

**CAPACIDADE TECNOLÓGICA E ABORDAGEM ENXUTA EM MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS INDUSTRIAIS BRASILEIRAS**

Heitor Mendes<sup>1\*</sup>, [heitor.mendes@cefet-rj.br](mailto:heitor.mendes@cefet-rj.br), <https://orcid.org/0000-0002-5134-6752>  
Marta Lucia Azevedo Ferreira<sup>1</sup>, [marta.ferreira@cefet-rj.br](mailto:marta.ferreira@cefet-rj.br), <https://orcid.org/0000-0002-5998-5452>

<sup>1</sup> Federal Center for Technological Education Celso Suckow da Fonseca, 20271-110, Rio de Janeiro-RJ, Brazil

Submitted: 30/11/2022. Accepted: 29/12/2022. Published: 30/12/2022

**RESUMO**

Objetivo: investigar a capacidade tecnológica de Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPME) industriais brasileiras considerando a utilização dos princípios e práticas da abordagem enxuta.

Metodologia/Abordagem: pesquisa exploratória de natureza quantitativa e empírica com finalidade descritiva baseada em uma amostra não probabilística e intencional de 59 empresas com até 499 empregados pertencentes à indústria metalmeccânica localizadas no estado do Rio de Janeiro.

Resultados: confirmam a literatura ao revelarem a adesão incipiente das empresas pesquisadas ao pensamento enxuto e às práticas dele decorrentes, tornando as decisões de produção mais reativas do que proativas e configurando um quadro de baixa capacidade tecnológica e de inovação.

Limitações: pesquisa restrita a empresas de menor porte de um setor econômico específico, ainda que relevante por seu dinamismo que favorece encadementos produtivos com outros setores econômicos, além de benefícios para a economia regional.

Originalidade/Valor do Artigo: existência de poucos estudos sobre a aplicação dos princípios e práticas da abordagem enxuta em MPME em geral, e em MPME industriais em particular, especialmente no Brasil, e que ainda correlacionem capacidade tecnológica e capacidade de inovação.

**PALAVRAS-CHAVE:** capacidade tecnológica, abordagem enxuta, micro, pequenas e médias empresas.

**Technological capability and lean approach in brazilian micro, small and medium-sized industrial companies****ABSTRACT**

Objective: to investigate the technological capability of Brazilian Micro, Small and Medium-sized Enterprises (MSMEs) considering the use of the principles and practices of the lean approach.

Methodology/Address: exploratory research of quantitative and empirical nature with descriptive purpose based on a non-probabilistic and intentional sample of 59 companies with up to 499 employees belonging to the metal-mechanic industry located in the state of Rio de Janeiro.

Results: confirm the literature by revealing the incipient adherence of the surveyed companies to lean thinking and its practices, making production decisions more reactive than proactive and configuring a framework of low technological and innovation capability.

Limitations: research restricted to smaller companies in a specific economic sector, although relevant for its dynamism that favors productive linkages with other economic sectors, in addition to benefits for the regional economy.

Originality/Value of the Article: the existence of few studies on the application of the principles and practices of the lean approach in MSMEs in general, and in industrial MSMEs in particular, especially in Brazil, and that correlate technological capability and innovation capability.

**KEY WORDS:** technological capability, lean approach, micro, small and medium-sized companies.

## 1. INTRODUÇÃO

A importância socioeconômica das Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPME) é reconhecida mundialmente e em especial na América Latina, dada sua presença marcante nos países da região (Kato-Vidal, 2019). No Brasil elas têm papel relevante, não só pela sua expressiva participação no agregado econômico, mas também por seus impactos sobre o nível de emprego e a produtividade da economia nacional, requerendo políticas específicas de incentivo à inovação (Mendes & Ferreira, 2019, Mendes, Ferreira, Hasenclever & Teixeira, 2017, 2019; Nogueira & Pereira, 2015; Silveira & Garrido, 2017).

Tais políticas visam promover, tanto a modernização dos processos produtivos dessas empresas, como a elevação do seu grau de maturidade tecnológica e organizacional. Isto ocorre, em geral, a partir de programas e serviços de orientação, suporte e consultoria, dada a baixa capacidade tecnológica e de inovação que caracteriza as empresas de menor porte no país (Chiarini, Oliveira & Rapini, 2020; Figueiredo, 2015; Garcia & Madeira, 2013; La Rovere, Hasenclever & Pinto, 2014; Nogueira & Zucoloto, 2019).

O modo e a velocidade com que as empresas constroem e acumulam capacidade tecnológica é crucial para a inovação e gera impactos significativos na sua competitividade e produtividade, afetando também os setores econômicos envolvidos e o próprio nível da atividade econômica (La Falce, De Muylder & Lima-Toivanen, 2016). Trata-se do conjunto ou estoque de recursos à disposição das empresas que depende de aprendizagem tecnológica, envolvendo diversos mecanismos de captação de diferentes tipos de conhecimento tecnológico a partir de fontes internas e externas (Figueiredo, 2015; Silva & Dacorso, 2013, 2016; Tigre, 2019). O que importa é a assimilação e exploração de conhecimentos tecnológicos relevantes (Vega-Jurado, Polo-Otero, Cotes-Torres & Vega-Cárcamo, 2017).

Como mostram Zawislak, Alves, Tello-Gamarra, Barbieux e Reichert (2012) e Alves, Barbieux, Reichert, Tello-Gamarra e Zawislak (2017), a capacidade tecnológica é um componente fundamental da capacidade de inovação das empresas e engloba, tanto sua capacidade de operação, como de desenvolvimento tecnológico, ambas envolvendo a gestão da tecnologia. Destacam-se no primeiro caso o planejamento da produção, o controle da qualidade de produtos e processos, a redução de desperdícios e custos de produção graças à disseminação da abordagem enxuta e no segundo caso o monitoramento tecnológico e a assimilação de novas tecnologias.

