



FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

RAFAEL MOREIRA SILVA

**ESTUDO DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN* BASEADA EM
6R**

GOIANÉSIA/GO

2022

RAFAEL MOREIRA SILVA

**ESTUDO DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN* BASEADA EM
6R**

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Ma. ANNE CAROLINE DE PAULA NASCIMENTO

Publicação n°:

GOIANÉSIA/GO

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Moreira Silva, Rafael

Estudo de um *framework* de implementação do *Lean* baseada em 6R/ Rafael Moreira Silva.
– 2022.

Orientadora: Professora Ma. Anne Caroline de Paula Nascimento

41 p. (FACEG, Bacharel, Engenharia mecânica, 2022).

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Faculdade Evangélica de Goianésia, 2022.

1. Framework de implementação.

2. Gestão.

3. Processos produtivos.

4. Sustentabilidade.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, R. M. **Estudo de um *framework* de implementação do *Lean* baseada em 6R.** 2022.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia, 2022.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: RAFAEL MOREIRA SILVA

TÍTULO: ESTUDO DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN* BASEADA EM 6R

GRAU: BACHAREL

ANO: 2022

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.



Nome: Rafael Moreira Silva

E-mail: rafaeldomoreira_eng@hotmail.com

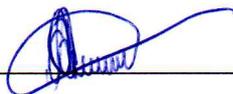
RAFAEL MOREIRA SILVA

**ESTUDO DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN* BASEADA EM
6R**

Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Evangélica de Goianésia apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

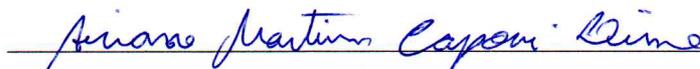
DATA DE APROVAÇÃO: 22/06/2022

APROVADA POR:



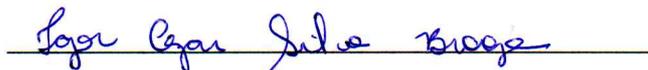
PROF^a. ME^a. ANNE CAROLINE DE PAULA NASCIMENTO
ORIENTADORA

FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA



PROF^a. ME^a ARIANE MARTINS CAPONI LIMA
EXAMINADOR

FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA



PROF^a. ME^a IGOR CEZAR SILVA BRAGA
EXAMINADOR

FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Aos meus pais, que me incentivaram desde sempre a estudar, são a razão da realização deste sonho, eles sonharam por mim e pela graça e misericórdia de Deus estou vencendo esta etapa, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me iluminar e sempre me guiar, agradeço também a minha família, principalmente aos meus pais, Olegário e Luciene, que sempre estiveram comigo, me incentivando e dando excelentes conselhos, sem eles não seria possível concluir esse trabalho.

À minha namorada Larissa, que me apoiou toda essa trajetória e esteve sempre ao meu lado nesses anos de faculdade.

*Se podemos sonhar, também podemos tornar nossos sonhos realidade.
- Tom Fitzgerald*

RESUMO

Lean é um conceito com uma abordagem sistemática para eliminar o desperdício em um sistema visando permitir a melhoria contínua e maximizar o valor ao cliente. Essa metodologia de produção tem recebido considerável atenção de praticantes e pesquisadores desde a sua criação. A abordagem denominada como 6R chama a atenção para todos os aspectos ao longo do ciclo de vida para auxiliar a fabricação sustentável. Dessa forma, acredita-se que a integração da abordagem 6R em técnicas do *Lean*, como o VSM, possa trazer benefícios ao processo e, por fim, à organização. Assim, o presente trabalho tem como objetivo propor um *framework* para implementação de técnicas *Lean* aliadas ao 6R em processos produtivos. Para isso, realizou-se uma revisão da literatura, possibilitando a identificação dos principais facilitadores e as principais barreiras encontradas na implementação do L6R. Em posse desse conhecimento, sugeriu-se um *framework* para implementar o L6R em qualquer tipo de organização. O *framework* consiste em 5 passos, sendo: Identificar o projeto L6R, avaliar o nível atual do projeto, encontrar a causa raiz do problema ou ineficiência, descobrir e aplicar a melhor solução possível e sustentar a melhor solução. A estrutura proposta fornece um caminho sistemático para a implementação do L6R, desde a identificação do projeto até a avaliação da melhoria do sistema em consideração.

Palavras-chave: *Framework* de implementação. Gestão. Processos produtivos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Lean is a concept with a systematic approach to eliminating waste in a system to enable continuous improvement and to maximize customer value. This production methodology has received considerable attention from practitioners and researchers since its inception. The approach termed as 6R draws attention to all aspects throughout the lifecycle to support sustainable manufacturing. In this way, it is believed that the integration of the 6R approach in *Lean* techniques, such as VSM, can bring benefits to the process and, ultimately, to the organization. Thus, the present work aims to propose a *framework* for the implementation of *Lean* techniques allied to 6R in production processes. For this, a literature review was carried out, enabling the identification of the main facilitators and the main barriers encountered in the implementation of the L6R. In possession of this knowledge, a *framework* was suggested to implement the L6R in any type of organization. The *framework* consists of 5 steps, namely: Identify the L6R project, assess the current level of the project, find the root cause of the problem or inefficiency, discover and apply the best possible solution and sustain the best solution. The proposed *framework* provides a systematic path for the implementation of the L6R, from project identification to the evaluation of the improvement of the system under consideration.

Key-words: Implementation framework. Management. Productive processes. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os sete desperdícios do <i>Lean</i>	17
Figura 2 - Os Cinco "S"	19
Figura 3 - Ferramentas L6R utilizadas nos 13 trabalhos estudados.	30
Figura 4 - Framework sugerido para implementação de um projeto de L6R.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Facilitadores da implementação de L6R	26
Quadro 2 - Barreiras na implementação do L6R	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
C&E	Causa e Efeito
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar
DOE	<i>Design of Experiments</i> (Design de Experimentos)
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (Análise de Modos de Falhas e Efeitos)
L6R	<i>Lean + 6R</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
SIPOC	<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers</i>
SMED	<i>Single Minute Die Exchange</i>
SVA	Sem Valor Agregado
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
VA	Valor Agregado
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	14
1.2	Objetivos.....	15
1.2.1	Objetivo geral	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Estudo do <i>Lean</i>	16
2.1.1	Tipos de desperdício no <i>Lean</i>	16
2.1.2	Ferramentas do <i>Lean</i>	18
2.1.2.1	<i>Value Stream Mapping</i>	18
2.1.2.2	Programa 5S	18
2.1.2.2.1	Seiri (Utilização)	19
2.1.2.2.2	Seiton (Organização).....	20
2.1.2.2.3	Seiso (Limpeza).....	20
2.1.2.2.4	Seiketsu (Padronização)	20
2.1.2.2.5	Shitsuke (Disciplina)	21
2.1.2.3	Trabalho padronizado.....	21
2.1.2.4	<i>Single Minute Die Exchange</i>	21
2.2	Barreiras e obstáculos na implementação do <i>Lean</i>	22
2.3	Princípios do 6R.....	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	O <i>framework</i> de implementação do L6R.....	32
4.1.1	Passo 1 - Identificar do projeto.....	33
4.1.2	Passo 2 - Avaliar o nível atual do projeto.....	33
4.1.3	Passo 3 - Identificar a causa raiz de problema ou ineficiência.....	34
4.1.4	Passo 4 - Encontrar e implementar a melhor solução possível.....	34
4.1.5	Passo 5 - Sustentar a melhor solução	35
5	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Lean é um conceito com uma abordagem sistemática para eliminar o desperdício em um sistema permitindo a melhoria contínua e maximizando o valor ao cliente. Essa metodologia de produção tem recebido considerável atenção de praticantes e pesquisadores desde a sua introdução pelo sistema de manufatura Toyota por Taiichi Ohno (OHNO, 1997). É um conceito que atividades sem valor agregado (superprodução, processamento em excesso, estoque desnecessário, movimentação desnecessária, transporte excessivo, defeitos nos produtos, tempo de espera) podem ser reduzidas através da implementação das práticas *Lean*, como *Value Stream Mapping* (VSM), Kaizen (Melhoria Contínua), 5S, Seis Sigma, entre outras (SHAH; WARD, 2007).

A implementação bem-sucedida do *Lean*, também conhecido como manufatura enxuta, resulta na melhoria das operações de manufatura, produtividade, qualidade, custo no desempenho geral da organização e pode ser utilizada em qualquer organização. No entanto, poucas empresas obtêm benefícios ao empregar técnicas enxutas. As organizações apresentam dificuldades ao implementar melhorias contínuas no ambiente produtivo. Por exemplo, menos de 10% das organizações britânicas foram bem-sucedidas na implementação de técnicas *Lean*. Acredita-se que essa falha se deva ao desconhecimento do conceito *Lean*, cultura organizacional, atitude gerencial e informações não confiáveis para utilização das técnicas *Lean* (MARVEL; STANDRIDGE, 2009).

