útil na construção de sistemas e infraestruturas em toda a organização. A abordagem *Lean* pode ser estendida para práticas de manutenção em adição ao processo de manufatura puro. A adoção desta abordagem aplicada à manutenção é conhecida como *Lean Maintenance* (Smith e Hawkins, 2004; Finigan e Humphries, 2006;

Wiegand *et al.*, 2007; Levitt, 2008; Araújo, 2010; Sheng e Tofoya, 2010; Jahanbakhsh *et al.*, 2013; Gonçalves Filho *et al.*, 2015; Mostafa *et al.*, 2015).

Nesta conjuntura, sustentado em ferramentas e métodos práticos que permitem tratar os problemas em uma perspectiva sistêmica, *Lean Maintenance* tem um papel importante na otimização das atividades de manutenção, na redução dos custos decorrentes dos tempos de parada produtiva, no aumento da capacidade produtiva e no aperfeiçoamento da utilização de recursos. A manutenção afeta a rentabilidade do processo produtivo com influência no volume e no custo produtivo. Desta forma, a função manutenção deve ser encarada como uma estratégia dentro da organização (Nunes, 2013).

Davies e Greenough (2010) enfatizaram a necessidade de realização de mais pesquisas sobre a aplicação da Abordagem *Lean* em operações de manutenção. Em virtude disso, este artigo tem como objetivo identificar e analisar os conhecimentos existentes sobre *Lean Maintenance* na literatura qualificada por meio de uma revisão bibliográfica sistemática, possibilitando um levantamento e análise das principais práticas para implementação da abordagem.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 *Lean Maintenance*

*Lean Maintenance* representa adoção de princípios *Lean* nas operações de Manutenção, Reparo e Revisão. Com isto, pode reduzir o tempo de inatividade não programado através da otimização de atividades de apoio de manutenção e, conseqüentemente, o custo de manutenção (Jahanbakhsh *et al.*, 2013).

Define-se *Lean Maintenance* como entrega de serviços de manutenção para os clientes com o menor desperdício possível, promovendo a realização de um resultado desejável a partir do menor número entradas possíveis. As entradas incluem: o trabalho, peças, ferramentas, energia, capital e gestão do esforço. Os ganhos são: melhoria do processo de manutenção, repetibilidade dos processos, aumento do índice de confiabilidade da planta e disponibilidade, ou seja, menos variação. Por sua vez, o *Lean Maintenance* não deve substituir as muitas estratégias e métodos existentes, pois deve ser considerado como um procedimento que permite que estes sejam usados de uma forma orientada (Smith e Hawkins, 2004; Wiegand *et al.*, 2007; Levitt, 2008).

Em *Lean Maintenance*, usam-se muitos dos métodos e ferramentas já conhecidos e a abordagem possibilita conhecer alguns novos. Acima de tudo, *Lean Maintenance* adiciona dois novos aspectos do gerenciamento *Lean* ao seu sistema existente: prevenção de desperdícios e orientação da manutenção para o fluxo de valor (Wiegand et al., 2007).

Smith e Hawkins (2004) afirmam que a Manutenção Produtiva Total (TPM) é a base de *Lean Maintenance*. Segundo Pinto (2013), *Lean Maintenance* é muito mais que uma evolução do método TPM, é a adoção de princípios e soluções que visam apoiar a gestão empresarial na eliminação de desperdícios e na criação de valor para o cliente e demais *acionistas*, adotando uma abordagem global centrada na participação de todos e na constante melhoria do índice de Eficácia Global dos Equipamentos (OEE). No contexto da Manufatura, o indicador OEE é utilizado para medir a efetividade das programações de produção planejadas.

Segundo Jasiulewicz-Kaczmarek (2013), uma das mais importantes preparações para a Manufatura é a configuração da organização da Manutenção por meio da implementação de *Lean Maintenance*. A adoção de *Lean Maintenance* pressupõe um processo de melhoria contínua, cujo sucesso de implementação depende do empenho de toda a organização, desde os operadores dos equipamentos até a gestão de topo (Couto, 2011).

Para obter sucesso na implementação de *Lean Maintenance*, existem formas de medir como estão inicialmente os processos e quais foram os ganhos obtidos na Manutenção com a implementação desta abordagem. Para tal, utiliza-se as seguintes ferramentas: Mapeamento da Cadeia de Valor (*Value Stream Mapping*), 5S, Gestão visual, TPM (Total Productive Maintenance), Índice de Eficácia global dos equipamentos (OEE), troca rápida de ferramenta (TRF) ou SMED (*Single Minute Exchange of Die*), *Kaizen*, *Poka-Yoke*, Mapeamento de atividades do processo, *Kanban*, computador gerenciando sistema de manutenção (CMMS), Sistema de *Enterprise Asset Management* (EAM) e Tempo *Takt* (Smith e Hawkins, 2004; Wiegand et al., 2007).

