

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**UM *FRAMEWORK* INTEGRATIVO PARA A AVALIAÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN* E
*GREEN***

LUANA MARQUES SOUZA FARIAS

JOÃO PESSOA

2018

LUANA MARQUES SOUZA FARIAS

**UM *FRAMEWORK* INTEGRATIVO PARA A AVALIAÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN* E
*GREEN***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Costa Santos

Coorientadora: Prof.^a Dra. Cláudia Fabiana Gohr

JOÃO PESSOA

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F224f Farias, Luana Marques Souza.

Um framework integrativo para a avaliação de práticas lean e green / Luana Marques Souza Farias. - João Pessoa, 2018.

145 f. : il.

Orientação: Luciano Costa Santos.

Coorientação: Cláudia Fabiana Gohr.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Engenharia de Produção. 2. Lean Manufacturing. 3. Green Manufacturing. 4. Analytic Network Process (ANP). 5. Avaliação de desempenho. I. Santos, Luciano Costa. II. Gohr, Cláudia Fabiana. III. Título.

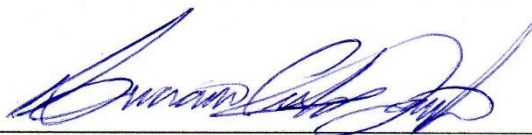
UFPB/BC

UM *FRAMEWORK* INTEGRATIVO PARA A AVALIAÇÃO DE PRÁTICAS *LEAN E GREEN*

LUANA MARQUES SOUZA FARIAS

Esta Dissertação foi julgada e aprovada em sua forma final para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

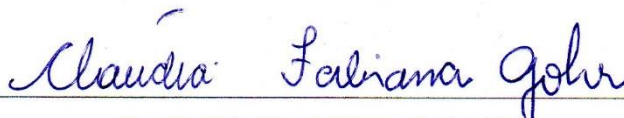
João Pessoa, 24 de janeiro de 2018.



Prof. Luciano Costa Santos, Dr.

(Orientador)

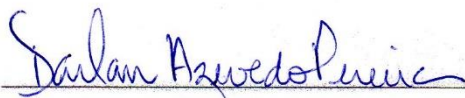
Universidade Federal da Paraíba



Prof.ª Cláudia Fabiana Gohr, Dr.ª

(Co-Orientadora)

Universidade Federal da Paraíba



Prof. Darlan Azevedo Pereira, Dr.

(Examinador interno)

Universidade Federal da Paraíba

Prof. Guilherme Luz Tortorella, Dr.

(Examinador externo)

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à Deus, pois sem Ele esse sonho não seria realizado.

À minha família, minha mãe Estela, meu pai Laerte e meu irmão Luandson por todo o apoio durante essa jornada.

A Lenilson, por ter estado sempre ao meu lado, me ajudando desde o momento que decidi me inscrever para o mestrado. Eu não teria conseguido sem o seu companheirismo e sua força nos momentos mais difíceis.

Aos novos amigos feitos e às velhas amizades fortalecidas durante essa caminhada, agradeço pelas risadas, conversas e momentos compartilhados, que com certeza levarei por toda a minha vida.

Aos meus orientadores Luciano Costa Santos e Cláudia Fabiana Gohr, pela paciência, dedicação, apoio, e por todos os conhecimentos que me passaram. Terei sempre vocês como exemplos para minha trajetória profissional.

A toda a equipe do GESP, pelos compartilhamentos de experiências.

À professora Sandra Morioka, pelos ensinamentos e conselhos dados.

Aos professores Guilherme Luz Tortorella e Darlan Azevedo Pereira pela contribuição para melhoria de meu trabalho.

A Ana e Aline, secretárias do PPGE, por estarem sempre dispostas a ajudar a todos.

RESUMO

A implantação simultânea de práticas *lean* e *green* requer métodos adequados para avaliar a contribuição e o efeito de ambos os paradigmas sobre o desempenho das organizações. Desse modo, o objetivo deste estudo é desenvolver um *framework* integrativo para avaliar o impacto de práticas *lean* e *green* sobre o desempenho organizacional e priorizar melhorias no sistema. Com esta finalidade, esta pesquisa utilizou um estudo de caso como fonte de coleta dos dados, por meio de realização de entrevistas e aplicação de questionário com os gestores de uma empresa que aplica práticas *lean* e práticas *green*. O *analytic network process* (ANP) foi utilizado como técnica principal para obter os pesos relativos dos elementos do *framework*. Após a aplicação do ANP, foi possível identificar que entre as práticas aplicadas na empresa, as que possuem maior impacto no desempenho são as práticas do sistema de gerenciamento ambiental (SGA), a prática 3R (redução, reutilização e reciclagem), a prática 5S e a prática *kaizen*. Desse modo, estas práticas devem ser priorizadas pela empresa para atingir um melhor desempenho organizacional, uma vez que são as que mais contribuem para o desempenho da empresa tanto no âmbito operacional, quanto no ambiental. A avaliação dos sistemas *lean* e *green* de forma integrada foi realizada por meio do *lean-green index*, permitindo identificar o impacto de cada paradigma sobre o desempenho da organização. Os resultados do *index* mostraram que o paradigma *green* possui maior impacto sobre o desempenho da organização, com um peso de 14,3%, e que os sistemas *lean* e *green* de forma integrada possuem um impacto de 23% sobre o desempenho organizacional. Por meio de análise de sensibilidade, verificou-se que o *framework* proposto possibilita a avaliação dos sistemas *lean* e *green* de forma contínua, uma vez que é possível a alteração dos pesos atribuídos durante as comparações, facilitadas pelo *software SuperDecisions*. Conclui-se, portanto, que o *framework* proposto neste estudo permite a avaliação de práticas *lean* e *green* em organizações de manufatura, podendo se adequar à realidade de cada empresa. A pesquisa contribui com um *framework* teórico válido, que apresenta um potencial de generalização a partir de uma mesma estrutura de avaliação.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing. Green Manufacturing. Analytic Network Process. Avaliação.*

ABSTRACT

The simultaneous implementation of lean and green practices requires adequate methods to evaluate the contribution and the effect of both paradigms on organizational performance. Thus, the objective of this study is to develop an integrative framework to evaluate the impact of lean and green practices on organizational performance prioritizing improvements in the system. Thus, this research used a case study as a source of data collection, through interviews and questionnaire application with the managers of a company that applies lean and green practices. The analytic network process (ANP) was used as the main technique to obtain the relative weights of the framework elements. After applying the ANP, it was possible to identify that the practices that have the greatest impact on performance are the practices of the environmental management system (EMS), 3R (reduction, reuse, and recycling), 5S and the kaizen. Therefore, these practices must be prioritized by the company to achieve a better organizational performance, since they are the ones with a major contribution to the company's operational and environmental performance. The evaluation of lean and green systems in an integrated way was conducted through the lean-green index, allowing to identify the impact of each paradigm on the organizational performance. The results of the index showed that the green paradigm has a greater impact on the performance, with a weight of 14.3%, and that the integrated lean and green systems have a 23% impact on organizational performance. Through a sensitivity analysis, it was verified that the proposed framework allows the evaluation of lean and green systems continuously since it is possible to change the weights assigned during the comparisons, facilitated by the software SuperDecisions. It is concluded, therefore, that the framework proposed in this study allows the evaluation of lean and green practices in manufacturing organizations, being able to adapt to the reality of each company. The research contributes to a valid theoretical framework, which presents a generalization potential from the same evaluation structure.

Keywords: Lean Manufacturing. Green Manufacturing. Analytic Network Process. Assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura do trabalho	20
Figura 2 – Etapas da revisão sistemática da literatura	21
Figura 3 – Procedimento de seleção de artigos	24
Figura 4 – Evolução das estratégias de manufatura	32
Figura 5 – Gráfico de evolução das publicações	38
Figura 6 – Gráfico da análise dos títulos	40
Figura 7 – Gráfico das palavras-chave das publicações	41
Figura 8 – Gráfico das referências das publicações	42
Figura 9 – Gráfico de classificação dos artigos quanto ao método	42
Figura 10 – Classificação dos artigos do portfólio	43
Figura 11 – Tópicos abordados pelas pesquisas sobre <i>lean e green</i>	60
Figura 12 – <i>Framework</i> integrado teórico <i>lean-green</i>	73
Figura 13 – Estrutura hierárquica genérica.....	74
Figura 14 – Representação da estrutura de rede ANP	75
Figura 15 – Fluxograma para a aplicação do ANP.....	77
Figura 16 – <i>Framework</i> de avaliação para aplicação do ANP	78
Figura 17 – Processo produtivo das sandálias	85
Figura 18 – Prioridades finais das práticas	109
Figura 19 – Gráfico de sensibilidade para o consumo de energia	114
Figura 20 – Gráfico de sensibilidade para os estoques.....	115
Figura 21 – Gráfico de sensibilidade para os impactos ambientais.....	115
Figura 22 – Gráfico de sensibilidade para o lucro.....	116
Figura 23 – Gráfico de sensibilidade para a produtividade	116
Figura 24 – Gráfico de sensibilidade para a qualidade.....	117
Figura 25 – Gráfico de sensibilidade para a redução de custos.....	117
Figura 26 – Gráfico de sensibilidade para a redução de desperdícios.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceitos de <i>lean manufacturing</i>	26
Quadro 2 – Principais práticas da filosofia <i>lean</i>	29
Quadro 3 – Conceitos de <i>green manufacturing</i>	31
Quadro 4 – Práticas do pensamento <i>green</i>	34
Quadro 5 – <i>Portfólio</i> resultante da revisão sistemática	35
Quadro 6 - Periódicos das publicações.....	38
Quadro 7 – Gráfico do fator de impacto das publicações.....	39
Quadro 8 – Síntese dos elementos dos artigos do portfólio	63
Quadro 9 – Critérios por corrente de pesquisa	69
Quadro 10 – Relação <i>critérios versus</i> práticas	71
Quadro 11 – Escala fundamental de Saaty	79
Quadro 12 – Matriz de alcance global.....	88
Quadro 13 – Matriz de alcance local	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de comparação por pares da importância relativa das dimensões (inconsistência: 0,00000).....	90
Tabela 2 – Matriz de comparação por pares da importância relativa dos determinantes com relação ao desempenho operacional (inconsistência: 0,09430).....	91
Tabela 3 – Matriz de comparação por pares da importância relativa dos determinantes com relação ao desempenho ambiental (inconsistência: 0,04407).....	91
Tabela 4 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre o consumo de energia (inconsistência: 0,18313)	92
Tabela 5 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre os estoques (inconsistência: 0,09888).....	93
Tabela 6 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre os impactos ambientais (inconsistência: 0,12315)	93
Tabela 7 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre o lucro (inconsistência: 0,05787).....	93
Tabela 8 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre a qualidade (inconsistência: 0,02795).....	94
Tabela 9 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre a redução de custos (inconsistência: 0,04915).....	94
Tabela 10 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre a produtividade (inconsistência: 0,07555).....	95
Tabela 11 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>lean</i> sobre a redução de desperdícios (inconsistência: 0,02295)	95
Tabela 12 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>green</i> sobre o consumo de energia (inconsistência: 0,00675)	97
Tabela 13 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>green</i> sobre o lucro (inconsistência: 0,00000).....	98
Tabela 14 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>green</i> sobre a produtividade (inconsistência: 0,00000).....	98
Tabela 15 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>green</i> sobre a redução de desperdícios (inconsistência: 0,00000)	98

Tabela 16 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas <i>green</i> sobre os impactos ambientais (inconsistência: 0,00000)	98
Tabela 17 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática 3R e as práticas <i>lean</i> (inconsistência: 0,00942).....	100
Tabela 18 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática EEC e as práticas <i>lean</i> (inconsistência: 0,05381).....	101
Tabela 19 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática SGA e as práticas <i>lean</i> (inconsistência: 0,09703).....	101
Tabela 20 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática 5S e as práticas <i>green</i> (inconsistência: 0,05156).....	102
Tabela 21 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática FC e as práticas <i>green</i> (inconsistência: 0,05156).....	102
Tabela 22 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática <i>Kaizen</i> e as práticas <i>green</i> (inconsistência: 0,08247).....	103
Tabela 23 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática MPT e as práticas <i>green</i> (inconsistência: 0,13040).....	103
Tabela 24 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática PP e as práticas <i>green</i> (inconsistência: 0,00000).....	103
Tabela 25 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática TP e as práticas <i>green</i> (inconsistência: 0,00000).....	104
Tabela 26 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática SMED e as práticas <i>green</i> (inconsistência: 0,13040).....	104
Tabela 27 – Supermatriz sem peso	106
Tabela 28 – Supermatriz ponderada	107
Tabela 29 – Matriz limite	108
Tabela 30 – Matriz de comparação entre os paradigmas e os capacitadores.....	110
Tabela 31 – Índices para o desempenho ambiental	110
Tabela 32 – Índices para o desempenho operacional	111
Tabela 33 – Nível de impacto <i>lean-green</i> sobre o desempenho organizacional (LG _{index})	113

LISTA DE SIGLAS

3R – Redução, reutilização e reciclagem

7R – Redução, reutilização, reciclagem, remoção, renovação, receita e *read* (ler)

5S – Senso de utilização, senso de ordenação, senso de limpeza, senso de saúde e autodisciplina

ACV – Análise do ciclo de vida

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

ANP – *Analytic Network Process*

CVE – *Carbon-Value Efficiency*

DMAIC – Definir, medir, analisar, melhorar e controlar

DFE – *Design* para o meio ambiente

EEC – Controle de emissões ambientais

FC – Fabricação celular

JIT – *Just in time*

KZ – *Kaizen*

MFV – Mapeamento de fluxo de valor

MPT – Manutenção produtiva total

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PME – Pequena e Média empresa

PP – Produção puxada

SMED – Redução do tempo de *setup*

SGA – Sistema de gerenciamento ambiental

STP – Sistema Toyota de Produção

TP – Trabalho padronizado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO	14
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	16
1.2.1 OBJETIVO GERAL	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2 PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DA LITERATURA.....	21
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	25
3.1 ABORDAGEM <i>LEAN MANUFACTURING</i>	25
3.1.1 ORIGENS E DEFINIÇÃO DO <i>LEAN</i>	25
3.1.2 PRINCÍPIOS E PRINCIPAIS PRÁTICAS <i>LEAN</i>	28
3.2 ABORDAGEM <i>GREEN MANUFACTURING</i>	30
3.2.1 ORIGENS E DEFINIÇÃO DO <i>GREEN</i>	30
3.2.2 PRINCÍPIOS E PRINCIPAIS PRÁTICAS <i>GREEN</i>	33
3.3 RELAÇÃO <i>LEAN-GREEN</i>	34
3.3.1 ANÁLISE QUANTITATIVA: UM PANORAMA GERAL DA PESQUISA SOBRE <i>LEAN E GREEN</i>	38
3.3.2 ANÁLISE DO CONTEÚDO DAS PESQUISAS SOBRE <i>LEAN E GREEN</i>	43
3.3.3 SÍNTESE DAS PESQUISAS SOBRE <i>LEAN E GREEN</i>	59
3.4 ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO <i>LEAN E GREEN</i>	61
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	74
4.1 ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)	74
4.2 DESCRIÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i> DE AVALIAÇÃO	76
4.3 PROCEDIMENTOS PARA O ESTUDO DE CASO	81
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	84

5.1 HISTÓRICO DA EMPRESA EM RELAÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO <i>LEAN</i> E <i>GREEN</i>	84
5.2 APLICAÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i>	87
5.2.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	87
5.2.2 JULGAMENTOS	90
5.2.3 ESTRUTURAÇÃO DA SUPERMATRIZ E OBTENÇÃO DOS RESULTADOS	104
5.2.4 CÁLCULO DO ÍNDICE <i>LEAN-GREEN</i> (LG_{INDEX})	110
5.2.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	114
5.3 APLICABILIDADE DO MODELO PROPOSTO.....	118
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	120
6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS.....	120
6.2 CONTRIBUIÇÕES	121
6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	122
REFERÊNCIAS.....	124
APÊNDICE I - ROTEIRO DE ENTREVISTA	129
APÊNDICE II - QUESTIONÁRIO	131

1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO

Este capítulo aborda a delimitação do tema, a formulação do problema da pesquisa, os objetivos do estudo, a justificativa e, por fim, a estrutura do trabalho.

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

O termo *lean* ficou conhecido por meio da obra de Womack, Jones e Roos (1990), intitulada como “A máquina que mudou o mundo”, publicada em 1990. Empresas de diferentes setores econômicos têm adotado o sistema *lean* e, em muitos casos, isso tem lhes permitido elevar seus níveis de eficiência na produção de bens de consumo, consequentemente, influenciando em sua competitividade (WOMACK; JONES; ROOS, 1990; DUARTE; CRUZ-MACHADO, 2013; MARTINEZ-JURADO; MOYANO-FUENTES, 2014).

No entanto, diversos são os casos de insucesso da implementação do *lean*, relatados na literatura (GLASER-SEGURA; PEINADO; GRAEML, 2011; SANTOS *et al.*, 2017). O processo de implementação do *lean* envolve uma melhoria contínua, e para que o *lean* esteja sempre se aperfeiçoando, faz-se necessário avaliar o desempenho de suas práticas aplicadas (NARAYANAMURTHY; GURUMURTHY, 2016; SANTOS *et al.*, 2017).

Conforme Pampanelli, Found e Bernardes (2013), um sistema *lean* implementado com sucesso permite potencializar a utilização dos recursos produtivos e reduzir o desperdício. No entanto, no que se refere à sustentabilidade ambiental, os benefícios do *lean* abordam uma área restrita e não cobrem todos os fluxos de recursos (BALL, 2015). Além disso, a crescente preocupação da sociedade com o meio ambiente e a preservação dos recursos naturais, somada às cobranças governamentais quanto ao cumprimento de normas ambientais, têm feito com que as empresas repensem a forma de gerenciamento de seus processos, objetivando se manterem em uma posição sólida no mercado (LOMBO-CARRILLO, 2012; WONG; WONG, 2014).

Nesse contexto, é importante que uma organização além de enxuta, seja também verde, tomando decisões que melhorem a utilização não só dos recursos materiais, mas

também dos recursos naturais envolvidos nos processos, evitando, portanto, os desperdícios e minimizando os impactos negativos das atividades produtivas. Para auxiliar nessas decisões a estratégia *Green Manufacturing*, emerge como um paradigma de gestão que utiliza práticas que permitem tornar os processos mais eficientes ambientalmente e reduzir o impacto ambiental de seus produtos (GARZA-REYES, 2015b; SILVA, 2016).

Aproveitando os benefícios das duas abordagens (*lean* e *green*), tem se verificado o crescimento da adoção de práticas *lean* em conjunto com as práticas *green*, sendo estas consideradas estratégias que melhoram as operações e a competitividade das organizações (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016). Chiarini (2014) considera que a implementação do *lean* pode influenciar na redução de desperdícios ambientais como, por exemplo, nas emissões de poluentes para o ar, água e solo, além de melhorar a eficiência de consumo de água e energia.

No entanto, o que se verifica é que o estudo da relação entre *lean* e *green* é um tema recente (GARZA-REYES, 2015a; CALDERA; DESHA; DAWES, 2018) e, por isso, está sujeito a inconsistências. Por outro lado, a recenticidade do tema revela um grande potencial para pesquisa.

Ao adotar os dois programas de melhoria em conjunto, emerge a questão da integração como um tópico relevante de pesquisa. Segundo Hallam e Contreras (2016), a evidência da implementação bem-sucedida da gestão *lean* em conjunto com a gestão *green* tem sido em grande parte fraca. Wong e Wong (2014) mostraram que a falta de interação do *green* com práticas operacionais dificulta a capacidade das empresas de criar uma combinação única de recursos e capacidades que leva a uma vantagem competitiva.

A implantação simultânea de práticas *lean* e *green* requer métodos adequados para avaliar a contribuição e o efeito de ambos os paradigmas sobre o desempenho das organizações (GARZA-REYES, 2015a). A avaliação conjunta das duas abordagens se faz necessária, uma vez que os profissionais do meio ambiente historicamente não estão envolvidos nos programas *lean* de suas organizações (QURESHI *et al.*, 2015).

Como foi mencionando anteriormente, o sucesso na implementação do *lean* depende de um processo contínuo de avaliação de seu progresso. O mesmo se pode dizer para a abordagem *green*, que também pode ser implementada via programas de melhoria. Quando *lean* e *green* são vistos de forma integrada, é necessário que o processo de avaliação possa medir o desempenho das duas abordagens de forma integrada. Por outro lado, é importante

identificar os impactos que cada prática do sistema *lean-green* exerce nos determinantes do desempenho organizacional, possibilitando estabelecer prioridades de melhoria nas práticas de acordo com os resultados que a organização deseja obter. Além disso, identificou-se que dentre os estudos sobre *lean* e *green*, os efeitos das práticas de ambos os paradigmas sobre o desempenho foram menos considerados (LEÓN; CALVO-AMODIO, 2017).

Portanto, torna-se importante desenvolver um método que permita às empresas avaliarem o desempenho de suas práticas *lean* e do *green*, considerando a implementação conjunta e os benefícios provenientes da integração entre as duas abordagens. Esse método permitiria priorizar as práticas *lean* e *green* de acordo com seu impacto sobre o desempenho organizacional. Tomando como base o exposto, essa pesquisa procurou responder ao seguinte questionamento:

Como avaliar práticas *lean* e *green* de forma integrada em uma organização considerando seus impactos no desempenho organizacional?

Como este trabalho pressupõe a integração entre o *lean* e o *green*, as técnicas de análise para responder à pergunta de pesquisa devem ser capazes de captar as relações de influência entre os elementos de um sistema. Com esta finalidade, foi utilizada a técnica *Analytic Network Process* (ANP), um método de avaliação multicritério que permite o processo de comparação para qualquer relação de influência entre os elementos de um sistema a ser analisado (SAATY; VARGAS, 2012).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um *framework* integrativo para avaliar o impacto de práticas *lean* e *green* sobre o desempenho organizacional e priorizar melhorias no sistema.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as práticas principais que apoiam a implementação do *lean* e do *green* por meio de uma revisão sistemática da literatura;
- Estruturar as relações *lean* e *green* por meio do *Analytic Network Process* (ANP);
- Validar o *framework* por meio de sua aplicação em uma empresa que demonstra evidências de aplicação de práticas *lean* e *green*;
- Propor um índice de avaliação *lean-green* de forma integrada.

1.3 JUSTIFICATIVA

A mudança para processos e produtos de manufatura sustentáveis influenciou organizações empresariais para melhorar seu desempenho e eficiência ambiental. O "pensamento *lean*" evoluiu para o "pensamento *lean* e *green*" como uma intervenção direcionada para que as organizações implementem modelos de negócios sustentáveis que reduzam o desperdício e melhorem a eficiência do material e, posteriormente, minimizem os custos (CALDERA; DESHA; DAWES, 2018).

Kurdve *et al.* (2015) recomendam a integração do sistema produtivo *lean* e dos sistemas formais de gestão ambiental. Isso pode ser justificado pelo fato de que a adoção de práticas *lean* sozinhas não garantem a melhoria do desempenho ambiental (SANT'ANNA; CAMPOS, 2015). Além disso, de acordo com Galeazzo, Furlan e Vinelli (2014), implementar as práticas *lean* e *green* de forma simultânea é mais eficiente do que se implementadas de forma sequencial, assim, os benefícios sinérgicos gerados pela implementação podem depender de como a complementaridade entre as duas abordagens é alcançada.

Verifica-se na literatura que a implementação dos paradigmas *lean* e *green* de modo conjunto têm aumentado significativamente (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016). Estudos como o de Hallam e Contreras (2016) apresentam resultados otimistas referentes à integração das duas abordagens. Tal relação positiva é comprovada devido ao fato de ambos os paradigmas defenderem a redução de desperdícios, como afirmado por Dües, Tan e Lim (2013), e ambos buscarem a melhoria contínua.

No entanto, a relação entre o *lean* e o *green* é um tema complexo e ainda não conclusivo (JABBOUR *et al.*, 2012; GARZA-REYES, 2015a; CALDERA; DESHA; DAWES, 2018). Embora a implementação de suas práticas possa levar a um apoio mútuo, as abordagens são distintas e, portanto, têm um impacto diferente sobre o desempenho da empresa (KLEINDORFER; SINGHAL; WASSENHOVE, 2005).

Nesse sentido, a medição contínua do desempenho de seus programas é crucial para melhorar as operações e os processos de uma organização. A implantação simultânea de práticas *lean* e *green* requer métricas adequadas para medir a contribuição e o efeito de ambos os paradigmas, e suas dependências, sobre o desempenho das organizações (GARZA-REYES, 2015a). A avaliação de forma integrada das duas abordagens se faz necessária, uma vez que se recusar a prestar atenção aos desperdícios ambientais, os programas *lean* podem inadvertidamente criar mais deles (QURESHI *et al.*, 2015). Além disso, quando as empresas se propõem a desenvolver, implementar e comunicar sua estratégia *green*, enfrentam problemas derivados do pouco consenso existente sobre o que significa para uma empresa ser vista como *green*. Portanto, o compromisso de ser *green* deve ser uma parte formal da estratégia da empresa (DUARTE; CRUZ-MACHADO, 2013).

Apesar do conceito *lean* estar bem definido, não há um consenso em relação à forma de avaliação *lean*, dessa forma, diferentes modelos de avaliação de desempenho *lean* são desenvolvidos (NARAYANAMURTHY; GURUMURTHY, 2016). Já a avaliação da abordagem *green* de forma isolada é comumente realizada por meio da ISO 14001, a qual possui o objetivo de reduzir a pegada ambiental de uma empresa e diminuir a poluição e o desperdício. Dessa forma, uma vez que as abordagens *lean* e *green* diferem nos padrões para os quais suas práticas são avaliadas (MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010), faz-se necessário um método que integre a avaliação *lean* associada à abordagem *green*.

Em se tratando de avaliação de desempenho *lean* e *green* de forma conjunta, Garza-Reyes (2015a), realizou uma revisão sistemática da literatura a partir da qual identificou que os trabalhos nessa linha de pesquisa possuem foco em: apoio à tomada de decisões na seleção dos indicadores de desempenho mais adequados; adaptação de ferramentas como o mapeamento do fluxo de valor e o *balanced scorecard*; aplicação de teorias como a da utilidade de atributo múltiplo para avaliar o desempenho ambiental; realização de *benchmarking* de práticas *lean* e *green*; e integração de princípios e ferramentas *lean* e *green*.

No entanto, Garza-Reyes (2015a) verifica que na maioria dos casos, os métodos e modelos para avaliação *lean-green* foram projetados para cadeias de suprimentos, enquanto

que apenas o método desenvolvido por Verrier *et al.* (2014) foi testado nos setores de manufatura e logística. Os resultados da revisão da literatura desenvolvida pelo autor sugerem, portanto, que há uma escassez de pesquisa *lean* e *green* focada no desenvolvimento de métodos de avaliação ou modelos para processos e indústrias específicos.

Constatou-se também que os trabalhos na temática *lean-green*, em sua maior parte, buscaram evidenciar ganhos ambientais em termos de minimização na geração de desperdícios com a adoção do *lean* pelas empresas (HALLAM; CONTRERAS, 2016). Contudo, para que se promova sustentabilidade ambiental nas empresas, a abordagem *green* também deve ser priorizada e considerada em primeiro plano, não sendo tratada como meio para se alcançar objetivos secundários (OLIVEIRA, 2016), mas fazendo parte de uma estratégia integrada com os outros programas de melhoria.

Além disso, à luz dos resultados de pesquisas brasileiras, pode-se dizer que há uma carência de trabalhos que investigam a temática “*lean e green*” em empresas nacionais. Dessa forma, há oportunidade de pesquisa associada à análise da integração das duas abordagens (JABBOUR *et al.*, 2012).

Desse modo, este estudo propõe um *framework* para modelar a avaliação do desempenho de práticas *lean* e *green* em uma organização de manufatura, via ANP (*Analytic Network Process*). Essa técnica foi sugerida pelos autores Thanki, Govindan e Thakkar (2016) como forma de avaliação das inter-relações existentes entre as práticas *lean* e *green*, as quais não foram abordadas em seu estudo. Os autores utilizaram a técnica *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Neste caso, o método ANP é mais recomendado, uma vez que o AHP, por ser formulado por meio de hierarquia, não considera as relações de interdependência e *feedback* entre os elementos (MEDEIROS JR.; PEREZ; LEX, 2014; SANTOS; SALOMON; MARINS, 2015). O *feedback*, nesse caso, é importante para a avaliação *lean* e *green*, uma vez que permite a realização de julgamentos em quaisquer direções dentro da rede (MEDEIROS JR.; PEREZ; LEX, 2014).