Além disso, o *Lean* é uma ferramenta tão poderosa que também ajuda na remoção de resíduos de processos de não fabricação, por exemplo. manuseio de pedidos e otimização de centros de distribuição (XIONG *et al.*, 2019). Conseqüentemente, algumas organizações aplicam erroneamente as práticas *Lean* (PAVNASKAR; GERSHENSON; JAMBEKAR, 2003). As variações culturais organizacionais e o nível de atenção dos gerentes têm impacto direto na eficácia da implementação do *Lean* porque influenciam os comportamentos dos colaboradores da empresa (PAKDIL; LEONARD, 2015).

A abordagem denominada como 6R (reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar, redesenhar e remanufaturar) que é uma extensão do 3R (reduzir, reutilizar, reciclar) usado anteriormente descrito por Kirk (2018), chama a atenção para todos os aspectos ao longo do ciclo de vida para auxiliar a fabricação sustentável. Na mesma direção, o uso de práticas *Lean* como acelerador para adquirir melhores estratégias de manufatura sustentável é amplamente discutido (MOLLENKOPF *et al.*, 2010). Dessa forma, acredita-se que a integração da abordagem 6R em técnicas do *Lean*, como o VSM, possa trazer benefícios ao processo e, por fim, à organização.

Um produto passa por vários estágios antes de ser transformado em uma forma onde possa ser vendido. No contexto do *Lean*, o valor é adicionado em várias etapas por meio desse processo de transformação, que é conhecido como fluxo de valor, ou, da sigla inglesa, VSM (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017). O fluxo de valor é composto por todo o processo, sejam atividades que agregam valor e possuem saídas sem valor agregado, porém que são necessárias ao processo.

Práticas *Lean* e de desempenho sustentável de uma empresa são dois lados da mesma moeda. Rafique *et al.* (2019) argumentam que em pesquisas anteriores, quase 25,6% das empresas estudadas utilizaram VSM para implementação enxuta como a metodologia mais adequada. O VSM é uma ferramenta inestimável para o planejamento estratégico que facilita a visualização e compreensão do fluxo de materiais e informações em uma linha de produção. Também permite identificar e reduzir erros, perdas, *lead-time* e custo do produto. No entanto, a metodologia tradicional de VSM não obteve sucesso no desempenho ambiental e social. Na verdade, apenas leva em conta a economia de uma linha de fabricação. Nesse sentido, diferentes abordagens são destacadas na literatura que combinam o VSM tradicional com métricas adicionais para avaliar os efeitos ambientais e sociais (PAGELL; SHEVCHENKO, 2014).

1.1 JUSTIFICATIVA

Não existem regras rígidas e rápidas para o cálculo do desempenho da fabricação sustentável. Uma revisão sistemática da literatura sobre manufatura enxuta e verde mostra, no entanto, que existem algumas estruturas que atendem ao desempenho ambiental das operações de manufatura. Não houve uma estrutura integrada que empregue o uso da técnica 6R integrada à manufatura enxuta para acomodar a perspectiva ecologicamente correta (JAWAHIR *et al.*, 2006).

Também, os *frameworks* desenvolvidos atendem a domínios de manufatura específicos e não podem ser estendidos a diferentes setores de produção. Além disso, técnicas enxutas como Kaizen foram implementadas para melhorar o desempenho ambiental, mas não houve uso da técnica 6R que depende da reutilização dos materiais para promover a reciclagem e a remanufatura. No caso da sustentabilidade, os modelos desenvolvidos não discutem a correlação dos indicadores estabelecidos. Ainda que no caso do desempenho ambiental, a reciclagem e a padronização ISO sejam discutidas, o uso de 6R permanece uma lacuna que precisa ser preenchida (HELLENO *et al.*, 2017).

Portanto, tem-se a necessidade de se consolidar uma abordagem de integração usando 6R que seja conveniente, escalável e tenha capacidade de implementação em todo o setor de manufatura, em vez de se limitar ao segmento automotivo, de onde surgiu o *Lean*. Esta pesquisa tenta propor, através de revisão de literatura, um *framework* para se aplicar as técnicas *Lean* a fim de se obter as vantagens previamente descritas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Propor um *framework* para implementação de técnicas *Lean* aliadas ao 6R em processos produtivos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar um levantamento bibliográfico no que diz respeito as técnicas *Lean* aliadas ao 6R.
- Identificar os obstáculos e dificuldades encontrados ao tentar implementar técnicas *Lean* em um processo de produção;
- Avaliar os benefícios nos indicadores de produtividade e de sustentabilidade após a implementação do *Lean* aliado ao 6R.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDO DO *LEAN*

Desenvolvida pelos japoneses em meados dos anos 50, a filosofia *Lean* (pensamento enxuto, produção enxuta ou Sistema Toyota de Produção) tinha o intuito de identificar e eliminar desperdícios. Com o passar dos anos, *Lean* se tornou uma palavra cada vez mais utilizada. A filosofia foi batizada como *Lean Manufacturing* no final dos anos 80 (renomeando o sistema de produção da Toyota) e, hoje em dia, o termo "*Lean*", adaptado como “enxuto” em alguns casos no Brasil, pode ser encontrado em quase todos os lugares, apenas para oferecer alguns exemplos: serviços enxutos, empreendedorismo enxuto, desenvolvimento de *software* enxuto, desenvolvimento de produto enxuto, contabilidade enxuta, *startups* enxutas e a lista continua. O conceito subjacente é o mesmo: maximizar o valor aos olhos do cliente com resíduos mínimos, ou seja, “produzir/entregar mais com menos” (WERKEMA, 2006).

O conceito de *Lean* foi explicado por diversos autores, entre eles destaca-se Ohno (1997) e Wekema (2006). Segundo Ohno (1997) a ideia básica é para dado momento, produzir somente o necessário e em quantidade necessária. Para Werkema (2006) o *Lean* é uma iniciativa que tem o objetivo de eliminar desperdícios, excluindo o que não tem valor e aumentando a velocidade para a empresa.

Ainda que o *Lean Manufacturing* tenha sido cada vez mais utilizado, implementá-lo requer processos de transição de culturas organizacionais, e conseqüentemente, há um impedimento em sua implementação. Ao longo do tempo, muitas ferramentas/técnicas foram desenvolvidas, mas a escolha certa das ferramentas *Lean* ajuda a eliminar melhor o desperdício. Nesse sentido, o VSM é considerado um dos melhores auxílios na indústria de manufatura enxuta. VSM é uma ferramenta de modelagem de processos que ajuda a visualizar Valor Agregado (VA) e sem valor agregado (SVA) em uma linha de produção (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

2.1.1 Tipos de desperdício no *Lean*

A essência do *Lean* é a eliminação de todos os desperdícios que ocorrem na empresa. Isso reduz o tempo entre o pedido e o envio das mercadorias acabadas ao cliente, aumenta a produtividade e reduz os custos de fabricação. Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, identificou os sete tipos de desperdícios identificados que estão ilustrados na Figura 1 (OHNO, 1997)

Figura 1 - Os sete desperdícios do *Lean*.

Fonte: adaptado de Lumis, 2022.

A superprodução é entendida como a produção de produtos com antecedência e em maiores quantidades do que o exigido pelo cliente. A superprodução é considerada o tipo de desperdício mais perigoso, porque se traduz em custos significativos associados, por exemplo armazenamento, e é o começo de outros resíduos. Quando há superprodução, necessita-se que os estoques mantenham mais materiais, matérias-primas e produtos acabados do que o mínimo necessário. O desperdício é o resultado da superprodução. A superprodução também pode levar a danos ou destruição de produtos e gera custos significativos de transporte e armazenamento (BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2015).

Erros e defeitos de qualidade são entendidos como trabalho que não é concluído com resultados positivos. Esperar por um produto é o tempo perdido devido às expectativas de pessoas, materiais, informações ou ferramentas que não agregam valor ao processo de fabricação. Etapas de processamento são necessárias para se agregar valor ao produto final, porém, deve-se observar se o produto não está “sobre atendendo” as expectativas do cliente, de

maneira em que o cliente não enxergue valor em determinada característica que foi produzida através de uma etapa de processamento. O excesso de processamento, além de alongar o tempo de espera do cliente, pode também levar ao uso de tecnologias sofisticadas e caras sem justificativa. Excesso de movimento desnecessário de materiais transporte, produtos semiacabados ou acabados dentro da empresa levam ao aumento dos custos de produção e aumentam o risco de danos ao produto. Este desperdício é um resultado comum da organização inadequada do espaço de trabalho. O último tipo de desperdício é não utilizar o potencial do funcionário. Nesse contexto, isso significa ignorar ou não explorar devidamente as ideias, competências e talentos dos funcionários (BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2015).