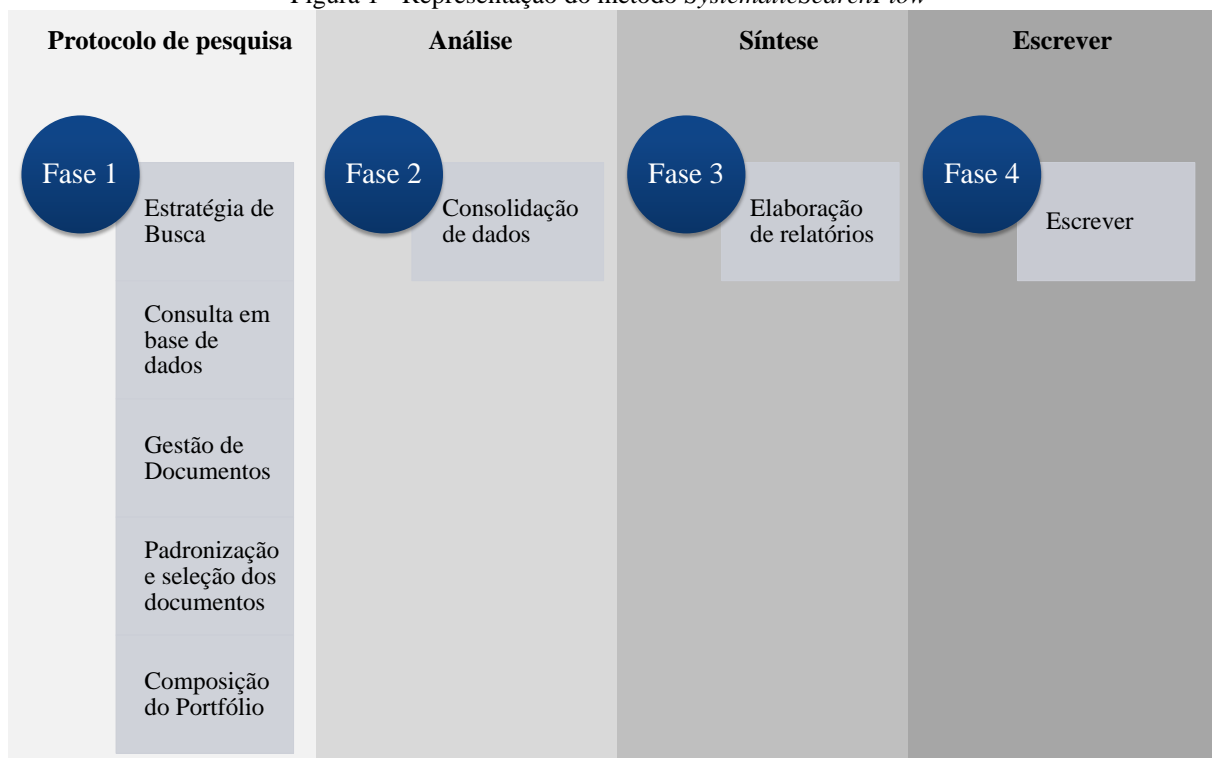
### 3. Procedimento Metodológico

O método utilizado nesta pesquisa foi teórico-conceitual, com base na revisão bibliográfica sistemática. Para esta revisão de literatura utilizou-se o método *SystematicSearchFlow* (SSF) proposto por Ferenhof e Fernandes (2016). A escolha deste processo estruturado para a revisão da bibliografia justifica-se pela estruturação e sistematização do objeto de estudo para a construção do conhecimento, a fim de nortear o

pesquisador na busca de um maior alinhamento dos trabalhos selecionados com a pesquisa e, também, oferecer transparência ao processo (Tasca *et al.*, 2010; Vilela, 2012).

Conforme a Figura 1, este método é composto pela sequência de 8 atividades distribuídas em 4 fases. A Fase 1 é atribuída a Definição do protocolo de pesquisa e do Objeto do Estudo, sendo composta pelas seguintes atividades: Estratégia de busca; Consulta em base de dados; Organizar a bibliografia; Padronização e seleção dos artigos, criando os grupos temáticos para organizar os assuntos pesquisados, filtrados e selecionados; e Composição do portfólio de artigos. A Fase 2 é destinada à Análise, abarcando a Consolidação dos dados levantados. Em seguida, na Fase 3 ocorre a Síntese e Elaboração de relatórios. Por fim, a Fase 4 consiste em Escrever, destinando-se a consolidação dos resultados por intermédio da escrita científica (Ferenhof e Fernandes, 2016).

Figura 1 - Representação do método *SystematicSearchFlow*



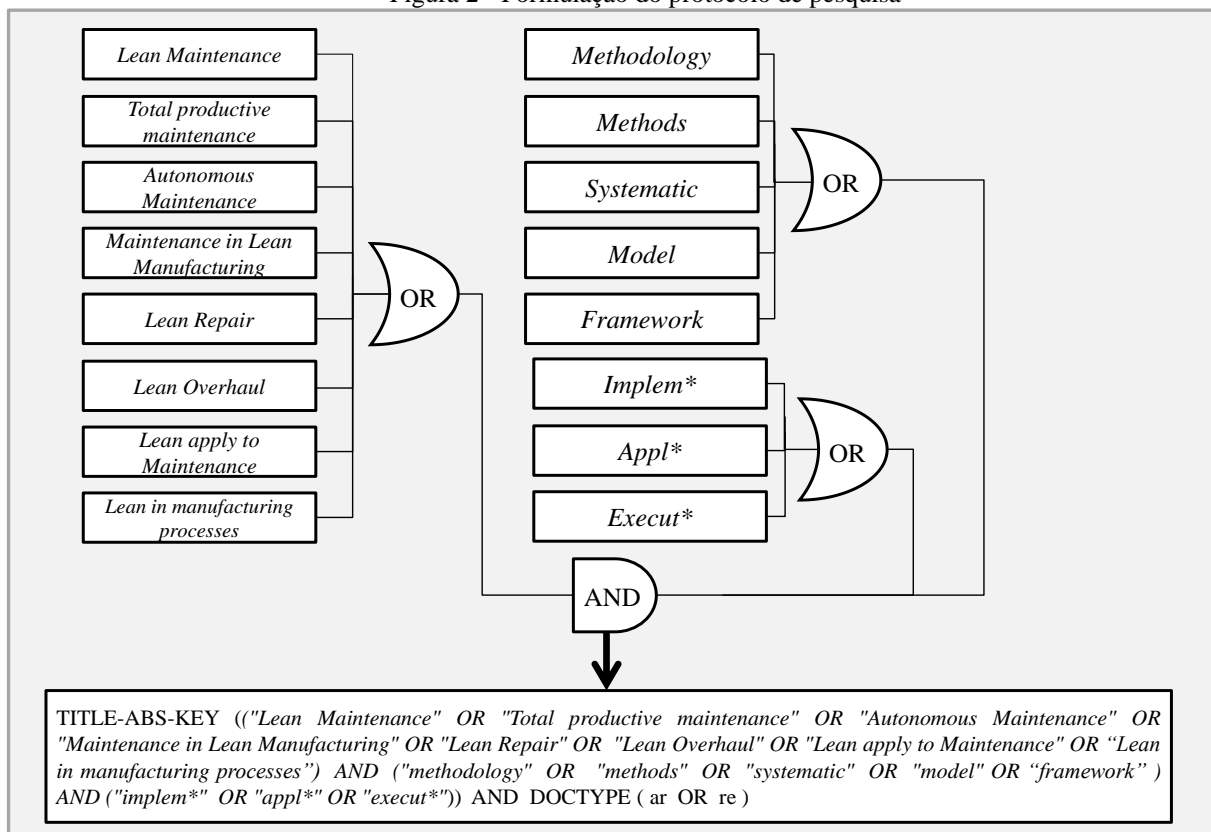
Fonte: Adaptado de Ferenhof e Fernandes (2016)