Além disso, de acordo com Silva, Oliveira e Belderrain (2010), o ANP tem se mostrado útil para resolver problemas de decisão que envolvem muitos atributos, devido a sua estrutura ser em rede, permitindo estabelecer dependência entre os elementos, além de permitir o uso de critérios qualitativos e quantitativos.

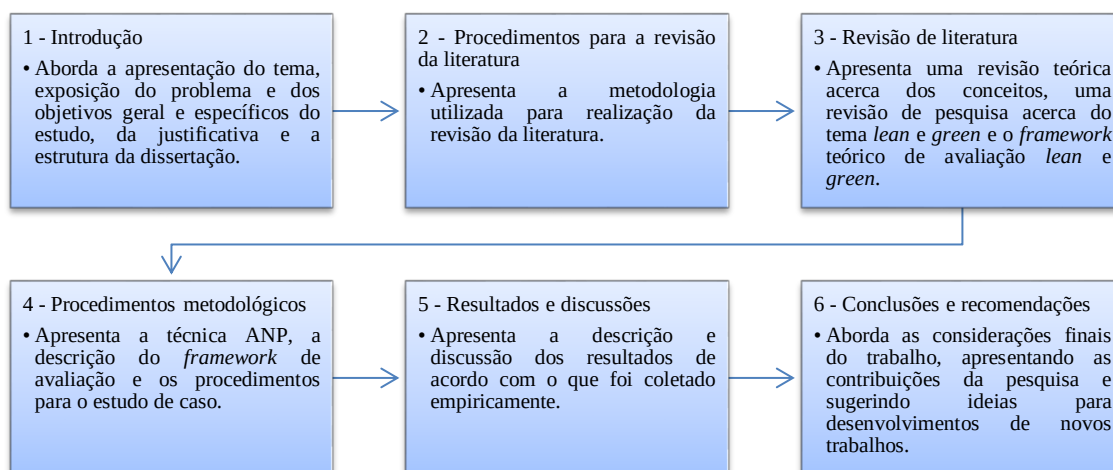
Embora o *framework* deste estudo ser testado em uma empresa específica, o modelo proposto tem uma estrutura genérica, possibilitando assim que empresas que implementam práticas *lean* e *green* em seus processos, não somente avaliem o desempenho de suas práticas,

mas também identifiquem os pontos fortes e fracos de seu sistema de produção, com relação a determinados critérios de desempenho operacional e ambiental.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos de acordo com a seguinte sequência:

Figura 1 – Estrutura do trabalho



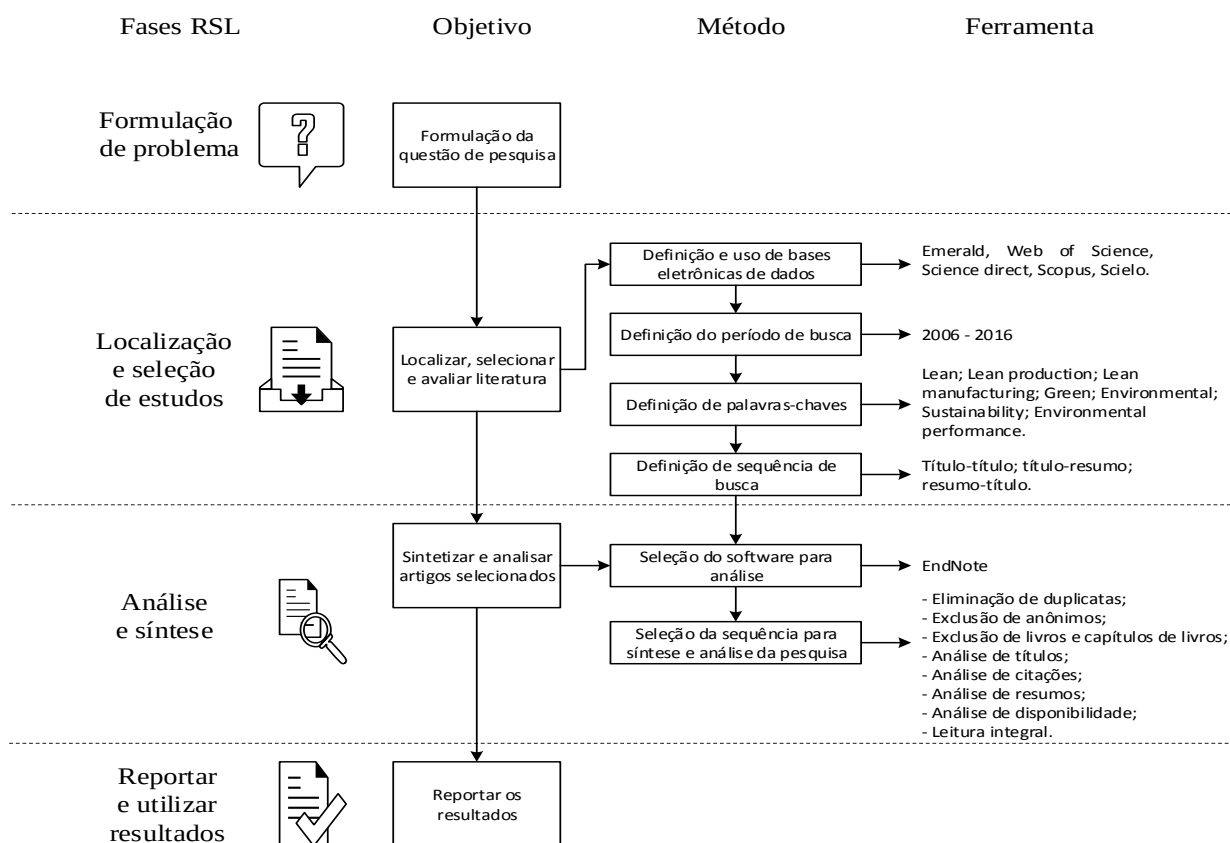
Fonte: Elaborado pela autora (2017).

2 PROCEDIMENTOS PARA A REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos para o desenvolvimento da revisão da literatura, para a qual, utilizou-se o método de revisão sistemática da literatura (RSL), pois permite a cobertura de uma ampla gama de artigos, muito maior do que se poderia pesquisar diretamente, e uma análise mais estruturada sobre o tema de pesquisa (GIL, 2002). Seu resultado é um portfólio que contém os artigos mais relevantes ao tema pesquisado, o qual, juntamente com a literatura clássica, serviu como fundamentação teórica para a pesquisa.

Para o desenvolvimento da revisão sistemática, adotou-se como base o modelo de Garza-Reyes (2015a), o qual determina fases para a RSL, e para cada fase deve ser descrito seu objetivo, o método e a ferramenta utilizada. O modelo foi adaptado para a presente pesquisa, resultando como fases da revisão as seguintes (Figura 02): (1) formulação do problema, (2) localização e seleção de estudos, (3) análise e síntese, e (4) reportar e utilizar resultados.

Figura 2 – Etapas da revisão sistemática da literatura



Fonte: Adaptado de Garza-Reyes (2015a).

A pesquisa sistemática adotada nesta dissertação tem como início a formulação da questão de pesquisa, a qual vai permitir um foco nas buscas pela literatura. Foram definidas duas questões de pesquisa, inicialmente “como a literatura tem abordado a relação entre *lean* e *green*? ”, para se obter uma visão geral da literatura acerca da relação *lean-green*, e em seguida surgiu a questão de pesquisa “quais os elementos que permitem avaliar o desempenho *lean* e *green*? ”, como forma de identificar os elementos necessários para compor o *framework* de avaliação.

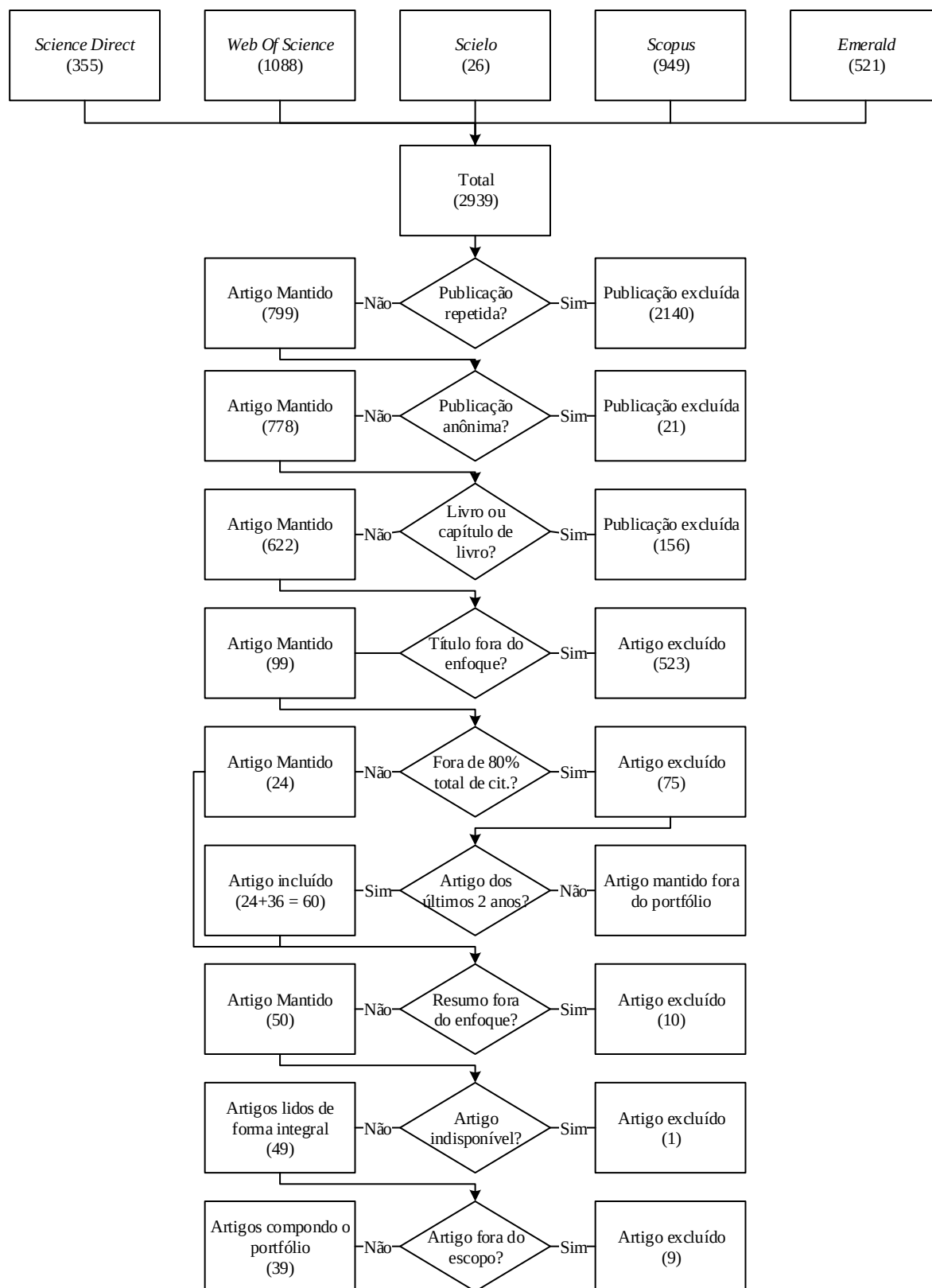
Para a localização e seleção dos estudos, primeiramente foram definidas as bases de dados *Emerald*, *Web of Science*, *Science Direct*, *Scopus* e *Scielo* para busca de artigos. O período de busca selecionado foi de 2006 a 2016, uma vez que uma pesquisa anterior, realizada de forma aleatória em artigos de revisão da literatura sobre a temática *lean-green*, indicou que o estudo de *lean* e *green* ainda é recente, como demonstrou Garza-Reyes (2015a) em seu estudo. Para cada base de dados foram utilizadas as seguintes palavras-chave nas buscas: *lean*, *lean production* e *lean manufacturing*; cada uma delas combinadas com *green*, *environmental*, *sustainability* e *environmental performance*. As buscas foram feitas na seguinte sequência: título-título, título-resumo e resumo-título.

Realizando a busca de artigos no banco de dados da *Science Direct* obteve-se um total de 355 publicações, no *Web of Science* obteve-se 1088 publicações, na *Scielo* encontrou-se 26 artigos, na *Scopus*, a quantidade encontrada foi de 949 artigos e na base *Emerald* obteve-se um resultado de 521 publicações. Após realizar as buscas nas bases de dados, ao total de 2939 publicações, utilizou-se o *software EndNote* para sintetizar e analisar os artigos seguindo a seguinte sequência: eliminação de artigos duplicados, exclusão de anônimos, exclusão de livros e capítulos de livros, análise de títulos, análise de citações, análise de resumos e por fim, análise de disponibilidade. Para a análise de citações, foi feito o somatório da quantidade de citações de todos os artigos resultantes da análise de títulos, desse somatório, foi utilizado como critério de inclusão os artigos que compunham 80% do total de citações, do maior para o menor. O que resultou em uma quantidade de 24 artigos. Em seguida, analisou-se dentro dos artigos excluídos, se existiam trabalhos recentes (últimos dois anos), e estes foram reincluídos no conjunto de artigos.

Ao final da pesquisa foram selecionados um total de 39 artigos, os quais foram utilizados para compor o portfólio para a revisão da literatura apresentada no capítulo 3. Os 39 artigos foram analisados inicialmente quanto ao panorama geral da pesquisa sobre *lean* e *green*, utilizando o *software BibExcel*, e na sequência, foi feita a análise quanto ao conteúdo

das pesquisas, por meio de uma categorização das mesmas, e por fim, fez-se a identificação dos elementos de avaliação necessários para o cumprimento do objetivo deste trabalho. A quantidade de artigos eliminados em cada filtro da fase de análise e síntese, podem ser observadas na representação esquemática conforme Figura 3.

Figura 3 – Procedimento de seleção de artigos



Fonte: Elaborado pela autora.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo aborda a revisão teórica acerca de conceitos relacionados à temática e uma revisão de pesquisa sobre *lean* e *green*. Dessa forma, inicialmente é explanado sobre o *lean*, quanto a sua definição, origem e práticas; em seguida é feita uma abordagem acerca do pensamento *green*, também com relação à sua definição, origens e práticas. Por fim, é apresentada uma revisão de pesquisa acerca do tema *lean-green* com finalidade inicialmente exploratória, e em seguida utilizada para identificar os elementos necessários para compor o modelo de avaliação.

3.1 ABORDAGEM *LEAN MANUFACTURING*

Nesta seção serão apresentadas as origens e definição da produção *lean*, bem como suas principais práticas.

3.1.1 Origens e definição do *lean*

Após a Segunda Guerra Mundial, em um momento de reestruturação do Japão, a Toyota não pôde competir com o sistema de produção em massa usado nos EUA, especialmente quando se considerava qualidade e custo, fazendo com que os japoneses buscassem a implantação de um novo método para a produção de automóveis no Japão para competir com o mercado global (CHIARINI, 2014; GARZA-REYES, 2015b). Por esta razão, em vez de se concentrar na produção em massa, a Toyota criou um novo sistema de gestão centrado na redução de resíduos em todos os seus aspectos, o qual foi denominado “Sistema Toyota de Produção” (TPS) (CHIARINI, 2014; GARZA-REYES, 2015b).

O TPS foi inicialmente desenvolvido no Japão por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, e em um estudo feito no Massachusetts Institute of Technology (MIT) por Womack, Jones e Roos, publicado em um livro chamado “A máquina que mudou o mundo” em 1990. Neste livro, a história da indústria automobilística foi estudada, ilustrando a diferença de

desempenho significativa entre as indústrias automotivas japonesas e ocidentais (TORIELLI, 2011; GARZA-REYES, 2015b). A partir desse estudo, as técnicas de melhoria de qualidade e produtividade aplicadas pela Toyota passaram a ser denominadas como "*lean manufacturing*" ou "*lean production*" (produção enxuta), pois fornecem uma maneira de fazer cada vez mais com menos, menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço; aproximando-se cada vez mais de fornecer aos clientes exatamente o que eles querem (WOMACK; JONES, 2003; TORIELLI, 2011).

O termo *lean manufacturing* possui diversos conceitos, dos quais alguns foram listados em ordem cronológica, como pode-se observar no Quadro 1.

Quadro 1 – Conceitos de *lean manufacturing*

Definição	Autor
Novo sistema de organização industrial, inspirado no Sistema Toyota de Produção (STP), que tem como meta a eliminação de qualquer perda do sistema de produção, possibilitando produtos e serviços de alta qualidade, ao menor custo possível e atendendo da melhor forma às necessidades dos clientes.	Womack, Jones e Roos (1992)
Sistema de medidas e métodos que, em uma abordagem holística, têm o potencial de reduzir os fatores de produção.	Womack e Jones (2003)
Sistema sócio-técnico integrado, cujo principal objetivo é eliminar os desperdícios por meio da redução ou da minimização simultânea da variabilidade de processos internos, de fornecedores e de clientes.	Shah e Ward (2007, p. 791)
Prática que ajuda as empresas a identificar e eliminar desperdícios, por meio de ferramentas, buscando uma melhoria contínua	Bergmiller e McCrigh (2009)
Sistema integrado de fabricação destinado a maximizar a capacidade, reutilização e minimização dos inventários de tampão através da minimização da variabilidade do sistema.	Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011)
Conjunto de práticas com foco na redução de desperdícios sem valor agregado das atividades de fabricação de uma empresa.	Yang <i>et al.</i> (2011)
Filosofia corporativa e cultura que elimina o desperdício e trabalha para otimizar a empresa como um sistema usando várias ferramentas e técnicas.	Torielli <i>et al.</i> (2011)
Uma série de ações organizacionais projetadas para alcançar mais com menos através de melhoria contínua, empoderamento do empregado e conjuntos consistentes de decisões.	Hong, Roh e Rawski (2012)
Um modelo de "como administrar" uma organização de manufatura eficiente e eficaz.	Pampanelli (2013)
O <i>lean</i> pode ser caracterizado como uma filosofia com o objetivo de eliminar o desperdício, por meio de um conjunto de práticas de melhorias.	Duarte e Cruz-Machado (2013)

Fonte: Elaborado pela autora.

O *lean* concentra-se na redução de "*muda*", que pode ser interpretada de diferentes formas como "resíduo", "desperdício", "perda" ou "atividades sem valor agregado" (KURDVE *et al.*, 2015). Neste trabalho, o termo utilizado será "desperdício". Segundo

Womack e Jones (2003), desperdício é definido como qualquer atividade que não agrega valor ao produto. A pesquisa na indústria automotiva, aplicada pela Toyota, destacou sete tipos significativos de desperdícios a serem eliminados nos processos de produção: superprodução, estoque, transporte, movimentos desnecessários, defeitos, espera e processamento. Além disso, Womack e Jones (2003) introduziram um 8º desperdício, o talento humano subutilizado, uma vez que a importância dos empregados e o bom comportamento humano em cada estágio hierárquico foi definido no TPS original como o centro do sucesso nas estratégias de fabricação. Estes desperdícios levam a desorganizações em potencial, bem como perda de lucros e motivação (DUARTE; CRUZ-MACHADO, 2013; SAGNAK; KAZANCOGLU, 2016). O objetivo de eliminar esses desperdícios é aumentar a eficiência, reduzir custos, melhorar o tempo de resposta do cliente e contribuir para melhorar a qualidade, maior rentabilidade e uma imagem pública melhorada (BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009).

A implementação do *lean* está associada a um maior desempenho operacional, havendo uma redução de custos, redução do tempo de entrega do cliente, contribuindo para melhorar a qualidade e a produtividade, bem como melhorar a imagem pública da organização (BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009; HAJMOHAMMAD *et al.*, 2013). A metodologia *lean* já provou ser importante para as empresas de manufatura como um potencializador da competitividade desde sua disseminação em todo o mundo através do Sistema Toyota de Produção (STP) (VERRIER; ROSE; CAILLAUD, 2016). A adoção do *lean* permitiu às empresas se concentrarem na entrega e produtos de qualidade em tempo para o cliente com baixo desperdício (BALL, 2015).

Dessa forma, o foco do *lean* é oferecer valor ao cliente, concentrando-se no fluxo de produtos e informações, simplificando a qualidade e a produtividade, tirando custos e desperdícios de todas as operações, desde a aquisição de matérias-primas até o embarque de produtos acabados. Assim, pode ser gerado um sistema eficiente e bem organizado, que aplique a melhoria contínua e a eliminação de todas as formas de resíduos (DUARTE; CRUZ-MACHADO, 2013; BALL, 2015).

Para Dakov e Novkov (2007), o *lean* é um ideal a ser perseguido, e não simplesmente um sistema a ser implementado, com destino final certo, mas sim uma busca com ênfase na melhoria contínua. Por isso, a interpretação que o *lean* é uma filosofia que deve fazer parte da cultura da organização é incentivada, pois as práticas integrantes dessa filosofia buscam a melhoria contínua como um padrão ininterrupto.

De fato, o *lean* engloba um conjunto de práticas operacionais interligadas, complementares e mutuamente reforçadas, muitas vezes referidas como pacotes que visam à redução ou a eliminação de atividades sem valor agregado ao longo de todo o fluxo de valor de um produto. No entanto, essas práticas devem ser vistas como uma filosofia corporativa e uma cultura integrante da organização, em que se busca a eliminação de desperdícios através da otimização das operações (TORIELLI *et al.*, 2011; HAJMOHAMMAD *et al.*, 2013). Essas práticas, responsáveis pela operacionalização do *lean*, estão descritas na próxima seção.

3.1.2 Princípios e principais práticas *lean*

Segundo Womack e Jones (2003), existem cinco princípios a serem utilizados por uma organização no objetivo de implementar o *lean*, tendo como premissa inicial reconhecer que apenas uma pequena fração do tempo total e esforço dispensado para produzir um produto ou prestar um serviço realmente agregam valor para o cliente. Conforme Womack e Jones (2003), Pampanelli (2013) e Oliveira (2016), em termos gerais, esses cinco princípios essenciais são os seguintes:

1. Especificar o valor: definir o valor com precisão sob a ótica do consumidor final;
2. Identificar o fluxo de valor: identificar as etapas necessárias para produzir um produto;
3. Estabelecer o fluxo contínuo: estabelecer um fluxo contínuo, sem paradas ou esperas;
4. Determinar um fluxo puxado: produzir somente o que o cliente quer e apenas quando solicitado pelo cliente;
5. Buscar a perfeição: eliminando continuamente os desperdícios.

A adoção de tais princípios facilita na eliminação de desperdícios e fornecem um melhor valor para o cliente por meio de um fluxo mais rápido e flexível do produto usando lotes menores, garantindo, portanto, processos simplificados (VINODH; ARVIND; SOMANAATHAN, 2011; CAILLAUD, 2016). Dessa forma, os princípios *lean* proporcionam um desempenho superior fornecendo produtos ao cliente final rapidamente, com a quantidade mínima de desperdício ou ineficiência e otimizando o valor para as partes interessadas (PAMPANELLI, 2013). De acordo com Olesen *et al.* (2015), os princípios *lean*

atuam como agentes facilitadores para as empresas, dado que busca à eficiência na velocidade do fluxo da produção almejando atingir a excelência operacional e a sustentabilidade.

Os princípios são alcançados por meio das práticas *lean*, um conjunto de técnicas que pretendem eliminar os desperdícios ao longo da cadeia de valor (SAGNAK; KAZANCOGLU, 2015). Diferentes tipologias de práticas da produção *lean* são abordadas na literatura. Neste trabalho serão apresentadas as práticas *lean* usualmente citadas, conforme podem ser observadas no Quadro 2, com seus respectivos objetivos.

Quadro 2 – Principais práticas da filosofia *lean*

Práticas	Objetivo
Mapeamento de fluxo de valor (MFV)	Identificar os desperdícios no processo produtivo.
Redução do tempo de <i>setup</i> (SMED)	Reduzir o tempo de transição de um lote de produto para o outro, permitindo um fluxo mais suave.
Manutenção Produtiva Total (MPT)	Reduzir falhas e aumentar a disponibilidade de máquinas e equipamentos.
Produção puxada (PP)	Na produção puxada, uma operação fluxo abaixo, seja interna ou externa, fornece informações à operação fluxo acima, geralmente por cartões <i>kanban</i> , a respeito de quais partes e materiais são necessários, na quantidade necessária, quando e onde são necessários.
5S	Aperfeiçoamento do comportamento das pessoas, envolvendo uma mudança de hábitos e atitudes, visando à melhora da qualidade de vida dos indivíduos. Baseia-se em 5 passos fundamentais: <i>Seiri</i> (senso de utilização), <i>Seiton</i> (senso de ordenação), <i>Seiso</i> (senso de limpeza), <i>Seiketsu</i> (senso de saúde) e <i>Shitsuke</i> (autodisciplina).
<i>Kaizen</i>	Envolver todos os funcionários em melhoria contínua, em todos os níveis organizacionais.
Fabricação celular (FC)	Criar um fluxo de lotes pequenos, ou em alguns casos fabricar peça a peça, por meio de um agrupamento de famílias de produtos similares, com operações diferentes e sequenciais.
Trabalho padronizado (TP)	Manter a estabilidade nos processos, garantindo que as atividades sejam realizadas sempre em sequência, num determinado tempo e com a menor quantidade de desperdícios.

Fonte: Duarte e Cruz-Machado (2013), Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011), Kurdve *et al.* (2015), Lombo-Carrillo (2012), Chiarini (2014), Ball (2015), Garza-Reyes (2015b), Prasad, Khanduja e Sharma (2016) e Oliveira (2016).

A literatura de gestão *lean* demonstra que as práticas *lean* têm efeitos positivos no desempenho operacional (GALEAZZO; FURLAN; VINELLI, 2014). No entanto, no que se refere ao desempenho ambiental, eles abordam uma área estreita e não cobrem todos os fluxos de recursos de uma perspectiva de ciclo de vida (BALL, 2015). Apesar da lista de desperdícios a serem eliminados ter sido alargada (por exemplo, para incluir o talento

humano), a mesma é amplamente interpretada como desperdícios relacionados com os materiais primários e não inclui o desperdício de outros recursos, tais como energia e água (BALL, 2015). Dessa forma, na subseção a seguir será abordada uma revisão acerca dos conceitos relacionados ao *green manufacturing*.

3.2 ABORDAGEM *GREEN MANUFACTURING*

Nesta seção serão apresentados as origens e definição da manufatura *green*, bem como seus princípios e práticas.

3.2.1 Origens e definição do *green*

A partir da década de 1950 a preocupação com os efeitos ou impactos ambientais gerados pelo homem no meio ambiente passou a ter maior ênfase. Essa preocupação tem sido voltada principalmente com relação aos impactos gerados por atividades industriais, em função de sua relevância para qualidade de vida das populações, exigindo das empresas um novo posicionamento em sua interação com o meio ambiente, quanto à redução da poluição, mais eficiência no uso de recursos energéticos e naturais, melhor gerenciamento de processos e lançamento de produtos mais amigáveis ambientalmente (SILVA *et al.*, 2016). Além disso, desde o início da década de 1990, a legislação ambiental e os acordos internacionais sobre meio ambiente têm se expandido grandemente, levando a mudanças globais na política ambiental (TORIELLI *et al.*, 2011).

Em resposta a essas mudanças de política, regulamentos, e a consequente maior consciência da sociedade, as organizações foram levadas a assumir um papel proativo no desenvolvimento de processos e serviços de manufatura mais limpos, bem como na concepção de produtos recicláveis, fazendo com que as empresas passassem a desenvolver estratégias e práticas para se tornarem mais ambientalmente sustentáveis (TORIELLI *et al.*, 2011). Nesse contexto, surgiu o paradigma *green* como uma filosofia e abordagem operacional para melhorar a eficiência ambiental das organizações e reduzir o impacto ecológico de seus produtos (GARZA-REYES, 2015b).

O conceito *green* faz parte do conceito de um dos pilares da sustentabilidade, a sustentabilidade ambiental. Sustentabilidade é definido pelo relatório da Comissão Brundtland de 1987 citado por Verrier *et al.* (2014) como "um desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer as suas próprias necessidades". Tal conceito não pode mais ser ignorado e é uma das principais áreas de enfoque do atual desenvolvimento econômico (VERRIER *et al.*, 2014).

De acordo com Silva (2016) o adjetivo “*green*” é utilizado normalmente para se referir à questão da preservação da qualidade do meio ambiente, e quando relacionado ao termo “*manufacturing*”, gera-se a ideia de reduzir impactos ambientais na manufatura. Dessa forma, o *green manufacturing* é o processo de fabricação de produtos que minimizam os impactos ambientais negativos, conservam a energia e os recursos naturais. Allwood (2005, p. 5) define a manufatura *green* como um método para "desenvolver tecnologias para transformar materiais sem emissão de gases de efeito estufa, uso de materiais não renováveis ou tóxicos ou geração de resíduos" (tradução nossa). Assim, o paradigma *green* ajuda uma organização a tomar decisões para ter um impacto positivo sobre o meio ambiente, proporcionando à empresa o *status* de organização socialmente responsável (DUARTE; CRUZ-MACHADO, 2013; VERRIER *et al.*, 2014; VINODH; RAMESH; ARUN, 2016).