2.1.2 Ferramentas do *Lean*

2.1.2.1 Value Stream Mapping

O *Value Stream Mapping* (VSM) ou Mapeamento do Fluxo de Valor é uma ferramenta amplamente utilizada nas empresas. O VSM é uma maneira gráfica de apresentar material e fluxo de informações no sistema de produção. O mapa mostra todas as tarefas realizadas no processo, desde a compra de matérias-primas e o término da entrega de produtos acabados ao cliente. Esta análise permite a identificação de todos os tipos de desperdício e orientação para mais ações para eliminá-los (SETH; SETH; DHARIWAL, 2017).

2.1.2.2 Programa 5S

Ao optar por aplicar a filosofia *Lean* em um ambiente de trabalho, é consenso que o primeiro passo a ser dado é implantar o programa dos cinco sentidos, ou 5S. Além dos fundamentos da cultura, é mais fácil de diagnosticar problemas no processo produtivo usando elementos visuais. Embora o 5S seja um programa com objetivos claros, existem algumas dificuldades na sua implementação. Isso pode ser percebido pela falta de responsabilização do funcionário pela aceitação do programa, baixa familiaridade do funcionário com o programa e alguma resistência ao programa por parte de alguns participantes devido às mudanças educacionais e culturais envolvidas (COSTA; REIS; ANDRADE, 2005).

O conceito 5S vem do Japão e tem como objetivo original tornar o local de trabalho para melhorar a segurança e a eficiência, reduzindo a taxa de defeitos do produto. O 5S é expresso por cinco palavras japonesas que expressam limpeza e ordem na empresa, sendo sustentadas

pela disciplina no ambiente de trabalho, como mostrado na Figura 2 (AGRAHARI; DANGLE; CHANDRATRE, 2015).



Fonte: adaptado de Lumis, 2022.

2.1.2.2.1 Seiri (Utilização)

A classificação de materiais necessários e desnecessários é o que norteia esta etapa do 5S. O material e o equipamento defeituosos ou raramente usados na empresa prejudicam a ordem do local de trabalho e causam a diminuição da eficiência do trabalho. Portanto, os materiais necessários e desnecessários disponíveis no local de trabalho devem ser classificados pela sua frequência de utilização. Para melhorar a eficiência do processo produtivo, algumas estações de trabalho devem disponibilizar em uma ordem e em locais onde podem ser facilmente acessados. Por esse motivo, quando esse primeiro princípio básico é bem aplicado, os problemas e reclamações através do fluxo de trabalho diminuirão e a comunicação entre os colaboradores será simplificada. Além disso, uma vez que economias significantes no tamanho do ambiente de trabalho serão obtidas, diminuições importantes serão observadas no custo de operação (BEVILACQUA *et al.*, 2015).

2.1.2.2.2 *Seiton* (Organização)

De acordo com essa etapa do 5S, uma ordem de organização é elaborada para se facilitar o acesso aos materiais necessários nos horários em que serão utilizados. Como resultado da organização executada nas estações de trabalho (máquinas, ferramentas, ferramentas manuais, materiais a serem usados etc.), deve-se manter os materiais necessários em um local onde podem ser acessados facilmente de acordo com cada caso de uso. O local onde a operação é realmente realizada, os caminhos de transporte do material/ferramentas e o método de armazenamento são pontos que devem ser considerados nesta etapa (KANTA; TRIPATHY; CHOUDHARY, 2005).

2.1.2.2.3 *Seiso* (Limpeza)

Para se aumentar a produtividade, é essencial criar um ambiente de trabalho limpo e regular. Isso ocorre porque poeira, sujeira e resíduos são a fonte de ineficiência, indisciplina, produção defeituosa e acidentes de trabalho. Para realizar a limpeza através de um sistema eficaz, os nomes dos colaboradores responsáveis pela limpeza de cada zona, cada departamento e cada ponto da fábrica devem ser claramente determinados e escritos nos locais adequados. O tempo de limpeza deve ser curto, idealmente. Os melhores momentos para a limpeza são o início do turno, o final do turno ou após a refeição. Todos os colaboradores devem ser bem treinados sobre a limpeza e participar da limpeza (KANTA; TRIPATHY; CHOUDHARY, 2005).

2.1.2.2.4 *Seiketsu* (Padronização)

Após a aplicação dos princípios dos primeiros 3S, os sistemas necessários são formados para manter a continuidade dessas boas práticas no local de trabalho. Para fazer isso, essas atividades devem ser escritas de acordo com os procedimentos e a memorização desses procedimentos pelos colaboradores. Fornecer o controle visual que permitirá a revelação dos problemas que podem afetar negativamente a limpeza realizada e a ordem é muito importante nessa fase. Os métodos que podem ser reconhecidos por qualquer pessoa no local de trabalho, não apenas pela pessoa relevante àquela atividade, devem ser desenvolvidos. É apropriado escrever rótulos de monitoramento de desempenho, listas de controle, tabelas e algum procedimento para o entendimento visual. Para aplicação e desenvolvimento total dos padrões,

é necessária a participação de toda a organização. Portanto, a padronização significa tornar atitudes e comportamentos corretos como hábitos diários e garantir sua aplicação completa (KANTA; TRIPATHY; CHOUDHARY, 2005).

2.1.2.2.5 *Shitsuke* (Disciplina)

A última etapa do programa 5S abrange a melhoria dos métodos direcionados à adaptação do 5S como hábito por todo os colaboradores. A tarefa aqui é realizada pela alta gerência. Os diretores devem explicar a importância do 5S para os colaboradores através de vários treinamentos e eventos para troca de informações e boas práticas (KANTA; TRIPATHY; CHOUDHARY, 2005).

2.1.2.3 Trabalho padronizado

O trabalho padronizado é o método mais fundamental e eficaz para a melhoria contínua dos sistemas de fabricação. O trabalho padronizado ajuda a manter a qualidade consistente, fornece operações eficientes e garante o uso adequado de ferramentas e equipamentos. O trabalho padronizado é aplicado em várias organizações para gerenciar suas tarefas de maneira eficaz e eficiente. Os colaboradores devem aprender e serem treinados para reduzir o desperdício dos processos, identificando e eliminando atividades que não agregam valor, requerendo grande quantidade de treinamento da equipe. O trabalho padronizado necessariamente reduz os custos gerais de desenvolvimento e aumenta o nível de controle do trabalho. Além disso, permite a avaliação dos processos de fabricação através de indicadores de operação, medindo o grau de implementação do *Lean* (BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2015).

2.1.2.4 *Single Minute Die Exchange*

A metodologia *Single Minute Die Exchange* (SMED) pode ser traduzida como “rápida mudança de ferramenta em um dígito único”, o que significa que as configurações da máquina devem ser realizadas em menos de 10 minutos. Segundo Filla (2016), as 5 etapas do SMED são as seguintes:

1. Observar e registrar;
2. Separação entre tarefas internas e externas;

- Tarefas internas: atividades realizadas durante a operação de mudança enquanto a máquina está em paralisação.
 - Tarefas Externas: atividades realizadas antes da operação de mudança, não realizadas no período de *downtime*, enquanto a máquina está parada.
3. Converter o número máximo de tarefas internas em tarefas externas;
 4. Agilizar todas as tarefas possíveis;
 5. Documentar procedimentos internos e externos.

Para criar uma ampla base de suporte ao projeto SMED, o espectro completo dos funcionários associados deve ser incluído no processo de seleção e o consenso deve ser alcançado dentro da equipe quanto à escolha do equipamento de interesse. Uma vez selecionado o equipamento-alvo, deve-se fazer um registro do tempo que é a linha de base para o projeto. O tempo de mudança deve ser medido como o tempo entre a produção da última parte boa (na velocidade máxima) e a produção da primeira parte boa (na velocidade máxima) (FILLA, 2016).

O SMED deve fornecer soluções rápidas de mudança de ferramentas que podem aprimorar todos os elementos de qualquer processo de fabricação, reduzindo drasticamente o tempo de inatividade e aumentando a eficiência geral do equipamento. O SMED deve oferecer uma solução detalhada, ajudando a calcular qual sistema de troca de ferramentas rápida fornecerá o maior retorno do investimento. Por outro lado, é possível uma abordagem holística: através do SMED é possível aproveitar ao máximo todas as instalações de fabricação, pois é uma prática que permite o fluxo de vários produtos, também ajudando na redução do inventário (FILLA, 2016).

2.2 BARREIRAS E OBSTÁCULOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO LEAN

O problema mais comum na implementação dos conceitos *Lean* é a falta de compreensão do próprio conceito e seus princípios. O problema é a capacidade de olhar para a organização como um todo e entender o próprio lugar na organização e o impacto que tem sobre ela, independentemente de posição (BORTOLOTTI *et al.*, 2015).