Inicialmente, para a coleta de dados, utilizou-se como critério de inclusão: artigos que têm como temática os assuntos *Lean Maintenance*, TPM, OEE e Manufatura. A busca se deu utilizando os seguintes critérios de inclusão: (i) Seleção de artigos que contenham ou no título, ou no resumo, ou nas palavras-chave do artigo, os descritores definidos; (ii) Busca por tipo de documento: *article* e *review* (*Journals*); (iii) Cronológico: não houve refinamento por data, pois este critério reduziria o escopo da pesquisa; (iv) Idiomas: foram incluídos trabalhos em inglês

e português; e (v) Seleção de artigos disponíveis e que contenham texto na íntegra via acesso portal CAPES ou pro meio da rede de contatos dos mesmos, a fim de permitir a completa análise de dados. Como critérios de exclusão, desconsideraram-se trabalhos tidos como “literatura cinzenta”, tais como livros e publicações de eventos, apenas artigos ou revisões de *Journals* com acesso pelo portal CAPES foram considerados. Cabe destacar que a *query* em questão quando operacionalizada nas bases de dados levou em consideração os resumos, títulos ou palavras-chaves.

Uma vez determinada a área de conhecimento que será foco da pesquisa, evidencia-se a escolha das palavras-chave que serão utilizadas na busca de referências (Lacerda et al., 2012).

Figura 2 - Formulação do protocolo de pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Para a busca e mapeamento dos artigos, a estratégia de busca foi formulada partindo de requisitos relevantes à pesquisa. Para esta, adotou-se a formulação de diagrama lógico e, posteriormente, sua tradução para lógica escrita, a qual foi necessária na realização da *Query*. Nota-se que, para absorver variações de escrita, foram adotadas as notações lógicas *AND* (e), *OR* (ou) e “ ” (notação para frase exata). Ambas as formulações são apresentadas na Figura 2.

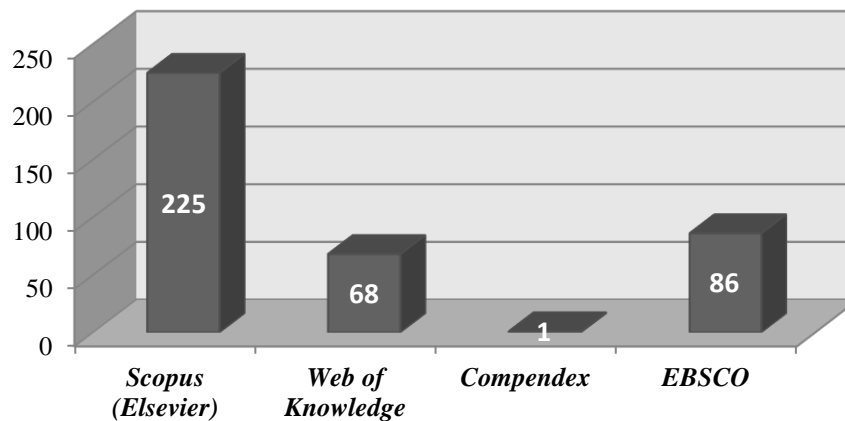
Na sequência, selecionaram-se as bases de dados que fornecerão o banco de artigos para a pesquisa. Para esta busca, optou-se por utilizar as seguintes bases científicas: *SCOPUS (Elsevier)*, *Web of Knowledge*, *Compendex* e *EBSCO*.

## 4. Resultados

### 4.1. Análise bibliométrica

A pesquisa resultou em 407 artigos, 283 deles sem serem duplicados, que foram sistematicamente analisados, isto é, filtrados e posteriormente gerenciados com a utilização do *software Endnote Basic*. O número exato de publicações que retornaram por cada base de dados pode ser visto conforme a Figura 3.

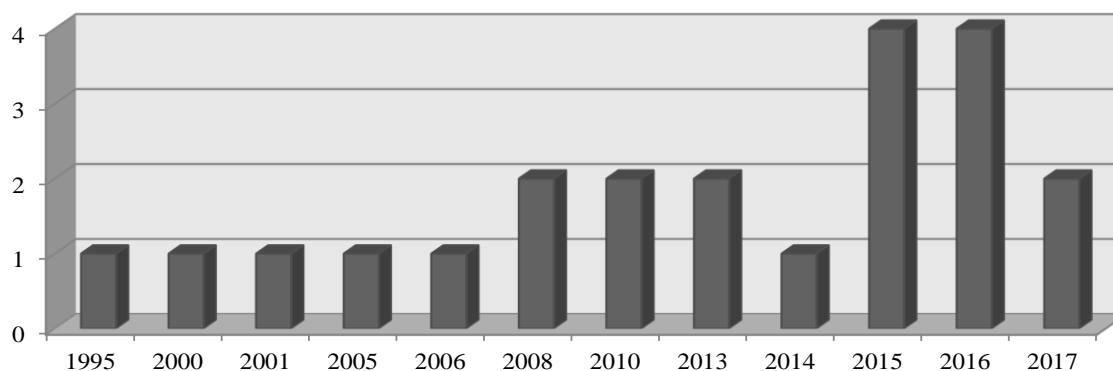
Figura 3 - Resultado das bases



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Após a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, identificaram-se que apenas 46 dos 283 artigos encontravam-se alinhados ao tema. Como 4 dos 46 não estavam disponíveis para *download* em texto integral, isto resultou em 42 artigos para a análise e leitura do texto completo. Após a análise, 20 destes não estavam alinhados com o tema, isto é, não apresentavam o que a pesquisa em questão buscava, tendo sido retirados do portfólio bibliográfico, o que resultou finalmente em 22 artigos. A Figura 4 apresenta o histórico de publicações com base na *query* final resultante da busca pelas palavras chaves.