Esta abordagem, introduzida pela Toyota Motor Company após a Segunda Guerra Mundial, constitui inovação organizacional relevante por marcar a substituição da produção em massa pela produção enxuta, sendo desde então amplamente utilizada e divulgada (Dennis, 2008; Samuel, Found & Williams, 2015; Shah & Ward, 2007). A inovação organizacional representa um novo método de organizar as rotinas operacionais de uma empresa, suas relações de trabalho e interações com fornecedores e clientes, tornando-se complemento indispensável das inovações tecnológicas (Tigre, 2019).

Como afirma o autor, embora a influência entre inovações organizacionais e tecnológicas seja mútua, as primeiras são mais desafiadoras do que as últimas porque exigem mudanças em processos de negócios, cadeias hierárquicas de comando e controle, formas de acesso a informações, estruturas de poder e rotinas existentes, gerando impactos significativos, não apenas na competitividade organizacional por envolver uma nova cultura, mas sobretudo industrial.

Os princípios e as práticas do Sistema Toyota de Produção conhecido como *toyotismo* ou manufatura enxuta vêm sendo aplicados em países desenvolvidos e em desenvolvimento, em setores econômicos diversos, bem como em organizações e empresas de portes distintos, podendo ser combinados a abordagens que consideram restrições e foco em processos de alto impacto, gestão da cadeia de suprimentos e mais recentemente, tanto a manufatura sustentável, como a manufatura avançada ou manufatura 4.0 (Costa & Jardim, 2015; Godinho Filho, Ganga, & Gunasekaran, 2016; Mendes, 2016; Tortorella & Fettermann, 2018).

Contudo, poucos estudos tratam da abordagem enxuta em empresas de menor porte (Godinho Filho et al., 2016; Negrão, Godinho Filho & Marodin, 2017; Yadav, Jain, Mittal, Panwar & Lyons, 2019). Nesse contexto, este artigo tem como objetivo investigar a capacidade tecnológica de MPME brasileiras que integram a indústria metalmeccânica localizadas no estado do Rio de Janeiro - mais especificamente na região metropolitana da capital de mesmo nome - considerando a utilização dos princípios e práticas que compõem essa abordagem.

Em face das competências específicas e relevantes que reúnem as empresas desta indústria dinâmica que favorecem encadeamentos produtivos com outras, trata-se de contribuir, por um lado, para melhorias da sua competitividade e, por outro, para melhorias da produtividade da economia regional em razão das externalidades positivas geradas que favorecem o surgimento de competências territoriais (Hasenclever & Cunha, 2010; Mendes, 2016; Pitteri, Saes & Bresciani, 2015).

Assim, depois dessa introdução, a seção dois apresenta uma revisão da literatura sobre os princípios e práticas da abordagem enxuta com foco nas empresas de menor porte, enquanto a seção três mostra a caracterização geral da pesquisa e os procedimentos de coleta de dados adotados. Na seção quatro os resultados empíricos são descritos e discutidos à luz da literatura e na seção cinco são apresentadas as considerações finais e a seguir as referências utilizadas.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Os fundamentos do sistema toyota de produção analisados por Womack, Jones e Roos (1990) envolvem a drástica redução e eliminação de desperdícios. Ohno (1997) considera como principais desperdícios: superprodução; tempo disponível (espera); transporte; processamento em si; estoque disponível (estoque); movimento; e produção de produtos defeituosos. Embora a redução de custos, a habilidade individual e o trabalho em equipe sejam essenciais, o *Just in Time* (JIT) e o *jidoka* (autonomação) constituem os pilares desse sistema também chamado modelo japonês de gestão.

O JIT significa que em um processo de fluxo, as partes corretas alcançam a linha de montagem apenas quando são necessárias e somente na quantidade necessária, permitindo a eliminação de estoques e a conseqüente redução de custos. O *jidoka* representa a automação com toque humano, mecanismo sofisticado de detecção de defeitos capaz de parar as máquinas automaticamente, evitando o monitoramento contínuo por parte dos operadores, bem como permitindo a operação de várias máquinas ao mesmo tempo, o que contribui para o aumento dos níveis de qualidade a produtividade.

Segundo Shingo (1996), Ohno (1997) e Womack e Jones (2004), a manufatura enxuta é uma estratégia de gestão da produção cujo principal objetivo é a eliminação sistemática de desperdícios na cadeia produtiva, por isso o foco se dirige às atividades que agregam valor aos produtos e serviços finais. Mais do que isso, trata-se de uma filosofia de gestão ou maneira de pensar que é baseada em cinco princípios: especificar o valor; identificar o fluxo de valor; estabelecer um fluxo contínuo; puxar a produção; e buscar a perfeição (Womack & Jones, 2004).

Como explicam os autores, é necessário compreender as necessidades dos consumidores finais e o que eles estão dispostos a pagar para que os processos de produção e entrega de produtos e serviços sejam estabelecidos, sendo neles eliminados todos os desperdícios. O foco se desloca dos meios para os fins, ou seja, das máquinas e equipamentos para as necessidades transformadas em produtos e serviços em um fluxo contínuo. A produção é puxada pelo mercado segundo o lema da melhoria contínua que significa fazer certo desde a primeira vez. Estes princípios que resumem a abordagem enxuta devem impregnar as organizações como um todo.

A oferta de valor é um conceito estruturante da abordagem enxuta, por isso o envolvimento dos gerentes é fundamental, de modo a penetrar todos os níveis organizacionais. A solução de

problemas requer aprendizagem e melhoria contínua, o que naturalmente depende do engajamento de colaboradores e parceiros. Os processos são examinados tendo em vista a eliminação de desperdícios e perdas em um horizonte de longo prazo, sendo este um elemento essencial dessa filosofia que representa, na grande maioria dos casos, uma mudança cultural profunda. Trata-se de promover um ambiente, uma cultura e um clima de melhoria contínua, eis porque este lema precisa ser disseminado de maneira plena nas organizações (Liker, 2005).

Como assinalam Shah e Ward (2003), a abordagem enxuta é multidimensional, englobando uma variedade de práticas de gestão em um sistema integrado que é bem estabelecido, tanto teoricamente, como empiricamente. Os autores destacam 22 práticas que compõem quatro grupos mais amplos de práticas: JIT, gestão da qualidade total, manutenção preventiva total e gestão de recursos humanos.