Bortolotti *et al.* (2015) apontam para o papel muito importante da cultura organizacional na empresa para alcançar o sucesso na implementação do *Lean*. O *Lean* é considerado como uma abordagem que une entre si práticas *soft*, que remetem a questões humanas como cultura e engajamento, e *hard*, que remetem às práticas técnicas do *Lean*, como o estudo de VSM, por exemplo. A adoção pela empresa das práticas *soft* é outro elemento importante que determina

o sucesso da implementação do *Lean*. Essas práticas são essenciais para alcançar a maior eficiência por meio do *Lean* e manter a produtividade no longo prazo (LIKER; ROTHER, 2011).

Para as pequenas e médias empresas (PMEs), o lado fraco da cultura organizacional é o estilo de gestão autocrático, que não é propício para a melhoria dos processos por parte dos funcionários, e a falta de abordagem metódica e formalizada do planejamento estratégico e foco nos problemas atuais. A multiplicidade de funções geralmente cumpridas pelos colaboradores não favorece a análise de problemas surgidos nos processos que exigem conhecimento aprofundado. Recursos financeiros limitados fazem com que as mudanças realizadas nos processos tenham caráter temporário ou de curto prazo (ALEXANDER; ANTONY; RODGERS, 2019).

Grandes empresas têm maior incentivo para implementar o *Lean*. Eles também têm mais recursos que podem ser usados na implementação desta filosofia. Pequenas e médias empresas têm uma tarefa mais difícil com a implementação. Isto deve-se, nomeadamente, à insuficiência de recursos, à falta de conhecimento, bem como à falta de apoio no processo de implementação por parte de empresas externas para as quais repetidamente as pequenas e médias empresas não são suficientemente atrativas do ponto de vista dos potenciais lucros da implementação (TYAGI *et al.*, 2015).

Wyrwicka e Mrugalska (2015) alegam que problemas na implementação do *Lean* podem levar à adoção fragmentária de ferramentas e técnicas *Lean*, má aplicação de ferramentas *Lean*, e falta de desenvolvimento da cultura *Lean* que apoie o seu desenvolvimento. Segundo os pesquisadores, se a organização inicia a implementação do *Lean* sem entender completamente o conceito, ela não está pronta para as mudanças necessárias para a sua implementação bem-sucedida.

Uma fundação crucial da cultura *Lean* é a de melhoria contínua, que se baseia em atrair, desenvolver e engajar pessoas de destaque, resolver problemas em todos os níveis da organização, tornar a gestão responsável perante os funcionários, trabalhadores dedicados à empresa, família e sociedade, ter um departamento de RH usando um processo de planejamento que permita que todos se envolvam no atingimento das metas (LIKER; ROTHER, 2011).

No entanto, a implementação do *Lean* pode encontrar dificuldades com os indivíduos nas empresas que possuem maus hábitos pessoais, sentimento de insegurança pessoal e má percepção dos demais colegas de trabalho. Para superar tais problemas é de grande importância escolher um líder de equipe que tenha boa reputação, poder de decisão, informação, experiência e relacionamento interpessoal para garantir uma mudança. O papel do gerente no *Lean* é apoiar

e desafiar as pessoas que gerenciam a desenvolver essa filosofia, uma vez que a melhoria contínua autêntica não é possível sem respeito pelas pessoas. No entanto, parece comum na prática que o princípio do “respeito pelas pessoas” seja mal compreendido ou negligenciado, o que muitas vezes é chamado de obstáculo ao *Lean*. Além disso, identifica-se que os gerentes de operações devem ter um papel tanto estratégico quanto tático, pois precisam apresentar uma visão clara de como o *Lean* se encaixa e está relacionado à sua estratégia de negócios para que sua implementação seja bem-sucedida (TYAGI *et al.*, 2015).

2.3 PRINCÍPIOS DO 6R

A metodologia 6R consiste em reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar, redesenhar e remanufaturar. Reduzir refere-se à subtração do uso de recursos na pré-fabricação, incluindo redução do consumo de energia, consumo de material e outros recursos durante a fabricação e redução de emissões e resíduos durante a fase de uso. Reutilização refere-se à reutilização geral de um produto, ou de seus componentes, para o próximo ciclo de vida, para reduzir o uso de material virgem para produzir novos produtos e componentes. Reciclagem refere-se ao processo de conversão de materiais que deveriam ser considerados resíduos, tornar-se novo material ou produto. O processo de coleta de produtos no final da fase de uso, desmontagem, classificação e limpeza para utilização no próximo ciclo de vida deste produto é chamado de Recuperação. A atividade de redesenho envolve a próxima ação para redesenhar produtos de geração, que usarão componentes, materiais e recursos recuperados de ciclos de vida anteriores ou gerações anteriores de produtos. A remanufatura envolve o reprocessamento de produtos que foram usados para recuperação ao estado original de seu produto ou forma como novo por meio da reutilização do máximo possível de peças sem perda de funcionalidade. A integração dos conceitos *Lean* e 6R é implementada em uma empresa para analisar sua capacidade de reduzir desperdícios e recursos naturais em direção a uma economia circular.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Uma revisão da literatura pode ser amplamente descrita como uma maneira sistemática de coletar e sintetizar pesquisas anteriores. Uma revisão eficaz e bem conduzida como método de pesquisa cria uma base firme para o avanço do conhecimento e facilita o desenvolvimento da teoria. Ao integrar descobertas e perspectivas de muitas descobertas empíricas, uma revisão da literatura pode abordar questões de pesquisa com um poder que nenhum estudo tem (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

Também pode ajudar a fornecer uma visão geral das áreas nas quais a pesquisa é díspar e interdisciplinar. Além disso, uma revisão da literatura é uma excelente maneira de sintetizar os resultados da pesquisa para mostrar evidências e descobrir áreas nas quais são necessárias mais pesquisas, o que é um componente crítico da criação de *frameworks* teóricos e da construção de modelos conceituais (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2003).

Neste trabalho é abordada a sugestão de um *framework* para implementação do *Lean + 6R* (L6R), que, apesar das suas conhecidas vantagens produtivas e de sustentabilidade, ainda encontra obstáculos na sua aplicação. Utilizou-se a ferramenta de busca Google Scholar para encontrar artigos que abordam a temática. Assim, elencou-se 13 artigos que discorrem a respeito de implementações de técnicas *Lean*, num contexto sustentável ou não, possibilitando a identificação dos principais facilitadores e as principais barreiras encontradas na implementação do L6R. Em posse desse conhecimento, foi-se capaz de sugerir um *framework* para implementar o L6R em qualquer tipo de organização.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A abordagem L6R está em sua fase de evolução, e as organizações relutam em adotar essa abordagem devido à cultura resistiva e ao medo de mudanças pragmáticas em seus métodos de trabalho. A discussão abrangente sobre facilitadores, barreiras e conjunto de ferramentas facilita a integração do *Lean* ao 6R. Além disso, a estrutura L6R apresentada ajudará a organização a implementar o L6R sustentável para melhorar a produtividade e a lucratividade.

Uma vez que a integração do L6R se estabelece de forma coesa, pode-se correlacionar facilmente as diferentes funcionalidades de todas essas metodologias modernas. Os facilitadores são medidas de prontidão para uma organização implementar uma nova abordagem (SETIJONO; LAUREANI; ANTONY, 2012). Os facilitadores foram considerados como métodos de mudança que levam à implementação bem-sucedida de uma nova metodologia de produção (NÄSLUND, 2013). O Quadro 1 mostra os facilitadores para a adoção do L6R.

Quadro 1 - Facilitadores da implementação de L6R

#	Fatores de sucesso	Descrição	Referências
1	Satisfação do cliente	A satisfação do cliente é da maior importância para qualquer organização permanecer competitiva no mercado	(SMITH; PATON; MACBRYDE, 2018)
2	Aprendizado organizacional	Todo funcionário deve estar familiarizado com todo o sistema para que se possa colocar seus esforços aguçados para o sucesso organizacional	(BEN RUBEN; VINODH; ASOKAN, 2017; SREEDHARAN V; SANDHYA; RAJU, 2018)
3	Integração nos estágios do ciclo de desenvolvimento do produto	O conceito de engenharia e integração simultâneas em vários estágios do desenvolvimento de produtos é essencial para desenvolver um produto confiável	(CARVALHO; DUARTE; MACHADO, 2011; KASWAN; RATHI, 2019)
4	Cultura e comunicação	Organizações devem desenvolver uma cultura de melhoria contínua, cooperação e um fluxo de informações de duas vias	(CORONADO; ANTONY, 2002)

(continua)