Silva (2016) reúne uma lista em ordem cronológica com diversos conceitos de *green manufacturing*, como pode-se observar no Quadro 3.

Quadro 3 – Conceitos de *green manufacturing*

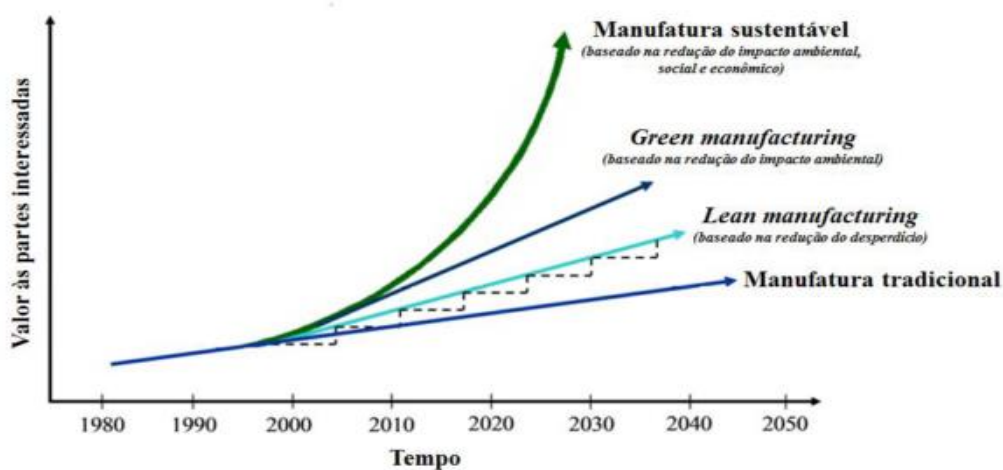
Definição	Autor
Evolução das práticas de <i>lean manufacturing</i> voltada para a redução da geração de resíduos na manufatura para a preservação do meio ambiente.	Florida (1996)
Método para a manufatura de produtos com menor impacto ambiental contando a partir da concepção até o fim de vida dos produtos.	Gungor e Gupta (1999)
Forma de produção integrada que busca a melhoria do desempenho econômico na indústria e ao mesmo, tempo a redução e eliminação de resíduos gerados na manufatura, uso e fim de vida dos produtos.	Curkovic (2003)
Comportamento ambiental proativo da indústria para com o tratamento dos problemas ambientais durante a manufatura dos produtos.	Gutowski <i>et al.</i> (2005)
Consiste em avaliar o dilema de manter o progresso econômico sem comprometer o meio ambiente durante as atividades de manufatura.	Biles (2007)
Abordagem sustentável durante as atividades de projeto e de engenharia no desenvolvimento de produtos e/ou de sistemas de manufatura com menores impactos ambientais.	Deif (2011)
Habilidade do uso consciente dos recursos naturais durante a manufatura preservando o meio ambiente e garantindo a qualidade de vida das pessoas.	Garetti e Taisch (2012)

Definição	Autor
A manufatura ambientalmente amigável é um modo de manufatura que permite a gestão e o controle da poluição nos processos de produção.	Kim <i>et al.</i> (2013)
Série de mecanismos ou práticas criadas para um melhor uso dos recursos naturais para redução do impacto ambiental.	Pampanelli (2013)
Método para a manufatura de produtos que minimiza a geração de resíduos e que reduz os impactos ambientais.	Rao (2013)
Termo usado para descrever práticas de manufatura que não comprometam o meio ambiente.	Rehman, Shrivastava e Shrivastava (2013)
Realizar a manufatura de produtos de tal modo que permita a redução e o controle do consumo de recursos e da poluição ambiental no ciclo de vida dos produtos.	National Institute of Standards and Technology – NIST (2014)

Fonte: Silva (2016, p. 84).

Inicialmente o *green manufacturing* foi mais relacionado à consideração da preservação do ambiente natural durante o processo produtivo. Recentemente, é mais inclinado para uma produção sustentável, a qual é definida como um processo de produção sem comprometer o ambiente natural, a sociedade e a eco-eficiência ao longo do ciclo de vida do produto (QURESHI *et al.*, 2015). Como nota-se a partir da Figura 4, o conceito de *green manufacturing* evoluiu do *lean manufacturing*, na década de 1990, e serve de base para a manufatura sustentável (SILVA, 2016).

Figura 4 – Evolução das estratégias de manufatura



Fonte: Jawahir *et al.* (2006, *apud* Silva, 2016).

Assim, da mesma forma que o *lean*, a abordagem *green* também é operacionalizada por meio de práticas (VERRIER *et al.*, 2014), as quais, estão descritas na seção a seguir.

3.2.2 Princípios e principais práticas *green*

As práticas *green* podem ser definidas como um conjunto de programas para melhorar o desempenho ambiental de processos e produtos nas formas de sistema de gestão ambiental, a análise do ciclo de vida, projeto para o meio ambiente e certificação ambiental (TORIELLI *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2016). Também podem ser definidas como um conjunto de práticas que limitam ou reduzem os possíveis impactos negativos da produção e consumo de produtos e serviços no ambiente natural, melhorando assim a pegada ambiental de uma empresa (GALEAZZO; FURLAN; VINELLI, 2014).

Como ocorre com as práticas *lean*, as práticas *green*, conforme Pampanelli (2013) também podem ser generalizadas por princípios fundamentais comuns. As práticas *green* são responsáveis, portanto, pela operacionalização dos princípios *green*, os quais são:

- Identificar aspectos e impactos ambientais;
- Medir o impacto ambiental e o uso dos recursos naturais;
- Identificar alternativas para (1) a redução do impacto e (2) a produtividade dos recursos;
- Melhoria contínua.

As práticas *green* podem resultar em notáveis reduções na geração de desperdícios, que, para o conceito *green*, estão relacionados ao desperdício de consumo de água, energia ou qualquer recurso natural, cujo resultado pode ser considerado como impacto ambiental (VERRIER *et al.*, 2014; GARZA-REYES, 2015b).

Zokaei *et al.* (2013) propõem uma categorização de oito desperdícios *green* inspirados na metodologia *lean*, os quais podem ser identificados como:

- Uso excessivo de água;
- Uso excessivo de energia;
- Desperdício físico (sólido ou líquido);
- Emissões de poluentes no ar;
- Contaminação da terra;
- Descartes para água e efluentes;
- Perda de potencial humano.

Pampanelli (2013) e Thanki, Govindan e Thakkar (2016) fornecem cinco principais práticas para alcançar a sustentabilidade ambiental, como pode-se observar no Quadro 4.

Quadro 4 – Práticas do pensamento *green*

Práticas	Objetivo
<i>Design</i> para o Meio Ambiente (DFE)	Projetar objetos físicos e serviços em conformidade com os princípios da sustentabilidade econômica, social e ecológica em todas as etapas do desenvolvimento do produto ou do serviço com o objetivo final de reduzir o impacto ambiental em todo o ciclo de vida do produto ou serviço.
Análise do ciclo de vida (ACV)	Simular a complexa interação entre um produto e o ambiente de berço a berço, mostrando quais atividades, processos e materiais estão criando particularmente grandes impactos ambientais, de maneira que estes possam ser direcionados para melhorias. O processo tem duas etapas principais: a etapa de estoque, onde o ciclo de vida do produto ou serviço é descrito e o uso de matéria-prima e as emissões em cada etapa são registrados, e a fase de avaliação de impacto, onde os dados são acessados para entender qual impacto e de que tipo está associado às emissões e a utilização de material.
Controle de emissões ambientais (EEC)	Gerenciar as emissões atmosféricas, prevenindo a geração de poluição através de seu monitoramento constante.
Sistemas de Gerenciamento Ambiental (SGA)	Estruturar adequadamente o gerenciamento de um significativo impacto ambiental de uma organização. As empresas são obrigadas a avaliar seus principais impactos ambientais e, em seguida, planejar sua redução. Elementos do SGA incluem o envolvimento da força de trabalho e melhoria contínua e também medição, registro e inspeção dos impactos e os esforços para reduzi-los.
Reduzir, reutilizar e reciclar (3R)	Redução do uso de matérias-primas e do desperdício, reutilização direta dos produtos, e reciclagem de materiais.

Fonte: Pampanelli (2013) e Thanki *et al.* (2016).

Uma questão-chave dentro do contexto do pensamento *green* é o uso excessivo dos recursos naturais (relacionando-se com os desperdícios apresentados), que leva ao dano ambiental e ao esgotamento desses recursos, portanto, a redução do seu consumo é um objetivo fundamental para a maioria das empresas (FERCOQ; LAMOURI; CARBONE, 2016).

3.3 RELAÇÃO LEAN-GREEN

Recentemente a literatura científica propôs estudos ligando a filosofia do *lean* com a melhoria da sustentabilidade ambiental, os quais sugerem que o *lean* é mais do que um conjunto de práticas para melhorar a eficiência da produção; é um *modus operandi* e uma

mentalidade que devem ser integrados em sistemas de produção, de forma sistemática, a fim de alcançar a sustentabilidade empresarial (IOPOLLO *et al.*, 2014).

Nesta seção pretende-se apresentar a relação entre o pensamento *lean* e o pensamento *green* por meio de pesquisas que abordam os dois conceitos. Pode-se observar com essa pesquisa, que embora o tema ainda não tenha sido amplamente abordado, está mobilizando um interesse forte e visível por parte de um grande número de pesquisadores.

O que se verifica é uma forte relação entre o “*lean*”, pois este é reconhecido como um sistema de eficiência e comumente utilizado para eliminar elementos não-valorizados na produção, e o “*green*”, sendo este último considerado uma nova maneira de pensar responsavelmente, portanto está ganhando terreno como uma solução para alcançar a sustentabilidade empresarial (VERRIER *et al.*, 2014).

Nessa seção, pretende-se apresentar os resultados de uma revisão sistemática da literatura (cujo processo de desenvolvimento foi descrito no capítulo dois). A revisão sistemática desenvolvida abrangeu o período de 2006 a 2016, resultando em 39 artigos, conforme pode ser observado no Quadro 5.

Primeiramente será apresentada uma análise quantitativa dos artigos a fim de gerar um panorama geral das pesquisas sobre *lean* e *green*. Essa análise foi desenvolvida com o auxílio do *software* BibExcel e do Excel. Em seguida, será exposta uma análise qualitativa dos trabalhos por meio da leitura dos artigos.

Quadro 5 – *Portfólio* resultante da revisão sistemática

Nº	Autor	Ano	Título	Método
1	Miller, Pawloski e Standridge	2010	A case study of <i>lean</i> , sustainable manufacturing	Estudo de caso, Modelagem e Simulação
2	Clemens e Bakstran	2010	A framework of theoretical lenses and strategic purposes to describe relationships among firm environmental strategy, financial performance, and environmental performance	Revisão da literatura
3	Yang, Hong e Modi	2011	Impact of <i>lean</i> manufacturing and environmental management on business performance: an empirical study of manufacturing firms	Estudo de caso
4	Vinodh, Arvind e Somanaathan	2011	Tools and techniques for enabling sustainability through <i>lean</i> initiatives	Revisão da literatura
5	Torielli <i>et al.</i>	2011	Using <i>lean</i> methodologies for economically and environmentally sustainable foundries	Revisão da literatura

Nº	Autor	Ano	Título	Método
6	Hong, Roh e Rawski	2012	Benchmarking sustainability practices: evidence from manufacturing firms	Survey
7	Duarte e Cruz-Machado	2013	Modelling <i>lean</i> and <i>green</i> : a review from business models	Revisão da literatura
8	Dües, Tan e Lim	2013	<i>Green</i> as the new <i>lean</i> : how to use <i>lean</i> practices as a catalyst to <i>greening</i> your supply chain	Revisão da literatura
9	Hajmohammad <i>et al.</i>	2013	<i>Lean</i> management and supply management: their role in <i>green</i> practices and performance	Survey
10	Diaz-Elsayed <i>et al.</i>	2013	Assessment of <i>lean</i> and <i>green</i> strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments	Simulação e Estudo de caso
11	Pampanelli, Found e Bernardes	2013	A <i>lean</i> & <i>green</i> Model for a production cell	Pesquisa-ação
12	Galeazzo, Furlan e Vinelli	2014	<i>lean</i> and <i>green</i> in action: interdependencies and performance of pollution prevention projects	Estudo de caso
13	Martínez-Jurado e Moyano-Fuentes	2014	<i>Lean</i> management, supply chain management and sustainability: a literature review	Revisão da literatura
14	Chiarini	2014	Sustainable manufacturing- <i>greening</i> processes using specific <i>lean</i> production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers	Estudo de caso
15	Faulkner e Badurdeen	2014	Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance	Estudo de caso
16	Verrier <i>et al.</i>	2014	Combining organizational performance with sustainable development issues: the <i>Lean</i> and <i>Green</i> project benchmarking repository	Survey
17	Dhingra, Kress e Upreti	2014	Does <i>lean</i> mean <i>green</i> ?	Revisão da literatura
18	Ioppolo <i>et al.</i>	2014	Industrial ecology and environmental <i>lean</i> management: lights and shadows	Revisão da literatura
19	Wu	2014	Monitoring carbon emissions in precast concrete installation through <i>lean</i> production – a case study in Singapore	Estudo de caso
20	Kurdve <i>et al.</i>	2015	Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach	Estudo de caso
21	Piercy e Rich	2015	The relationship between <i>lean</i> operations and sustainable operations	Estudo de caso
22	Ng, Low e Song	2015	Integrating and implementing <i>lean</i> and <i>green</i> practices based on proposition of carbon-value efficiency metric	Estudo de caso
23	Garza-Reyes	2015	<i>Lean</i> and <i>green</i> -a systematic review of the state of the art literature	Revisão da literatura

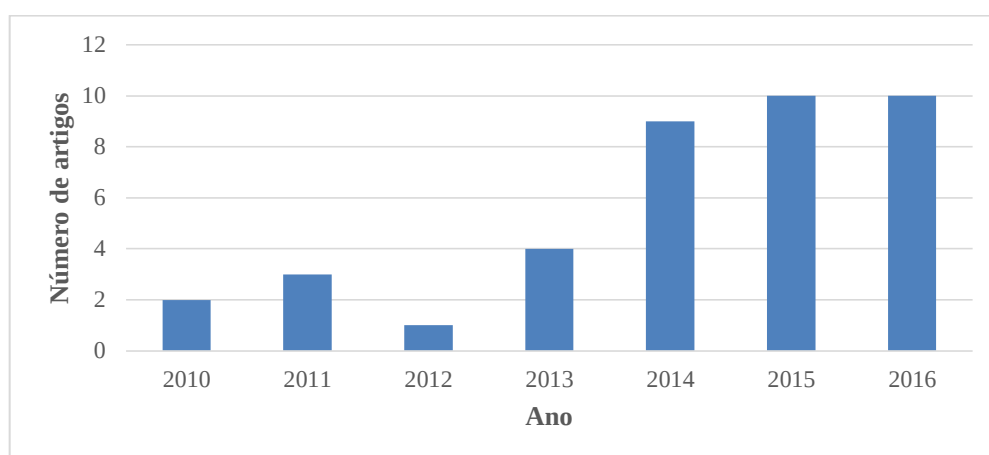
Nº	Autor	Ano	Título	Método
24	Qureshi <i>et al.</i>	2015	Sustainability: a new manufacturing paradigm	Revisão da literatura
25	Garza-Reyes	2015	<i>green lean</i> and the need for Six Sigma	Revisão da literatura
26	Wu <i>et al.</i>	2015	The impact of integrated practices of <i>lean</i> , <i>green</i> , and social management systems on firm sustainability performance-evidence from Chinese fashion auto-parts suppliers	Estudo de caso
27	Domingo e Aguado	2015	Overall environmental equipment effectiveness as a metric of a <i>lean</i> and <i>green</i> manufacturing system	Pesquisa-ação
28	Ball	2015	Low energy production impact on <i>lean</i> flow	Estudo de caso
29	Wiese <i>et al.</i>	2015	The integration of <i>lean</i> , <i>green</i> and best practice business principles	Estudo de caso
30	Verrier, Rose e Caillaud	2016	<i>Lean</i> and <i>green</i> strategy: the <i>lean</i> and <i>green</i> house and maturity deployment model	Estudo de caso
31	Prasad, Khanduja e Sharma	2016	An empirical study on applicability of <i>lean</i> and <i>green</i> practices in the foundry industry	Survey
32	Vinodh, Ramesh e Arun	2016	Application of interpretive structural modelling for analysing the factors influencing integrated <i>lean</i> sustainable system	Survey
33	Thanki, Govindan e Thakkar	2016	An investigation on <i>lean-green</i> implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach	Modelagem e Simulação
34	Sagnak e Kazancoglu	2016	Integration of <i>green lean</i> approach with six sigma: an application for flue gas emissions	Estudo de caso
35	Cherrafi <i>et al.</i>	2016	The integration of <i>lean</i> manufacturing, Six Sigma and sustainability: a literature review and future research directions for developing a specific model	Revisão da literatura
36	Hallam e Contreras	2016	Integrating <i>lean</i> and <i>green</i> management	Revisão da literatura
37	Fercoq, Lamouri e Carbone	2016	<i>Lean/Green</i> integration focused on waste reduction techniques	Modelagem e Simulação
38	Thanki e Thakkar	2016	Value-value load diagram: a graphical tool for <i>lean-green</i> performance assessment	Estudo de caso
39	Silva <i>et al.</i>	2016	Comparative analysis between the production alignment mass and <i>lean</i> manufacturing with the environmental management	Revisão da literatura

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3.1 Análise quantitativa: um panorama geral da pesquisa sobre *lean e green*

A evolução das publicações no tema objeto de estudo pode ser observada na Figura 5. Esta figura mostra que a maior parte das publicações se concentraram entre os anos de 2015 e 2016, o que sugere que o tema *lean-green* é um campo de pesquisa relativamente novo e emergente, cujo número de publicações tem crescido ao longo do tempo.

Figura 5 – Gráfico de evolução das publicações



Fonte: Elaborado pela autora (dados do BibExcel).

Com relação aos periódicos das publicações, o que merece destaque é o *Journal of Cleaner Production* com um total de 17 artigos publicados na temática *lean-green*, como se observa no Quadro 6. Em seguida, aparece o periódico *Sustainability* com três artigos publicados e os periódicos *Journal of Manufacturing*, *International Journal of Lean Six Sigma* e *Clean Technologies*, com duas publicações cada.

Quadro 6 - Periódicos das publicações

Periódico	Nº de artigos
Journal of Cleaner Production	17
Sustainability (Switzerland)	3
Clean Technologies and Environmental Policy	2
International Journal of Lean Six Sigma	2
Journal of Manufacturing Technology Management	2
Benchmarking: An International Journal	1
China Foundry	1
Production Planning & Control	1
Journal of Green Building	1
Espacios	1
Management Research Review	1
Journal of Industrial Engineering and Management	1

Periódico	Nº de artigos
International Journal of Production Economics	1
Journal of Transport and Supply Chain Management	1
International Journal of Operations & Production Management	1
Jurnal Teknologi	1
CIRP Annals - Manufacturing Technology	1
Management Decision	1

Fonte: Elaborado pela autora.

O periódico *Journal Cleaner Production*, além de ser o que contém maior quantidade de publicações, também possui o maior fator de impacto (Quadro 7), seguido do *International Journal of Operations & Production Management* e do *Clean Technologies and Environmental Policy*. Foi verificado que apenas o periódico *Espacios* não possui fator de impacto.

Quadro 7 – Gráfico do fator de impacto das publicações

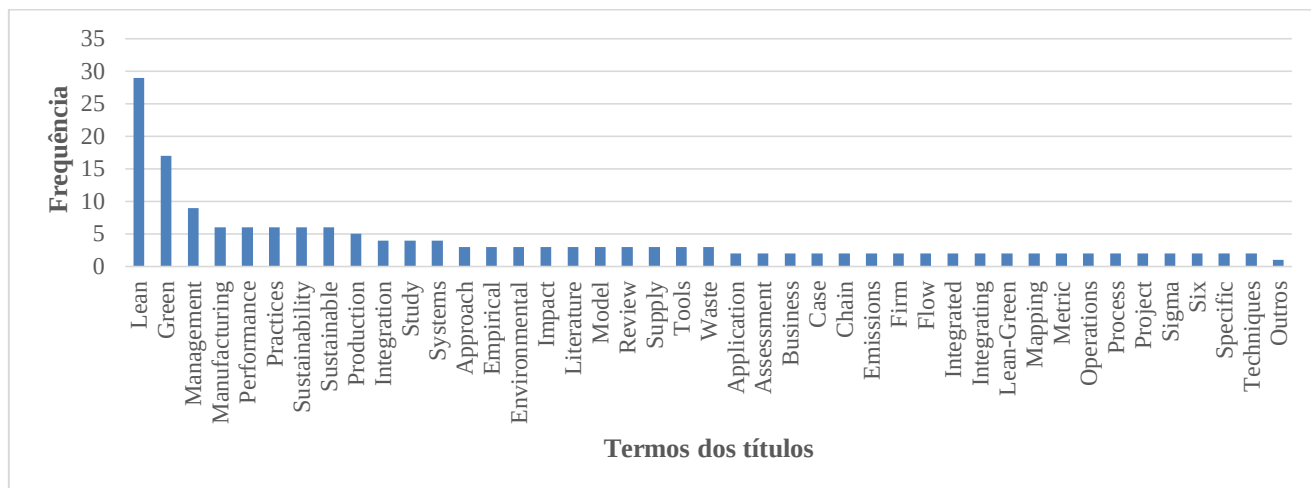
Periódico	Fator de impacto
<i>Journal of Cleaner Production</i>	4,959
<i>International Journal of Operations & Production Management</i>	3,930
<i>Clean Technologies and Environmental Policy</i>	3,180
<i>International Journal of Production Economics</i>	2,782
<i>CIRP Annals - Manufacturing Technology</i>	2,492
<i>Journal of Manufacturing Technology Management</i>	1,750
<i>Management Decision</i>	1,650
<i>Production Planning & Control</i>	1,532
<i>Benchmarking: An International Journal</i>	1,500
<i>Sustainability</i>	1,343
<i>Management Research Review</i>	1,280
<i>Journal of Transport and Supply Chain Management</i>	1,090
<i>Journal of Industrial Engineering and Management</i>	0,740
<i>International Journal of Lean Six Sigma</i>	0,560
<i>Jurnal Teknologi</i>	0,430
<i>China Foundry</i>	0,410
<i>Journal of Green Building</i>	0,360
<i>Espacios</i>	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar os títulos dos trabalhos, utilizando o *software* BibExcel, foi possível observar que as palavras mais usadas foram “lean”, “green” e “management”. Nota-se a partir da Figura 6, que o tópico “lean-green” aparece em 33º lugar de frequência nos títulos e que o termo “lean” é mais frequentemente usado do que o “green”. Isso sugere que em se tratando de pesquisas relacionadas ao tema *lean-green*, os trabalhos têm dado maior ênfase ao *lean*, corroborando o estudo de Hallam e Contreras (2016) no qual os mesmos afirmam que a

relação entre as duas abordagens tem sido mais fortemente observada através da implementação *lean* empurrando os resultados do *green*.

Figura 6 – Gráfico da análise dos títulos

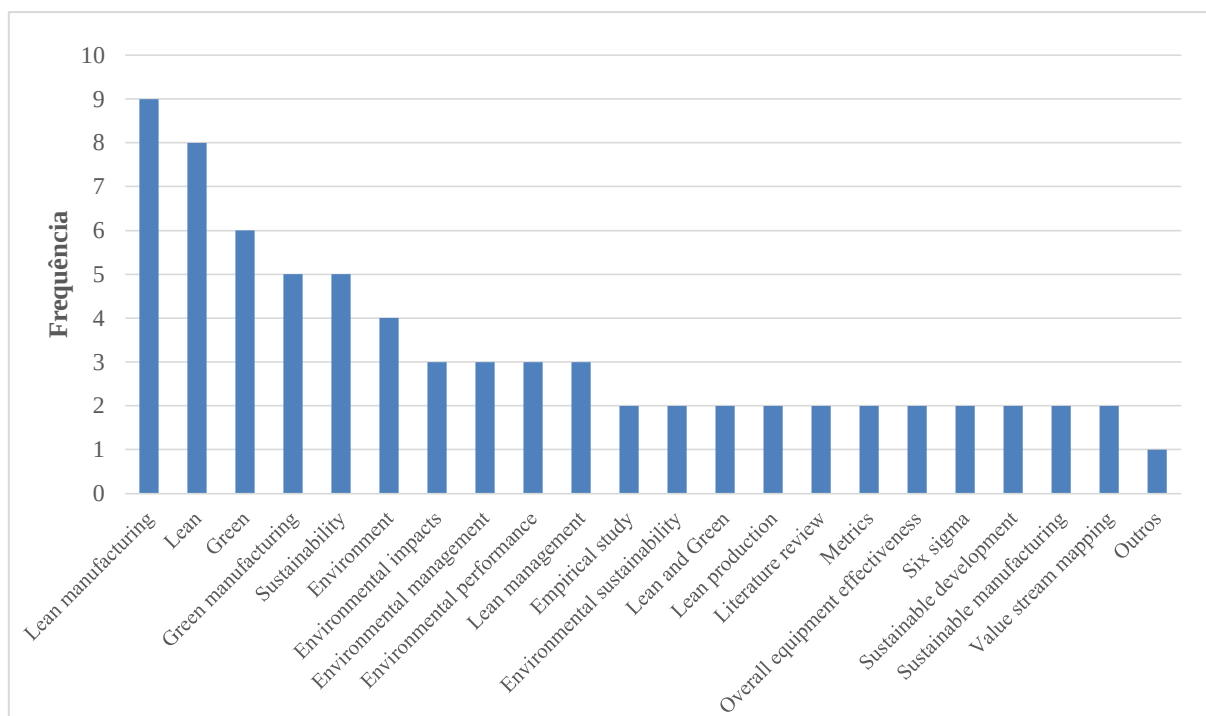


Fonte: Elaborado pela autora (dados do BibExcel).

Por meio da análise das palavras-chave das publicações (Figura 7), se observou que as mais utilizadas são “*lean manufacturing*”, “*lean*” e “*green*”. Seguidas de “*green manufacturing*”, “*sustainability*” e “*environment*”. Não foram verificados artigos com foco na avaliação integrada de práticas *lean* e *green* e seu impacto no desempenho. Também não se verificou a palavra ANP como ferramenta de avaliação. Dessa forma, os resultados das palavras-chaves das publicações mostram-se favoráveis à oportunidade de pesquisa focada nesses tópicos.

Analisando os resultados, percebe-se que a palavra *lean* é a mais frequente no título e na análise de palavras-chave com as seguintes palavras: *lean* e *lean manufacturing*. Além disso, ao considerar o *lean-green* em conjunto, este termo não é o mais citado nas análises do título nem nas palavras-chave. Isso é uma indicação de que o assunto sob investigação precisa ser explorado, especialmente quando se considera o impacto das estratégias *lean* e *green* sobre o desempenho da organização.

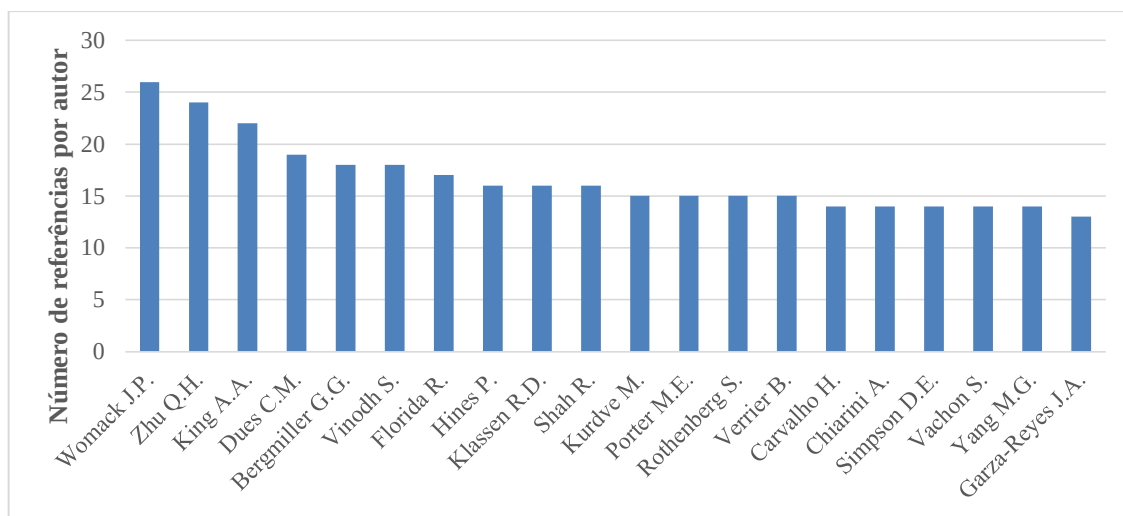
Figura 7 – Gráfico das palavras-chave das publicações



Fonte: Elaborado pela autora (dados do BibExcel).