Figura 4 - Distribuição dos artigos por ano



Fonte: Elaboração pelos autores (2018)

Para a construção dos resultados, foram analisados os 22 artigos, o que culminou na Tabela 1, que apresenta os principais artigos, contendo autor, ano, título e a origem da publicação (aqui identificada como *Journal*).

Tabela 1 - Portfólio Bibliográfico Resultante

| Autor                             | Ano  | Título  | Journal   |
|-----------------------------------|------|---|---|
| Miyake e Enkawa                   | 1995 | <i>Improving manufacturing systems performance by complementary application of Just-in-time, Total Quality control and Total productive maintenance paradigms</i> | <i>Total Quality Management Journal</i>                                 |
| Cooke                             | 2000 | <i>Implementing TPM in plant maintenance: Some organizational barriers</i>  | <i>International Journal of Quality and Reliability Management</i>      |
| Cua, Mckone e Schroeder           | 2001 | <i>Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance</i>  | <i>Journal of Operations Management</i>                                 |
| Chan et al.                       | 2005 | <i>Implementation of total productive maintenance: A case study</i>   | <i>International Journal of Production Economics</i>                    |
| Rodrigues e Hatakeyama            | 2006 | <i>Analysis of the fall of TPM in companies</i>   | <i>Journal of Materials Processing Technology</i>                       |
| Andrew, Richard e Paul            | 2008 | <i>Developing a Six Sigma maintenance model</i>   | <i>Journal of Quality in Maintenance Engineering</i>                    |
| Badinger, Gandhinathan e Gaitonde | 2008 | <i>A methodology to enhance equipment performance using the OEE measure</i>   | <i>European Journal of Industrial Engineering</i>                       |
| Davies e Greenough                | 2010 | <i>Measuring the effectiveness of lean thinking activities within maintenance</i>   | <i>Maintenance Journal</i>  |
| Fore e Zuze                       | 2010 | <i>Improvement of overall equipment effectiveness through total productive maintenance</i>  | <i>World Academy of Science, Engineering and Technology</i>             |
| Kaur, Singh e Ahuja               | 2013 | <i>An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance</i>  | <i>International Journal of Productivity and Performance Management</i> |
| Romano et al.                     | 2013 | <i>Lean Maintenance model to reduce scraps and WIP in manufacturing system: Case study in power cables factory</i>  | <i>WSEAS Transactions on Systems</i>                                    |
| Djekic et al.                     | 2014 | <i>Lean Manufacturing Effects in a Serbian Confectionery Company - Case Study</i>   | <i>Special Theme: Application of Quality Management</i>                 |
| En-Nhaili, Meddaoui e Bouami      | 2015 | <i>A new tool for maintenance performance measurement using value stream mapping and time-driven activity-based costing</i>                                       | <i>International Journal of Process Management and Benchmarking</i>     |
| Gonçalves Filho et al.            | 2015 | <i>Literature review of maintenance in lean manufacturing environment</i>   | <i>Espacios</i>   |
| Mostafa et al.                    | 2015 | <i>Lean thinking for a maintenance process</i>  | <i>Production and Manufacturing Research</i>                            |



| Autor                              | Ano  | Título   | Journal   |
|------------------------------------|------|--|---|
| Zhang et al.                       | 2015 | <i>A cloud-based framework for lean maintenance, repair, and overhaul of complex equipment</i>   | <i>Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME</i> |
| Binti Aminuddin et al.             | 2016 | <i>An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness</i>                       | <i>International Journal of Production Research</i>                               |
| En-Nhaili, Meddaoui e Bouami       | 2016 | <i>Effectiveness improvement approach basing on OEE and lean maintenance tools</i>   | <i>International Journal of Process Management and Benchmarking</i>               |
| Godinho Filho, Ganga e Gunasekaran | 2016 | <i>Lean manufacturing in Brazilian small and medium enterprises: implementation and effect on performance</i>                          | <i>International Journal of Production Research</i>                               |
| Gupta e Vardhan                    | 2016 | <i>Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: A case study</i> | <i>International Journal of Production Research</i>                               |
| Duran, Capaldo e Duran Acevedo     | 2017 | <i>Lean Maintenance Applied to Improve Maintenance Efficiency in Thermolectric Power Plants</i>  | <i>Energies</i>   |
| Gupta, Gupta e Parida              | 2017 | <i>Modeling lean maintenance metric using incidence matrix approach</i>  | <i>International Journal of System Assurance Engineering and Management</i>       |

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Com relação à distribuição anual das publicações selecionadas, foi averiguado que as publicações relacionadas exclusivamente ao tema *Lean Maintenance* tornaram-se mais frequentes a partir de 2010 nos periódicos analisados. Davies e Greenough (2010) reforçam a necessidade de mais pesquisas empíricas nessa área e afirmaram que os estudos anteriores se concentraram principalmente na classificação das estratégias de manutenção. Nota-se que a partir de 2013, as pesquisas que passaram a retratar metodologias especificamente com o termo *Lean Maintenance* são as seguintes: Romano et al. (2013), En-Nhaili et al. (2015), Gonçalves Filho et al. (2015), Mostafa et al. (2015), Zhang et al. (2015), En-Nhaili et al. (2016); Duran et al. (2017), Gupta et al. (2017). Antes do ano de 2013, os demais autores utilizam métodos ou procedimentos pertencentes ao *Lean Maintenance*, mas ainda não existia essa denominação na literatura qualificada. Os métodos utilizados eram TPM, JIT e TQM.