#	Fatores de sucesso	Descrição	Referências
5	Suporte da alta gerência	O suporte da alta gerência é essencial para introduzir novas tecnologias e qualquer grande mudança na organização	(KASWAN; RATHI, 2019; SETIJONO; LAUREANI; ANTONY, 2012)
6	Relacionamento estratégico com o fornecedor	Um fornecedor confiável é essencial para que a matéria-prima e outros itens entreguem dentro do prazo	(SIEGEL <i>et al.</i> , 2019)
7	Dados e métricas	A coleta de dados e as métricas de desempenho são por excelência para o sucesso do programa L6R, pois fornecem uma base para comparações.	(ANTONY; SETIJONO; DAHLGAARD, 2016; HABIDIN; YUSOF, 2012)
8	Trabalho em equipe	Para atingir as metas do L6R, todos os membros das organizações devem funcionar em equipe.	(ANTONY; SETIJONO; DAHLGAARD, 2016; KASWAN; RATHI, 2019)
9	Gerenciamento de risco	Os campeões de qualquer empresa assumem o risco e introduzem um novo conceito perante os concorrentes para aproveitar qualquer oportunidade disponível no mercado.	(SIEGEL <i>et al.</i> , 2019)
10	Preparo organizacional para implementação do L6R	A empresa deve estar em posição de introduzir o L6R em seu sistema, pois requer uma troca de transporte.	(CHERRAFI <i>et al.</i> , 2017)
11	Ligação do L6R com a estratégia do negócio	A ligação entre a estratégia organizacional e a abordagem L6R leva à obtenção de sustentabilidade corporativa.	(ABU BAKAR; SUBARI; MOHD DARIL, 2015)

Fonte: Próprio autor, 2022.

Percebeu-se que o suporte da alta gerência, o trabalho em equipe e a prontidão da organização são os fatores mais críticos para a implementação bem-sucedida do L6R (KASWAN; RATHI, 2019; PANDEY; GARG; LUTHRA, 2018). O comprometimento da gestão, um entendimento completo das ferramentas L6R e a assimilação útil de dados levam a uma maior sustentabilidade por meio da implementação eficaz do programa L6R.

As barreiras são fatores críticos de falha que dificultam o progresso ou dificultam para uma organização alcançar metas definidas. São desafios gerenciais e técnicos especificados que impedem as organizações de atingir as metas desejadas (ABOELMAGED, 2011). A organização precisa identificar problemas ou obstáculos fundamentais em seu caminho, dentro

de um período específico para aproveitar as vantagens competitivas sobre os concorrentes. O Quadro 2 indica as barreiras que impedem a execução do programa L6R.

Quadro 2 - Barreiras na implementação do L6R

#	Barreiras	Descrição	Referências
1	Identificação inadequada de possíveis projetos	Demandas bem-sucedidas de implementação do L6R para a seleção de uma loja/ área específica que possui o máximo potencial para melhorar a sustentabilidade	(AL ZAABI; AL DHAHERI; DIABAT, 2013; BEN-DAYA; KUMAR; MURTHY, 2016; KUMAR <i>et al.</i> , 2016)
2	Resistência à mudança	As práticas tradicionais de fabricação estão sendo adotadas pela maioria das indústrias e exibem resistência à nova abordagem	(ABDULLAH <i>et al.</i> , 2016; BHATTACHARYA; NAND; CASTKA, 2019)
3	Falta de conhecimento ambiental	O conhecimento ambiental abrangente, juntamente com os efeitos dos parâmetros do processo na ecologia, é vital para o sucesso do L6R.	(AL ZAABI; AL DHAHERI; DIABAT, 2013; MATHIYAZHAGAN <i>et al.</i> , 2013)
4	Seleção de ferramentas L6R erradas	O sucesso do L6R depende muito da seleção de ferramentas adequadas.	(ALBLIWI <i>et al.</i> , 2014; HUSSAIN <i>et al.</i> , 2019)
5	Sistema de transporte não otimizado	O sistema de transporte não otimizado leva a mais emissões ambientais.	(KUMAR <i>et al.</i> , 2016)
6	Falta de apoio e ineficácia da gerência	Suporte da alta gerência e participação ativa são necessárias para o sucesso do L6R como autoridade absoluta para facilitar os contratemplos	(ALBLIWI <i>et al.</i> , 2014; KUMAR <i>et al.</i> , 2016)
7	Esquecimento da reengenharia	A compreensão completa de várias abordagens de reengenharia é essencial para a implementação eficaz do projeto L6R em uma organização específica.	(AL ZAABI; AL DHAHERI; DIABAT, 2013; BEN RUBEN; VINODH; ASOKAN, 2017)

(continua)

#	Barreiras	Descrição	Referências
8	Desconhecimento de várias estratégias L6R	Para implementar o L6R, um entendimento completo de diferentes estratégias do L6R e seus prós e contras são indispensáveis.	(AL ZAABI; AL DHAHERI; DIABAT, 2013; KUMAR <i>et al.</i> , 2016)
9	Falta de sinergia entre melhoria contínua e objetivos estratégicos da organização	A coerência entre os objetivos e a melhoria contínua é necessária para o projeto L6R para que os resultados desejados possam atingir dentro do prazo necessário	(ALBLIWI <i>et al.</i> , 2014; CHERRAFI <i>et al.</i> , 2017)
10	Fraca cultura organizacional	O aprendizado, pronto para adotar e a melhoria contínua da cultura corporativa facilita a implementação do L6R.	(HUSSAIN <i>et al.</i> , 2019)
11	Restrições econômicas	A implementação do L6R traz mudanças de paradigma na indústria em questão, então é necessário que as finanças incorporem mudanças	(HENRIQUES; CATARINO, 2016)
12	Falta de padronização e procedimentos de programação padrão	A padronização traz uma especialidade no sistema que leva a uma redução em retrabalho, resíduos e emissões, além de possibilitar a implantação de métricas de avaliação	(BANAWI; BILEC, 2014)

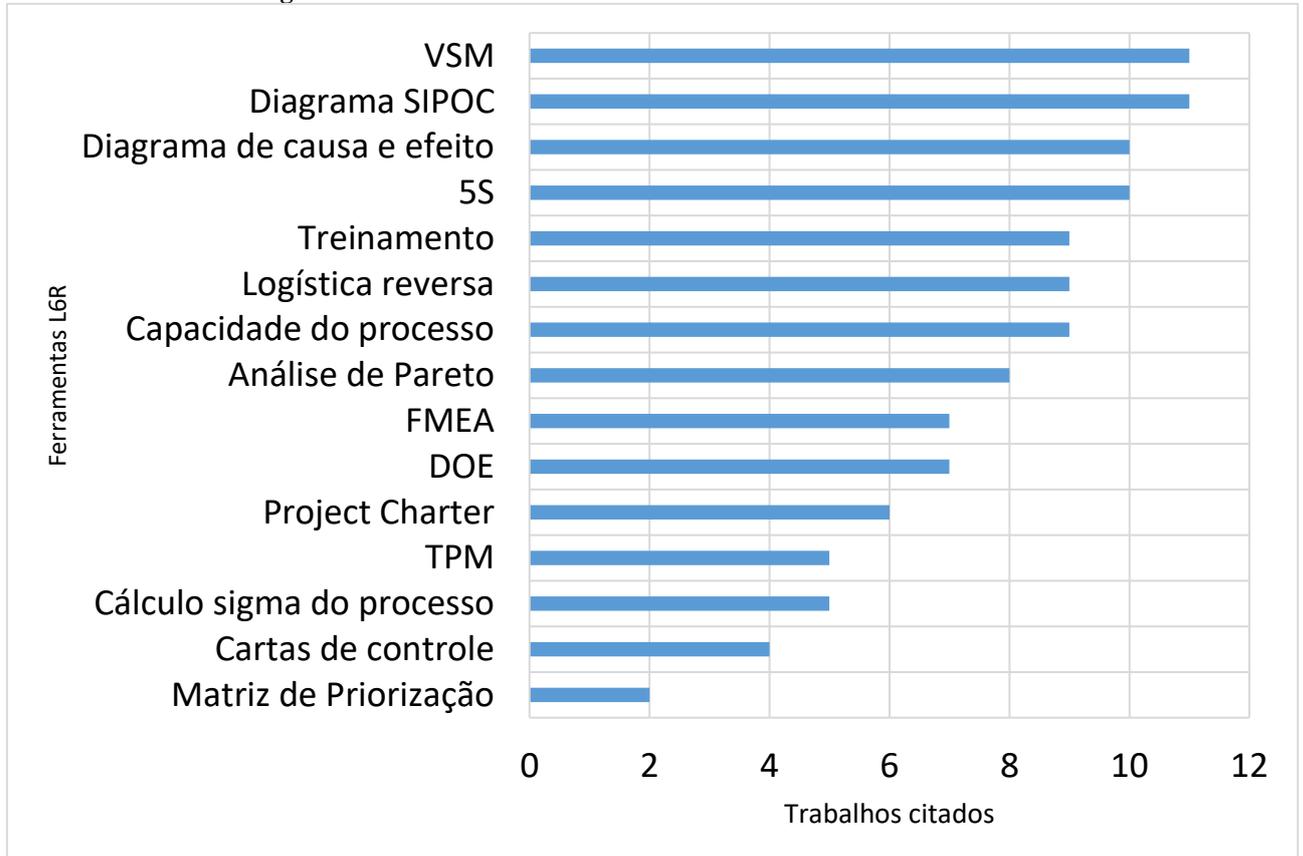
Fonte: Próprio autor, 2022.