Por meio do *software* BibExcel, foi possível realizar uma análise das referências mais utilizadas nos artigos do *portfólio* (Figura 8). Pode-se observar que os autores mais citados são Womack, Zhu e King, com 26, 24 e 22 citações, respectivamente. Como esperado, Womack se destaca como autor mais citado, uma vez que foi por meio de seu estudo que o termo *lean* tornou-se mundialmente conhecido. Por outro lado, os trabalhos do segundo autor mais citado, Zhu, estão focados no estudo do gerenciamento da cadeia de abastecimento verde, desde sua implementação (ZHU *et al.*, 2007; ZHU *et al.*, 2008). Eles estudam as relações entre o gerenciamento da cadeia de suprimentos verde e os resultados de desempenho (ZHU; SARKIS, 2004; ZHU *et al.*, 2005; ZHU *et al.*, 2007). Convém destacar que a maioria das referências utilizadas pelas publicações do *portfólio*, também foram utilizadas para realização dessa pesquisa.

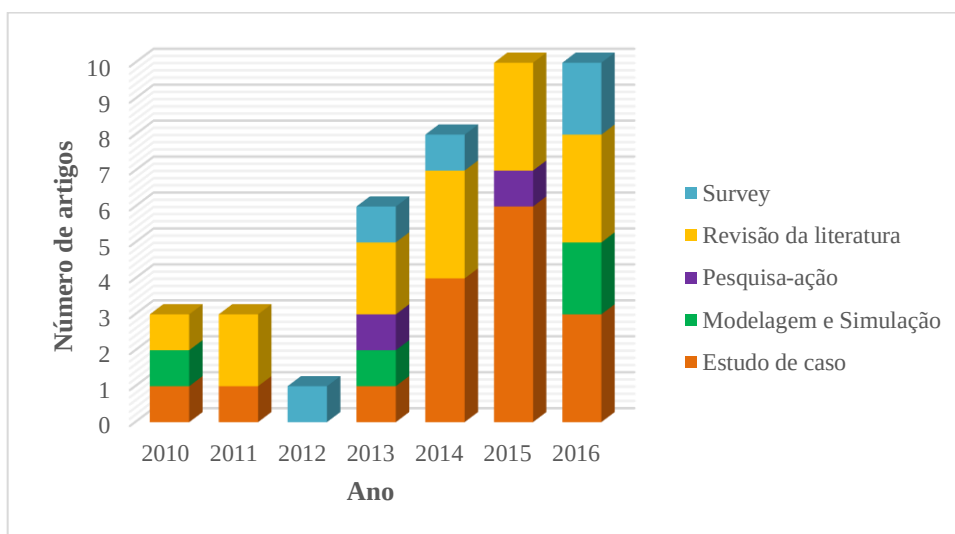
Figura 8 – Gráfico das referências das publicações



Fonte: Elaborado pela autora (dados do BibExcel).

A análise dos trabalhos permitiu identificar os métodos de pesquisa empregados. A Figura 9 mostra a distribuição do método de pesquisa por ano, apontando a predominância de trabalhos que apresentam análises teóricas e estudos de caso. Nota-se que o método de revisão da literatura tem crescido ao longo do tempo, corroborando o tema *lean-green* como um tema emergente. Além disso, é possível observar que o método do estudo de caso vem sendo amplamente utilizado nos últimos anos, demonstrando o crescente interesse de pesquisas sobre *lean* e *green* aplicadas no contexto empresarial, presentes na literatura.

Figura 9 – Gráfico de classificação dos artigos quanto ao método

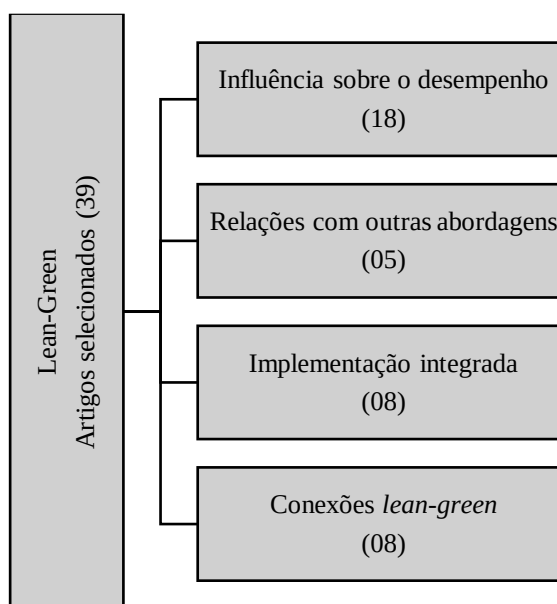


Fonte: Elaborado pela autora

3.3.2 Análise do conteúdo das pesquisas sobre *lean e green*

Com base no trabalho de Garza-Reyes (2015a), o qual classificou os resultados de sua pesquisa em grupos, neste estudo, os resultados da revisão sistemática da literatura foram analisados, quanto ao conteúdo, por meio de uma categorização dos artigos selecionados, como se verifica na Figura 10,

Figura 10 – Classificação dos artigos do portfólio



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, conforme se observado na Figura 10, para realizar uma análise qualitativa dos artigos e identificar aspectos em comum, os trabalhos foram inicialmente divididos nas quatro correntes de pesquisa apresentadas na Figura 10: influência sobre o desempenho, relações com outras abordagens, implementação integrada, e por fim, estudos que abordam conexões *lean-green* (focando especialmente na relação *lean-green*). A análise das pesquisas relativa a cada grupo segue nas próximas subseções.

2.3.2.1 Influência sobre o desempenho

O estudo de Miller, Pawloski e Standridge (2010) buscou validar duas premissas: 1) de que uma transformação *lean* de uma unidade de produção provavelmente resultará em uma transformação *green* também; 2) de que a aplicação de ferramentas de análise quantitativa,

como a otimização matemática e a simulação de eventos discretos, torna uma transformação *lean* mais precisa.

Os autores apresentam um estudo de caso com três projetos diferentes *lean* e *green* realizados em uma pequena empresa de produção de móveis, que mostraram que as estratégias de produção *lean* e *green* ajudaram a empresa a produzir células de trabalho mais eficientes, reduzir o desperdício e aumentar a rentabilidade (MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010).

No primeiro projeto, foi utilizada uma técnica de otimização (DES) como ferramenta complementar para validar o estado futuro proposto da célula de trabalho; essa precisão adicional minimizou o tempo de espera do estado atual para o estado futuro, reduzindo o desperdício, diminuindo estoques e tempo de processamento, bem como evitando futuros redesenhos devido à superprodução ou subprodução, impedindo assim o consumo de energia desnecessário. O segundo projeto resultou de um processo de *kaizen* relativo ao processo de eliminação de resíduos sólidos e levou à reciclagem de uma quantidade significativa de material anteriormente eliminado como resíduo. No terceiro projeto, foi realizada uma otimização matemática para selecionar os fornecedores da empresa, resultando em uma redução significativa de custos com relação ao transporte e consolidação para menos fornecedores, reduzindo o número de quilômetros percorridos e tornando a cadeia de suprimentos mais *green* e sustentável. Os resultados, portanto, permitiram validar as duas premissas anteriormente citadas (MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010).

O estudo de Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) teve o objetivo de propor técnicas que integrem princípios de sustentabilidade com práticas *lean*. Por meio de uma revisão da literatura, o artigo apresenta estratégias e práticas para melhorar os resultados enxutos ao mesmo tempo em que atinge metas de desempenho ambiental. Os autores mostram que benefícios sustentáveis são alcançados a partir das práticas *lean*, como a redução no uso de materiais, consumo de energia, resíduos perigosos e uso de água. As práticas *lean* apresentadas que facilitam a obtenção da sustentabilidade ambiental foram: produção puxada, produção em célula, MFV, 5S, manutenção preventiva total, *six sigma*, *kaizen*, controles visuais e *poka yoke*. As técnicas propostas para atingir o objetivo foram: MFV (integrando métricas ambientais), *Kaizen* e 7S (5S + inclusão da segurança e sustentabilidade) (VINODH; ARVIND; SOMANAATHAN, 2011).

O estudo de Hong, Roh e Rawski (2012) examina as inter-relações que envolvem a estratégia de produto responsiva (conjunto de ganhadores de pedidos que visam aumentar a

capacidade de resposta do mercado, refletindo as necessidades dos clientes para produtos inovadores, ampla variedade de produtos e entrega de produtos a tempo); práticas *lean* (melhoria contínua, capacitação dos funcionários e conjunto coerente de decisões); reestruturação da cadeia de suprimentos (implementação de programas de ação que levarão a mudanças significativas nas cadeias de suprimentos, incluindo mudanças de fornecedores, desenvolvimento de fornecedores e coordenação de fluxo de mercadorias); desempenho ambiental (envolve a reputação social, satisfação do funcionário e conhecimento do funcionário); e desempenho da empresa (em termos de vendas e *market share*).

Os autores aplicaram um *survey* em mais de 20 países nas regiões do Pacífico Asiático, Europa, América do Norte e América do Sul, com gerentes de fábrica ou gerentes de produção de unidades de fabricação. Os resultados permitiram três conclusões importantes: 1) as empresas que se esforçam para melhorar a capacidade de resposta ao mercado também melhoram o desempenho ambiental; 2) as práticas *lean* são um mediador importante para alcançar um melhor desempenho ambiental; 3) a empresa focal assume a liderança na obtenção do desempenho ambiental e os fornecedores exercem a função de apoio (HONG; ROH; RAWSKI, 2012).

Hajmohammad *et al.* (2013) realizaram um *survey* em 85 fábricas canadenses, a fim de avaliar o efeito do *lean* e da gestão da cadeia de suprimentos sobre o desempenho ambiental e as práticas ambientais em organizações de manufatura. O *lean* foi analisado conforme a medida em que as empresas empregam recursos para o *just-in-time*, redução de *lead time*, redução do tempo de *setup* e gestão da qualidade total. A gestão da cadeia de suprimentos foi medida pelo grau de atividades que visam melhorar o desempenho dos fornecedores e desenvolver suas capacidades, como os programas de avaliação, certificação, reconhecimento e desenvolvimento dos fornecedores, bem como a auditoria das instalações dos fornecedores. As práticas ambientais foram analisadas com base na medida em que os recursos foram investidos na: ISO 14001, redução de resíduos e reciclagem de materiais. Por fim, o desempenho ambiental foi avaliado em termos de melhorias na quantidade de emissões atmosféricas, geração de águas residuais, eliminação de resíduos sólidos, consumo de materiais perigosos/nocivos/tóxicos e consumo de energia (HAJMOHAMMAD *et al.*, 2013).

Os resultados do estudo indicaram que a gestão da cadeia de suprimentos e o *lean* proporcionam meios pelos quais os recursos são investidos em práticas ambientais. A análise também confirmou que o impacto do *lean* sobre o desempenho ambiental é mediado por práticas ambientais (HAJMOHAMMAD *et al.*, 2013).

O estudo de Galeazzo, Furlan e Vinelli (2014) buscou investigar, por meio de estudos multicaseiros, três projetos de prevenção da poluição em duas multinacionais. Os autores buscaram analisar como as práticas *lean* interagem com práticas *green*, e se essa interação leva a efeitos sinérgicos no desempenho da empresa. Da análise foi possível observar que existem dois tipos de interdependências entre as práticas *lean* e *green*: sequenciais e recíprocas; que estão associadas a dois modos de implementação: sequencial e simultaneamente. Os resultados do estudo sugerem que as diferenças em seus benefícios sinérgicos podem depender de como a complementaridade entre as duas abordagens é alcançada, ou seja, a forma como as práticas *lean* e *green* interagem levam a diferenças em termos de desempenho operacional (GALEAZZO; FURLAN; VINELLI, 2014). Os autores concluíram que a implementação simultânea é mais eficiente do que a implementação sequencial, e as interdependências recíprocas das práticas *lean* e *green* são mais propensas a exigir o envolvimento dos fornecedores (GALEAZZO; FURLAN; VINELLI, 2014).

Chiarini (2014) realizou um estudo com o objetivo de investigar se as práticas *lean* podem ajudar a reduzir os impactos ambientais das empresas de manufatura. A pesquisa é baseada em um estudo multicaseiros dentro de cinco empresas europeias que fabricam componentes de motocicletas e que estão comprometidas com o *lean* e o *green*. Os impactos ambientais dos processos de produção das cinco empresas foram observados e medidos antes e após a implementação de cinco ferramentas *lean*: MFV, 5S, fabricação celular, TRF e MPT. A comparação dos resultados quantitativos antes e depois revelaram que o MFV, 5S, fabricação celular e MPT apresentaram melhorias significativas nos impactos ambientais, estando apenas a ferramenta TRF (CHIARINI, 2014). Os resultados da pesquisa de Chiarini (2014) confirmam que a implementação *lean*, em geral, traz benefícios para o *green*. Assim, a autora conclui que as ferramentas *lean* são eficazes para melhorar os impactos ambientais, embora algumas ferramentas sejam mais eficazes do que outras.

Wu (2014) realizaram um estudo de caso em um processo de instalação de colunas de concreto pré-moldados em um canteiro de obras em Cingapura. O objetivo foi quantificar o quanto emissões de carbono podem ser reduzidas após implementações *lean*. As práticas *lean* adotadas foram: tecnologia em grupo, *just in time* (JIT), fluxo de trabalho ininterrupto, controle total da qualidade, envolvimento dos funcionários e melhoria contínua. Para avaliação dos impactos ambientais, foi adotada a ACV. As variáveis de análise foram as emissões de carbono do transporte rodoviário, dos veículos de entrega e do guindaste, e também o consumo de energia do guindaste (WU, 2014).

Os resultados da ACV mostram que o conceito *lean* pode ser adotado para reduzir as emissões de carbono em termos de eliminação de resíduos e arranjos de montagem inadequados. No ciclo de instalação de um tipo específico de coluna de concreto pré-moldado, uma quantidade de emissões de carbono de 20,9kg (71,0%) é causada por resíduos e arranjos de montagem inadequados e pode ser reduzida aplicando as práticas *lean* adequadas. Os autores sugerem que um processo MFV deve ser conduzido nos canteiros de obras para identificar completamente as atividades que não agregam valor (WU, 2014).

Faulkner e Badurdeen (2014) desenvolveram um MFV sustentável, o qual incluiu métricas para avaliar o desempenho de sustentabilidade no âmbito ambiental e social de uma linha de manufatura. As métricas ambientais utilizadas foram o consumo de água de processo, uso de matéria-prima e consumo de energia; e para avaliar o desempenho social analisou-se o trabalho físico (ergonomia física) e o ambiente de trabalho (riscos). A abordagem foi validada por meio de um estudo de caso em um fabricante de antenas de televisão por satélite. Os autores afirmam que a ferramenta foi muito útil para capturar visualmente o desempenho de sustentabilidade da linha de produção, e os dados apresentados fornecem à empresa uma avaliação inicial do estado da linha de produção e pode ser usado para identificar as áreas que necessitem uma investigação posterior através de outras ferramentas, como a análise ergonômica detalhada (FAULKNER; BADURDEEN, 2014).

No que se refere à contribuição e efeito de um sistema integrado *lean-green* com relação ao desempenho de sustentabilidade da empresa, Domingo e Aguado (2015), apresentaram uma nova métrica, identificada como OEEE (*Overall Environmental Equipment Effectiveness*), para descrever as melhorias de sustentabilidade alcançadas, em relação à situação inicial da empresa e após a implementação de um sistema de manufatura *lean-green*. O OEEE é uma união do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) com a sustentabilidade, desta forma, inclui não só a disponibilidade, a qualidade e o desempenho de cada etapa de produção, como também incorpora o conceito de sustentabilidade baseado no impacto ambiental calculado do ciclo de vida completo do produto (DOMINGO; AGUADO, 2015).

O método utilizado foi a pesquisa-ação, baseada nos diferentes processos de fabricação de uma empresa de produção de tubos, para avaliar o impacto deste indicador. Os resultados apresentaram uma melhora significativa entre os estados inicial e final após a implementação do sistema, demonstrando-se assim a compatibilidade entre a produção *lean* e *green*, usando uma métrica comum. Os autores concluíram que a métrica permite às empresas

incluir a sustentabilidade nas decisões de negócios, comparando o impacto ambiental de dois estados, identificando as melhorias que foram feitas (DOMINGO; AGUADO, 2015).

Ainda se tratando de desempenho de sustentabilidade, Wu *et al.* (2015) investigaram o impacto de práticas integradas escolhidas a partir de sistemas de gestão *lean*, *green* e *Corporate Social Responsibility (CSR)* sobre o desempenho de sustentabilidade (ambiental, econômica e social). Para isso, realizaram o estudo de multicasos com três fornecedores chineses de peças automotivas. Os resultados sugerem que as práticas *lean*, *green* e social, individualmente, têm um efeito significativamente positivo no desempenho da sustentabilidade da empresa, contudo, o desempenho ótimo pode ser conseguido a partir de uma combinação harmoniosa destas práticas. Além disso, o tamanho e a idade da empresa influenciam o nível de implementação das práticas, bem como nos seus resultados de desempenho (WU *et al.*, 2015).

Com relação ao desempenho *lean-green*, Ng, Low e Song (2015) propuseram uma metodologia que permite a implementação das práticas *lean* e *green* integradas de uma forma prática. Para atingir esse objetivo, foi incorporada uma nova métrica denominada *Carbon-Value Efficiency (CVE)*, que integra a métrica “tempo de valor agregado”, derivada da implementação *lean*, com a métrica “pegada de carbono”, derivada da implementação *green*. Assim, o conceito geral de CVE é acompanhar a quantidade de tempo de criação de valor criada por unidade de pegada de carbono, ou seja, é uma proporção das atividades de valor agregado por impacto ambiental (NG; LOW; SONG, 2015). Os autores validaram a metodologia por meio de um estudo de caso, e os resultados mostraram que a metodologia proposta ajuda a superar o desafio de integrar e implementar o *lean* e *green* e demonstram claramente que as empresas podem obter benefícios quantitativos por meio da integração e implementação de práticas *lean* e *green* (NG; LOW; SONG, 2015).

Thanki e Thakkar (2016) também tratam de desempenho *lean-green*, ao introduzir uma nova abordagem para medir a eficiência de utilização dos recursos do sistema de produção utilizando um índice denominado “índice de *eco-leanness*” e identificar oportunidades de melhoria para a minimização dos desperdícios operacionais e ambientais. Essa abordagem se trata de uma ferramenta denominada *value-value diagram (VVL)* para avaliação do desempenho *lean-green*. O VVL representa graficamente o consumo de recursos, a adição de valor e as oportunidades de melhoria de desempenho dentro do sistema de produção, integrando a metodologia de análise MFV, contabilidade de custos de fluxo de materiais, e uma ferramenta de otimização de recursos (*Pinch analysis*). VVL permite a

avaliação do desempenho *green-lean* em termos do índice de *eco-leanness* e também expõe as oportunidades de melhoria por localização do ponto ótimo de recursos. A aplicação do VVLD foi demonstrada utilizando-se um estudo de caso em uma pequena e média empresa (PME) de manufatura na Índia, permitindo que os gerentes avaliem e ajustem seus processos para melhorar a eficiência de utilização de recursos. Os resultados mostraram um fraco desempenho de eficiência no sistema, refletindo o efeito dos "desperdícios *lean*" que levam à subutilização de recursos humanos e a um mau desempenho operacional (THANKI; THAKKAR, 2016).

Thanki, Govindan e Thakkar (2016) em seu estudo aplicam uma abordagem de processo de hierarquia analítica (AHP) para investigar o impacto de práticas *lean* e *green* sobre os critérios de desempenho *lean* e *green* e avaliar a influência dos paradigmas *lean* e *green* no desempenho geral, no contexto das PMEs indianas. Para isso, foram consultados especialistas para examinar e avaliar os critérios, subcritérios e alternativas, da hierarquia proposta, obtidos através da revisão da literatura. Os resultados das análises sugerem que MPT, *Kaizen* e 5S são as práticas *lean* mais influentes, enquanto que a ISO 14001, 3R e DFE são práticas *green* líderes no mercado. Uma vez que o tempo de entrega e o controle de qualidade são os critérios críticos de *lean*, o *green* é direcionado pela redução das emissões nocivas e do consumo de energia. Os resultados indicam que, no cenário de redução de custos e melhoria da qualidade, os valores de MPT são mais elevados, seguidos pelo *Kaizen* e 5S. Já para reduzir o tempo de ciclo e melhorar o desempenho de entrega, MPT e TRF são as práticas *lean* preferidas. Os resultados também sugerem que a adoção de um pacote de práticas *green* como a ISO 14001 e 3R deve atender a quaisquer desafios *green*. Para estudos futuros os autores propõem a aplicação da ANP para explorar as inter-relações não abordadas pelo AHP (THANKI; GOVINDAN; THAKKAR, 2016).

Verrier, Rose e Caillaud (2016) em seu estudo, desenvolveram uma Casa *lean-green*, que apresenta claras e concisas melhores práticas que qualquer empresa pode executar, a fim de gerir o seu desempenho *lean* e *green*, tanto no nível organizacional e quanto operacional. A força de trabalho é considerada um pilar juntamente com o *lean* e o *green*. A gestão *top-down* é a base para a implementação de ações eficientes e de longo prazo, ao passo que o *feedback* de baixo para cima retransmite a informação correta para essa gestão. As relações com os fornecedores e os *stakeholders* são incluídas como um importante meio de garantir uma forte sustentabilidade social, levando a vantagens competitivas. A melhoria contínua de processos

constitui a base da excelência operacional. O estudo foi feito a partir de análise das melhores práticas industriais da Toyota (VERRIER; ROSE; CAILLAUD, 2016).

Fercoq, Lamouri e Carbone (2016) investigaram os fatores que afetam a eficácia de um plano de melhoria para reduzir o desperdício. Para isso, adotam um estudo experimental quantitativo, utilizando uma ferramenta chamada "*Design of Experiments*" para medir a influência de diferentes métodos, derivados das abordagens de *lean* e *green*, sobre o desempenho da gestão de resíduos sólidos. Os fatores de análise do estudo são o *lean management* ligado à gestão de resíduos sólidos; o processo 3R e o último é a interação de todos. Os resultados confirmam o impacto da Hierarquia 3R sobre um plano de progresso para reduzir o desperdício. Cada categoria de desperdício estimula o pensamento sobre a redução do mesmo. Portanto, a matriz integrada proposta pelos autores melhora o desempenho ambiental, especificamente na redução de resíduos incinerados (FERCOQ; LAMOURI; CARBONE, 2016). O estudo desenvolvido pelos autores acrescenta ao trabalho de Dües *et al.* (2013), quando demonstra que as práticas de redução de resíduos são uma das principais áreas de sobreposição entre os paradigmas *lean* e *green*.

Prasad, Khanduja e Sharma (2016) investigaram a aplicabilidade das práticas *lean* e *green*, por meio de um *survey*, na indústria de fundição na Índia, para melhorar a produtividade e eliminar o desperdício, incorporando a sustentabilidade nas medidas de desempenho do negócio. Para isso, as práticas *lean* e *green* são categorizadas em quatro construtos: práticas de organização no local de trabalho, práticas de gestão, práticas de controle de estoque e práticas de fabricação industrial e de melhoria da qualidade. Por meio de uma correlação, os autores analisaram se as práticas *lean* estão positivamente e moderadamente inter-relacionadas com práticas *green* (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016). Os resultados mostraram que os quatro construtos são adequados e confiáveis para ilustrar que práticas *lean* e *green* são aplicáveis à implementação, até certo ponto, na indústria de fundição; e, as práticas *lean* estão positivamente e moderadamente inter-relacionadas com práticas *green*. Os autores recomendam a metodologia desenvolvida para outras áreas de aplicação dentro das indústrias de fabricação (PRASAD; KHANDUJA; SHARMA, 2016).

2.3.2.2 Relações com outras abordagens

Martinez-Jurado e Moyano-Fuentes (2014) realizaram uma revisão sistemática da literatura, a fim de avaliar o estado da arte de pesquisa relacionada aos tópicos *lean Management*, *Supply Chain Management* e Sustentabilidade (três pilares). Os autores

identificaram dois tópicos principais de pesquisa: Gestão *lean* e Sustentabilidade, e Gestão *lean* da Cadeia de Suprimentos e Sustentabilidade. Os autores propuseram alguns caminhos para pesquisas futuras, a saber: investigar o impacto que os princípios e práticas *lean* têm sobre o desempenho ambiental; descobrir se as empresas que integram simultaneamente princípios e práticas ambientais na sua estratégia de adoção do *lean* conseguem melhores resultados ambientais; e desenvolver um modelo que indique a sequência que deve ser seguida para a adoção e implementação conjunta das estratégias *lean-green* (MARTINEZ-JURADO; MOYANO-FUENTES, 2014).

Garza-Reyes (2015b) realizou uma revisão sistemática da literatura e examinou a compatibilidade dos conceitos *green*, *lean* e *six sigma*. Nesse estudo, o autor indicou que a integração *lean-green* pode ter herdado as mesmas limitações que as abordagens *green* e *lean* individuais, mas estas podem ser superadas através da integração do *six Sigma*. Também identificou as semelhanças de alguns dos principais atributos de *green*, *lean* e *six sigma*, e sugerem que sua compatibilidade pode ser unificada como uma abordagem integrada (GARZA-REYES, 2015b). A compatibilidade dos três conceitos nasceu não apenas da semelhança entre o *lean-green* e o *lean-six sigma*, mas também das semelhanças "naturais" que os três conceitos compartilham por meio de alguns de seus atributos, por exemplo, o *lean* e o *Six Sigma* compartilham o mesmo objetivo principal de "maximizar o lucro e a competitividade", enquanto o principal objetivo do *green* é "reduzir o impacto ambiental negativo da produção e consumo de produtos". Da mesma forma, todos os três conceitos compartilham um de seus princípios, a saber: a satisfação do cliente (GARZA-REYES, 2015b). O autor conclui que a introdução do *six sigma*, mais especialmente por meio de sua metodologia de resolução de problemas DMAIC (definir-medir-analisar-melhorar-controlar), irá ajudar a aumentar a eficácia das iniciativas *lean* e *green*, assegurando a execução correta e efetiva do processo (GARZA-REYES, 2015b).

Wiese *et al.* (2015) também seguiram um caminho da integração *lean-green* com outros paradigmas, sugerido por Garza-Reyes (2015a), e desenvolveram um *framework* para integrar os princípios *lean*, *green* e de *best practice business* em um modelo integrado que as empresas possam implementar para se tornarem mais competitivas. Os autores realizaram um estudo de caso na Toyota South Africa Motors (TSAM) com o objetivo de entender se poderia ser determinada uma ligação entre a abordagem ambiental da empresa, os princípios *lean* e a cultura estabelecida de *best practices* (WIESE *et al.*, 2015). As táticas implementadas no estudo foram: aumento do uso de embalagens retornáveis; consolidação de pedidos e taxas de

preenchimento melhoradas; melhorar a medição de dióxido de carbono em todos os modos de transporte; introduzir três fornecedores para executar entregas rotineiras; monitorização e registo da eficiência de combustível por veículo; eficiência energética; conformidade dos fornecedores com as diretrizes de compras ecológicas; e melhorar o controle de qualidade e a notificação de estado das substâncias perigosas (WIESE *et al.*, 2015). Os resultados do estudo revelaram que a implementação dos três princípios simultaneamente resultou em melhores resultados de negócios, permitindo que seja uma estratégia para reduzir custos e manter de forma sustentável a rentabilidade e competitividade (WIESE *et al.*, 2015).

Cherrafi *et al.* (2016), por meio de uma revisão da literatura, propuseram um modelo de integração de três sistemas de gestão: *lean manufacturing*, *six sigma* e sustentabilidade. O modelo auxilia a organização a identificar forças e oportunidades de melhoria e avaliar a amplitude e profundidade de transformação dentro da organização para alcançar o desempenho econômico, ambiental e social. Além disso, permite que as organizações se beneficiem da integração do *lean*, do *six sigma* e da sustentabilidade para melhorar o desempenho, identificando, oportunidades e barreiras, sinergias, *trade-offs* e compatibilidade. Os autores identificaram algumas lacunas que são adequadas para pesquisas futuras: a necessidade de desenvolver uma métrica integrada e um sistema de medição para medir o desempenho *lean/six Sigma* e sustentabilidade; a necessidade de se concentrar mais no contexto das PME para as ajudar a implementar com êxito o *lean/six Sigma* e a sustentabilidade; a necessidade de investigar a aplicabilidade do *lean/six Sigma* e a sustentabilidade para a indústria de serviços (CHERRAFI *et al.*, 2016).