Shah e Ward (2007) aglutinam 48 práticas em dez grupos mais abrangentes de práticas: *feedback* de fornecedores, JIT; desenvolvimento de fornecedores, envolvimento com consumidores, práticas puxadas, de fluxo contínuo, de redução do tempo de *setup*, de controle estatístico de processo, de manutenção produtiva total e de envolvimento dos colaboradores. Mostafa, Dumrack e Soltan (2013) definem a manufatura enxuta como um sistema sociotécnico composto por um conjunto de princípios e práticas de gestão voltado para a eliminação de desperdícios e a redução da variabilidade de processos internos e externos que envolvem fornecedores e clientes.

Os princípios e práticas utilizados podem ser incorporados em atividades de manutenção que representam de 15% a 70 % do total dos custos de produção, afetando significativamente a rentabilidade e o desempenho dos processos produtivos, sobretudo quando envolvem equipamentos de grande porte, longa vida útil, além de complexos e caros (Gupta, Gupta & Parida, 2017; Mostafa, Lee, Dumrack, Chileshe & Soltan, 2015; Ribeiro, Forcellini, Pereira & Xavier, 2019; Zhang, Liu, Jiang & Chen, 2015).

Vale destacar também os estudos que propõem modelos voltados para a melhoria do desempenho operacional da manutenção industrial a partir de diferentes abordagens, ou seja, combinando aspectos da filosofia enxuta com elementos da recente proposta de congruência de tecnologias da denominada indústria 4.0 (Islas, Gutierrez & Rodríguez, 2019; Kinz, Bernerstätter & Biedermann, 2016; Magadán, Suárez, Granda & Garcia, 2020; Mendes, Navas & Charrua-Santos, 2022; Shahin, Chen, Bouzary & Krishnaiyer, 2020). Contudo, implementações enxutas bem-sucedidas costumam contemplar simultaneamente aspectos sociais e técnicos (Tortorella, Fettermann & Vergara, 2018).

Em relação aos países em desenvolvimento, os trabalhos de Jasti e Kodali (2014) e de Bhamu e Sangwan (2014) constituem referências. Os primeiros relacionam os vários tipos de estudos empíricos às múltiplas práticas encontradas, enquanto os últimos articulam aos estudos identificados as principais contribuições, metodologias utilizadas e indústrias contempladas, apontando estudos realizados na Índia e no Brasil, o que foi ratificado na revisão sistemática da literatura apresentada por Psomas e Antony (2019).

Mas ainda que os princípios e as práticas da abordagem enxuta possam ser usados em organizações e empresas de portes distintos, Bhamu e Sangwan (2014) afirmam que sua utilização não é comum entre as pequenas e médias empresas devido à expectativa de altos custos de implementação associada a resultados incertos, razão pela qual o suporte externo é necessário, de modo a auxiliar essas empresas a promoverem mudanças culturais e de gestão, como também afirmam Mendes (2016) e Mendes et al. (2017, 2019).

No Brasil, Godinho Filho et al. (2016) utilizam os dez grupos de práticas propostos por Shah e Ward (2007) na análise de empresas de pequeno e médio porte em diferentes indústrias. Eles apontam a aplicação integral da manutenção produtiva total e dos programas de envolvimento dos colaboradores, o que não ocorre no caso das práticas voltadas para o ambiente externo como desenvolvimento e *feedback* de fornecedores, JIT e envolvimento de clientes. As empresas de

menor porte no país são capazes de implantar a abordagem enxuta, ainda que de maneira fragmentada e visando principalmente ganhos operacionais.

Em que pese a existência de vários estudos sobre a aplicação da abordagem enxuta no país, poucos se voltam para a realidade das MPME. Mas como assinalam Costa e Jardim (2015), boa parte das operações nestas empresas podem sofrer melhorias significativas com intervenções simples e de baixo custo. As intervenções diretas na produção são recomendadas, embora de modo estruturado e calculado e ainda buscando as necessárias interações entre os níveis operacional e estratégico.

Os autores propõem um conjunto de questões úteis sobretudo para aqueles que atuam nas empresas de menor porte, chamando a atenção para aspectos como a perspectiva dos clientes, as decisões cotidianas, a busca de talentos, os gargalos em processos-chave, o modo como os recursos são empregados, as interações com fornecedores e clientes, a atenção à evolução tecnológica e a necessidade de indicadores.

Ainda em relação ao Brasil, cabe mencionar o estudo de Dresch, Veitet, Lima, Lacerda & Collatto (2019) que, embora dirigido a uma microempresa e a outra de pequeno porte, pode ser replicado a partir do método proposto. Como o conhecimento sobre o tema entre as empresas de menor porte no país é incipiente, a apresentação de uma sequência articulada de etapas e o seu acompanhamento pode facilitar sobremaneira a implantação da abordagem enxuta. Outro aspecto que merece destaque é o pequeno número e a simplicidade das práticas utilizadas que devem se voltar para melhorias do desempenho operacional.

Yadav et al. (2019) oferecem uma síntese da abordagem enxuta em empresas de menor porte classificando as principais práticas utilizadas em seis grupos: mapeamento do fluxo de valor, organização do ambiente e gestão visual, práticas puxadas como kanban e kaizen, redução do tempo de troca nos equipamentos, manutenção produtiva total e técnicas de melhoria de qualidade. Os autores apontam algumas vantagens dessas empresas quando comparadas às de maior porte e também os principais obstáculos que elas enfrentam.

Para eles, a capacidade financeira dessas empresas aliada a elementos como cultura, comunicação, comprometimento dos líderes, treinamento e envolvimento dos colaboradores são fatores críticos de sucesso. Trata-se de importante contribuição, dada a pequena quantidade de trabalhos voltados para a aplicação da abordagem enxuta em MPME. Na sequência é apresentada a metodologia da pesquisa, sendo posteriormente descritos e analisados os resultados empíricos obtidos.