Com relação à distribuição de publicações por autores, o portfólio permitiu verificar que os autores En-Nhaili, Meddaoui e Bouami escreveram dois trabalhos em anos diferentes, desenvolvidos com foco em ferramentas pertencentes à abordagem *Lean Maintenance*, são eles: Mapeamento do Fluxo de Valor da Manutenção, modelagem de Custos e indicador OEE. O autor Piyush Gupta está presente na autoria de dois trabalhos com foco nesta abordagem. Destaca-se também que o periódico *International Journal of Production Research*, classificado como alto impacto, foi o único que apresentou mais de uma publicação do tema estudado no portfólio resultante, tendo ao todo três publicações. Salienta-se que as buscas foram efetuadas até a data de 20 de Janeiro de 2018. Novos documentos podem aparecer nas futuras buscas, ao serem inseridos na base após a data da busca.

## 4.2. Análise de conteúdo

Os principais resultados da análise e contribuições dos artigos são sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2- Análise de conteúdo dos artigos

| Autor                         | Análise   |
|-------------------------------|---|
| Miyake e Enkawa (1995)        | Discutiram a aplicação de práticas de <i>Just-in-time</i> (JIT), do Controle de Qualidade Total (TQC) e da Manutenção Produtiva Total (TPM) de forma complementar. Como resultado, expuseram não só muitas iniciativas reais neste sentido, mas também conclusões adicionais sobre questões de implementação.   |
| Cooke (2000)                  | Estudou a respeito das dificuldades que empresas de manufatura enfrentaram na tentativa de implementar TPM. Como resultado, concluiu que a implementação do TPM não é de modo algum uma tarefa fácil, pois é fortemente sobrecarregada por barreiras.   |
| Cua et al. (2001)             | Investigaram as práticas de Gerenciamento Total da Qualidade, <i>Just-in-Time</i> e Manutenção Produtiva Total simultaneamente, com o objetivo de identificar as diferenças entre as fábricas de alto e baixo desempenho em relação à implementação. Os resultados destas análises empíricas demonstraram a importância de implementar as práticas e técnicas pertencentes a todas as três práticas.  |
| Chan et al. (2005)            | Estudaram a implementação de TPM em uma fábrica de eletrônicos e a avaliação de seu resultado em uma máquina modelo da seção de <i>front-end</i> no Departamento de Montagem. Após a implementação de TPM na máquina modelo, foram obtidos tanto benefícios tangíveis quanto intangíveis. A produtividade da máquina modelo aumentou 83% e atividades de melhoria também foram alcançadas.  |
| Rodrigues e Hatakeyama (2006) | Apresentaram os principais fatores que levam ao abandono gradual de níveis já alcançados da metodologia TPM. Como resultado, concluíram que, na maioria dos casos, nem sempre a organização como um todo está inserida na filosofia do TPM. Além disso, ressaltaram que a realização de auditorias com respectivas avaliações e retroalimentação no sistema apresentam um dos procedimentos mais positivos para a manutenção e melhoria da estrutura. |
| Andrew et al. (2008)          | Desenvolveram e implementaram um modelo integrado de Manutenção <i>Six Sigma</i> para a indústria de manufatura. Como resultado, a aplicação do modelo possibilitou uma economia no setor de Fundição, bem como culminou no desenvolvimento de uma cultura de melhoria sistemática, mapeamento de sistemas, técnicas de análise e uma abordagem de resolução de problemas mais técnica.   |
| Badinger et al. (2008)        | Propuseram um método para implementar a metodologia do OEE para melhorar o desempenho do equipamento que foi avaliado por meio de um estudo de caso. Como resultado, houve aumento da disponibilidade, da qualidade e do desempenho da máquina <i>peening shot</i> ao reduzir os desperdícios.  |
| Davies e Greenough (2010)     | Discutiram as questões combinadas de Abordagem <i>Lean</i> , manutenção e medidas de desempenho. Como resultado foi desenvolvido um modelo de referência que fornece um resumo das atividades possíveis de serem enxutas dentro da organização e da manutenção em particular.   |
| Fore e Zuze (2010)            | Objetivaram melhorar o OEE em uma empresa de manufatura por meio da implementação de estratégias inovadoras de manutenção. Como resultado, concluíram que o sistema de manutenção da empresa é fraco e, por conta disto, realizaram algumas recomendações.  |
| Kaur et al. (2013)            | Fornecem um modelo de implementação do JIT, <i>Total Quality Management</i> (TQM) e TPM. Os resultados sugerem que as dimensões de implementação do TQM-TPM são bastante importantes para as organizações de manufatura que estão em processo de obter a excelência na fabricação para competir no mercado global altamente dinâmico.   |
| Romano et al. (2013)          | Desenvolveram um modelo de <i>Lean Maintenance</i> , a fim de otimizar o fluxo de processo e reduzir ou eliminar desperdícios e <i>work-in-progress</i> (WIP) em um contexto da manufatura. O novo método formulado funde as etapas do processo   |