O estudo abrangente referente às barreiras L6R revela que o desafio mais comum para a implementação do L6R é a falta de procedimentos padrão e métricas de avaliação. Além disso, a falta de suporte de alta gerência é relatada por muitos estudos como uma das barreiras significativas para a execução do L6R. O aprendizado colaborativo e a ligação do L6R aos objetivos de negócios foram encontrados como iniciativas substanciais para o sucesso do L6R. O conjunto de ferramentas L6R complementa a integração e a implementação do L6R. As ferramentas L6R consideraram princípios ou conceitos que têm o potencial de identificar, remover resíduos e levam à utilização ideal de recursos.

Após a análise dos artigos de pesquisa, observou-se que as organizações industriais usam diferentes ferramentas de acordo com as diversas necessidades e seu tamanho. Porém, ferramentas particulares parecem mais do que outras e, portanto, são utilizadas com mais frequência por organizações que usam essa abordagem integrada do L6R. As ferramentas L6R

utilizadas nos 13 trabalhos estudados foram examinadas através de um gráfico de barras, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Ferramentas L6R utilizadas nos 13 trabalhos estudados.



Fonte: Próprio autor, 2022.

O VSM e o diagrama SIPOC foram encontrados como os mais amplamente utilizados com mais de 90% (11/13). Além disso, as outras ferramentas mais usadas consideradas: diagrama de causa e efeito (C&E) e 5S, com 70% de utilização. Dos treze artigos alistados do L6R, a maioria conta com as ferramentas enxutas para alcançar os objetivos *Lean* e sustentáveis. Portanto, as organizações industriais mundialmente estão apostando principalmente em ferramentas *Lean* para atender às preocupações ambientais.

O significado do L6R está aumentando continuamente devido aos seus efeitos positivos em métricas da qualidade, como produtividade, voz do consumidor e sustentabilidade. A literatura revela que a integração do L6R não apenas aumenta a produtividade, mas também reduz os impactos ambientais negativos. Essa última característica aprimora a imagem da organização em relação aos clientes. Porém, a combinação dessas filosofias exige atividades consideráveis para identificar ferramentas padrão e sinergia entre elas. Atualmente, a maioria

das organizações deseja integrar tecnologias limpas em seus métodos existentes de melhoria de processos para contribuir para um ambiente mais saudável (HUSSAIN *et al.*, 2019).

Cherrafi *et al.* (2017) reportaram que as organizações enfrentam dificuldades de implementar e integrar o *Lean* com práticas sustentáveis para melhoria do desempenho. Banawi e Bilec (2014) representaram uma estrutura para melhorar a eficiência e reduzir vários resíduos associados, mas a estrutura apresentada estava confinada a uma indústria específica, não direcionando como deve ser implementada através da abordagem DMAIC, que norteia os projetos de *Lean*.

Cherrafi *et al.* (2017) propuseram uma estrutura de L6R para melhoria na sustentabilidade econômica e ambiental, mas a implementação através da estrutura proposta não obteve resultados satisfatórios para as novas indústrias que desejam implementar o L6R. Situação semelhante foi reportada por Cluzel *et al.* (2010), que apresentaram uma metodologia ecológica para integrar o *Lean*, mas a realização gradual do método proposto foi considerada difícil.

Maqbool *et al.* (2019) conseguiram sucesso na implementação do L6R em uma indústria que fabrica parafusos e porcas. Através da aplicação do VSM como primeiro passo a fim de se identificar os pontos do processo passíveis de melhoria, os autores utilizaram ferramentas *Lean* como SMED, para, por exemplo, melhorar o processo de forja dos parafusos, e também sugeriram a troca da fornalha a petróleo para fornalha a gás. Estas melhorias, somadas à todas as outras sugeridas pelos autores, resultaram em uma melhora de 40% no *lead time* de produção (de 137 para 82 dias), 22% de redução no número de colaboradores necessários no processo (de 86 para 67) e 50% de redução de custo de aquecimento pela troca das fornalhas, além do impacto ambiental positivo.

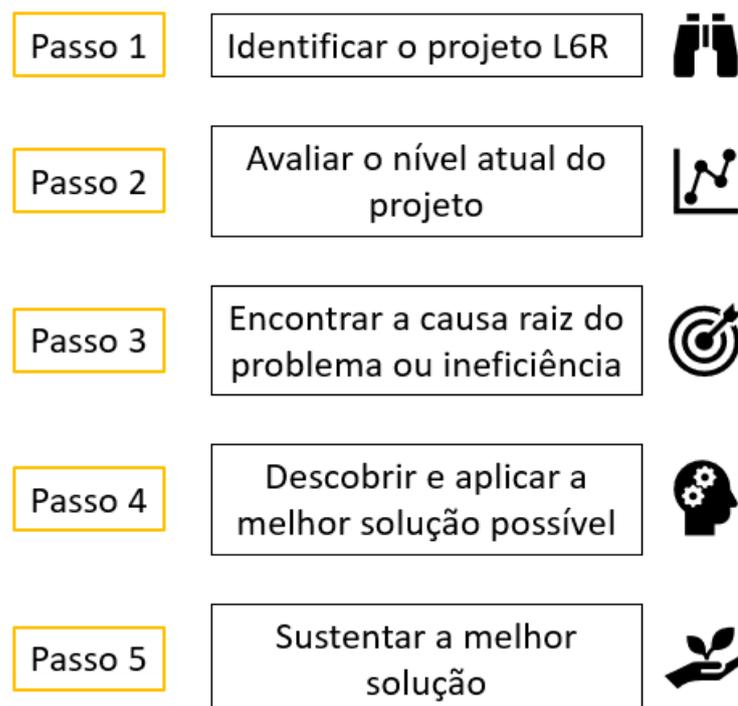
Adicionalmente, Hartini *et al.* (2021) implementaram o L6R em uma fábrica de móveis de madeira. Similarmente, o primeiro passo foi identificar qual parte do processo era passível de melhoria através da aplicação do “VSM verde”, como denominaram os autores, que inclui no mapeamento indicadores como eficiência, qualidade, consumo de energia elétrica, consumo de material e tratamento de rejeitos. A partir disso, os autores propuseram diversas melhorias com foco no 6R, apontando possíveis reutilizações, oportunidades de reciclo, reuso etc., como a utilização do pó de serra gerado para se fazer fertilizantes orgânicos e substratos para cultivo, ou pedaços de madeira que poderiam ser recuperados em brinquedos para crianças. Os autores reportaram a reutilização de 64 m³ de rejeitos por mês, o equivalente para se fabricar 56 mesas.

4.1 O *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO L6R

Na literatura abordada, não se encontrou sugestões de *frameworks* de implementação do L6R que pode ser adotado por organizações de serviço e manufatura. O presente estudo descreve uma estrutura L6R baseada em DMAIC (sigla em inglês *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*, que significa definir, medir, analisar, melhorar e controlar) que pode ser adotada por todas as organizações empresariais.

Dessa maneira, propôs-se um *framework*, ilustrado na Figura 4, que fornece uma integração do L6R com base nos elementos teóricos e fornece uma estrutura detalhada baseada em DMAIC. A estrutura proposta funciona como uma estrutura piloto para a realização em uma única seção ou departamento da organização, porém pode ser estendida em toda a organização após sua execução bem-sucedida como um projeto piloto.

Figura 4 - Framework sugerido para implementação de um projeto de L6R



Fonte: Próprio autor, 2022.

Sugere-se que o *framework* leve em consideração cinco etapas de implementação do L6R: identificar o projeto, avaliar o nível atual do projeto, identificar a causa raiz de problema ou ineficiência, encontrar e implementar a melhor solução possível, sustentar a melhor solução. As etapas são descritas a seguir.

4.1.1 Passo 1 - Identificar do projeto

A primeira etapa da estrutura do L6R é selecionar um projeto apropriado com base no nível de resíduos, defeitos, emissões relacionadas a ambientais e voz dos clientes. O L6R é uma abordagem baseada em projetos e é executado projeto por projeto de maneira incremental, cobrindo cada departamento ou seção individualmente. O projeto é classificado como uma seção ou divisão específica selecionada para o início do L6R. A literatura também revela que 40% dos projetos de *Lean* falharam devido a escolha inapropriada de projetos (GUPTA *et al.*, 2019).