### 3. METODOLOGIA

Este artigo é o resultado de uma pesquisa de natureza quantitativa e empírica com finalidade descritiva voltando-se, tanto para o relato das características de determinado grupo de empresas, como para a utilização prática de conhecimentos (Gil, 2021). Ela é parte do estudo de caso com propósito geral exploratório desenvolvido inicialmente por Mendes (2016) e apresentado posteriormente por Mendes e Ferreira (2019) e Mendes et al. (2017, 2019). As empresas pesquisadas localizadas no estado do Rio de Janeiro compõem a indústria metalmeccânica que tem significativa importância econômica em razão do seu caráter dinâmico (Hasenclever & Cunha, 2010).

O cadastro da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan) foi a base para a seleção da amostra a partir da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ambos referentes a 2014. Na indústria metalmeccânica foram consideradas as empresas pertencentes à Seção C (indústrias de transformação), Divisões 24 (metalurgia), 25 (fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos) e 28 (fabricação de máquinas e equipamentos) que representam as atividades intermediárias dessa indústria.

A seguir foi considerado o porte das empresas com base na classificação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). Foram consideradas microempresas aquelas com até 19 pessoas ocupadas, pequenas empresas as que possuíam de 20 a 99 pessoas ocupadas e médias empresas as que possuíam de 100 a 499 pessoas ocupadas. A partir desses critérios, a amostra não probabilística e intencional foi constituída por 59 empresas com até 499 empregados, ou seja, por 59 MPME, embora a coleta de dados tenha sido realizada em 23 empresas representando 39% da amostra.

Foram feitas entrevistas pessoais com gestores e especialistas nas empresas com o auxílio de um questionário contendo perguntas fechadas e abertas, de modo a contemplar análises quantitativas e qualitativas. Pretendeu-se responder à seguinte questão de pesquisa: qual o grau de disseminação dos princípios e práticas da abordagem enxuta entre as MPME de metalmeccânica do Rio de Janeiro? A premissa é de que eles contribuem para o desenvolvimento da capacidade tecnológica e de inovação dessas empresas, com impactos positivos na sua competitividade e produtividade, bem como na economia regional.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade tecnológica compõe o estoque de recursos à disposição das empresas para definição de suas estratégias corporativas e operacionais e depende de aprendizagem tecnológica, processo que envolve o domínio de conhecimentos tecnológicos internos e externos (Figueiredo, 2015). Uma inovação organizacional como a manufatura enxuta requer a implementação de princípios e práticas capazes de alterar significativamente as rotinas operacionais, a organização do trabalho e as relações externas das empresas, ainda que possam representar intervenções simples e de baixo custo (Costa & Jardim, 2015; Tigre, 2019).

A Tabela 1 mostra que 78,3% das empresas pesquisadas organiza suas atividades produtivas a partir de pedidos firmes ou contra pedidos dos clientes, seguindo a tendência de processos de fluxo nos quais os pedidos e quantidades de recursos alcançam a linha de produção quando são necessários. Isso permite reduzir riscos de ineficiência, uma vez que evita a antecipação de recursos para aquisição de matérias primas e outros insumos de produção. Apenas 8,7% das empresas produzem por previsão e 4,3% delas aciona a produção a partir do plano mestre de produção.

**Tabela 1.** Demanda de produção nas MPME de metalmeccânica do Rio de Janeiro

Natureza da Demanda	MPME (%)
Contra Pedido	78,3
Por Previsão	8,7
Por Plano Mestre de Produção	4,3
Outro / Não Respondeu	8,7

Fonte: Adaptação de Mendes e Ferreira (2019).

Considerando o tipo de processo produtivo e as dimensões de volume e variedade dos produtos produzidos, a Tabela 2 mostra a estrutura de produção das empresas. O que se verifica é que em 82,6% dos casos, o processo produtivo segue a sistemática da produção sob encomenda que se caracteriza como não seriada, dada a grande variedade de produtos produzidos a partir de roteiros de produção que utilizam as mesmas máquinas e equipamentos de fabricação. Neste caso, o esforço de programação é maior, tendo em vista a maior complexidade das decisões que envolvem o sequenciamento das ordens de produção.

A Tabela 2 mostra ainda que em 17,4% das empresas a produção é do tipo contínua, o que indica certo desconhecimento entre os respondentes quanto ao tipo de processo produtivo em

termos da relação entre o volume e a variedade produzida. Vale destacar que não fizeram parte do escopo da pesquisa, por serem de grande porte, as empresas siderúrgicas, as quais poderiam constituir exemplos de estruturas produtivas desse tipo.

**Tabela 2.** Frequência de produção nas MPME de metalmeccânica do Rio de Janeiro

Frequência de Produção	MPME (%)
Produção sob Encomenda	82,6
Produção Contínua	17,4
Produção em Massa	0
Produção por Lote (Batelada)	0
Produção por Projeto (Individualizada)	0
Outro / Não Respondeu	0

Fonte: Adaptação de Mendes e Ferreira (2019).

Os resultados sugerem o potencial de utilização de práticas enxutas desde o planejamento e a programação até o controle das operações fabris. De fato, as características da demanda e as formas de atendimento empregadas tornam evidente este desafio de gestão do ponto de vista operacional. Trata-se de investir na busca contínua de melhorias de qualidade e produtividade, ou seja, de melhorias capazes de promover eficiência e eficácia visando a competitividade nos negócios.

A Tabela 3, por sua vez, mostra como as empresas fazem uso do *layout* ou arranjo físico em suas operações. As respostas foram variadas, não tendo sido constatada a predominância de um arranjo físico específico. O arranjo móvel foi a opção de organização dos recursos de fabricação citada por 30,4% das empresas, o que indica um posicionamento mais flexível de máquinas e equipamentos em comparação com os demais arranjos físicos de produção. O arranjo funcional baseado na utilização de recursos segundo a função que desempenham no processo produtivo - como tornos e fresadoras em grupos comuns em manufatura por usinagem - foi mencionado por 26,1% das empresas.

**Tabela 3.** Arranjo físico de produção nas MPME de metalomeccânica do Rio de Janeiro

Arranjo Físico de Produção ( <i>Layout</i> )	MPME (%)
Móvel ou Flexível	30,4
Funcional por Processo	26,1
Fixo Posicional	21,7
Linha de Montagem por Produto	17,4
Celular	4,4
Outro / Não Respondeu	0

Fonte: Adaptação de Mendes e Ferreira (2019).