| Autor                                | Análise  |
|--------------------------------------|--|
|                                      | da técnica de <i>Root Cause and Failure Analysis</i> (RCFA) existente, os princípios básicos de <i>Lean Maintenance</i> e TPM. Foi implementado em uma fábrica de cabos de potência e, como resultado, houve redução de desperdícios de produção e dos custos relacionados.  |
| <b>Djekic et al. (2014)</b>          | Avaliaram os efeitos da implementação da Abordagem <i>Lean</i> em uma empresa de produção de confeitaria, enfatizando os benefícios e restrições observadas. As ferramentas <i>Lean</i> implementadas no processo de produção foram o controle visual e a troca rápida (SMED). No processo de manutenção, implementaram 5S com TPM. Sessões de resolução de problemas foram implementadas em ambos os processos. Os resultados da aplicação dessas ferramentas mostraram efetivas melhorias nos processos.   |
| <b>En-Nhaili et al. (2015)</b>       | Contribuíram para estudos de <i>Lean Maintenance</i> . Os autores demonstraram como atividades de manutenção e desperdícios podem ser estudados para otimizar este processo. A metodologia seguida neste artigo baseia-se no mapeamento da manutenção usando o Mapeamento de Fluxo de Valor e a combinação entre a modelagem de custos utilizando TDABC e o indicador de <i>lead time</i> da manutenção. Os resultados da pesquisa são experimentados em uma montadora automotiva multinacional no Marrocos. A limitação do modelo proposto está restringida ao estudo da manutenção preventiva e corretiva.                             |
| <b>Gonçales Filho et al. (2015)</b>  | Referenciam a metodologia <i>Lean Maintenance</i> como a resolução de um problema, por meio de uma revisão bibliográfica. Utilizaram-se as palavras-chave " <i>Lean Maintenance</i> aplicado ao desenvolvimento de plataformas de produto" nas bases científicas: <i>Web of Science</i> , <i>Scopus</i> , <i>Compendex</i> . A pesquisa realizada mostra resultados de uma investigação bibliográfica.   |
| <b>Mostafa et al. (2015)</b>         | Realizaram uma revisão bibliográfica sistemática sobre <i>Lean Maintenance</i> , estabeleceram um método para esta abordagem e desenvolveram uma Casa de Desperdícios (HoW) para demonstrar a associação entre desperdícios da manutenção e as ferramentas do <i>Lean Maintenance</i> . A estrutura do processo é construída com base nos princípios <i>Lean</i> para orientar e apoiar as organizações a buscar a excelência da manutenção. Como resultado, os autores propuseram um método de implementação de <i>Lean Maintenance</i> que pode ser aplicado em condições reais para testar sua validade e confiabilidade do processo. |
| <b>Zhang, et al. (2015)</b>          | Visaram enriquecer a base teórica para a <i>Lean Maintenance, Repair and Overhaul - MRO</i> , aproveitando a metodologia de fabricação baseada na nuvem. Para apoiar a melhoria contínua da produtividade e reduzir os custos, este trabalho desenvolveu um <i>framework</i> baseado em nuvem para <i>Lean MRO</i> . A viabilidade deste <i>framework</i> baseado em nuvem é verificada através do caso de serviço MRO do equipamento de fundição contínua em uma empresa siderúrgica.   |
| <b>Binti Aminuddin et al. (2016)</b> | Formularam e testaram cinco hipóteses e quatro questões de pesquisa relacionadas à implementação e uso do OEE na manufatura. Os resultados estabelecem a ligação da implementação do OEE com o TPM e a Abordagem <i>Lean</i> , e os condutores, fatores mais críticos, barreiras e o papel da gestão na sua implementação.   |
| <b>En-Nhaili et al. (2016)</b>       | Propuseram uma nova abordagem para a eficiência industrial, com base no TPM e em <i>Lean Maintenance</i> . O método se baseia no mapeamento das atividades de manutenção, utilização do indicador OEE, identificação e tratamento dos principais desperdícios pelas ferramentas <i>Lean</i> com as respectivas ações de melhoria associadas e, por fim, a realização de um estudo de caso. Os resultados da pesquisa são aplicados em uma montadora multinacional.   |
| <b>Godinho Filho et al. (2016)</b>   | Investigaram como as práticas de <i>Lean</i> estão sendo implementadas nas pequenas e médias empresas brasileiras. O resultado da pesquisa mostra que as empresas estudadas utilizaram práticas de forma fragmentada, sem uma visão holística.   |
| <b>Gupta e Vardhan (2016)</b>        | Propuseram um <i>framework</i> para melhorar a eficácia operacional com as aplicações do OEE. Como resultado, houve aumento do OEE, vendas, lucro e da produtividade, e além disto, os custos de produção foram reduzidos dentro de um período de três anos. A implementação do TPM também trouxe benefícios.  |
| <b>Duran et al. (2017)</b>           | Apresentaram a experiência adquirida em dois projetos de <i>Lean Maintenance</i> em usinas termoeletricas. A aplicação de técnicas <i>Lean</i> foi baseada no uso de um  |

| Autor                      | Análise   |
|----------------------------|---|
|                            | processo de tomada de decisão multicritério desenvolvido anteriormente, que usa a metodologia do Processo de Hierarquia Analítica Fuzzy (AHP) para realizar um diagnóstico e tarefas de prescrição. Essa metodologia permitiu a prescrição das técnicas <i>Lean</i> facilitadas para resolver as principais deficiências na função de manutenção. Os resultados da aplicação dessas ferramentas enxutas mostraram que podem ser obtidos resultados importantes, tornando a função de manutenção em usinas termoeletricas mais eficientes e <i>Lean</i> .  |
| <b>Gupta et al. (2017)</b> | Modelaram <i>Lean Maintenance</i> usando a abordagem da matriz de incidência. As características da abordagem foram identificadas e suas metodologias de interdependências e quantificação foram propostas para definir o índice de <i>Lean Maintenance</i> (LMI) de um sistema de manutenção. A metodologia foi demonstrada através de um estudo de caso ilustrativo. Como resultado, o artigo mostrou que "um forte suporte de gerenciamento, incluindo a incorporação dos processos administrativos certos", tem uma forte influência na melhoria do LMI de uma organização. Além disso, os resultados também mostraram que outras características significativas que contribuem para a implementação do <i>Lean Maintenance</i> são "identificação da criticidade do equipamento", "gerenciamento de inventário" e "recurso de mão de obra de manutenção" em ordem decrescente. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

## 5. Conclusões

Conforme apresentado, o presente artigo teve como objetivo analisar na literatura qualificada estudos referentes à temática de *Lean Maintenance*, a fim de verificar como esta abordagem tem sido trabalhada na prática. Por meio da análise do portfólio resultante, puderam ser observados trabalhos práticos e teóricos, nos quais foi possível verificar a flexibilidade de abordagens com foco na Manutenção.