A execução do L6R exige investimento substancial e mudanças estruturais na organização. Portanto, é imperativo selecionar um projeto L6R apropriado que exiba o maior escopo para a melhoria da sustentabilidade. Para isso, é realizado um estudo abrangente das várias seções da indústria, analisando os níveis de resíduos, defeitos e níveis de emissão ambiental associados, que são inseridos em uma matriz para resíduos, defeitos e diferentes emissões correspondentes às várias seções. A priorização de diferentes matrizes é feita no próximo sub-passo para selecionar um projeto que exibe o maior potencial de melhoria da sustentabilidade. As ferramentas ecológicas e críticas para a qualidade traduzem as demandas de clientes orientadas de maneira sustentável em atributos técnicos e ambientais que servem como uma ferramenta vital para a seleção de projetos. Portanto, com base nas necessidades atuais dos clientes, juntamente com as preocupações comerciais e ambientais, um projeto apropriado é selecionado. Após a identificação de um projeto adequado, uma carta, geralmente chamada de Project Charter, é preparada com base no escopo, cronograma e membros da equipe do projeto identificado (HUSSAIN *et al.*, 2019).

4.1.2 Passo 2 - Avaliar o nível atual do projeto

A segunda etapa da estrutura do L6R lida com a estimativa do nível atual do sistema ou projeto em consideração. Aqui, o desempenho do projeto L6R selecionado é medido contra os vários índices de *Lean*. Com base nos dados e fatos coletados, o desvio padrão, o nível Sigma e o C_{PK} do projeto são estimados usando as ferramentas estatísticas. Além disso, a estimativa do consumo de CO₂, o coeficiente de energia verde, o consumo de material etc. são feitos usando ferramentas de tecnologia verde como Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Para avaliar o nível atual de vários resíduos associados, o mapeamento de fluxo de valor (VSM) serve como

uma ferramenta *Lean* útil, fornecendo uma estimativa do tempo de ciclo e consumo de material nos diferentes estágios e uma base comparativa contra o consumo normal de tempo e dinheiro. Ele possui uma característica notável da tabela de dados que organiza dados relacionados ao processo, como tempo, material, dinheiro etc. Além disso, a ACV é usada no processo de medição para avaliar o impacto ambiental de cada subprocesso em diferentes impactos ambientais categorias. O VSM e a ACV combinados levam à identificação e quantificação de vários resíduos que fornecem a fonte para melhorias adicionais (HUSSAIN *et al.*, 2019).

4.1.3 Passo 3 - Identificar a causa raiz de problema ou ineficiência

A próxima etapa da estrutura L6R refere-se a descobrir a causa raiz, ou as principais causas, relacionadas a resíduos, emissões e defeitos no projeto selecionado. Nesta etapa, primeiramente, são identificadas as atividades que geram valor e as que não geram valor, tanto do ponto de vista dos clientes quanto do ponto de vista dos negócios. Depois disso, a eficiência do ciclo do processo é determinada ao se comparar com os benchmarks referências para descobrir quanta melhoria ainda é possível implementar. Enquanto isso, a análise completa do projeto é feita para identificar pontos e restrições de gargalos no projeto selecionado. Após a análise abrangente e detalhada do projeto em consideração, as possíveis razões para os resíduos, emissões, variações e defeitos são descobertos. As ferramentas como brainstorming, análise de causa e efeito, Análise de Efeito do Modo de Falha (FMEA), Análise dos Cinco Porquês, Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida etc. são usadas neste momento para descobrir as possíveis causas dos defeitos observados. Depois que se exploraram as causas possíveis, a pesquisa agora está confinada para descobrir as poucas razões proeminentes para as ineficiências do projeto. As ferramentas como gráfico de Pareto, teste de hipóteses, análise de componentes principais, análise de regressão e brainstorming são usados neste momento para encontrar as causas raiz do problema. Portanto, esta etapa resulta na exploração das principais causas de ineficiências que precisam ser solucionadas para melhorar o projeto ou sistema atual (SMITH; PATON; MACBRYDE, 2018).

4.1.4 Passo 4 - Encontrar e implementar a melhor solução possível

Uma vez que as principais causas de resíduos e ineficiência foram identificadas, são propostas soluções em potencial, testadas e a melhor solução é aplicada para enfrentar as razões proeminentes. A relação de causa e efeito confirmada (da fase de análise) é usada nesta fase

para encontrar um amplo espectro de soluções em potencial. Nesta etapa, alta criatividade é desejada dos colaboradores da organização. As soluções em potencial (alternativas) são levantadas, os critérios são desenvolvidos e as soluções são avaliadas para procurar a melhor solução. Todas as fontes de informações, como *stakeholders*, clientes, patrocinadores de projetos e funcionários, são usadas para determinar os critérios de avaliação (HUSSAIN *et al.*, 2019).

Os critérios críticos para a qualidade, relacionados aos negócios, regulamentares e outros são considerados neste momento. Para avaliar as soluções contra ferramentas de critérios como matriz de solução, são utilizadas, por exemplo, matriz Pugh, design de experimentos (DOE), etc. O DOE é usado nesta etapa para descobrir as configurações ideais para combinações de fatores. Depois de selecionar a melhor solução possível, o VSM existente é revisado para refletir como será o processo após as alterações. A estimativa de economia de tempo, qualidade aprimorada e outras medidas de qualidade associadas também são feitas com o VSM aprimorado. A melhor solução deve agora ser lançada como uma solução piloto. As tarefas a serem executadas devem ser documentadas e os participantes piloto são treinados em vários aspectos da melhor solução. Então, a solução piloto pode ser implementada na seção selecionada do setor em questão (CHERRAFI *et al.*, 2017).

4.1.5 Passo 5 - Sustentar a melhor solução

Esta etapa lida com sustentar ou controlar a melhor solução se a melhoria substancial for registrada pelo sistema ou processo existente em consideração. Todo o processo é reavaliado usando VSM e ACV para descobrir o nível de redução de resíduos e emissões. Nesta etapa, várias observações, coleta de dados e gráficos de controle são usadas para reavaliar o nível Sigma do processo, gasto de água, eletricidade, consumo de material etc. Se os parâmetros de desempenho reavaliados forem melhores do que na etapa de medição, a solução selecionada é sustentada. Caso contrário, um plano de ação é iniciado para selecionar uma solução apropriada. Uma vez que uma solução potencial para o projeto piloto seja sustentada por um longo período, o mesmo é iniciado em outras seções da indústria. A implementação abrangente do L6R na indústria leva a uma melhoria da sustentabilidade e ao aumento da reputação da organização através da entrega de produtos ecológicos (SMITH; PATON; MACBRYDE, 2018).

5 CONCLUSÃO

O L6R é reconhecido como uma abordagem inclusiva que reduz os impactos ambientais negativos e fornece produtos de alta especificação. As organizações devem entender os elementos críticos e os métodos de implementação do L6R para atender à demanda de clientes que cada vez mais observam valor em produtos sustentáveis.

A integração do L6R foi apresentada com base em elementos teóricos: facilitadores, barreiras e conjunto de ferramentas. Os facilitadores estimulam a integração do L6R, e as barreiras funcionam como um obstáculo na integração do L6R. As ferramentas associadas e métodos de implementação complementam a integração do L6R. O suporte e o trabalho em equipe da alta gerência foram encontrados como os facilitadores mais significativos para a preparação da organização para implementar o L6R.

Além disso, para executar o L6R em organizações industriais, uma estrutura única baseada em DMAIC foi apresentada neste trabalho. A estrutura proposta fornece um caminho sistemático para a implementação do L6R, desde a identificação do projeto até a avaliação da melhoria do sistema em consideração. A estrutura passo a passo complementou as ferramentas L6R que facilitam os gerentes industriais a executar essa abordagem sustentável, independentemente do tamanho, tipo e cultura da indústria.

Foram também apresentados dois casos de empresas de setores produtivos diferentes, uma que produz parafusos e porcas e outra que fabrica móveis de madeira, e as melhorias alcançadas após a implementação do L6R. Com isso, pôde-se constatar que, independente do ramo de atuação, organizações podem observar melhorias significativas em seus processos produtivos após a implementação do L6R.