Silva *et al.* (2016), realizaram uma revisão da literatura com o objetivo de fazer uma análise comparativa entre o alinhamento da produção em massa e da produção enxuta com a gestão ambiental, verificando quais das duas filosofias de produção melhor atende as novas necessidades de demanda da sociedade. Os autores demonstraram que a filosofia *lean* é melhor alinhada com as necessidades de cuidados ambientais do que a produção em massa, razão pelo qual as empresas devem priorizar práticas do *lean* no desenvolvimento de planos no longo prazo. Os resultados mostraram que o *lean* também é benéfico do ponto de vista ambiental, e não somente no campo dos ganhos em valores monetários, econômicos e de vantagem competitiva. Os autores identificaram que práticas *lean* como 5s, redução do tempo de *setup*, MFV, MPT e *kaizen* proporcionam uma série de benefícios para uma produção mais limpa.

2.3.2.3 Implementação integrada

Torielli *et al.* (2011), por meio de uma revisão da literatura, forneceram um *framework* para implementação de metodologias *lean* e *green*, utilizando-se da combinação de métodos *lean* com sustentabilidade ambiental para ajudar as fundições a permanecerem competitivas. O *framework* tem como base a filosofia organizacional, e os pilares de apoio são a melhoria de processos (melhoria de rendimento, eficiência energética, tecnologia inovadora e parcerias com a comunidade). A combinação de métodos resultou nos seguintes elementos-chave para a implementação: o *Green Value Stream Mapping* (MFV que inclui não só o fluxo de material através do sistema, mas também todos os fluxos de energia e de resíduos); 5S e Segurança (ajuda a identificar o que é desperdício para que possa ser eliminado, incluindo o sexto “S”, o da segurança, por sua importância para os trabalhadores e comunidade); Melhoria do Processo Estatístico (para desenvolver uma melhor compreensão do uso de materiais e energia, produtividade da linha de produção e impactos ambientais); e 7R (expansão dos 3 R's, que representam Reduzir, Reciclar e Reutilização, incluindo Remover, Renovar, Receita e *Read* (Ler); correspondendo aos seguintes questionamentos: o material pode ser removido completamente? O uso pode ser reduzido? O produto pode ser reutilizado, ou reciclado? Os resíduos podem ser vendidos (ou seja, gerar receita)? O *Read* diz respeito ao processo de encorajar os funcionários e organizações a pesquisar os possíveis usos de seus resíduos através da leitura (TORIELLI *et al.*, 2011).

Os autores afirmam que embora a implementação do *lean* não leve à sustentabilidade ambiental, a inclusão de componentes de sustentabilidade ambiental dentro de um sistema enxuto melhora a capacidade de uma empresa de fazer melhorias contínuas, tanto em termos de custos quanto de impactos ambientais. Esta sinergia entre esforços *lean* e *green*, encontrada no estudo, fornece um caminho claro para se tornar economicamente e ambientalmente sustentável (TORIELLI *et al.*, 2011).

Diaz-Elsayed *et al.* (2013) realizaram uma pesquisa com a finalidade de identificar uma abordagem para incorporar estratégias *lean* e *green* em um sistema de fabricação. Para tanto, realizaram um estudo de caso em parte da produção no setor automotivo e consulta à especialistas para selecionar as estratégias adequadas de produção *lean* e *green*. As estratégias *lean* e *green* foram modeladas por simulação, sendo as seguintes, respectivamente: redução do tempo de *setup* interno e externo, aumento das taxas de qualidade, melhoria da disponibilidade da máquina, extensão da vida da ferramenta e redução do tamanho do lote; e dimensionamento para reduzir a pressão, utilização de motores eficientes em termos

energéticos e integração de processos. Os resultados permitiram mostrar que a implementação de uma combinação de estratégias *lean* e *green* resultou na redução de aproximadamente 10,8% dos custos de produção da fábrica (DIAZ-ELSAYED *et al.*, 2013).

Pampanelli, Found e Bernardes (2013) realizaram uma pesquisa com o objetivo de propor um novo modelo, chamado Modelo *lean & green*. Este modelo foi desenvolvido para investigar potenciais benefícios para o meio ambiente e as empresas em termos de redução de desperdícios, desempenho operacional e comprometimento dos funcionários. O método utilizado para validar o modelo foi a pesquisa-ação, em uma grande corporação internacional de engenharia, onde foi testado em células de produção com diferentes níveis de implementação *lean* e impactos ambientais, por meio da prática *kaizen*. O modelo é limitado ao nível de célula, que é o nível de produção mais baixo em uma empresa de manufatura organizada por princípios *lean*, para melhorar os fluxos de massa e energia em um ambiente de manufatura que já possui o nível de implementação *lean* necessário. A ideia básica e mais importante por trás do modelo é que as abordagens *lean* e *green* podem ser integradas como parte de um processo de melhoria contínua em uma célula onde o *lean* já está implantado (PAMPANELLI; FOUND; BERNARDES, 2013). Os resultados da aplicação confirmam que o modelo *lean & green* pode reduzir o uso de recursos de 30 a 50% em média, bem como reduzir o custo total dos fluxos de massa e energia na célula de produção entre 5 e 10%. Portanto, é possível concluir que um modelo integrado *lean-green*, aplicado a um certo nível de implementação *lean*, permite a redução dos desperdícios de produção e redução do impacto ambiental (PAMPANELLI; FOUND; BERNARDES, 2013).

Piercy e Rich (2015) exploraram os benefícios mais abrangentes de sustentabilidade das operações *lean*. O trabalho utilizou um estudo de caso longitudinal de quatro anos de observação em 5 empresas, observando as melhorias obtidas após a implementação do *lean* e da sustentabilidade. A partir da pesquisa, os autores construíram um modelo que integra tanto a sustentabilidade como o *lean* em um único *framework*. O *lean* é incorporado no ambiente de trabalho, na cadeia de suprimentos e na estratégia da empresa; e a sustentabilidade é incorporada no ambiente de trabalho, na cadeia de suprimentos, na comunidade e na estratégia da empresa. Dos resultados da pesquisa, os autores afirmam que a implementação *lean* e o desempenho em sustentabilidade ambiental devem estar interligados, uma vez que os resultados mostraram que a melhoria *lean* forneceu uma base para a melhoria da sustentabilidade (PIERCY; RICH, 2015).

Kurdve *et al.* (2015) estudaram como a gestão de operações e a gestão ambiental podem ser integradas, em um nível operacional, no gerenciamento de desperdícios. Para isso foi feito um estudo multicase implementando um método de mapeamento de fluxo de desperdícios (MFD) em 16 fábricas suecas do Grupo Volvo, um dos principais fabricantes de caminhões, ônibus, equipamentos de construção e sistemas de acionamento para aplicações marítimas e industriais. O método combina práticas *lean*, como o MFV, com estratégias de contabilidade de custos de produção mais limpa e fluxo de materiais. Os resultados mostraram que o método MFD é adequado para a análise do estado atual em termos de redução de perdas de material e ineficiências no manuseio de materiais e desperdícios. Os autores sugerem que são necessários mais desenvolvimentos e métodos específicos, tais como, ineficiências logísticas, análise das causas-raízes, diretrizes de implementação das melhores práticas e sistemas de monitorização do desempenho (KURDVE *et al.*, 2015).

Hallam e Contreras (2016) realizaram uma revisão sistemática da literatura, a fim de investigar a relação entre a gestão *lean* e *green* à luz do desenvolvimento de um modelo de gestão integrada. A pesquisa mostra que a evidência da integração bem-sucedida da gestão *lean* e *green* tem sido em grande parte fraca. A evidência positiva mais forte entre as duas filosofias de gestão tem sido a implementação *lean* empurrando os resultados do *green* por meio da redução operacional dos resíduos, melhorando assim o desempenho ambiental. A maioria dos estudos sugere resultados altamente otimistas da integração de *lean* e *green*, no entanto, segundo os autores, falta um modelo operacional integrado da empresa que relaciona *lean* e *green* (HALLAM; CONTRERAS, 2016).

Na busca de identificar a relação mútua entre os fatores que influenciam o sistema integrado de manufatura sustentável *lean*, Vinodh, Ramesh e Arun (2016) identificaram, a partir da revisão da literatura, 25 fatores principais que influenciam a implementação do sistema integrado, e são validados com a opinião de especialistas com referência ao cenário indiano, em indústrias de componentes automotivos. Os fatores foram classificados como autônomos, condutores ou dependentes, e compreender esses fatores e seus relacionamentos ajudará os gerentes a priorizar melhor e direcionar seus recursos de forma mais eficaz.

Os resultados do estudo de Vinodh, Ramesh e Arun (2016) mostram que a organização deve ter apoio, compromisso e envolvimento da alta gerência para sofrer qualquer mudança cultural. Tanto a alta administração como os funcionários devem desenvolver conhecimentos adequados sobre questões ambientais. Segundo os autores, o conhecimento ambiental fornece a visão chave para todos os membros da organização e cria a consciência e a importância da

implementação do sistema *lean* sustentável. O treinamento e consultoria devem ser fornecidos para que os funcionários melhorem seus conhecimentos e seu comprometimento. Isso confirma as conclusões de Wiese *et al.* (2015), que revelaram que o compromisso da empresa estudada com princípios de negócios *lean* e *green* contribuiu e está diretamente ligado ao sucesso do negócio.

2.3.2.4 Conexões *lean-green*

Yang, Hong e Modi (2011) procuraram verificar a relação entre o *lean*, práticas *green* e desempenho ambiental e empresarial. As variáveis de análise *lean* foram o fluxo de *just-in-time*, gestão da qualidade e envolvimento dos funcionários; as práticas *green* foram analisadas visando capturar aspectos de programas ambientais como o sistema de gestão ambiental, análise do ciclo de vida, *design* para meio ambiente e certificação ambiental (ou seja, ISO 14001); o desempenho empresarial incluiu o desempenho de mercado, o qual foi operacionalizado usando medidas para vendas e participação de mercado, bem como o desempenho financeiro, o qual é operacionalizado usando percepções sobre retorno sobre ativos e retorno sobre as vendas; e o desempenho ambiental foi operacionalizado captando percepções dos entrevistados sobre suas melhorias de desempenho ambiental nos últimos 3 anos em comparação com seus concorrentes. Além disso, o tamanho da empresa também foi considerado como variável moderadora para a análise. O estudo foi desenvolvido utilizando-se de dados coletados em um *survey* realizado em 2005. Os resultados sugerem que o *lean* está positivamente relacionado com as práticas *green*, tornando-se, essas últimas, em uma importante variável intermediária para resolver os conflitos entre o *lean* e o desempenho ambiental, uma vez que o melhor desempenho ambiental reduz substancialmente o impacto negativo das práticas *green* no desempenho financeiro e no mercado (YANG; HONG; MODI, 2011).

Quanto às convergências entre as abordagens *lean* e *green*, Duarte e Cruz-Machado (2013) realizaram uma revisão de literatura a fim de examinar como diferentes modelos de negócios podem contribuir para modelar uma abordagem *lean* e *green* para uma organização e também para a sua cadeia de suprimentos. Os autores confirmaram que existem diversas convergências entre as duas abordagens. O estudo revelou categorias que são comuns na maioria dos modelos de negócios, a saber: liderança, planejamento estratégico, pessoas, processos, *stakeholders* e resultados. Essas categorias podem ser definidas como critérios-chave para a transformação *lean-green* em uma organização. Os critérios "liderança" e "pessoas" atuam em conjunto com os critérios de "planejamento estratégico" e "*stakeholders*".

Os quatro critérios realizam os "processos" e todos são direcionados para os "resultados". E os "resultados", por sua vez, dão o *feedback* para desenvolver e melhorar as atividades da cadeia de suprimentos da organização.

Dües, Tan e Lim (2013), por meio de uma revisão sistemática da literatura exploraram as relações entre as práticas de gestão da cadeia de suprimentos *lean* e *green*. Os dois paradigmas são comparados inicialmente conforme o propósito, foco, clientes (como satisfação do cliente é alcançada) e a estrutura organizacional subjacente típica de cada paradigma. Em seguida, os autores focaram a atenção nas características específicas da cadeia de suprimentos: relacionamento com fornecedores e clientes, e todos os estágios ao longo da cadeia de suprimentos - desde a concepção do produto, fornecimento de matérias primas e fabricação até armazenamento, transporte, usabilidade e gestão do fim de vida. A comparação termina com o contraste dos resultados de negócios e indicadores chave de desempenho de cada paradigma e listando técnicas representativas de redução de resíduos e outras práticas que são normalmente empregadas para cada paradigma.

A principal característica comum encontrada no estudo de Dües, Tan e Lim (2013), é o objetivo de eliminação de desperdícios de ambos os paradigmas. Embora o desperdício seja definido de uma maneira diferente por cada paradigma, em geral, ambos visam a eliminação do excesso. As técnicas de redução de resíduos de ambos os paradigmas são muitas vezes semelhantes, sendo conseguida por meio de mudanças nas práticas empresariais e de processos de produção. Para empregar todas as práticas e ferramentas, tanto *lean* como *green*, exige-se um alto nível de envolvimento dos funcionários. Quando se trata de relacionamento com a cadeia de suprimentos, ambos os paradigmas dependem de uma estreita colaboração com os parceiros da cadeia de suprimentos, as práticas *green* estendem o alcance da cadeia de suprimentos, portanto, abrem oportunidades para uma maior colaboração para a redução de desperdícios. O indicador-chave de desempenho que ambas as abordagens compartilham é o nível de serviço: ao incorporar o *green* na fabricação de produtos, aumenta a entrega de valor aos clientes. O MFV pode ser compartilhado entre o *lean* e o *green*, incluindo as emissões de CO² como uma fonte adicional de desperdícios (DÜES; TAN; LIM, 2013). A análise aponta que o *lean* facilita a transformação de uma empresa para *green*. Os autores concluem, portanto, que o *lean* é benéfico para as práticas *green* e a implementação de práticas *green* por sua vez também tem uma influência positiva sobre as práticas *lean* existentes (DÜES; TAN; LIM, 2013).

Dhingra, Kress e Upreti (2014) realizaram uma revisão da literatura com o objetivo de acelerar o progresso rumo à sustentabilidade e consideraram que os campos do pensamento *lean* e *green*, foram desenvolvidos independentemente um do outro, e para que as sinergias e as interdependências recíprocas entre os dois amadureçam e mostrem resultados positivos e benéficos, as duas linhas de pensamento devem ser reunidas em três níveis: desenvolvimento (simultâneo de metodologias *lean* e *green*), implementação (nomeação de defensores da sustentabilidade ambiental nas empresas), e educação (integração do pensamento *lean* e *green* nos currículos universitários). Os autores afirmaram que uma questão que ainda precisa ser respondida é se as iniciativas *lean* e *green*, implementadas conjuntamente ou individualmente, levam a um progresso melhorado e mais rápido em direção à sustentabilidade, sabendo-se que o *lean* leva ao *green*, mas não necessariamente ao contrário (DHINGRA; KRESS; UPRETI, 2014).

O trabalho de Iopollo *et al.* (2014) apresentou observações preliminares a partir de uma análise de duas teorias: *lean manufacturing* (como um modelo de produção altamente competitivo) e *industrial ecology* (como um *framework* de princípios e ferramentas de análise ambiental). Pode-se notar que, para fins de comparação com o “*lean*”, os autores não utilizam da denominação “*green*”, no entanto, uma vez que o “*industrial ecology*” se trata de uma abordagem de caráter ambiental, neste trabalho, os termos anteriormente citados foram considerados sinônimos. A pesquisa forneceu, por meio de uma revisão da literatura, uma possível avaliação dos fatores-chave relevantes para sua integração em uma “gestão *lean* orientada para o meio ambiente”, destacando tanto os pontos positivos quanto as possíveis barreiras. Os pontos positivos em comum às duas abordagens são: redução do consumo de matérias-primas e dos resíduos, processos mais fluidos com *lead time* e *setup* mais baixos, redução dos custos energéticos, redução de manutenção, melhor conhecimento do processo, e melhoria das condições de trabalho. A oportunidade identificada em comum é a melhor imagem da empresa. Por fim, os autores afirmam que a gestão “*lean*” orientada para o ambiente representa uma nova fronteira em termos de produção eficiente e é efetivamente capaz de reduzir os insumos de recursos naturais, materiais e energia, resíduos ou produtos poluentes, a fim de evitar a degradação ambiental (IOPOLLO *et al.*, 2014).

Verrier *et al.* (2014), por meio de um estudo de caso, analisaram a literatura e as práticas de 21 empresas industriais para avaliar como as ações *lean* e *green* poderiam ser melhoradas quando utilizadas de forma conjuntas. A análise mostrou que a vinculação do *lean* com o *green* é uma vantagem real em oposição à implementação das duas abordagens

isoladamente, devido às sinergias criadas pela implementação desses dois conceitos em conjunto. E ao comparar empreiteiras com pequenas e médias empresas, os autores observaram que quanto melhor a empresa domina o *lean*, melhores serão os resultados em termos de iniciativa *green*, ou seja, quanto maior a maturidade da empresa em relação ao *lean*, maior é o compromisso com o *green*. (VERRIER *et al.*, 2014).

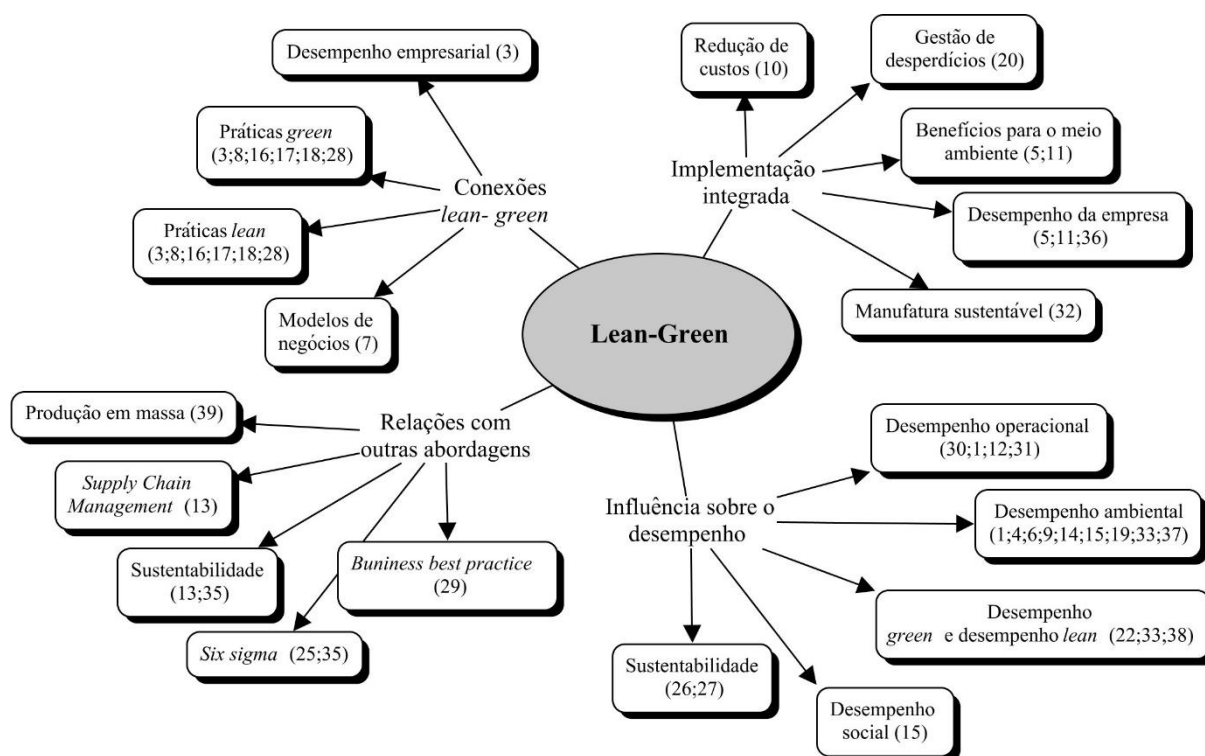
Com base nessa análise, os autores propuseram um *framework* para analisar as sinergias entre práticas *lean* e *green* (incluindo indicadores que permitiam às empresas medir a sua capacidade de executar uma política *lean* e *green*). Os indicadores foram referentes a monitorização dos desperdícios, consumo de energia, matérias-primas e água, bem como os seus índices de produção (VERRIER *et al.*, 2014).

Ball (2015) realizou um estudo de caso para examinar a relação entre eficiência energética e seu impacto no fluxo de produção *lean*. Em geral, o autor verificou que existe um consenso geral de que o *lean* (práticas de redução de desperdícios em particular) tem um impacto positivo nas práticas *green*, no entanto, o inverso das práticas *green* sobre o *lean*, em particular o fluxo, está ausente da literatura. Para cumprir o objetivo da pesquisa, os desperdícios energéticos foram categorizados em uma hierarquia representada como uma pirâmide, contendo um número de níveis. Estes níveis progridem das estratégias mais favorecidas às menos favorecidas que incluem prevenir, reduzir, reutilizar e eliminar. Essa hierarquia, conforme o autor, pode ser usada para categorizar as ações de redução de energia em um sistema de produção existente e relacioná-las ao impacto da produção *lean* (BALL, 2015). O autor verificou que as atividades de redução de energia implicitamente reduzem o desperdício, o que é compatível com o objetivo de desperdícios *lean*, no entanto, ao aplicar o princípio da hierarquia de resíduos às práticas de eficiência energética, o fluxo *lean* é progressivamente limitado ou comprometido para os níveis inferiores da hierarquia.

3.3.3 Síntese das pesquisas sobre *lean* e *green*

Após a análise das pesquisas em grupos (Figura 10), foi possível identificar as categorias de estudo relativas a cada grupo de artigos (Figura 11). Da Figura 11 pode-se observar que cada grupo engloba diferentes tópicos de estudo, os quais, estão referenciados com os respectivos números dos artigos que abordam o mesmo. Essa numeração está baseada na lista de artigos contida no Quadro 5.

Figura 11 – Tópicos abordados pelas pesquisas sobre *lean* e *green*



Fonte: Elaborado pela autora.

Da análise das pesquisas observou-se o estudo de Galeazzo, Furlan e Vinelli (2014) investigou a interação das práticas *lean* com as práticas *green*, e se essa interação leva a efeitos sinérgicos no desempenho da empresa, a fim de viabilizar uma melhor implementação. Porém, essa interação foi investigada por meio de pesquisa qualitativa, e o objeto de estudo foram empresas com forte compromisso tanto com a produção enxuta quanto com a gestão ambiental. Os autores sugerem que pesquisas adicionais devem investigar ambientes empresariais mais complexos, ou incertos, nos quais a implantação de práticas ambientais pode ser dificultada.

Thanki, Govindan e Thakkar (2016) também investigaram a relação das práticas *lean* e *green* com o desempenho da empresa, utilizando a ferramenta AHP. No entanto, não investigaram as inter-relações existentes entre as práticas, sugeriram, portanto, a aplicação do modelo ANP para tal investigação.

Pode ser observado também que práticas *lean* foram compartilhadas para atingir os objetivos do *green*, como o MFV, utilizado para identificar desperdícios ambientais, e medir a melhoria dos desempenhos ambientais ao longo do tempo, como mostram os autores Chiarini (2014) e Faulkner e Badurdeen (2014). Chiarini (2014) também analisou outras práticas *lean* como o 5S, manufatura celular, MPT e redução do tempo de *setup*, com os desperdícios

ambientais. Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011) afirmam que as ferramentas *lean* como produção puxada, produção em célula, MFV, 5S, manutenção preventiva total, *six sigma*, *kaizen*, controles visuais e *poka yoke*, facilitam a obtenção da sustentabilidade ambiental. Observa-se, portanto, uma tendência da utilização de práticas *lean* para melhorar o desempenho *green*, havendo uma necessidade de estudos que relacionem as práticas de ambas as abordagens.

3.4 ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO *LEAN* E *GREEN*

Para avaliar práticas *lean* e *green*, é necessário estabelecer os critérios de desempenho pelos quais as práticas serão avaliadas. Uma vez que a ferramenta utilizada por este estudo é o ANP, faz-se necessário a identificação de critérios (dimensões de desempenho), subcritérios (determinantes de desempenho) e alternativas (ou capacitadores) para a avaliação das práticas *lean* e *green*, os quais, serão os elementos de avaliação necessários para cumprir o objetivo desta pesquisa.

Com o objetivo de facilitar a identificação dos elementos necessários que irão compor o ANP, fez-se uma análise dos artigos do *portfólio* da pesquisa, conforme a classificação apresentada anteriormente na Figura 11 (influência sobre o desempenho organizacional, relações com outras abordagens, implementação integrada, e relações entre as estratégias *lean* e *green*). A partir dessa análise, foi possível identificar critérios, subcritérios e elementos-chave utilizados pelos artigos, conforme pode-se observar no Quadro 8.

A partir da análise por correntes de pesquisa, foi possível elencar os critérios que compõem os trabalhos, por corrente de pesquisa, conforme apresentado no Quadro 9, que relaciona o critério ao número do artigo conforme apresentado no Quadro 5. Em seguida, foram elencados os elementos que podem ser considerados como critérios de desempenho organizacional. Fez-se a análise dos mesmos quanto à sua utilização relacionada a cada prática identificada na análise da literatura. Para isso, no Quadro 10, as práticas encontradas foram dispostas horizontalmente, e os critérios de desempenho identificados dispostos verticalmente.

Foram elencados para compor o Quadro 10, apenas os critérios que fazem parte do escopo do objetivo do trabalho. Desse modo, a partir do Quadro 9 foram elencados os critérios relacionados às seguintes correntes de pesquisa: influência sobre o desempenho,

implementação integrada e os que fazem parte da relação entre o *lean* e o *green*. Desse modo, foram excluídos da análise aqueles que tratavam da relação do *lean* e/ ou *green* com outras abordagens.

Para cada critério, foram identificadas práticas que permitam avaliar as abordagens *lean* e *green* de forma conjunta (Quadro 10). Essas práticas foram definidas por meio de análise dos artigos do *portfólio*. Cada prática foi relacionada com critérios que elas possuem influência. Ao final, apenas os critérios de desempenho que possuem relação com as práticas identificadas foram utilizados para construção *framework* teórico integrativo para avaliação da implementação de práticas *lean* e *green*.

As práticas encontradas pertencem às abordagens *lean* e *green*. Dessa forma, as práticas *lean* definidas para este trabalho foram as seguintes: MFV, *Kaizen*, 5S, SMED, TP, PP, FC e MPT. Já as práticas *green* foram: SGA, ACV, 3R, DFE e EEC.