É evidente, a partir da perspectiva da literatura, da pesquisa e da gestão, que a função manutenção se enquadra como contribuinte para as atividades de uma organização por meio da adição de valor, havendo necessidade de sua otimização para melhorar a eficiência dos processos (Kardec e Nascif, 2004). Além disso, muitos dos autores dos artigos destacaram características fundamentais da Abordagem *Lean* e suas ferramentas, bem como propuseram e implementaram métodos utilizando TPM, OEE, SMED, Seis Sigma e outras abordagens para suportar atividades de manutenção.

Um ponto a destacar é que poucos autores abordaram a sustentabilidade das melhorias realizadas. Grande parte dos artigos apresentam casos de aplicação que duraram apenas alguns meses, não sendo possível a medição e acompanhamento das mudanças por um período maior. Também há poucas pesquisas que foquem nas mudanças dos comportamentos das pessoas para criar uma rotina de melhoria contínua. Em alguns trabalhos, não fica claro a interação do(s) pesquisador(es) com a equipe na aplicação da abordagem *Lean Maintenance*, o que sugere a falta da participação direta dos executores do processo.

Os trabalhos não apresentam o nível de detalhamento de como foi implementada a abordagem ou apenas realizam a aplicação de ferramentas *Lean* para a manutenção, isto é, em muitos trabalhos, os métodos são como um conjunto de ferramentas para trazer resultados imediatos. Nota-se que muitos são procedimentos inflexíveis, métodos rígidos que não incentivam a criatividade dos executores. Muitas são realizadas por meio de projetos eventuais, com objetivos específicos e tempo reduzido, sem que haja um padrão ou uma rotina de interação contínua.

A busca sistemática da literatura demonstrou que os resultados sustentáveis ocorrem quando é adotada uma abordagem sistêmica, aliando a aplicação das ferramentas a uma cultura onde as pessoas participam e se sentem motivadas a melhorar continuamente seus processos. Nesse caso, é necessário proporcionar o desenvolvimento de soluções de maneira sistemática e científica, de forma a propiciar a sustentabilidade da busca pela excelência nos processos de manutenção.

Destacam-se também as oportunidades mencionadas por autores, como a necessidade de soluções mais criativas e de uma abordagem mais flexível de aplicação da metodologia, além da ênfase da importância da participação efetiva dos executores do processo para o sucesso da iniciativa.

Vale ressaltar que o enquadramento dos fatores das publicações foi realizado com base na leitura dos artigos e interpretação dos autores, não excluindo a possibilidade de haver abordagens diferentes e até mesmo mais minuciosas para tal análise.

O progresso de pesquisas visa complementar e melhorar o que já tem sido realizado, como é o caso do detalhamento de aplicações práticas de *Lean Maintenance* e metodologias flexíveis de implementação. Diante disso, sugere-se a proposição de uma sistemática ou modelo que evidencie a participação dos executores do processo de manutenção na construção de melhorias sustentáveis.

A implementação de uma nova abordagem de gestão da manutenção é, pelo descrito anteriormente, um passo muito importante a ser dado pelas empresas industriais e não pode, no entanto, ser visto como um passo único. Assim, a adoção de *Lean Maintenance* pressupõe um processo de melhoria contínua, cujo sucesso de implementação depende do empenho de toda a organização, desde os operadores dos equipamentos até a gestão de topo.

As organizações não se tornam *Lean* de forma instantânea, pois é necessário tempo e persistência de todos os envolvidos no fluxo de valor. As práticas e ferramentas que

fundamentam *Lean Maintenance* podem ser visíveis, porém o grande alicerce para que tudo funcione consiste na realização de rotinas, hábitos de gestão e pensamento, por meio do quais as pessoas possam agir diariamente. Atualmente, o *Lean* passa por uma visão que incentiva abordagens participativas que promovem a melhoria contínua e que privilegiam a inovação, como *Toyota Kata* proposta por Rother (2010).

## REFERÊNCIAS

- Araújo, S. M. F. (2010). Implementação de um sistema de manutenção Lean na SNA Europe [Industries] SA. Dissertação de mestrado (Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto: Portugal.
- Binti Aminuddin, N. A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Antony, J., & Rocha-Lona, L. (2016). An analysis of managerial factors affecting the implementation and use of overall equipment effectiveness. *International Journal of Production Research*, 54 (15): 4430-4447. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055849>
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71-94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Cooke, F. L. (2000). Implementing TPM in plant maintenance: some organisational barriers. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17 (9): 1003-1016. <https://doi.org/10.1108/02656710010378789>
- Couto, L. F. N. (2011). Gestão Lean da manutenção aplicada a equipamentos de transporte de granéis sólidos. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Universidade Nova de Lisboa: Portugal.
- Cua, K. O., McKone, K. E., & Schroeder, R. G. (2001). Relationships between implementation of TQM, JIT, and TPM and manufacturing performance. *Journal of operations management*, 19 (6): 675-694. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(01\)00066-3](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(01)00066-3)
- Davies, C., & Greenough, R. M. (2010). Measuring the effectiveness of lean thinking activities within maintenance. Retrieved June, 24, 2013.
- Djekic, I., Zivanovic, D., Dragojlovic, S., & Dragovic, R. (2014). Lean manufacturing effects in a Serbian confectionery company—Case Study. *Organizacija*, 47 (3): 143-152. <https://doi.org/10.2478/orga-2014-0013>
- Duran, O., Capaldo, A., & Duran Acevedo, P. A. (2017). Lean Maintenance Applied to Improve Maintenance Efficiency in Thermoelectric Power Plants. *Energies*, 10 (10): 1653. <http://doi.org/10.3390/en10101653>
- En-nhaili, A., Meddaoui, A., & Bouami, D. (2015). A new tool for maintenance performance measurement using value stream mapping and time-driven activity-based costing. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5 (2): 171-193. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2015.068665>
- En-Nhaili, A., Meddaoui, A., & Bouami, D. (2016). Effectiveness improvement approach basing on OEE and lean maintenance tools. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 6(2), 147-169. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2016.075599>
- Ferenhof, H. A., & Fernandes, R. F. (2016). Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. *Revista ACB*, 21 (3): 550-563.
- Fore, S., & Zuze, L. (2010). Improvement of overall equipment effectiveness through total productive maintenance. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 61: 402-410.
- Finigan, T., & Humphries, J. (2006). Maintenance gets Lean: Synergies for step change. *Industrial Engineer*, 38 (10): 26-32.
- Godinho Filho, M., Ganga, G. M. D., & Gunasekaran, A. (2016). Lean manufacturing in Brazilian small and medium enterprises: implementation and effect on performance. *International Journal of Production Research*, 54 (24): 7523-7545. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1201606>