O arranjo fixo posicional é utilizado por 21,7% das empresas pesquisadas. Neste caso o produto é posicionado tendo em vista a movimentação dos recursos para execução da transformação desejada. A opção de arranjo com foco na linha de montagem por produto, por sua vez, foi indicada

por 17,4% das empresas deduzindo-se daí que, ou esta pequena parte de empresas oferece produtos metalmeccânicos a partir de operações repetitivas, ou tais empresas apresentam maior escala de operação.

O arranjo celular relacionado à abordagem enxuta é utilizado apenas por 4,4% das empresas investigadas. Com efeito, ele possibilita às empresas a execução de roteiros de produção similares a partir de um conjunto de produtos semelhantes entre si por requererem, por exemplo, o uso de determinadas tecnologias. É o caso dos arranjos em forma de L ou de U, os quais conferem maior flexibilidade aos operadores em razão destas formas peculiares de organização, quando comparados aos arranjos do tipo funcional, além de possibilitarem a adequação dos arranjos em linha.

Os resultados indicam o caráter conservador do modelo de agrupamento de recursos e de gestão operacional das MPME de metalmeccânica do Rio de Janeiro. Como afirma Mendes (2016), este padrão guarda relação com o modelo vigente no final dos anos 80, em que pese a otimização possível com o advento de novas tecnologias nas décadas seguintes, embora isso não se verifique nas empresas pesquisadas. Mas como assinalam Costa e Jardim (2015), grandes avanços na gestão operacional podem ser obtidos com medidas simples e pouco onerosas, o que vai ao encontro da implementação da abordagem enxuta e de outras abordagens capazes de propiciar o aumento da capacidade tecnológica dessas empresas.

À guisa de síntese, na Tabela 4 são apresentadas as práticas enxutas encontradas nas empresas industriais investigadas que, embora consagradas na literatura, não foram mencionados espontaneamente pelos entrevistados. Para cumprir os objetivos da pesquisa, foram mencionadas as práticas apontadas e agrupadas por Shah e Ward (2007) consideradas na pesquisa de Godinho Filho et al. (2016) com empresas de menor porte brasileiras buscando, deste modo, agregar contribuições para a análise da realidade nacional e da região sudeste representada pelo estado do Rio de Janeiro.

Foram nomeados inicialmente os seis grupos de práticas envolvendo os processos internos das empresas tais como: sistema puxado, fluxo contínuo, redução do tempo de setup, controle estatístico de processo, manutenção produtiva/preventiva total e envolvimento de colaboradores. A seguir foram mencionados os três grupos de práticas abrangendo o relacionamento das empresas com fornecedores como *feedback* de fornecedores, JIT e desenvolvimento de fornecedores e por fim o grupo de práticas dirigidas aos clientes denominado envolvimento com clientes. Contudo, para a composição da Tabela 4, foram também consideradas as práticas apontadas por Yadav et al (2019).

**Tabela 4.** Práticas da abordagem enxuta nas MPME de metalmeccânica do Rio de Janeiro

Descrição	Utilização Parcial / Plena (%)
Inspeção de Produtos / Controle de Defeitos	95,7
Controle de Processos Produtivos	56,5
Gestão da Qualidade / Melhoria Contínua	52,2
PCP / Controle Estatístico / Padronização	47,8
CCQ / Envolvimento / Times de Trabalho	39,1
Certificações da Qualidade	34,2
Manutenção Produtiva / Preventiva Total	30,4
Gestão de Fornecedores / JIT	13,1

Fonte: Elaboração dos autores a partir de Godinho Filho et al. (2016) e Yadav et al. (2019).

A inspeção de produtos ao final do processo produtivo é um requisito mínimo de qualidade de produtos e, por esta razão, constitui a prática mais amplamente utilizada pelas MPME de



metalmecânica do Rio de Janeiro, correspondendo a 95,7% dos casos. Em contrapartida, 56,5% dos respondentes afirmaram dispor de sistemas de controle de qualidade de processos produtivos implantados que são mais desejáveis no sentido de promover melhorias de confiabilidade e desempenho e de evitar o foco mais oneroso na detecção de erros, na verificação e na retificação de produtos.

De maneira similar, em relação aos sistemas de gestão da qualidade e às práticas de melhoria contínua amplamente consagradas na literatura, verificou-se que 52,2% dos respondentes nas empresas declararam a existência desses sistemas implantados. Com efeito, eles oferecem garantia de qualidade, envolvendo também medição de custos de qualidade, solução de problemas e planejamento da qualidade.

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) ocorre nas empresas por meio da utilização de planilhas eletrônicas, controle estatístico de processos e rotinas de padronização das atividades em 47,8% dos casos, ainda que tenha sido também detectado o PCP tradicional por meio do uso de planilhas manuais. Verificou-se ainda que os Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) e as metodologias de solução de problemas voltadas para a promoção do envolvimento dos colaboradores são utilizadas por apenas 39,1% das empresas.

Quando questionados sobre sistemas de gestão de qualidade certificados, somente 34,8% dos respondentes declararam a existência de tais sistemas nas MPME de metalmecânica do Rio de Janeiro, o que lhes permitiria maior credibilidade junto aos mercados onde atuam, uma vez que este tipo de certificação tende a se tornar uma exigência mínima de fornecimento em cadeias produtivas mais amplas, isto é, que incluem outros setores, tanto no país, como no exterior.

Embora a literatura mostre que a otimização da manutenção compreende a manutenção preditiva e a manutenção produtiva total, estas práticas enxutas foram constatadas em apenas 30,4% dos casos. Como assinalam Mostafa et al. (2015), Zhang et al. (2015), Gupta et al. (2017) e Ribeiro et al. (2019), a manutenção tem papel significativo no desempenho operacional das empresas, com impacto significativo sobre seus custos, competitividade e produtividade.

A literatura mostra ainda que o relacionamento com fornecedores por meio do JIT é um dos pilares da abordagem enxuta, constituindo ao mesmo tempo um princípio e uma prática. O que se verificou na pesquisa foi que a gestão de fornecedores e o JIT, ainda que conhecidos por grande parte dos entrevistados, são adotados por apenas 13,1% das empresas, o que lhes permitiria, no mínimo, a redução de estoques, quando não sua eliminação acompanhada pela redução de custos.