Quadro 8 – Síntese dos elementos dos artigos do portfólio

Correntes de pesquisa	Crítérios	Subcritérios	Elementos-chave	Autores
Influência sobre o desempenho	Desempenho Operacional	-	Força de trabalho, gestão <i>top-down</i> , <i>feedback</i> de baixo para cima, relações com os fornecedores e os <i>stakeholders</i> e melhoria contínua.	Verrier, Rose e Caillaud (2016)
		Redução do desperdício, estoques, tempo de processamento e superprodução, custo, aumento da lucratividade.	MFV, <i>kaizen</i> , 5S, SMED, TP, medição do tempo de ciclo, ISO 14001.	Miller, Pawloski e Standridge (2010)
		-	Interação das práticas <i>lean</i> e <i>green</i> .	Galeazzo, Furlan e Vinelli (2014)
		Produtividade e eliminação do desperdício.	Práticas <i>lean</i> e práticas <i>green</i> .	Prasad, Khanduja e Sharma (2016)
	Desempenho Ambiental	Redução no uso de materiais, consumo de energia, resíduos perigosos e uso de água	PP, FC, MFV, 5S, MPT, <i>six sigma</i> , <i>kaizen</i> , controles visuais e <i>poka yoke</i> .	Vinodh, Arvind e Somanaathan (2011)
		Eliminação de resíduos sólidos e consumo de energia.	<i>Kaizen</i> e otimização matemática.	Miller, Pawloski e Standridge (2010)
		Redução de impactos ambientais.	MFV, 5S, FC, SMED e MPT.	Chiarini (2014)
		Redução de emissões de carbono.	Tecnologia em grupo, JIT, fluxo de trabalho ininterrupto, controle total da qualidade, envolvimento dos funcionários e melhoria contínua; ACV.	Wu (2014)
		Redução de desperdícios	<i>Lean Management</i> ; gestão de resíduos sólidos; 3R.	Fercoq, Lamouri e Carbone (2016)
		Estratégia de produto responsiva; práticas <i>lean</i> ; reestruturação da cadeia de suprimentos;	Conjunto de ganhadores de pedidos que visam aumentar a capacidade de resposta do mercado; melhoria contínua, capacitação dos funcionários e conjunto coerente de decisões; mudanças de	Hong, Roh e Rawski (2012)

Correntes de pesquisa	Crítérios	Subcritérios	Elementos-chave	Autores
		desempenho ambiental e desempenho da empresa.	fornecedores, desenvolvimento de fornecedores e coordenação de fluxo de mercadorias; reputação social, satisfação do funcionário e conhecimento do funcionário; vendas e <i>market share</i> .	Hajmohammad <i>et al.</i> (2013)
		<i>Lean</i> , gestão da cadeia de suprimentos e práticas ambientais.	JIT, redução de <i>lead time</i> , SMED e gestão da qualidade total; programas de avaliação, certificação, reconhecimento, desenvolvimento dos fornecedores, e auditoria das instalações dos fornecedores; ISO 14001, redução de resíduos e reciclagem de materiais; emissões atmosféricas, geração de águas residuais, eliminação de resíduos sólidos, consumo de materiais perigosos/nocivos/tóxicos e consumo de energia.	
	Desempenho <i>lean</i> , desempenho <i>green</i> , desempenho ambiental e desempenho do negócio.	Redução de custos, melhoria da qualidade, redução do tempo de ciclo e melhor desempenho de entrega; Redução do desperdício de água, redução de resíduos sólidos, emissões reduzidas e consumo de energia reduzido; Qualidade, Custo e produtividade, Lead-time, <i>Design</i> de produto, rentabilidade, valor da marca, posição de mercado e satisfação do cliente.	5S, <i>Kaizen</i> , SMED, controles visuais, MFV, FC, MPT, <i>Kanban</i> ; ACV, DFE, EEC, 3R, práticas da cadeia de suprimentos verde, otimização do uso de recursos naturais, ISO 14001.	Thanki, Govindan e Thakkar (2016)
	Desempenho ambiental, desempenho social.	Consumo de água de processo, uso de matéria-prima e consumo de energia; trabalho físico	MFV sustentável.	Faulkner e Badurdeen (2014)

Correntes de pesquisa	Crítérios	Subcritérios	Elementos-chave	Autores
		(ergonomia física) e ambiente de trabalho (riscos).		
	Desempenho de sustentabilidade (ambiental, econômica e social).	-	Práticas <i>lean</i> , <i>green</i> e <i>Corporate Social Responsibility</i> . Tamanho e idade da empresa.	Wu <i>et al.</i> (2015)
	Melhorias de sustentabilidade.	OEE e sustentabilidade.	Disponibilidade, qualidade, desempenho de cada etapa de produção, e impacto ambiental (calculado do ciclo de vida completo do produto).	Domingo e Aguado (2015)
	Desempenho <i>lean</i> e <i>green</i>	CVE, Tempo de valor agregado e pegada de carbono.	MFV e eventos <i>kaizen</i> .	Ng, Low e Song (2015)
	Avaliação do desempenho <i>lean-green</i> .	Eficiência de utilização dos recursos do sistema de produção; e minimização dos desperdícios operacionais e ambientais.	MFV, contabilidade de custos de fluxo de materiais, e a ferramenta de otimização de recursos <i>Pinch analysis</i> .	Thanki e Thakkar (2016)
Relações com outras abordagens	<i>Lean Management</i> , <i>Supply Chain Management</i> e Sustentabilidade (três pilares).	-	Princípios e práticas <i>lean</i> , princípios e práticas ambientais, desempenho ambiental.	Martinez-Jurado e Moyano-Fuentes (2014)
	<i>Green</i> , <i>lean</i> e <i>six sigma</i> .	-	Maximização do lucro, competitividade, impacto ambiental negativo da produção, consumo de produtos, satisfação do cliente, DMAIC.	Garza-Reyes (2015b)
	<i>Lean</i> , <i>green</i> e de <i>best practice business</i> .	-	Uso de embalagens retornáveis; consolidação de pedidos e taxas de preenchimento melhoradas; medição de dióxido de carbono; monitorização e registo da eficiência de combustível; eficiência energética; conformidade dos fornecedores com as diretrizes de compras ecológicas; controle de qualidade e notificação de estado de substâncias perigosas.	Wiese <i>et al.</i> (2015)
	Produção enxuta,	-	MFV; JIT; MPT; <i>Kanban</i> ; SMED; Kaizen; Zero	Silva <i>et al.</i> (2016)

Correntes de pesquisa	Crítérios	Subcritérios	Elementos-chave	Autores
	produção em massa, gestão ambiental.		defeito; <i>Pokayoke</i> ; 5S; <i>Empowerment</i> ; Trabalho em equipes; manufatura celular; Medidas de performance/ <i>balanced scorecard</i> . Redução do lixo; otimização dos recursos (insumos); redução ou eliminação dos descartes de poluentes no meio ambiente; Desenvolvimento de produtos que minimizem o impacto ambiental; EEC; minimização, em novos projetos, de qualquer impacto adverso; promoção do conhecimento ambiental entre os empregadores, colaboradores e consumidores; Certificação; Promoção voluntária de informações sobre o desempenho ambiental e marketing verde; Capacitação via treinamento.	
	<i>Lean manufacturing</i> , <i>Six Sigma</i> e sustentabilidade.	-	Desempenho econômico, ambiental e social.	Cherrafi <i>et al.</i> (2016)
Implementação integrada	Melhoria de rendimento, eficiência energética, tecnologia inovadora e parcerias com a comunidade.	-	Combinação de práticas <i>lean</i> e <i>green</i> : <i>Green Value Stream Mapping</i> , 5S e Segurança, Melhoria do Processo Estatístico e 7R.	Torielli <i>et al.</i> (2011)
	Redução dos custos de produção	-	SMED, aumento das taxas de qualidade, melhoria da disponibilidade da máquina, extensão da vida da ferramenta e redução do tamanho do lote; e eficiência energética.	Diaz-Elsayed <i>et al.</i> (2013)
	Benefícios para o meio ambiente e empresas	Redução dos desperdícios de produção e de impactos ambientais.	<i>Kaizen</i> .	Pampanelli, Found e Bernardes (2013)
	<i>Lean</i> , <i>Green</i> e Desempenho da empresa	-	Sete desperdícios, práticas <i>lean</i> , lucro, valor da marca, custo, desempenho corporativo, vendas, crescimento, preço, valor da empresa, recursos humanos, qualidade e impacto ambiental.	Hallam e Contreras (2016)
	<i>Lean</i> e Sustentabilidade ambiental	-	Ambiente de trabalho, cadeia de suprimentos, estratégia da empresa e comunidade.	Piercy e Rich (2015)

Correntes de pesquisa	Crítérios	Subcritérios	Elementos-chave	Autores
	Gerenciamento de desperdícios	-	MFV, estratégias de contabilidade de custos de produção mais limpa e fluxo de materiais.	Kurdve <i>et al.</i> (2015)
	Manufatura sustentável <i>lean</i>	-	Compromisso; Apoio governamental; Cursos de formação; Aquisição de tecnologias mais limpas; Redução do tempo de espera; Padronização; Uso eficiente de tecnologia mais nova; Controle de defeitos; Medidas efetivas para reduzir o impacto ambiental; Experiência interna; Complexidade no design para reduzir, reutilizar, reciclar ou recuperar materiais, componentes ou energia; Desenhos de produtos que evitam ou reduzem o uso de material tóxico ou perigoso; Qualidade adequada das instalações de fabricação; Controle visual; Medidas de segurança e ergonomia; Tomada de decisão colaborativa; Envolvimento dos funcionários; Conhecimento ambiental; Conformidade com os requisitos ambientais; Redução do inventário desnecessário; Participação do cliente no programa de qualidade; Sensibilidade ao cliente.	Vinodh, Ramesh e Arun (2016)
Conexões <i>lean-green</i>	Pensamento <i>lean</i> e <i>green</i>	-	Desenvolvimento (simultâneo de metodologias <i>lean</i> e <i>green</i>), Implementação (Nomeação de defensores da sustentabilidade ambiental nas empresas), e Educação (Integração do pensamento <i>lean</i> e <i>green</i> nos currículos universitários).	Dhingra, Kress e Upreti (2014)
	Práticas <i>lean</i> , práticas <i>green</i> , desempenho empresarial (desempenho de mercado e financeiro)	-	JIT, gestão da qualidade e envolvimento dos funcionários; sistema de gestão ambiental, ACV, DFE e ISO 14001; medidas para vendas e participação de mercado, percepções sobre retorno sobre ativos e retorno sobre as vendas; e tamanho da empresa.	Yang, Hong e Modi (2011)

Correntes de pesquisa	Crítérios	Subcritérios	Elementos-chave	Autores
	Categorias de modelos de negócios	-	Liderança, planejamento estratégico, pessoas, processos, <i>stakeholders</i> e resultados.	Duarte e Cruz-Machado (2013)
	<i>Lean Manufacturing e Industrial Ecology</i>	-	Redução do consumo de matérias-primas e dos resíduos, Processos mais fluidos com <i>lead time</i> e <i>setup</i> mais baixos, Redução dos custos energéticos, Redução de manutenção, Melhor conhecimento do processo, e Melhoria das condições de trabalho. Melhor imagem da empresa como oportunidade em comum.	Iopollo <i>et al.</i> (2014)
	Política <i>Lean</i> e <i>Green</i> .	-	Monitorização dos desperdícios, consumo de energia, matérias-primas e água, e índices de produção.	Verrier <i>et al.</i> (2014)
	Eficiência energética e fluxo <i>lean</i> .	Redução de energia e redução de desperdícios.	3R e práticas de eficiência energética.	Ball (2015)
	Práticas de gestão da cadeia de suprimentos <i>lean</i> e <i>green</i> .	Propósito, foco, clientes, alcance da satisfação do cliente, estrutura organizacional subjacente; relacionamento com fornecedores e clientes, e todos os estágios ao longo da cadeia de suprimentos.	Técnicas de redução de desperdícios <i>lean</i> e <i>green</i> ; Envolvimento dos funcionários; Colaboração com os parceiros da cadeia de suprimentos; Nível de serviço; MFV.	Dües, Tan e Lim (2013)

Fonte: Elaborado pela autora

Quadro 9 – Critérios por corrente de pesquisa

Critérios/ Corrente de pesquisa	Influência sobre o desempenho						Relações com outras abordagens	Implementação integrada	Conexões lean-green
	Operacional	Ambiental	Lean	Lean-Green	Social	Sustentável (triple bottom line)	-	-	-
<i>Supply chain management</i>							(13)		
Sustentabilidade							(13;35)		
<i>Six sigma</i>							(25;35)		
<i>Business best practices</i>							(29)		
Redução de desperdícios	(1; 31)	(37)		(38)				(11;20)	(28)
Estoque	(1)								
Tempo de processamento	(1)								
Redução de custos	(1)	(33)	(33)					(10;36)	
Lucro	(1; 33)							(5;36)	
Produtividade	(31)	(33)							
Redução do uso de materiais		(4;15)							
Consumo de energia		(1;4;33)						(5)	(28)
Redução do desperdício de água		(4;15;33)							
Redução de resíduos sólidos		(1;33)							
Impactos ambientais		(14)				(27)		(11;36)	
Redução de emissões		(19;33)							
Estratégia de produto responsiva		(6)							
Qualidade		(33)	(33)			(27)		(36)	
Redução do tempo de ciclo			(33)						

Critérios/ Corrente de pesquisa	Influência sobre o desempenho						Relações com outras abordagens	Implementação integrada	Conexões <i>lean-green</i>
	Operacional	Ambiental	Lean	Lean-Green	Social	Sustentável (triple bottom line)	-	-	-
Desempenho de entrega			(33)						
<i>Lead time</i>	(33)								
Design de produto		(33)							
Posição de mercado	(33)							(36)	
Satisfação do cliente	(33)								(8)
Valor da marca	(33)							(36)	
Ergonomia física					(15)				
Ambiente de trabalho (riscos)					(15)				
Disponibilidade de equipamentos						(27)			
Desempenho de cada estágio de produção						(27)			
Tempo de valor agregado				(22)					
Pegada de carbono				(22)					
Uso eficiente de recursos				(38)					
Tecnologias inovadoras								(5)	

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 10 – Relação *critérios versus* práticas

Critérios/Práticas	MFV	<i>Kaizen</i>	5S	SMED	TP	PP	FC	MPT	SGA	ACV	3R	DFE	EEC
Redução de desperdícios	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		
Estoque	x	x	x	x	x				x				
Tempo de processamento	x	x	x	x	x				x				
Redução de custos	x	x	x	x	x			x	x				
Lucro	x	x	x	x	x				x		x		
Produtividade	x	x	x	x		x	x	x	x		x		
Redução do uso de materiais	x	x	x			x	x	x					
Consumo de energia	x	x	x			x	x	x	x		x	x	x
Redução do desperdício de água	x	x	x			x	x	x	x		x		
Redução de resíduos sólidos		x							x		x		
Impactos ambientais	x	x	x	x			x	x		x			
Redução de emissões		x							x	x	x	x	
Estratégia responsiva do produto		x											
Qualidade		x	x					x					
Redução do tempo de ciclo	x			x				x					
Desempenho de entrega			x	x				x					
<i>Lead time</i>													
<i>Design</i> de produto												x	
Satisfação do cliente	x												
Ergonomia física	x												
Ambiente de trabalho (riscos)	x												
Tempo de valor agregado	x	x											
Pegada de carbono	x	x											
Uso eficiente de recursos	x												
Tecnologias inovadoras	x		x								x		

Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados da análise da literatura forneceram algumas informações sobre a influência das práticas *lean* e *green* sobre os critérios de desempenho operacional e ambiental.

Por fim, os critérios de desempenho operacional selecionados foram estoques, lucro e produtividade. Tanto o critério estoques quanto o critério lucro sofrem influência das práticas *lean* 5S, MFV, TP, SMED e *kaizen*; já quanto às práticas *green*, enquanto o lucro é influenciado pelo SGA e pelo 3R, os estoques sofrem influência apenas da prática SGA (MILLER *et al.*, 2010; THANKI *et al.*, 2016). O critério produtividade sofre influência das práticas *lean* PP, MFV, 5S, SMED, MPT e FC; e das práticas *green* SGA e 3R (PRASAD *et al.*, 2016; THANKI *et al.*, 2016).

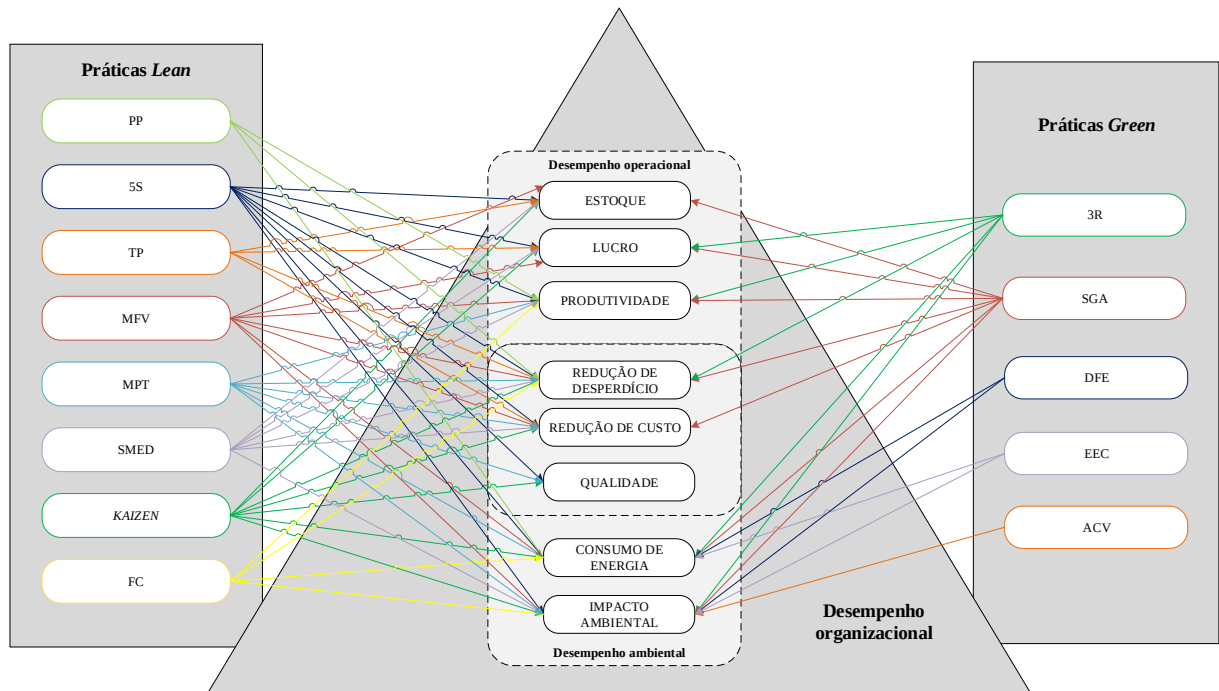
Quanto aos critérios de desempenho ambiental, foram elencados os seguintes: redução do consumo de energia, redução dos impactos ambientais e a qualidade. O critério redução do consumo de energia é influenciado pelas práticas *lean* MFV, *kaizen*, 5S, MPT, PP e FC; bem como, pelas práticas *green* SGA, 3R, DFE e EEC (BALL, 2015; FAULKNER; BADURDEEN, 2014; HAJMOHAMMAD *et al.*, 2013; MILLER *et al.*, 2010; THANKI *et al.*, 2016; VERRIER *et al.*, 2014; VINODH *et al.*, 2011).

O critério de redução dos impactos ambientais sofre influência das práticas *lean* MFV, *kaizen*, 5S, SMED, MPT e FC (CHIARINI, 2014; SILVA *et al.*, 2016; HALLAM; CONTRERAS, 2016; PAMPANELLI *et al.*, 2014; VINODH *et al.*, 2016). Com relação às práticas *green*, foi encontrado apenas um estudo que relacionou com a ACV (DOMINGO; AGUADO, 2015), porém, uma vez que o foco das práticas *green* é a redução de impactos negativos no ambiente (GALEAZZO; FURLAN; VINELLI, 2014), para fins deste estudo, também será feita a análise dos impactos ambientais com as demais práticas *green* encontradas.

Na análise dos artigos, foram identificados três critérios que estão relacionados tanto com o desempenho operacional, quanto com o desempenho ambiental: redução de desperdícios, qualidade e redução de custos. A redução de desperdícios possui relação com as práticas *lean* PP, 5S, TP, MFV, MPT, SMED, *kaizen* e FC; e com as práticas *green* 3R e SGA (BALL, 2015; DÜES *et al.*, 2013; FERCOQ *et al.*, 2016; MILLER *et al.*, 2010; PAMPANELLI *et al.*, 2013; PRASAD *et al.*, 2016; THANKI; THAKKAR, 2016). O critério qualidade é influenciado apenas pelas seguintes práticas *lean*: *kaizen*, 5S e MPT (HALLAM; CONTRERAS, 2016; THANKI *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2011). Por fim, o critério de redução de custos se relaciona com as práticas *lean* 5S, TP, MFV, MPT, SMED e *kaizen*; e com apenas uma prática *green*, o SGA (DIAZ-ELSAYED *et al.*, 2013; MILLER *et al.*, 2010; THANKI *et al.*, 2016).

Uma vez identificados os critérios desempenho operacional, ambiental e as relações de influência entre os critérios e práticas *lean* e *green*, foi possível elaborar o *framework* integrativo teórico, como mostra a Figura 12. O *framework* proposto serviu como base para montar a rede do método ANP.

Figura 12 – *Framework* integrado teórico *lean-green*



Fonte: Elaborado pela autora.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

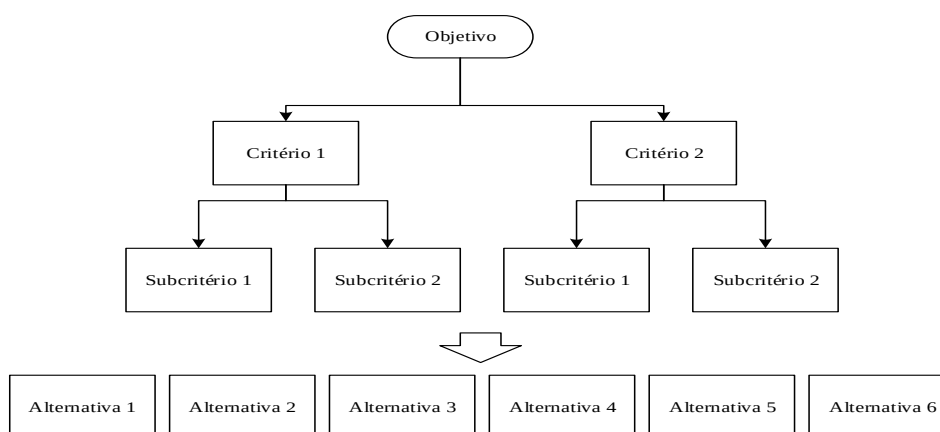
Neste capítulo estão contidos os aspectos metodológicos necessários para a efetivação da pesquisa, sendo eles: *framework* de avaliação e procedimentos para o estudo de caso.

4.1 ANALYTIC NETWORK PROCESS (ANP)

Uma vez que o objetivo deste trabalho é desenvolver um *framework* integrativo para avaliar os sistemas *lean* e *green*, os quais são sistemas complexos compostos de vários subsistemas, torna-se necessário um método de avaliação que trate de forma conjunta os diferentes critérios de avaliação envolvidos. Desse modo, para análise deste estudo, foi utilizado um método multicritério de apoio à decisão. Os métodos Multicritério de Apoio à Decisão auxiliam na avaliação de um conjunto de alternativas com relação a um determinado conjunto de critérios, entre os quais, está o método *Analytic Network Process* (ANP) (SILVA; NASCIMENTO; BELDERRAIN, 2010).

O método ANP pertence à Escola Americana de Apoio Multicritério à Decisão e é uma extensão do método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), ambos desenvolvidos por Thomas L. Saaty (SAATY; KEARNS, 1985). A estruturação no AHP resulta em hierarquias, como pode ser visto no exemplo da Figura 13. A hierarquia geral tem três níveis principais: a decisão está no topo, os critérios no meio e as alternativas no final (SANTOS; SALOMON; MARINS, 2015).

Figura 13 – Estrutura hierárquica genérica



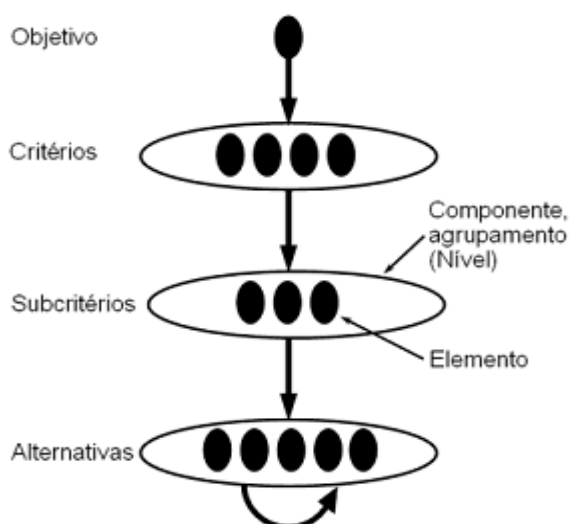
Fonte: Elaborado pela autora.

Tanto o AHP quanto o ANP são utilizados para derivar prioridades de julgamentos individuais, os quais são executados conjuntamente e de uma forma organizada. O que diferencia os métodos AHP e ANP são as relações de dependência. Enquanto o AHP é formulado através de hierarquia, o ANP tem a ideia de rede e realiza comparações internas e externas, relacionando critérios, subcritérios e alternativas (MEDEIROS JR.; PEREZ; LEX, 2014).

Muitos problemas de decisão não podem ser estruturados hierarquicamente devido a existência de dependências. Assim, o ANP complementa o AHP para resolver problemas em casos de dependência e *feedback* entre os elementos (SANTOS; SALOMON; MARINS, 2015). A estrutura do ANP consiste em agrupamentos (*clusters*) de elementos com dependência interna e entre esses agrupamentos com dependência externa (MEDEIROS JR.; PEREZ; LEX, 2014).

Por permitir uma maior flexibilidade ao incorporar interdependências importantes de forma dinâmica, a utilização do método ANP torna-se vantajosa em relação ao AHP e outras abordagens de multicritério (SARKIS, 2003). No ANP os problemas passam a ser formulados em redes, e não mais em hierarquias. Em outras palavras, um problema de tomada de decisão em uma forma hierárquica pode ser estruturado em forma de rede, como pode ser observado na Figura 14.

Figura 14 – Representação da estrutura de rede ANP



Fonte: Medeiros Jr., Perez e Lex (2014, p. 287).

A comparação dos grupos (*clusters*) é indicada pela direção das setas, assim, uma seta com duplo sentido indica que há influência dos subcritérios nas alternativas e vice-versa. A

seta em forma de arco sob o grupo “alternativas” indica que as alternativas sofrem influência entre si. O desempenho de um critério em um subcritério, no entanto, não depende do desempenho em outro subcritério (MEDEIROS JR.; PEREZ; LEX, 2014).

A abordagem de rede e interdependências é necessária quando se quer avaliar o sistema *lean* e *green* de forma integrada. A premissa deste trabalho é que *lean* e *green* podem ser implementadas como subsistemas de um mesmo sistema de gestão. Assim, os dois subsistemas poderão se apoiar mutuamente e atingir objetivos de desempenho que não são conflitantes, mas complementares. Para isso, é importante desenvolver, de forma conjunta, uma rede intrincada de práticas *lean* e práticas *green* destinadas a melhorar o desempenho global da organização.

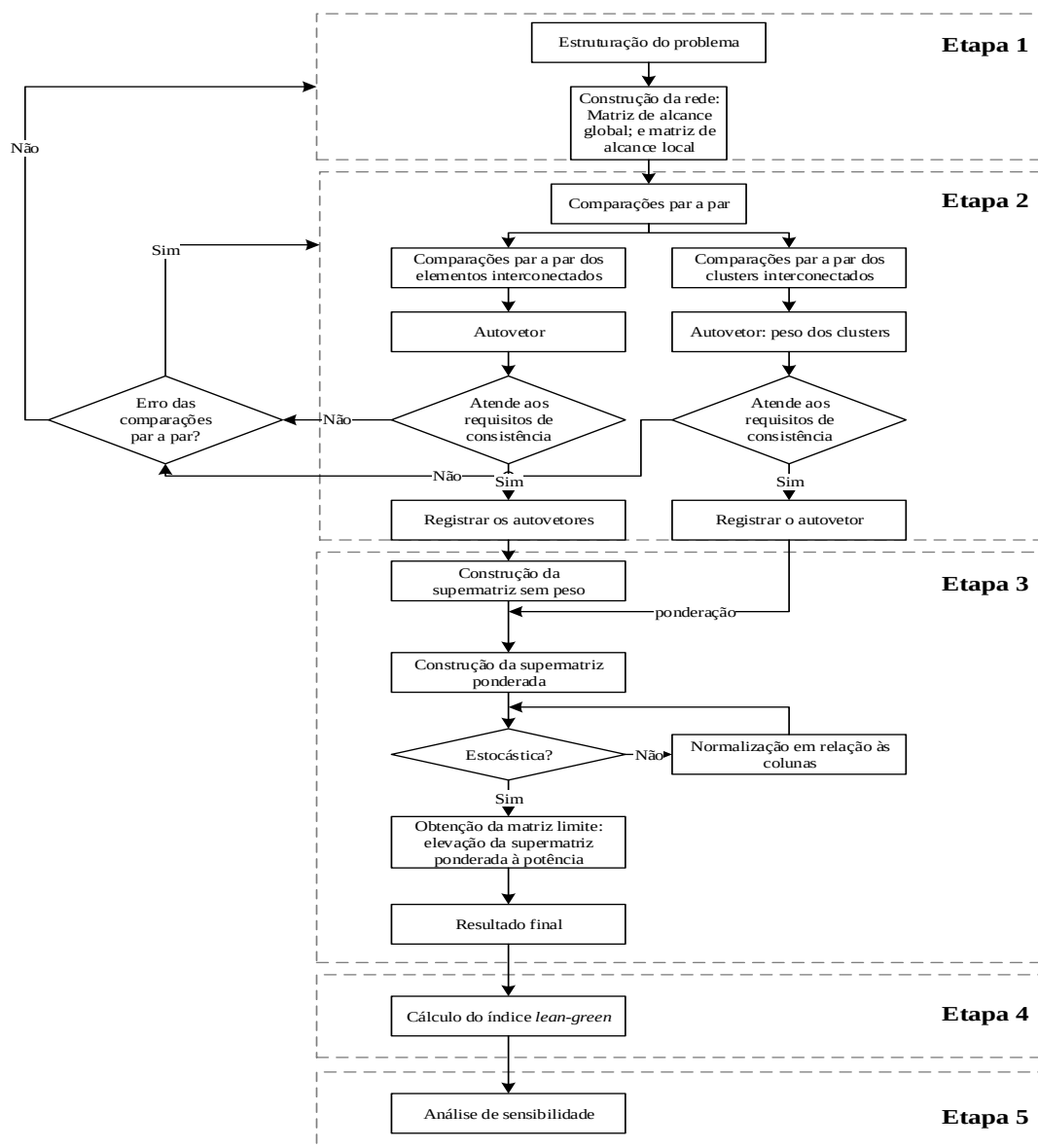
Dessa forma, uma vez que a avaliação de práticas *lean* e *green* necessita da análise das interdependências entre os elementos *lean* e *green*, pela possibilidade de realizar agrupamentos, e por possibilitar o *feedback* dos julgamentos, o método escolhido para este estudo foi o *Analytic Network Process* (ANP).