A principal limitação do presente trabalho de pesquisa é que a estrutura do L6R não foi testada pragmaticamente. Essa limitação forneceria uma motivação para pesquisas futuras para implementar o L6R em diferentes setores industriais. Pesquisas futuras também podem se concentrar no papel do L6R para melhorar a sustentabilidade através da indústria 4.0 e modelagem e investigação de barreiras L6R.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, M. *et al.* Barriers to green innovation initiatives among manufacturers: the Malaysian case. **Review of Managerial Science**, v. 10, n. 4, 2016.
- ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. Analyzing the benefits of *Lean* manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 1, 2007.
- ABOELMAGED, M. G. Reconstructing Six Sigma barriers in manufacturing and service organizations: The effects of organizational parameters. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 28, n. 5, 2011.
- ABU BAKAR, F. A.; SUBARI, K.; MOHD DARIL, M. A. Critical success factors of *Lean Six Sigma* deployment: a current review. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 6, n. 4, 2015.
- AGRAHARI, R. S.; DANGLE, P. A.; CHANDRATRE, K. V. Implementation Of 5S Methodology In The Small Scale Industry: A Case Study. **International Journal of Scientific & Technology Research**, v. 4, n. 04, 2015.
- AL ZAABI, S.; AL DHAHERI, N.; DIABAT, A. Analysis of interaction between the barriers for the implementation of sustainable supply chain management. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 68, n. 1–4, 2013.
- ALBLIWI, S. *et al.* Critical failure factors of *Lean Six Sigma*: A systematic literature review. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 31, n. 9, 2014.
- ALEXANDER, P.; ANTONY, J.; RODGERS, B. *Lean Six Sigma for small- and medium-sized manufacturing enterprises: a systematic review* **International Journal of Quality and Reliability Management**, 2019.
- ANTONY, J.; SETIJONO, D.; DAHLGAARD, J. J. *Lean Six Sigma and Innovation – an exploratory study among UK organisations.* **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 27, n. 1–2, 2016.
- BANAWI, A.; BILEC, M. M. A *framework* to improve construction processes: Integrating *Lean*, green and six sigma. **International Journal of Construction Management**, v. 14, n. 1, 2014.
- BEN RUBEN, R.; VINODH, S.; ASOKAN, P. Implementation of *Lean Six Sigma framework* with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study. **Production Planning and Control**, v. 28, n. 15, 2017.
- BEN-DAYA, M.; KUMAR, U.; MURTHY, D. N. P. Maintenance Optimization for Repairable Items. In: **Introduction to Maintenance Engineering**. [s.l.: s.n.].
- BEVILACQUA, M. *et al.* A Changeover Time Reduction through an integration of *Lean* practices: A case study from pharmaceutical sector. **Assembly Automation**, v. 35, n. 1, 2015.

BHATTACHARYA, A.; NAND, A.; CASTKA, P. *Lean-green integration and its impact on sustainability performance: A critical review* **Journal of Cleaner Production**, 2019.

BORTOLOTTI, T.; BOSCARI, S.; DANESE, P. Successful *Lean* implementation: Organizational culture and soft *Lean* practices. **International Journal of Production Economics**, v. 160, 2015.

CARVALHO, H.; DUARTE, S.; MACHADO, V. C. *Lean*, agile, resilient and green: Divergencies and synergies. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 2, n. 2, 2011.

CHERRAFI, A. *et al.* A *framework* for the integration of Green and *Lean Six Sigma* for superior sustainability performance. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 15, 2017.

CLUZEL, F. *et al.* **Managing the complexity of environmental assessments of complex industrial systems with a *Lean 6 Sigma* approach**. Proceedings of the 1st International Conference on Complex Systems Design and Management, CSDM 2010. **Anais...2010**.

CORONADO, R. B.; ANTONY, F. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. **TQM Magazine**, v. 14, n. 2, 2002.

FILLA, J. The Single Minute Exchange of Die Methodology in a High-Mix Processing Line. **Journal of Competitiveness**, v. 8, n. 2, p. 59–69, 30 jun. 2016.

GUPTA, S. K. *et al.* Systematic literature review of project failures: Current trends and scope for future research. **Computers and Industrial Engineering**, v. 127, 2019.

HABIDIN, N. F.; YUSOF, S. M. Relationship between *Lean six sigma*, environmental management systems, and organizational performance in the Malaysian automotive industry. **International Journal of Automotive Technology**, v. 13, n. 7, 2012.

HARTINI, S. *et al.* Integration *Lean* manufacturing and 6R to reduce wood waste in furniture company toward circular economy. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 1072, n. 1, 2021.

HELLENO, A. L. *et al.* Integrating sustainability indicators and *Lean Manufacturing* to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 153, 2017.

HENRIQUES, J.; CATARINO, J. Motivating towards energy efficiency in small and medium enterprises. **Journal of Cleaner Production**, v. 139, 2016.

HUSSAIN, K. *et al.* Green, *Lean*, Six Sigma barriers at a glance: A case from the construction sector of Pakistan. **Building and Environment**, v. 161, 2019.

JAWAHIR, I. S. *et al.* **Total life-cycle considerations in product design for sustainability: A framework for comprehensive evaluation**. Proceedings of TMT 2006. **Anais...2006**.

K. WYRWICKA, M.; MRUGALSKA, B. **Barriers to Eliminating Waste in Production System**. Proceedings of the 2015 (6th) International Conference on Engineering, Project, and Production Management. **Anais...Association of Engineering, Project, and Production**

Management, 2 set. 2015. Disponível em:

<<http://www.ppml.url.tw/EPPM/conferences/2015/download/0035.htm>>

KANTA, N. K.; TRIPATHY, J. K.; CHOUDHARY, B. K. **Implementing the office total productive maintenance (“office TPM”) program: A library case study** *Library Review*, 2005.

KASWAN, M. S.; RATHI, R. Analysis and modeling the enablers of Green *Lean* Six Sigma implementation using Interpretive Structural Modeling. **Journal of *CLeaner* Production**, v. 231, 2019.

KIRK, R. G. W. Recovering The Principles of Humane Experimental Technique: The 3Rs and the Human Essence of Animal Research. **Science Technology and Human Values**, v. 43, n. 4, 2018.

KUMAR, S. *et al.* Barriers in green *Lean* six sigma product development process: An ISM approach. **Production Planning and Control**, v. 27, n. 7–8, 2016.

LIKER, J.; ROTHER, M. Why *Lean* Programs Fail. **Lean Enterprise Institute**, 2011.

MAQBOOL, Y. *et al.* An Implementation Framework to Attain 6R-Based Sustainable *Lean* Implementation - A Case Study. **IEEE Access**, v. 7, 2019.

MARVEL, J. H.; STANDRIDGE, C. R. A simulation-enhanced *Lean* design process. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 2, n. 1, 2009.

MATHIYAZHAGAN, K. *et al.* An ISM approach for the barrier analysis in implementing green supply chain management. **Journal of *CLeaner* Production**, v. 47, 2013.

MOLLENKOPF, D. *et al.* Green, *Lean*, and global supply chains. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 40, n. 1–2, 2010.

NÄSLUND, D. *Lean* and six sigma – critical success factors revisited. **International Journal of Quality and Service Sciences**, v. 5, n. 1, 2013.

OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. **Bookman**, 1997.

PAGELL, M.; SHEVCHENKO, A. Why research in sustainable supply chain management should have no future. **Journal of Supply Chain Management**, v. 50, n. 1, 2014.

PAKDIL, F.; LEONARD, K. M. The effect of organizational culture on implementing and sustaining *Lean* processes. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 5, 2015.

PANDEY, H.; GARG, D.; LUTHRA, S. Identification and ranking of enablers of green *Lean* Six Sigma implementation using AHP. **International Journal of Productivity and Quality Management**, v. 23, n. 2, 2018.

PAVNASKAR, S. J.; GERSHENSON, J. K.; JAMBEKAR, A. B. Classification scheme for *Lean* manufacturing tools. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. 13, 2003.

RAFIQUE, M. Z. *et al.* **A systematic review of *Lean* implementation approaches: a proposed technology combined *Lean* implementation framework** *Total Quality Management and Business Excellence*, 2019.

SETH, D.; SETH, N.; DHARIWAL, P. Application of value stream mapping (VSM) for *Lean* and cycle time reduction in complex production environments: a case study. **Production Planning and Control**, v. 28, n. 5, 2017.

SETIJONO, D.; LAUREANI, A.; ANTONY, J. Critical success factors for the effective implementation of *Lean* Sigma: Results from an empirical study and agenda for future research. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 4, 2012.

SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of *Lean* production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, 2007.

SIEGEL, R. *et al.* **Integrated green *Lean* approach and sustainability for SMEs: From literature review to a conceptual framework** *Journal of Cleaner Production*, 2019.

SMITH, M.; PATON, S.; MACBRYDE, J. *Lean* implementation in a service factory: views from the front-line. **Production Planning and Control**, v. 29, n. 4, 2018.

SREEDHARAN V, R.; SANDHYA, G.; RAJU, R. Development of a Green *Lean* Six Sigma model for public sectors. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 9, n. 2, 2018.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. **British Journal of Management**, v. 14, n. 3, p. 207–222, 1 set. 2003.

TYAGI, S. *et al.* *Lean* tools and methods to support efficient knowledge creation. **International Journal of Information Management**, v. 35, n. 2, 2015.

WERKEMA, M. C. C. *Lean* Seis Sigma - introdução às ferramentas do *Lean* Manufacturing. **Revista Gestão Industrial**, 2006.

XIONG, G. *et al.* A kind of *Lean* approach for removing wastes from non-manufacturing process with various facilities. **IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica**, v. 6, n. 1, 2019.