A maior parte das empresas pesquisadas não dispõe de mecanismos de análise de processos que estimulem o aprimoramento do estágio tecnológico de suas operações. Os entrevistados não relataram a existência de rotinas voltadas para a capacidade de explorar as oportunidades abertas por inovações de processos e de produtos, tanto no nível das próprias empresas, como de suas relações externas. A este respeito, Costa e Jardim (2015) e Yadav et al. (2019) argumentam que elas poderiam colher os benefícios decorrentes da implantação de práticas simples e de baixo custo nos ambientes fabris como a organização do ambiente (uso de programa '5S'), a gestão visual e aquelas voltadas para a resolução de problemas baseadas em questionamentos sucessivos.

Os resultados alcançados somados às evidências observacionais obtidas durante as entrevistas sugerem que as boas práticas de gestão de operações baseadas na abordagem enxuta, embora amplamente disseminadas entre empresas de diferentes países e setores econômicos, não fazem parte da realidade dos diretores e gerentes de operações industriais da maior parte das MPME analisadas. Ao mesmo tempo, isso indica o alto impacto potencial da disseminação desse pensamento e das práticas dele decorrentes para a qualidade, a competitividade e a produtividade das empresas de metalmecânica do Rio de Janeiro.

Vale dizer também que a capacidade tecnológica não foi mencionada pelos diretores e gerentes entrevistados, o que denota a pouca importância que o tema vem despertando nas lideranças dos processos produtivos, em particular naquelas envolvidas com os sistemas de

qualidade, segurança e gestão ambiental. Isso também pode ser explicado pela baixa percepção dos impactos de tal fato sobre as próprias empresas e seus mercados, inclusive no sentido de viabilizar sua entrada naqueles mais exigentes, tanto nacionais, como internacionais, o que poderia levar ao aumento da sua participação nas exportações da indústria metalmeccânica.

Como aponta a literatura, é preciso que sejam desenvolvidas competências específicas nas várias áreas e nos diversos níveis organizacionais para que seja possível aproveitar os ganhos advindos da abordagem enxuta como estratégia de gestão da produção. Para Zhou (2016), ela se configura mais propriamente como estratégia de negócio, devendo impregnar as organizações como um todo a partir do mercado como alvo direcionando a produção. Entretanto, Bhamu e Sangwan (2014) e Yadav et al. (2019) destacam a baixa adesão da abordagem enxuta entre as MPME, o que também se verifica no Brasil, como mostram Godinho Filho et al. (2016) e o presente artigo.

Conforme assinalado por Mendes (2016), Mendes e Ferreira (2019) e Mendes et al. (2017, 2019), o apoio externo se torna fundamental para incentivar a adesão dessas empresas, tanto aos princípios e práticas da abordagem enxuta como à busca de outras capacitações tecnológicas e organizacionais. Segundo esses autores, trata-se de incentivar o fortalecimento da sua capacidade tecnológica e de inovação. Como mostram recentemente Nogueira & Zucoloto (2019) e Chiarini et al. (2020), as empresas brasileiras de menor porte precisam superar obstáculos de naturezas diversas na direção da aprendizagem tecnológica e da geração da inovação, o que não é possível sem políticas e estímulos à elas dirigidos.

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo teve como objetivo investigar a capacidade tecnológica de Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPME) de metalmeccânica localizadas no Rio de Janeiro considerando a utilização dos princípios e práticas da abordagem enxuta. Eles são amplamente disseminados nos meios acadêmicos e empresariais por permitirem ganhos de qualidade associados a reduções de custos e prazos capazes de promover melhorias de competitividade e de produtividade. Como tais empresas reúnem competências específicas e relevantes para a indústria metalmeccânica e para outras indústrias presentes no estado, tais ganhos podem levar também a melhorias de produtividade da economia regional.

Os resultados empíricos obtidos confirmam a literatura ao indicarem que as empresas analisadas possuem baixa capacidade tecnológica e de inovação. Elas não detêm pleno domínio dos sistemas de planejamento e controle de processos produtivos mais utilizados atualmente, o que significa que nelas a gestão de operações é baseada sobretudo em conhecimentos tácitos e experiências acumuladas, tanto pela direção e as gerências intermediárias e de produção, como pelos colaboradores que atuam no chão de fábrica. A adesão incipiente ao pensamento enxuto e às práticas dele decorrentes contribui para tornar as decisões estratégicas de produção mais lentas em razão da precariedade de acesso a dados e informações tratados em geral manualmente e não eletronicamente, levando a um tipo de atuação mais reativa do que proativa.

Em contrapartida, os resultados revelam o potencial de disseminação da abordagem enxuta entre as empresas pesquisadas, seja como estratégia de negócio, de gestão corporativa ou de gestão da produção puxada pelo mercado baseada na oferta de valor, na eliminação de desperdícios e na melhoria contínua. Trata-se de promover um novo ambiente, cultura e clima de trabalho, ainda que o bom senso e a simplicidade nas decisões possam também estar presentes, aproveitando a experiência acumulada dos colaboradores em vários níveis.

Portanto, há um amplo espaço de possibilidades de melhoria de competitividade e de produtividade a serem exploradas nessas empresas. Mas para promover a absorção e propagação do pensamento enxuto no seu interior, é preciso construir novas capacidades tecnológicas e de gestão por meio da codificação de novos conhecimentos que fortaleçam essa nova cultura organizacional. Trata-se de avançar na direção da capacidade de geração de novos processos e rotinas de trabalho

desde o chão de fábrica até o nível hierárquico superior, bem como no âmbito do relacionamento com o ambiente externo que inclui fornecedores e clientes, bem como parcerias e redes no âmbito da mesma cadeia produtiva ou de outras.