- Gonçales Filho, M., Da Silva, F. A., Machado, L., De Oliveira, R. I. D., Da Silva, R. G. D., Dos Santos, N. C. D., & De Campos, F. C. D. (2015). Literature review of maintenance in lean manufacturing environment. *Espacios*, 36 (7): 9.
- Gupta, P., & Vardhan, S. (2016). Optimizing OEE, productivity and production cost for improving sales volume in an automobile industry through TPM: a case study. *International Journal of Production Research*, 54 (10): 2976-2988. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1145817>
- Gupta, S., Gupta, P., & Parida, A. (2017). Modeling lean maintenance metric using incidence matrix approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(4), 799-816. <http://doi.org/10.1007/s13198-017-0671-z>
- Jahanbakhsh, M., Moghaddam, N., & Samaie, H. M. (2013). Lean maintenance (case study: Teen Dairy Industry Co.). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 4: 2033-2040.
- Jasiulewicz-Kaczmarek, M. (2013). Sustainability: orientation in maintenance management—theoretical background. In *EcoProduction and Logistics* (pp. 117-134). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-23553-5\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-23553-5_8)
- Kardec, A., & Nascif, J. (2004). *Manutenção Função Estratégica*, 2ª edição, 1ª Reimpressão. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda.
- Kaur, M., Singh, K., & Ahuja, I. S. (2013). An evaluation of the synergic implementation of TQM and TPM paradigms on business performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62 (1): 66-84. <https://doi.org/10.1108/17410401311285309>
- Lacerda, R. T. O., Ensslin, L., & Ensslin, S. R. (2012). Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. *Gestão & Produção*, 19 (1).
- Léger, J. B., Neunreuther, E., Iung, B., & Morel, G. (1999). Integration of the predictive maintenance in manufacturing system. In *Advances in Manufacturing* (pp. 133-144). Springer, London. [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0855-9\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0855-9_13)
- Levitt, J. (2008). *Lean maintenance*. Industrial Press Inc. Elsevier Butterworth-Heinemann. New York: Industrial Press, Inc.
- Miyake, D. I., & Enkawa, T. (1995). Improving manufacturing systems performance by complementary application of just-in-time, total quality control and total productive maintenance paradigms. *Total Quality Management*, 6 (4): 345-364. <https://doi.org/10.1080/09544129550035305>
- Mostafa, S., Lee, S. H., Dumrak, J., Chileshe, N., & Soltan, H. (2015). Lean thinking for a maintenance process. *Production and Manufacturing Research*, 3 (1): 236-272. <https://doi.org/10.1080/21693277.2015.1074124>
- Nunes, M. A. M. (2013). *Aplicação dos princípios da manutenção Lean na indústria farmacêutica* Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa: Portugal.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. Lisboa: Lidel, Edições técnicas.
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179 (1-3): 276-279. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.03.102>
- Romano, E., Murino, T., Asta, F., & Costagliola, P. (2013). Lean Maintenance model to reduce scraps and WIP in manufacturing system: Case study in power cables factory. *WSEAS Transactions on Systems*, 12 (12): 650-666.
- Rother, M. (2010). *Toyota kata: Gestão de pessoas para a melhoria, a adaptabilidade, e resultados superiores*. New York, NY: McGraw Hill.
- Sheng, T. L., & Tofoya, J. (2010, October). The secret of manufacturing excellence: Lean maintenance. In *Semiconductor Manufacturing (ISSM), 2010 International Symposium on* (pp. 1-4). IEEE.
- Shigunov Neto, A., & Scarpim, J. A. (2011). A Terceirização dos Serviços de Manutenção Industrial É Viável?: Algumas Reflexões Iniciais. *Qualitas Revista Eletrônica*, 12(2). <http://dx.doi.org/10.18391/qualitas.v12i2.1170>
- Skinner, W. (1996). Manufacturing strategy on the “S” curve. *Production and operations management*, 5(1), 3-14. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1937-5956.1996.tb00381.x>
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean maintenance: reduce costs, improve quality, and increase market share*. Elsevier Butterworth-Heinemann.

Tasca, J. E., Ensslin, L., Rolim Ensslin, S., & Bernardete Martins Alves, M. (2010). An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. *Journal of European Industrial Training*, 34 (7): 631-655. <https://doi.org/10.1108/03090591011070761>

Vilela, L. O. (2012). Aplicação do PROKNOW-C para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento. *Revista Gestão Industrial*, 8(1). <http://doi.org/10.3895/S1808-04482012000100005>

Wiegand, B., Langmaack, R., & Baumgarten, T. (2005). *Lean Maintenance System Zero Maintenance Time–Full Added Value Workbook*. Lean Institute: Portsmouth.

Zhang, Z., Liu, G., Jiang, Z., & Chen, Y. (2015). A cloud-based framework for lean maintenance, repair, and overhaul of complex equipment. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 137 (4): 040908. <http://doi.org/10.1115/1.4030619>