Com a utilização de ferramentas de *software* apropriadas, como o *software SuperDecisions* (<https://superdecisions.com/>), a aplicação do ANP pode ser facilitada, uma vez que o *software* realiza todos os cálculos necessários e gera todas as matrizes de comparações para análise. Assim, o *SuperDecisions* será utilizado neste estudo para aplicação do ANP (SARKIS, 2003; MEDEIROS JR.; PEREZ; LEX, 2014).

4.2 DESCRIÇÃO DO *FRAMEWORK* DE AVALIAÇÃO

Para facilitar a compreensão do *framework* de avaliação de práticas *lean* e *green* desenvolvido neste trabalho, a Figura 15 apresenta de forma esquemática o roteiro geral necessário para aplicação do ANP dividido em cinco etapas: 1) formulação do problema de decisão, 2) julgamentos, 3) estruturação da supermatriz e obtenção dos resultados, 4) cálculo do índice *lean-green* e 5) análise de sensibilidade. Os passos necessários para realização do ANP em cada etapa podem ser observados na Figura 15. Em seguida será feita uma descrição das etapas da aplicação, adaptada da estrutura de Silva, Oliveira e Bederrain (2010).

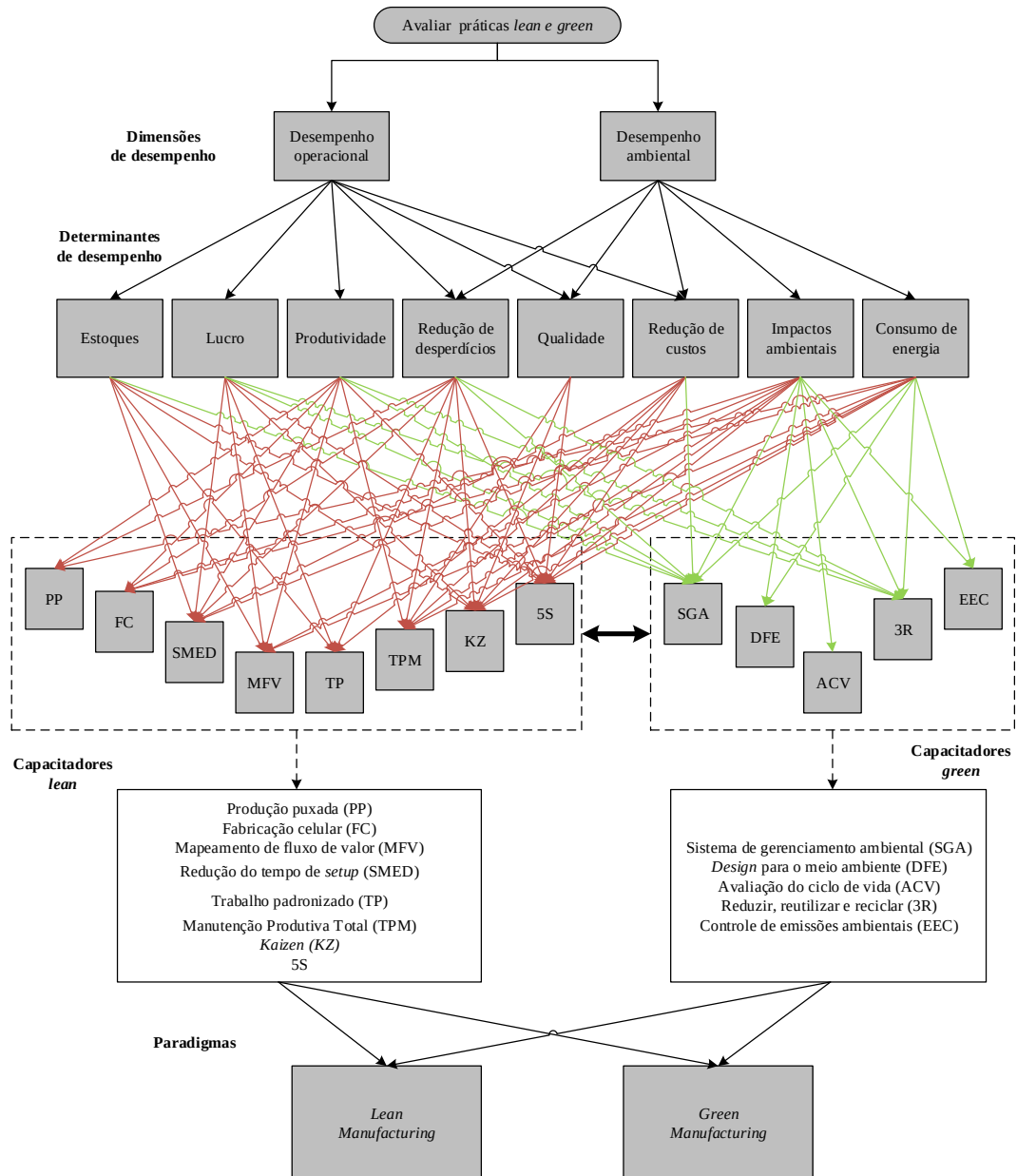
Figura 15 – Fluxograma para a aplicação do ANP



Fonte: Adaptado de Silva, Oliveira e Bederrain (2010).

a) Etapa 1: Formulação do problema

Nessa etapa, definem-se o objetivo do processo e os *clusters* (grupos). O objetivo do processo se refere à avaliação de práticas *lean* e *green*, e os *clusters* são o conjunto de dimensões de desempenho, determinantes de desempenho, capacitadores *lean*, capacitadores *green* e paradigmas. O *framework* de avaliação foi baseado no *framework* teórico apresentado na Figura 12, uma vez que são constituídos pelos mesmos elementos. Porém, foi necessária a estruturação desses elementos de forma que permitisse a operacionalização do *framework* por meio da técnica ANP, como observa-se na Figura 16.

Figura 16 – *Framework* de avaliação para aplicação do ANP

Fonte: Elaborado pela autora.

Uma vez definidos os *clusters*, estabeleceram-se as relações de dependência entre os elementos, por meio de matrizes binárias, conhecidas como matriz de alcance global e matriz de alcance local. A matriz de alcance global diz respeito à relação entre os *clusters*, e a matriz de alcance local representa as dependências existentes entre os elementos dos *clusters*. A matriz de alcance global, portanto, apresenta as relações de dependência entre as dimensões, determinantes, capacitadores e paradigmas. Já a matriz de alcance local apresenta as relações existentes entre os elementos que compõem as dimensões, os elementos que compõem os determinantes e entre os capacitadores *lean* e *green*. Para as duas matrizes, havendo relação

de dependência (constatadas na literatura e representadas na Figura 12), o valor a ser atribuído é 1, e não havendo o valor a ser atribuído é 0.

b) Etapa 2: Julgamentos

Ao identificar as relações existentes, a próxima etapa foi a realização de comparações par a par (ou julgamentos). Para isso, foram consultados especialistas da empresa estudada, utilizando-se a escala fundamental de Saaty (Quadro 11) para atribuir valores de importância entre os elementos e entre os *clusters*.

Quadro 11 – Escala fundamental de Saaty

Valor	Definição	Explicação
1	Importância/contribuição/relação igual	Os dois elementos contribuem igualmente
3	Importância/contribuição/relação fraca	Julgamento levemente a favor de um elemento sobre outro.
5	Importância/contribuição/relação forte	Julgamento fortemente a favor de um elemento sobre outro.
7	Importância/contribuição/relação muito forte	Um elemento é fortemente favorecido e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância/contribuição/relação extremamente forte	A evidência favorecendo um elemento em relação ao outro com ordem de afirmação a mais alta possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Dúvida

Fonte: Saaty e Kearns (1985).

Os julgamentos foram organizados em uma matriz de decisão, com ordem igual ao número de elementos comparados. Após as comparações, verificou-se a consistência dos julgamentos, buscando-se obter $\lambda = n$ para que as comparações estejam coerentes. Saaty e Kearns (1985) recomendam que para valores de CR acima de 0,20 as comparações devem ser revisadas. A consistência é obtida por meio do cálculo:

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n-1)RI} \quad (1)$$

Onde:

CR = Razão de consistência;

λ = o autovalor máximo da matriz de comparações;

n = é a ordem da matriz;

RI = índice de consistência aleatória.

O cálculo da razão de consistência (CR) foi realizado automaticamente por meio do *software SuperDecisions* após a realização dos julgamentos.

c) Etapa 3: Estruturação da supermatriz e obtenção dos resultados

Por fim, foram construídas as matrizes sem peso, ponderada e matriz limite. A matriz sem peso representa a agregação dos autovalores obtidos nas comparações par a par. A matriz ponderada consiste na multiplicação dos pesos dos *clusters* na matriz sem peso, a qual deve ser estocástica (soma dos elementos de cada coluna deve ser unitária). A matriz limite foi obtida por meio do método das potências na matriz ponderada, devendo esta também ser estocástica com relação às colunas. A matriz limite indicou o resultado final, com os pesos finais de cada prática *lean* e *green* analisada, indicando quais práticas deverão ser priorizadas para obter um maior desempenho organizacional.

d) Etapa 4: Cálculo do índice *lean-green* (LG_{index})

A fim de realizar a avaliação de forma integrada dos paradigmas *lean* e *green*, foi feito o cálculo do índice *lean-green*, denominado neste trabalho como LG_{index} . O LG_{index} portanto, significa o impacto dos sistemas *lean* e *green* de forma integrada, sobre o desempenho organizacional.

Para esse cálculo, inicialmente foi realizado o somatório do produto da importância relativa de todos os pesos envolvidos. A equação para o índice de influência de cada alternativa, definida neste trabalho como paradigma, sobre cada dimensão é definido pelos autores Agarwal, Shankar e Tiwari (2006) e Wong, Ignatius e Soh (2012) como:

$$W = \sum \sum P_{ja} A_{kja}^D A_{jka}^I S_{ikja} \quad (2)$$

Onde P_{ja} é o peso relativo do determinante j sobre a dimensão “a”. A_{kja}^D é o peso do capacitador k sobre o determinante j com relação a dimensão “a” para as relações de dependência (D) entre os componentes, isto é, a dependência entre os capacitadores com relação a cada determinante, e consequentemente a cada dimensão. A_{jka}^I é o peso estabilizado para o capacitador k do determinante j para a dimensão “a”, para as relações de interdependência (I) entre os componentes. S_{ikja} é o impacto relativo do paradigma i sobre o capacitador k do determinante j da dimensão a.

O índice integrado *lean-green* (LG_{index}), por sua vez, é calculado por meio do produto de “W” pelo peso relativo de cada dimensão (C):

$$LG_{index} = W \times C \quad (3)$$

e) Etapa 5: Análise de sensibilidade

Por fim, foi feita a análise de sensibilidade com relação ao *framework* proposto. A análise de sensibilidade é importante para validar o uso efetivo de qualquer modelo de decisão quantitativo (AGARWAL; SHANKAR; TIWARI, 2006). O objetivo é ver a força do *framework* proposto quanto à variação na opinião dos respondentes ao atribuir os pesos durante as comparações. Para realização da mesma, analisou-se a variação das prioridades de cada prática ao alterar os pesos dos determinantes de desempenho, utilizando-se o *software* Excel.

4.3 PROCEDIMENTOS PARA O ESTUDO DE CASO

Para validação do *framework* proposto, foi realizado um estudo de caso em uma fábrica pertencente a uma empresa de grande porte do ramo de calçados e artigos esportivos, líder no setor de calçados na América Latina e proprietária de diversas marcas conhecidas. A mesma opera quatro fábricas no Brasil e sete na Argentina. Considerando que a empresa possui unidades fabris distribuídas no Brasil e no exterior, a pesquisa foi delimitada à fábrica localizada na cidade de Campina Grande, no Estado da Paraíba. A escolha da empresa foi devido à constatação prévia da existência de práticas *lean* e *green* aplicadas, bem como, à maior facilidade de acesso.

Para a coleta de dados, foram realizadas duas entrevistas e aplicação de questionários durante 3 visitas à empresa, realizadas nos dias 20/10/17, 08/11/17 e 01/12/2017. Os entrevistados e respondentes dos questionários foram escolhidos com base em suas responsabilidades em cada um dos programas e no conhecimento que possuem para fazer uma avaliação mais realista. As duas entrevistas (Apêndice I) foram realizadas com a coordenadora do *lean* e com o gestor ambiental da empresa, as quais tiveram uma duração de aproximadamente 40 minutos cada, e tiveram como objetivo obter uma análise geral e identificar as práticas *lean* e *green* aplicadas na empresa.

O questionário, contido no Apêndice II, teve como objetivo avaliar a contribuição de práticas *lean* e *green* quanto à critérios de desempenho operacional e ambiental, bem como, analisar a integração entre as práticas na empresa. O mesmo foi segmentado em 5 blocos, divididos para 3 respondentes, contendo 27 questões, utilizando-se a escala fundamental de Saaty (SAATY; KEARNS, 1985), apresentada anteriormente no Quadro 14. A segmentação

do questionário, feita de acordo com a divisão dos *clusters*, viabilizou a aplicação do questionário, uma vez que foi necessária a quantidade de 362 comparações par a par.

Como forma de obter os pesos relativos das dimensões de desempenho, a questão realizada foi “com relação à importância para a empresa, compare as seguintes dimensões de desempenho”. Para obtenção dos pesos relativos dos determinantes de desempenho, foram realizadas questões como “com relação à importância para o desempenho operacional da empresa, compare os seguintes critérios de desempenho”. A fim de se atribuir os pesos dos capacitadores quanto aos determinantes, foram realizadas questões como “com que intensidade as práticas ambientais contribuem para o consumo de energia?”. E para obter os pesos de relacionamento entre as práticas *lean* e *green*, foram realizados questionamentos como “compare as práticas enxutas quanto à sua relação com a prática ambiental de redução, reutilização e reciclagem”.

O primeiro respondente selecionado foi o gerente da produção, o qual foi responsável por fornecer os dados referentes à identificação do peso relativo de cada critério de desempenho, com relação às dimensões de desempenho operacional e ambiental, ou seja, a importância relativa de cada critério quanto ao desempenho operacional e desempenho ambiental.

A segunda respondente foi a coordenadora do *Lean*, a qual foi responsável por fornecer os dados referentes às relações entre critérios de desempenho operacional e ambiental e práticas *lean*, ou seja, por identificar o peso relativo de cada prática *lean* com relação à cada critério de desempenho. A coordenadora também respondeu questões referentes às relações entre as práticas *green* e práticas *lean*, com o objetivo de identificar se existe uma relação entre os sistemas de produção *lean* e *green* da empresa.

O terceiro e último respondente, foi o gestor ambiental, o qual forneceu os dados referentes às relações entre critérios de desempenho operacional e ambiental e práticas *green*, objetivando identificar o peso relativo de cada prática *green* com relação à cada critério de desempenho. Além disso, o mesmo também foi responsável por fornecer os dados referentes às relações entre as práticas *green* e práticas *lean*, com o objetivo de identificar se existe uma relação entre os sistemas de produção *lean* e *green* da empresa.

Portanto, tanto a coordenadora do *lean* quanto o gestor ambiental da empresa, foram responsáveis por fornecer as informações relativas à relação do *lean* com o *green*. Contudo, as questões presentes no questionário foram diferentes para cada. A partir dos dados obtidos

pelos questionários, foi possível obter os pesos de cada relação existente no *framework* de avaliação.

Os dados obtidos por meio do questionário (Apêndice II) foram transferidos para o *software SuperDecisions*, a partir do qual foi possível gerar as matrizes necessárias para a análise dos dados. Desse modo, foi feita a análise de cada relação contida no *framework* proposto, analisando as matrizes de comparação dos determinantes com relação às dimensões de desempenho, dos capacitadores *lean* com relação aos determinantes de desempenho, dos capacitadores *green* com relação aos determinantes de desempenho, dos capacitadores *green* com relação aos capacitadores *lean* e dos capacitadores *lean* com relação aos capacitadores *green*. Bem como, a análise geral das supermatrizes geradas, que agregam as pontuações de todas as relações, a partir das quais são obtidos os resultados finais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o propósito de demonstrar como foi realizado o teste de aplicabilidade do *framework* proposto, este capítulo inicialmente procura descrever o histórico da empresa em relação à implementação dos seus sistemas *lean* e *green*. Posteriormente é explanada a aplicação do *framework* de avaliação na empresa, por meio do método *Analytic Network Process* (ANP), discutindo seus resultados, e realizada a avaliação *lean-green* de forma integrada, por meio do cálculo do *lean-green index*. Por fim, é feita a análise de sensibilidade e da aplicabilidade do *framework*.

5.1 HISTÓRICO DA EMPRESA EM RELAÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO *LEAN* E *GREEN*

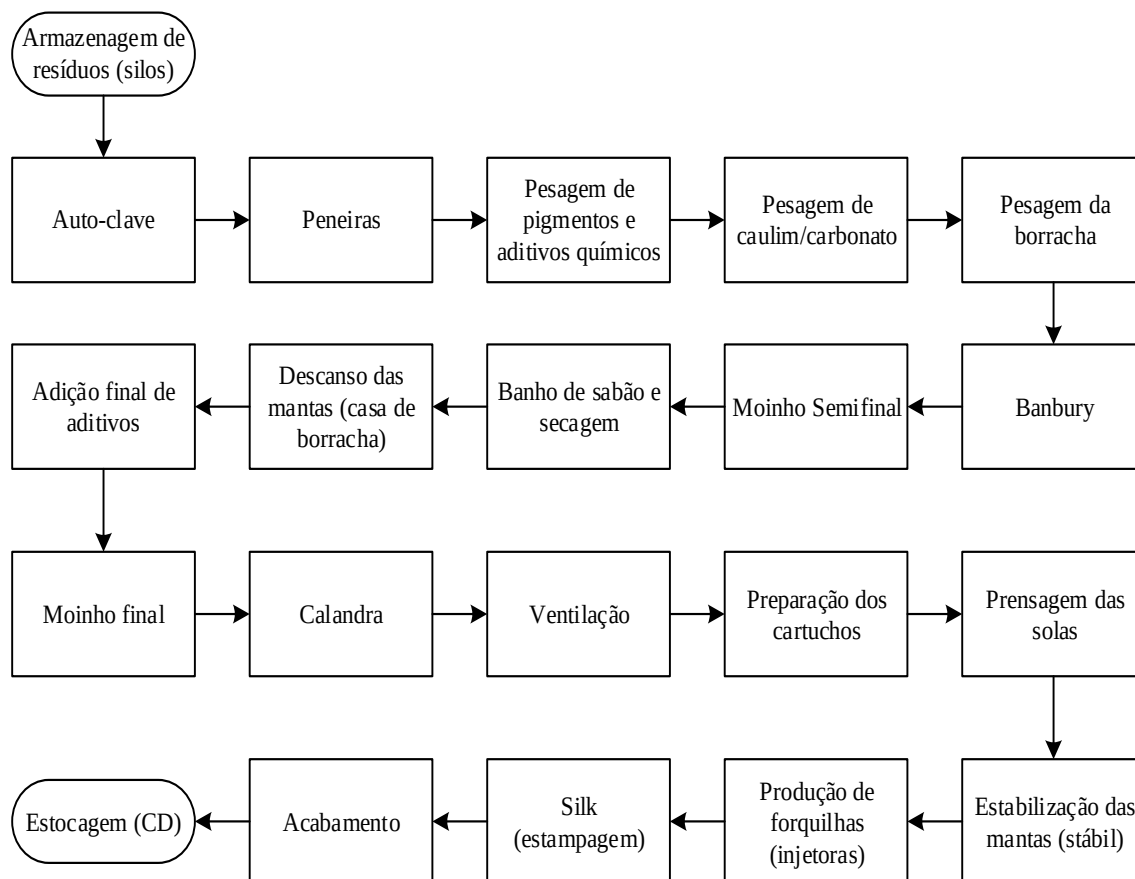
A unidade de análise deste estudo, nomeada de Fábrica 22, pertence a uma empresa do setor calçadista, a qual possui sede no Estado de São Paulo. A fábrica 22 começou suas atividades na cidade de Campina Grande, no Estado da Paraíba, em 1985, em função dos incentivos fiscais fornecidos pelo Governo do Estado. A empresa atua no setor calçadista, especificamente na produção de sandálias de borracha, com foco no baixo custo e possuindo um *mix* de diversos modelos voltados para o mercado interno e para o mercado externo, exportando seus produtos para mais de 100 países.

A missão da empresa é conquistar os consumidores por meio de marcas e produtos diferenciados e de alto valor percebido, criando valor para acionistas, empregados, fornecedores e clientes, e atuar com responsabilidades social e ambiental. Em 2004, a empresa investiu R\$ 12 milhões na construção da Central de Distribuição (CD) de sandálias, em Campina Grande (PB), com o objetivo de otimizar a gestão do crescente número de modelos e cores e melhorar a qualidade dos serviços prestados aos clientes. A prioridade foi o conhecimento das necessidades dos consumidores, da dinâmica do mercado e a aproximação com os canais de distribuição.

A Fábrica estudada possui mais de 5.000 (cinco mil) colaboradores, divididos em três turnos de trabalho. Possui aproximadamente 3 mil metros quadrados em sua área de instalações industriais e comercial, e uma capacidade produtiva de 650 mil pares

por dia de sandálias. As etapas do processo produtivo das sandálias estão descritas no fluxograma mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Processo produtivo das sandálias



Fonte: Elaborado pela autora.

A fábrica possui os seguintes setores: Recursos Humanos (RH), Programação e Controle da Produção (PCP); Engenharia Industrial; Excelência Operacional; Engenharia de Manutenção; Segurança, Saúde e Meio Ambiente; Produção; Laboratório; Qualidade; e o Centro de Distribuição (CD). Dentro do setor de excelência operacional encontra-se o gerenciamento *lean*, e do setor de segurança, saúde e meio ambiente, faz parte o sistema de gestão ambiental (*green*).

Quanto à implementação da cultura *lean*, a mesma está sendo implantada progressivamente na empresa desde o ano de 2014. Inicialmente, a empresa buscou a padronização de seus processos, como base para implementação da gestão *lean*. Além disso, realizaram-se treinamentos de diversas ferramentas do sistema, como o trabalho padronizado, redução do tempo de *setup*, *kanban*, entre outras, com o objetivo de disseminar a cultura *lean*.

No ano de 2015, a empresa investiu no recrutamento de colaboradores experientes na implementação da cultura *lean*, pois o intuito foi trazer para a fábrica o treinamento de ferramentas que proporcionassem a disseminação da cultura *lean*. Já no ano de 2016, foi iniciado um programa de manutenção de classe mundial, permitindo mais um avanço na disseminação da cultura *lean*.

Em setembro de 2017, a empresa passou por mudanças na gestão, uma vez que o controle acionário foi adquirido por um novo grupo empresarial, o qual intensificou a promoção e disseminação de conhecimentos relacionados às práticas *lean*.

Atualmente, faz parte do sistema *lean* da empresa a aplicação das seguintes práticas: redução do tempo de *setup* (SMED), 5S, produção puxada, trabalho padronizado, manutenção produtiva total (MPT), *kaizen* e fabricação celular.

Com relação à implementação do *green*, a empresa em estudo inicialmente optou por desenvolver e implementar um programa de segurança no trabalho, saúde ocupacional e meio ambiente (SSMA), para depois, no seu devido tempo e maturidade, buscar uma certificação ambiental. Nesse sentido, foi criada uma política que envolve todos os níveis da organização, permitindo a implementação de diversas atividades que objetivam um desenvolvimento sustentável, além da busca pela educação ambiental de todos os colaboradores.

Assim, desde a implantação da empresa, em 1985, existe a preocupação com os impactos ambientais que o processo da fabricação das sandálias poderá acarretar, uma vez que o processamento da borracha gera resíduos. No entanto, devido à grande quantidade de resíduos gerados nos primeiros anos da empresa, foi necessário estabelecer um controle maior dos resíduos gerados. Nesse contexto, viu-se a necessidade de a empresa trabalhar com alta tecnologia e estudos laboratoriais de forma informatizada, o que permitiu o reaproveitamento de cerca de 70% do resíduo gerado no processo produtivo.

Assim como as práticas *lean* foram incentivadas pela contratação de novos funcionários, as práticas *green* seguiram o mesmo caminho, uma vez que, no ano de 2017 a empresa recrutou colaboradores experientes na área de gerenciamento ambiental. Isso permitiu que a empresa diminuísse a quantidade de resíduos gerados pelos seus processos produtivos e também a quantidade de resíduos enviados para aterros industriais.

Atualmente, faz parte do sistema *green* da empresa a aplicação das seguintes práticas: 3R (redução, reutilização e reciclagem), sistema de gerenciamento ambiental (SGA) e controle de emissões ambientais (EEC).

5.2 APLICAÇÃO DO *FRAMEWORK*

A aplicação do *framework* seguiu as etapas do ANP expostas no capítulo 4, são elas: (1) formulação do problema; (2) julgamentos; (3) estruturação da supermatriz e obtenção dos resultados; (4) cálculo do índice *lean-green*; e (5) análise de sensibilidade. A execução de cada etapa será apresentada nos subtópicos a seguir.

5.2.1 Formulação do problema

Inicialmente, o *framework* proposto foi adaptado para realização do estudo de caso. A fim de cumprir o primeiro objetivo específico desta pesquisa, por meio da realização de entrevistas, foi possível identificar as práticas *lean* e *green* aplicadas na empresa, entre as que compunham o *framework* teórico. Uma vez identificadas, as práticas que não faziam parte do escopo da empresa foram retiradas do *framework*, para que o questionário contivesse apenas as comparações necessárias para avaliar as práticas *lean* e *green* adotadas pela empresa em estudo. Assim, foram retiradas do modelo as práticas Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), *Design* para o meio ambiente (DFE) e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), sendo o MFV uma prática *lean*, e o DFE e ACV práticas *green*.

Na sequência, foram construídas as matrizes de alcance global e local, que representam as comparações entre os *clusters* e as comparações entre os elementos, respectivamente. Para as duas matrizes, previamente foram identificadas as relações de dependência existentes, por meio de análise da literatura. Assim, havendo relação de dependência, foi atribuído o valor 1, e não havendo foi atribuído o valor 0, como se pode observar nos Quadros 12 e 13. Isso significa que para cada valor “1”, foi necessária a realização de julgamentos, ou seja, cada valor igual a 1 resultou em uma matriz de comparação par a par. Portanto, a partir do Quadro 12 observa-se que foram

necessárias 7 comparações de *clusters*, desmembrando-se em um total de 185 relações existentes analisadas (Quadro 13).

Quadro 12 – Matriz de alcance global

Grupos	Dimensões	Determinantes	Capacitadores <i>Lean</i>	Capacitadores <i>Green</i>	Paradigmas
Dimensões ¹	0	1	0	0	0
Determinantes ²	0	0	1	1	0
Capacitadores <i>Lean</i> ³	0	0	0	1	1
Capacitadores <i>Green</i> ³	0	0	1	0	1
Paradigmas ⁴	0	0	0	0	0
Legenda: ¹ dimensões de desempenho operacional e ambiental; ² determinantes ou critérios de desempenho; ³ práticas <i>lean</i> e <i>green</i> aplicadas na empresa; ⁴ sistemas <i>lean manufacturing</i> e <i>green manufacturing</i> .					

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 13 – Matriz de alcance local

Elementos	Des. Op.	Des. Amb.	Cons. de energia	Estoques	Imp. Am.	Lucro	Prod.	Qualidade	Red. de custos	Red. de desp.	MFV	SMED	MPT	5S	KZ	FC	TP	PP	EEC	DFE	3R	ACV	SGA	Lean	Green
Des. Op.	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Des. Amb.	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cons.energia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
Estoques	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Imp. Amb.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
Lucro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
Produtividade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
Qualidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Red. custos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Red. de desp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
MFV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
SMED	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
MPT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
5S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
KZ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
FC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
TP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
EEC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
DFE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
3R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
ACV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
SGA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1
Lean	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Green	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pela autora.