Por fim, sugere-se a realização de pesquisas futuras sobre a disseminação da abordagem enxuta em MPME pertencentes a outras indústrias, localidades, regiões do Brasil ou mesmo a nível nacional. Tais pesquisas podem contribuir para o esforço de apoio à modernização tecnológica e organizacional das empresas de menor porte que representam a maior parte das empresas industriais em atividade no país contribuindo, deste modo, para ampliar a produtividade da economia brasileira. Novas pesquisas também podem ser dirigidas a empresas de maior porte pertencentes à indústria metalmeccânica ou a outras indústrias que demandem seus produtos como alimentos e bebidas, química, farmacêutica, editorial e gráfica presentes na economia do estado do Rio de Janeiro ou em outras áreas geográficas.

## 6. REFERÊNCIAS

- Alves, A. C., Barbieux, D., Reichert, F. M., Tello-Gamarra, J., & Zawislak, P. A. (2017). Innovation and dynamic capabilities of the firm: defining an assessment model. *Revista de Administração de Empresas*, 57(3), 232-244. <https://doi.org/10.1590/s0034-759020170304>.
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940. <https://doi.org/10.1108/ijopm-08-2012-0315>.
- Chiarini, T., Oliveira, V. P., & Rapini, M. S. (2020). Obstáculos à inovação e porte das empresas industriais no Brasil: rumo a políticas públicas de incentivo à inovação mais assertivas. *Planejamento e Políticas Públicas*, 56, 41-72. <https://doi.org/10.38116/ppp56art2>.
- Costa, R. S., & Jardim, E. G. M. (2015). *Produção e serviços: reflexões e conceitos*. São Paulo: Atlas.
- Dennis, P. (2008). *Produção lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo* (2.ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Dresch, A., Veitet, D. R., Lima, P. N., Lacerda, D. P., & Collatto, D. C. (2019). Inducing Brazilian manufacturing SMEs productivity with Lean tools. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(1), 69-87. <https://doi.org/10.1108/ijppm-10-2017-0248>.
- Figueiredo, P. N. (2015). *Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil* (2a. ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Garcia, R., & Madeira, P. (2013). Uma avaliação da difusão de práticas de gestão da produção entre pequenas empresas em sistemas locais de produção. *Production*, 23(1), 20-30. <https://doi.org/10.1590/s0103-65132012005000038>.
- Gil, A. C. (2021). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (7a ed.). São Paulo: Atlas.
- 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>.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13198-017-0671-z>.
- Hasenclever, L., & Cunha, E. (2010). O pólo metal-mecânico: uma demanda para dinamização e modernização das empresas da zona oeste. In La Rovere, R. L. & Silva, M. O. (Orgs.). *Desenvolvimento econômico local da Zona Oeste do Rio de Janeiro e seu entorno* (pp. 73-87). Rio de Janeiro: PoD.
- Islas, L., Gutierrez, S., & Rodríguez, F. (2019, October). Wireless sensor network prototype to monitor the condition of holding furnaces in the aluminum casting plant. In 2019 IEEE International Conference on Engineering Veracruz (ICEV) (vol. 1, pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEV.2019.8920457>.
- Jasti, N. V. K., & Kodali, R. (2014). A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(8), 1080-1122. <https://doi.org/10.1108/ijopm-04-2012-0169>.
- Kato-Vidal, E. L. (2019). Productividad e innovación en pequeñas y medianas empresas. *Estudios Gerenciales*, 35(150), 38-46. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.150.2909>.

- Kinz, A., Bernerstaetter, R., & Biedermann, H. (2016, June). Lean smart maintenance: efficient and effective asset management for smart factories. In Proceedings of the 8th International Scientific Conference Management of Technology - Step to Sustainable Production.
- La Falce, J. L., De Muylder, C. F., & Lima-Toivanen, M. A. B. (2016). Produtividade e inovação: reflexão teórica no cenário industrial. *Gestão & Regionalidade*, 32(96), 170-184. <https://doi.org/10.13037/gr.vol32n96.2781>.
- La Rovere, R. L., Hasenclever, L. & Pinto, J. P. M. (2014). An introduction to small and medium-sized enterprises (SMEs) in Brazil. In Hernandez, N.; Ramirez, J. (Orgs.). *MEs unleashing the potential: opportunities and challenges: the cases of Brazil, Mexico, France, Germany, Italy and Spain* (pp. 16-41). New Delhi: Bloomsbury.
- Liker, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman.
- Magadán, L., Suárez, F. J., Granda, J. C., & García, D. F. (2020). Low-cost real-time monitoring of electric motors for the Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 42, 393-398. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.057>.
- Mendes, D. S. F. T., Navas, H. V. G., & Charrua-Santos, F. M. B. (2022). Proposal for a maintenance management system based on the lean philosophy and industry 4.0. *Revista Produção e Desenvolvimento*, 8(1), e587. <https://doi.org/10.32358/rpd.2022.v8.587>.
- Mendes, H. S. (2016). *Extensão tecnológica no Brasil: uma análise da oferta e da demanda das empresas de metalmeccânica da zona oeste do município do Rio de Janeiro*. Tese (Doutorado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.
- Mendes, H. S., & Ferreira, M. L. A. (2019, Outubro). Capacidades tecnológicas de MPME de metalmeccânica no Rio de Janeiro: um estudo de caso sobre aplicação da manufatura enxuta. Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão (CNEG), Rio de Janeiro, RJ, Brasil, XV.
- Mendes, H. S., Ferreira, M. L. A., Hasenclever, L., & Teixeira, C. A. M. (2017, Agosto). Extensão tecnológica e desenvolvimento regional: o caso Sibratec-ET Rede RJ. In Anais do Encontro Nacional de Economia Industrial e Inovação (ENEI), Rio de Janeiro, Brasil, II. Blucher Engineering Proceedings. <https://doi.org/10.5151/enei2017-44>.
- Mendes, H. S., Ferreira, M. L. A., Hasenclever, L., & Teixeira, C. A. M. (2019). Technological extension networks and regional development: a case study in Brazil. *Journal of Technology Management & Innovation*, 14(3), 103-114. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242019000300103>.
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2013). A framework for lean manufacturing implementation. *Production & Manufacturing Research*, 1(1), 44-64. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v17i3.2739>.
- Mostafa, S., Lee, S. H., Dumrak, J., Chileshe, N., & Soltan, H. (2015). Lean thinking for a maintenance process. *Production & Manufacturing Research*, 3(1), 236-272. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v17i3.2739>.
- Negrão, L. L. L., Godinho Filho, M., & Marodin, G. (2017). Lean practices and their effect on performance: a literature review. *Production Planning & Control*, 28(1), 33-56. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1231853>.
- Nogueira, M. O., & Pereira, L. S. (2015). As empresas de pequeno porte e a produtividade sistêmica da economia brasileira: obstáculo ou fator de crescimento? Radar IPEA, 38, 41-50.
- Nogueira, M. O., & Zucoloto, G. F. (2019). *Um pirilampo no porão: um pouco de luz nos dilemas da produtividade das pequenas empresas e da informalidade no Brasil* (2a ed.). Brasília: IPEA.
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Pitteri, S.; Saes, M. S. M., & Bresciani, L. P. (2015). Competências territoriais e desenvolvimento regional: uma proposta metodológica para pesquisas interdisciplinares. *Desenvolvimento em Questão*, 13(31), 6-38. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.31.6-38>.
- Psomas, E., & Antony, J. (2019). Research gaps in Lean manufacturing: a systematic literature review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 36(5), 815-839. <https://doi.org/10.1108/ijqrm-12-2017-0260>.
- Ribeiro, D. R. S., Forcellini, F. A., Pereira, M., & Xavier, F. A. (2019). Um panorama sobre a implementação de lean maintenance em processos de manufatura. *Journal of Lean Systems*, 4(3), 44-59.
- Samuel, D.; Found, P., & Williams, S. J. (2015). How did the publication of the book The Machine That Changed The World change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(10), 1386-1407. <https://doi.org/10.1108/ijopm-12-2013-0555>.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. [https://doi.org/10.1016/s0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/s0272-6963(02)00108-0).
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>.

- Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K. (2020). Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(5), 2927-2936. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05124-0>.
- Shingo, S. (1996). *O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman.
- Silva, G. & Dacorso, A. L. R. (2013) Perspectivas de inovação na micro e pequena empresa. *Economia e Gestão*, 13(33), 90-107. <https://doi.org/10.5752/p.1984-6606.2013v13n33p90>.
- Silva, G. & Dacorso, A. L. R. (2016). O papel das fontes de conhecimento externo no processo de inovação da micro e pequena empresa. *Desenvolvimento em Questão* 14(37), 231-261. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2016.37.231-261>.
- Silveira, M. A., & Garrido, G. (2017). Dinamização da inovação de micro e pequenas empresas: fundamentos teóricos sobre os impactos do capital de relacionamento. *Economia e Gestão*, 17(47), 144-163. <https://doi.org/10.5752/p.1984-6606.2017v17n47p144>.
- Tigre, P. B. (2019). *Gestão da inovação: uma abordagem estratégica, organizacional e de gestão do conhecimento* (3a ed.). Rio de Janeiro: Elsevier.
- Tortorella, G. L., & Fettermann, D. C. (2018). Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2975-2987. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>.
- Tortorella, G. L., Fettermann, D. C., & Vergara, L. G. L. (2018). Análise do efeito das práticas sociotécnicas no desempenho em qualidade e saúde dos colaboradores em empresas com implementação lean. *Cuadernos de Administración*, 31(56), 31-54. <https://doi.org/10.11144/javeriana.cao.31-56.aepsd>.
- Vega-Jurado, J., Polo-Otero, J. L., Cotes-Torres, M. A. & Vega-Cárcamo, J. C. (2017). La base de conocimiento y su impacto en la capacidad de absorción de pymes de baja tecnología. *Cuadernos de Administración*. 30(55), 7-35. <https://doi.org/10.11144/javeriana.cao30-55.bcica>.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2004). *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdícios e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Yadav, V., Jain, R., Mittal, M. L., Panwar, A., & Lyons, A. C. (2019). The propagation of lean thinking in SMEs. *Production Planning & Control*, 30(10-12), 854-865. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1582094>.
- Zawislak, P. A., Alves, A. C., Tello-Gamarra, J., Barbieux, D., Reichert, F. M. (2012). Innovation capability: from technology development to transaction capability. *Journal of Technology Management & Innovation*, 7(2), 14-27. <https://doi.org/10.4067/s0718-27242012000200002>.
- 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), 1-11. <https://doi.org/10.1115/1.4030619>.
- Zhou, B. (2016). Lean principles, practices, and impacts: a study on Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research*, 241(1-2), 457-474. <https://doi.org/10.1007/s10479-012-1177-3>.

**DECLARATION OF CONTRIBUTIONS TO THE ARTICLE - CRediT**

ROLE	HSMendes	MLAFerreira
Conceptualization – Ideas; formulation or evolution of overarching research goals and aims.	X	X
Data curation – Management activities to annotate (produce metadata), scrub data and maintain research data (including software code, where it is necessary for interpreting the data itself) for initial use and later re-use.	X	
Formal analysis – Application of statistical, mathematical, computational, or other formal techniques to analyze or synthesize study data.	X	X
Funding acquisition - Acquisition of the financial support for the project leading to this publication.	X	X
Investigation – Conducting a research and investigation process, specifically performing the experiments, or data/evidence collection.	X	
Methodology – Development or design of methodology; creation of models.	X	X
Project administration – Management and coordination responsibility for the research activity planning and execution.	X	X
Resources – Provision of study materials, reagents, materials, patients, laboratory samples, animals, instrumentation, computing resources, or other analysis tools.	X	X
Software – Programming, software development; designing computer programs; implementation of the computer code and supporting algorithms; testing of existing code components.	--	--
Supervision – Oversight and leadership responsibility for the research activity planning and execution, including mentorship external to the core team.	X	
Validation – Verification, whether as a part of the activity or separate, of the overall replication/reproducibility of results/experiments and other research outputs.	X	
Visualization – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically visualization/data presentation.	X	X
Writing – original draft – Preparation, creation and/or presentation of the published work, specifically writing the initial draft (including substantive translation).	X	X
Writing – review & editing – Preparation, creation and/or presentation of the published work by those from the original research group, specifically critical review, commentary or revision – including pre- or post-publication stages.	X	X