5.2.2 Julgamentos

Por meio de uma matriz de comparação por pares, foram obtidos o peso relativo de cada dimensão, de cada determinante com relação a cada dimensão de desempenho, o peso relativo de cada capacitador de desempenho com relação a cada determinante, bem como o nível de relação entre os capacitadores *lean* e *green*. Para obter os pesos relativos, seguiu-se a recomendação de Saaty e Kearns (1985) de usar uma escala de 1 a 9, onde 1 implica importância igual e 9 implica uma importância extremamente maior do elemento da linha do que o elemento da coluna (conforme Quadro 11). Quando o respondente sentisse que o elemento da coluna tem uma importância maior do que o elemento da linha, o recíproco dos números de 1 a 9 foi atribuído. As prioridades relativas ou vetores de prioridade (E-Vetor) foram então calculados, no *software SuperDecisions*, a partir das matrizes de comparação em pares. Os índices de inconsistência encontrados de todas as comparações foram $\leq 0,20$, portanto, as comparações estavam consistentes, conforme a recomendação de Saaty e Kearns (1985).

Uma vez que o objetivo do processo decisório é a avaliação de práticas *lean* e *green*, o desempenho operacional e ambiental, que são as principais dimensões de avaliação das dessas práticas, foram avaliados quanto à sua importância para a empresa. Ambas as dimensões obtiveram iguais pesos de importância, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Matriz de comparação por pares da importância relativa das dimensões
(inconsistência: 0,00000)

<i>Objetivo</i>	Dimensão ambiental	Dimensão operacional	E-vetor
Dimensão ambiental	1	1	0,50000
Dimensão operacional	1	1	0,50000

5.4.2.1 Matrizes de comparação por pares dos determinantes com relação às dimensões de desempenho

O peso relativo de cada determinante com relação a cada dimensão de desempenho foi obtido e apresentado nas Tabelas 2 e 3. Os valores foram obtidos por meio de questionário aplicado ao gerente de produção da fábrica objeto de estudo.

Tabela 2 – Matriz de comparação por pares da importância relativa dos determinantes com relação ao desempenho operacional (inconsistência: 0,09430)

<i>Desempenho Operacional</i>	Estoques	Lucro	Produtividade	Qualidade	Red. de custos	Red. de desp.	E-Vetor
Estoques	1	5	1/7	1/5	1/3	1/5	0,06844
Lucro	1/5	1	1/7	1/5	1/5	1/3	0,03681
Produtividade	7	7	1	1	1	1	0,24760
Qualidade	5	5	1	1	1/3	1	0,19010
Redução de custos	3	5	1	3	1	1	0,25258
Redução de desperdícios	5	3	1	1	1	1	0,20448

Tabela 3 – Matriz de comparação por pares da importância relativa dos determinantes com relação ao desempenho ambiental (inconsistência: 0,04407)

<i>Desempenho Ambiental</i>	Consumo de energia	Impactos ambientais	Qualidade	Redução de custos	Redução de desperdícios	E-Vetor
Consumo de energia	1	1/3	1/3	1	1/3	0,09401
Impactos ambientais	3	1	3	3	3	0,41682
Qualidade	3	1/3	1	1	1	0,17512
Redução de custos	1	1/3	1	1	1	0,13894
Redução de desperdícios	3	1/3	1	1	1	0,175512

O E-Vetor indicado nas Tabelas 2 e 3 representa a importância dos determinantes com relação às dimensões operacional e ambiental. Desse modo, da Tabela 2 é possível observar que a redução de custos (0,25258), seguida da produtividade (0,24760) e da redução de desperdícios (0,20448), são os determinantes que possuem o maior peso se tratando de desempenho operacional. No que se refere a desempenho ambiental, observa-se a partir da Tabela 3, que os determinantes com maiores prioridades são impactos ambientais (0,41682), redução de desperdícios (0,175512) e qualidade (0,17512).

Portanto, uma vez que a empresa considera como determinantes de desempenho operacional mais importantes a redução de custos, a produtividade e a redução de desperdícios, a empresa deve priorizar as práticas *lean* e *green* que exercem maior influência nestes quesitos, a fim de se obter um melhor desempenho operacional. Do mesmo modo, para se obter um melhor desempenho ambiental, a empresa deve focar nas práticas *lean* e *green* que mais contribuem na redução dos impactos ambientais, redução de desperdícios e

qualidade, nesta ordem de prioridade. As práticas que exercem maior influência sobre esses determinantes serão identificadas nas seções seguintes.

Nota-se que a “redução de desperdícios” foi considerada um dos determinantes de desempenho mais importantes, tanto no quesito operacional, quanto no ambiental. Conforme Dües, Tam e Lim (2013), a redução de desperdícios é a principal característica em comum entre práticas *lean* e *green*. Portanto, confirma-se que as práticas *lean* e *green* são de fato capacitadores de desempenho operacional e ambiental, como no *framework* proposto, e que ao investir nessas práticas, é possível que a empresa obtenha melhorias com relação a redução de desperdícios em seus processos.

5.4.2.2 Matrizes de comparação por pares dos capacitadores *lean* com relação aos determinantes de desempenho

Em seguida, continuou-se então a utilização da escala de 1 a 9 para as demais comparações do *framework*. Obteve-se as comparações par a par das práticas *lean* com relação à cada determinante. Os pesos das comparações das práticas *lean* com os determinantes, foram obtidos por meio de aplicação de questionário com a coordenadora do *lean* da fábrica, os quais estão apresentados nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11.

Tabela 4 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre o consumo de energia (inconsistência: 0,18313)

<i>Consumo de energia</i>	5S	FC	KZ	MPT	PP	E-Vetor
5S	1	1/5	1/9	1/9	1/2	0,02700
FC	5	1	1/7	1/7	7	0,10153
KZ	9	7	1	1/5	9	0,28346
MPT	9	7	5	1	9	0,55448
PP	2	1/7	1/9	1/9	1	0,03353

Nota-se a partir da Tabela 4 que se tratando do consumo de energia na fábrica, as práticas *lean* que possuem maior influência sobre esse determinante são a manutenção produtiva total (0,55448), o *kaizen* (0,28346) e a fabricação celular (0,10153). Por outro lado, as práticas que causam o menor impacto no consumo de energia, são as práticas 5S e produção puxada.

A Tabela 5 mostra que as práticas que possuem maior influência sobre a quantidade de estoques são a redução do tempo de *setup* (0,46219), o trabalho padronizado (0,29511) e o

kaizen (0,17810). A prática do 5S mostrou-se uma prática com uma influência demasiadamente pequena sobre a quantidade de estoques, quando comparada às demais práticas *lean*.

Tabela 5 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre os estoques (inconsistência: 0,09888)

<i>Estoques</i>	5S	KZ	SMED	TP	E-Vetor
5S	1	1/3	1/5	1/5	0,06459
KZ	3	1	1/5	1	0,17810
SMED	5	5	1	1	0,46219
TP	5	1	1	1	0,29511

A Tabela 6 mostra que as práticas *lean* que exercem maior influência na redução de impactos ambientais são o 5S (0,36734), *kaizen* (0,27926) e a manutenção produtiva total (0,23320).

Tabela 6 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre os impactos ambientais (inconsistência: 0,12315)

<i>Impactos ambientais</i>	5S	FC	KZ	MPT	SMED	E-Vetor
5S	1	5	3	1	5	0,36734
FC	1/5	1	1/3	1/5	3	0,07598
KZ	1/3	3	1	3	5	0,27926
MPT	1	5	1/3	1	5	0,23320
SMED	1/5	1/3	1/5	1/5	1	0,04422

Com relação ao lucro, as práticas *lean* que exercem maior influência sobre esse determinante são a redução do tempo de setup (0,42111), o *kaizen* (0,30622) e o trabalho padronizado (0,23865), como observa-se na Tabela 7. A prática 5S mostrou-se com uma influência bastante pequena quando comparada às demais práticas *lean*.

Tabela 7 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre o lucro (inconsistência: 0,05787)

<i>Lucro</i>	5S	KZ	SMED	TP	E-vetor
5S	1	1/9	1/9	1/9	0,03402
KZ	9	1	1	1	0,30622
SMED	9	1	1	3	0,42111
TP	9	1	1/3	1	0,23865

Já com relação à qualidade, a prática 5S foi a que se mostrou com maior influência (0,48064) sobre esse determinante, seguida da prática *kaizen* (0,40539), como mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre a qualidade (inconsistência: 0,02795)

<i>Qualidade</i>	5S	KZ	MPT	E-vetor
5S	1	1	5	0,48064
KZ	1	1	3	0,40539
MPT	1/5	1/3	1	0,11397

Na Tabela 9 observa-se as práticas que exercem maior influência sobre a redução de custos, são a manutenção produtiva total (0,29481), a redução do tempo de *setup* (0,29481) e o *kaizen* (0,27350). Além disso, nota-se que houve um empate entre as práticas manutenção produtiva total e redução do tempo de *setup*, ambas com um vetor de prioridade de 0,29481. Portanto, os resultados mostram que estas práticas possuem o mesmo peso sobre a redução de custos.

Tabela 9 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre a redução de custos (inconsistência: 0,04915)

<i>Redução de custos</i>	5S	KZ	MPT	SMED	TP	E-vetor
5S	1	1/9	1/9	1/9	1/9	0,02565
KZ	9	1	1	1	3	0,27350
MPT	9	1	1	1	4	0,29481
SMED	9	1	1	1	4	0,29481
TP	9	1/3	1/4	1/4	1	0,11124

Na sequência, a Tabela 10 mostra a matriz de comparação das práticas *lean* com relação à produtividade. Observa-se que as práticas redução do tempo de *setup* (0,30894), manutenção produtiva total (0,29361) e produção puxada (0,1700) são as que exercem maior influência sobre a produtividade.

Quanto à redução de desperdícios, as práticas *lean* que exercem maior influência sobre esse determinante, são a manutenção produtiva total (0,26357), redução do tempo de *setup* (0,26357) e o *kaizen* (0,24934), como mostra a Tabela 11. Novamente, encontra-se uma igualdade nos pesos das práticas manutenção produtiva total e redução do tempo de *setup*, portanto, as mesmas contribuem igualmente para a redução de desperdícios.

Tabela 10 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre a produtividade (inconsistência: 0,07555)

<i>Produtividade</i>	5S	FC	MPT	PP	SMED	E-vetor
5S	1	3	1/2	1/2	1/2	0,14562
FC	1/3	1	1/2	1/3	1/3	0,08182
MPT	2	2	1	3	1	0,29361
PP	2	3	1/3	1	1/3	0,17000
SMED	2	3	1	3	1	0,30894

Tabela 11 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre a redução de desperdícios (inconsistência: 0,02295)

<i>Redução de desperdícios</i>	5S	FC	KZ	MPT	PP	SMED	TP	E-vetor
5S	1	1/3	1/3	1/5	1	1/5	1	0,05113
FC	3	1	1/5	1/5	1	1/5	1	0,06695
KZ	3	5	1	1	5	1	5	0,24934
MPT	5	5	1	1	5	1	5	0,26357
PP	1	1	1/5	1/5	1	1/5	1	0,05271
SMED	5	5	1	1	5	1	5	0,26357
TP	1	1	1/5	1/5	1	1/5	1	0,05271

Ao analisar as matrizes de comparação por pares da influência das práticas *lean* sobre os determinantes de desempenho, os resultados mostram que as práticas que exercem maior influência sobre os determinantes são a manutenção produtiva total (MPT), a redução do tempo de *setup* (SMED), o *kaizen*, o trabalho padronizado e o 5S. A MPT exerce maior influência sobre o consumo de energia, custos, produtividade e redução de desperdícios. O SMED exerce maior influência sobre os estoques, lucro, custos, produtividade e redução de desperdícios. O *kaizen* exerce maior influência sobre o consumo de energia, redução de impactos ambientais, lucro, qualidade, redução de custos e redução de desperdícios. E o 5S contribui mais na redução dos impactos ambientais e na qualidade.

A partir da análise da entrevista realizada com a coordenadora *lean* da empresa em estudo, observou-se que a prática MPT encontra-se em fase de início de implementação na empresa (um período de 1 ano), a qual iniciou-se com a adesão de um programa intitulado “programa de classe mundial”. Atualmente, existem alguns setores na fábrica em que o operador realiza a manutenção de forma autônoma, porém, devido a uma questão de legislação ligada a desvio de função, só é possível que o operador realize a manutenção, se esta função estiver descrita em seu cargo.

Com relação à prática SMED, existe uma gama de supervisores e líderes capacitados na ferramenta, os quais realizaram trabalhos que obtiveram sucesso, no entanto, a prática somente foi aplicada em casos pontuais e aleatórios, não havendo um prévio estudo das operações em que a mesma fosse necessária. Quanto ao *kaizen*, a prática é implementada na empresa com foco em melhorias no processo de forma geral, por meio de projetos de médio e longo prazos. As melhorias alcançadas por cada setor são apresentadas todas as quintas-feiras em um projeto intitulado “quintas de melhoria”, com o envolvimento de todos os funcionários, na maior parte dos casos.

Quanto ao trabalho padronizado, a empresa há muito tempo realiza a cronoanálise para definição do tempo padrão das operações, porém, atualmente vem sendo realizada a transição deste método para uma ferramenta denominada *Methods Time Measurement* (MTM), a fim de racionalizar o processo por meio de uma análise detalhada, levando em consideração o estudo de tempos e movimentos e assim possibilitando melhorias no processo. O MTM mostrou-se mais prática na definição do tempo padrão, dessa forma, os projetos que se iniciam, já nascem com o trabalho padronizado, com a base de tempo padrão do MTM.

Por fim, com relação à prática 5S, a empresa realiza a identificação e eliminação de objetos desnecessários existentes no ambiente de trabalho, com a separação e destinação dos materiais que serão reutilizados, reciclados, ou enviados para o lixo, utilizando uma coleta seletiva. Também existe a prática de organização dos materiais em locais de fácil acesso e de maneira que seja simples verificar quando estão fora de lugar, bem como, a limpeza da área de trabalho. No entanto, a empresa não alcançou o 4ºS (*Seiketsu*), ou seja, não há um padrão de manter a organização, arrumação e limpeza obtidas através dos três primeiros Ss (*Seiri*, *Seiton*, *Seiso*).

A partir dessas informações, algumas análises podem ser feitas. Uma vez que, conforme pode ser observado na seção anterior, os determinantes de desempenho operacionais a serem priorizados são a redução de custos e a produtividade, os determinantes de desempenho ambientais a serem priorizados são a redução dos impactos ambientais e a qualidade; e a redução de desperdícios deve ser priorizada em ambas dimensões de desempenho, pode-se afirmar que:

- A prática MPT ajuda na redução de custos, no aumento da produtividade, e na redução de desperdícios. Uma vez que a mesma se encontra em fase de início de implementação na empresa, é importante que a mesma priorize e invista nesta prática a fim de obter um maior desempenho.

- A prática SMED ajuda na redução de custos, no aumento da produtividade e na redução de desperdícios. Desse modo, para um melhor desempenho dessa prática é importante que a empresa realize estudos para identificação de gargalos na produção.
- A prática *kaizen* ajuda na redução dos impactos ambientais e no aumento da qualidade, portanto, é importante que a empresa invista em eventos *kaizen*, permitindo assim projetos de melhoria de curta duração com um objetivo específico de melhoria.
- A prática 5S ajuda na redução de impactos ambientais e melhoria da qualidade, portanto, é importante que a empresa priorize e invista nesta prática a fim de obter um maior desempenho.

5.4.2.3 Matrizes de comparação por pares dos capacitadores *green* com relação aos determinantes de desempenho

Na sequência foram obtidas as comparações par a par das práticas *green* com relação à cada determinante. Os pesos das comparações das práticas *green* com os determinantes, foram obtidos por meio de aplicação de questionário com o gestor ambiental da fábrica, os quais estão apresentados nas Tabelas 12, 13, 14, 15 e 16.

Com relação ao determinante consumo de energia, as práticas *green* que exercem maior influência são o controle de emissões ambientais (0,49009) e a prática 3R (0,45070), como observa-se na Tabela 12.

Tabela 12 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *green* sobre o consumo de energia (inconsistência: 0,00675)

<i>Consumo de energia</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	1	7	0,45070
EEC	1	1	9	0,49009
SGA	1/7	1/9	1	0,05921

Quanto à influência sobre o lucro e sobre a produtividade, a prática dominante é a 3R (0,9), enquanto que a prática do sistema de gerenciamento ambiental mostrou-se com uma influência demasiadamente pequena sobre estes determinantes de desempenho, quando comparada à prática 3R, como mostram as Tabelas 13 e 14.

Tabela 13 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *green* sobre o lucro (inconsistência: 0,00000)

<i>Lucro</i>	3R	SGA	E-vetor
3R	1	9	0,90000
SGA	1/9	1	0,10000

Tabela 14 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *green* sobre a produtividade (inconsistência: 0,00000)

<i>Produtividade</i>	3R	SGA	E-vetor
3R	1	9	0,90000
SGA	1/9	1	0,10000

Já com relação à redução de desperdícios, as práticas 3R e sistema de gerenciamento ambiental, obtiveram pesos iguais (0,5) de influência sobre este determinante, como pode-se observar na Tabela 15. Portanto, as duas práticas contribuem igualmente para a redução de desperdícios na fábrica.

Tabela 15 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *green* sobre a redução de desperdícios (inconsistência: 0,00000)

<i>Redução de desperdícios</i>	3R	SGA	E-vetor
3R	1	1	0,50000
SGA	1	1	0,50000

Por fim, com relação aos impactos ambientais, a prática SGA apresentou maior influência (0,81818) quando comparada às demais práticas, como mostra a Tabela 16. Portanto, é a prática que mais contribui para a redução de impactos ambientais.

Tabela 16 – Matriz de comparação por pares da influência das práticas *green* sobre os impactos ambientais (inconsistência: 0,00000)

<i>Impactos ambientais</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	1	1/9	0,09091
EEC	1	1	1/9	0,09091
SGA	9	9	1	0,81818

A partir da análise da entrevista realizada com o gestor ambiental da empresa, observou-se que as três práticas estão sendo aplicadas com resultados significativos. Com relação a prática EEC, uma vez que o processo de confecção da borracha exige a utilização de

aditivos químicos ao longo do processo produtivo, são necessárias ações de controle de emissões. Desse modo, é realizado todo o controle ambiental e cumpridas as solicitações do órgão ambiental responsável, por meio da identificação das fontes de emissão, verificação de conformidade com os padrões legais de emissão e o autocontrole, visando minimizar ao máximo seus impactos ambientais. Com relação à prática 3R, a atuação da empresa concentra-se na reutilização, a partir da qual, cerca de 70% do resíduo gerado é reinserido no processo produtivo, por meio de estudos e manipulação em laboratório, transformando a forma final do produto em matéria-prima. A empresa não realiza o processo de reciclagem, porém, faz a coleta seletiva que é responsável pela separação/triagem dos resíduos gerados no processo, e por meio de parcerias com empresas de reciclagem, faz a destinação destes materiais, sendo 90% do resíduo sólido destinado à reciclagem, alcançando uma quantidade reciclada de 90 ton./mês.

Com relação à prática SGA, a empresa possui foco no gerenciamento de resíduos. Nesse sentido, possui um programa próprio de resíduos sólidos (PGRS), e também um *software* de gerenciamento de resíduos (líquidos e sólidos), chamado “VG resíduos”. O VG resíduos, um dos melhores *softwares* de gerenciamento de resíduos do país, agrega todas as informações que a empresa necessita, tanto do ponto de vista das normais ambientais, licenças, bem como, a quantidade produzida e evolução com relação à produção e ao desenvolvimento de resíduo. Além disso, automaticamente são gerados os relatórios que precisam ser enviados para os órgãos ambientais.

Ao analisar as matrizes de comparação por pares da influência das práticas *green* sobre os determinantes de desempenho, os resultados mostram que todas as práticas exercem grande influência sobre os determinantes. A prática controle de emissões ambientais (EEC) exerce maior influência sobre o consumo de energia. A prática 3R exerce maior influência sobre o consumo de energia, lucro, produtividade e redução de desperdícios. Já a prática sistema de gerenciamento ambiental (SGA) exerce maior influência sobre os impactos ambientais e a redução de desperdícios.

Uma vez que os determinantes operacionais e ambientais, que possuem relação com as práticas *green*, a serem priorizados são a produtividade, impactos ambientais e a redução de desperdícios, conforme pode ser observado na seção 5.4.2.1, pode-se afirmar que:

- A prática 3R ajuda no aumento da produtividade e na redução de desperdícios, portanto, é importante que a empresa realize uma organização adequada do *layout* do setor de coleta seletiva, para obter um desempenho ainda melhor desta prática, uma vez que a separação e

classificação dos resíduos permitiu à empresa uma redução de 144 ton. de resíduos enviados para aterros industriais no ano de 2017.

- A prática SGA ajuda na redução de desperdícios e na redução de impactos ambientais, portanto, é importante que a empresa intensifique suas ações referentes ao gerenciamento de resíduos, a fim de obter um maior desempenho operacional e ambiental.

5.4.2.4 Matrizes de comparação por pares dos capacitadores *lean* com relação aos capacitadores *green*

A fim de identificar o nível do relacionamento existente entre as práticas *green* e *lean* na empresa estudada, foram realizadas comparações entre as mesmas. Desse modo, as Tabelas 17, 18 e 19 apresentam as comparações entre as práticas *lean* e as práticas 3R, Controle de emissões ambientais (EEC) e Sistema de gerenciamento ambiental (SGA), respectivamente.

A partir da Tabela 17 é possível observar que as práticas *lean* que se sobressaem na relação com a prática 3R são as práticas 5S e *kaizen*. A prática 5S é a que possui a maior relação com a prática 3R, obtendo um vetor prioridade de 0,41076 (41,08%) e em segundo lugar aparece a prática *kaizen*, obtendo um vetor prioridade de 0,22515 (22,51%). As demais práticas *lean* mostram-se com um peso demasiadamente pequeno quando relacionadas com a prática 3R.

Tabela 17 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática 3R e as práticas *lean* (inconsistência: 0,00942)

3R	5S	FC	KZ	MPT	PP	SMED	TP	E-vetor
5S	1	5	3	5	5	5	5	0,41076
FC	1/5	1	1/5	1	1	1	1	0,06943
KZ	1/3	5	1	3	3	3	3	0,22515
MPT	1/5	1	1/3	1	1	1	1	0,07367
PP	1/5	1	1/3	1	1	1	1	0,07367
SMED	1/5	1	1/3	1	1	1	1	0,07367
TP	1/5	1	1/3	1	1	1	1	0,07367

No relacionamento com a prática EEC, a prática *lean* que se destaca é a prática *kaizen* com um peso de 0,42086 (42,1%). Apesar de a prática MPT aparecer em segundo lugar, com um peso de 0,19167 (19,17%), nota-se, a partir da Tabela 18, que há uma grande diferença de pesos entre a prática *kaizen* e as demais práticas *lean*.

Tabela 18 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática EEC e as práticas *lean* (inconsistência: 0,05381)

<i>Controle de emissões ambientais</i>	5S	FC	KZ	MPT	PP	SMED	TP	E-vetor
5S	1	1	1/7	1/5	1	1	1	0,06535
FC	1	1	1/7	1/5	1	1	1	0,06535
KZ	7	7	1	4	4	4	4	0,42086
MPT	5	5	1/4	1	1	1	4	0,19167
PP	1	1	1/4	1	1	1	1	0,09203
SMED	1	1	1/4	1	1	1	1	0,09203
TP	1	1	1/4	1/4	1	1	1	0,07270

Na relação com a prática SGA, observa-se na Tabela 19 que as práticas 5S (0,42423), TP (0,15795) e *kaizen* (0,15290) foram as que obtiveram os maiores pesos, destacando-se como maior nível de relação, a prática 5S.

Tabela 19 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática SGA e as práticas *lean* (inconsistência: 0,09703)

<i>Sistema de gerenciamento ambiental</i>	5S	FC	KZ	MPT	PP	SMED	TP	E-vetor
5S	1	5	5	5	5	5	5	0,42423
FC	1/5	1	1/3	1/3	1	3	1	0,07238
KZ	1/5	3	1	3	3	3	1	0,15290
MPT	1/5	3	1/3	1	3	3	1/3	0,10047
PP	1/5	1	1/3	1/3	1	3	1/5	0,05615
SMED	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/5	0,03592
TP	1/5	1	1	3	5	5	1	0,15795

Através das entrevistas diretas realizadas com os gestores da empresa, foi identificado que os sistemas *lean* e *green* não estão integrados, assim, cada sistema trabalha unicamente para si mesmo, não havendo compartilhamento de informações. Porém, ao analisar o relacionamento entre os capacitadores de desempenho, por meio da comparação entre as práticas *green* a as práticas *lean*, algumas análises podem ser feitas:

- A prática *lean* 5S possui relação com as práticas *green* Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) e 3R (Redução, Reutilização e Reciclagem), ambas com um nível acima de 40%;

- A prática *lean kaizen* possui relação com a prática *green* Controle de emissões ambientais (EEC), com um nível de relacionamento acima de 40%.

Portanto, esses resultados indicam que as práticas podem ser integradas de forma a buscar um maior desempenho operacional e ambiental, para ambos os sistemas.

5.4.2.5 Matrizes de comparação por pares dos capacitadores *green* com relação aos capacitadores *lean*

A fim de identificar o nível do relacionamento existente entre as práticas *lean* e *green* na empresa estudada, foram realizadas comparações de modo que fosse possível obter o *feedback* do relacionamento entre as práticas *lean* e *green*. Desse modo, uma vez que a seção anterior conteve as comparações dos capacitadores *lean* com relação a cada capacitador *green*, nesta seção serão apresentadas as comparações dos capacitadores *green* com relação a cada capacitador *lean*. Assim, as Tabelas 20 a 26 apresentam as comparações entre as práticas *green* e as práticas 5S, Fabricação celular (FC), *Kaizen*, Manutenção produtiva total (MPT), Produção puxada (PP), Redução do tempo de *setup* (SMED) e Trabalho padronizado (TP).

A partir da Tabela 20 é possível observar que as práticas *green* que possuem maior relação com a prática 5S são o SGA, com uma relação de peso 0,41260 (41,26%) e a prática 3R, com uma relação de peso 0,32748 (32,75%). Esses resultados se estendem à relação à prática FC, uma vez que foram encontrados os mesmos pesos, como mostra a Tabela 21,

Tabela 20 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática 5S e as práticas *green* (inconsistência: 0,05156)

5S	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	1	1	0,32748
EEC	1	1	1/2	0,25992
SGA	1	2	1	0,41260

Tabela 21 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática FC e as práticas *green* (inconsistência: 0,05156)

<i>Fabricação celular</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	1	1	0,32748
EEC	1	1	1/2	0,25992
SGA	1	2	1	0,41260

Já quanto à prática *kaizen*, as práticas *green* que possuem maior relação são o SGA, com um peso de 0,62670 (62,67%) e o 3R, com um peso de 0,27969 (27,97%), como observado na Tabela 22.

Tabela 22 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática *Kaizen* e as práticas *green* (inconsistência: 0,08247)

<i>Kaizen</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	4	1/3	0,27969
EEC	1/4	1	1/5	0,09362
SGA	3	5	1	0,62670

A Tabela 23 apresenta a matriz de comparações para a prática MPT, a partir da qual os maiores pesos de relacionamento encontrados foram das práticas SGA, com 0,70071 (70,7%) e 3R, com 0,20212 (20,21%).

Tabela 23 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática MPT e as práticas *green* (inconsistência: 0,13040)

<i>Manutenção produtiva total</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	3	1/5	0,20212
EEC	1/3	1	1/5	0,09717
SGA	5	5	1	0,70071

Nas Tabela 24 e 25 pode ser observado que a prática 3R destacou-se como a maior relação tanto com a prática Produção puxada quanto com a prática Trabalho padronizado, obtendo um peso de 0,6 (60%), em comparação às demais práticas *green*, que obtiveram pesos iguais de 0,2 (20%).

Por fim, a Tabela 26 apresenta a matriz de comparações para a prática SMED, a partir da qual os maiores pesos de relacionamento encontrados foram das práticas 3R, com 0,58416 (58,42%) e SGA, com 0,28083 (28,08%).

Tabela 24 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática PP e as práticas *green* (inconsistência: 0,00000)

<i>Produção puxada</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	3	3	0,60000
EEC	1/3	1	1	0,20000
SGA	1/3	1	1	0,20000

Tabela 25 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática TP e as práticas *green* (inconsistência: 0,00000)

<i>Trabalho padronizado</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	3	3	0,60000
EEC	1/3	1	1	0,20000
SGA	1/3	1	1	0,20000

Tabela 26 – Matriz de comparação por pares da relação entre a prática SMED e as práticas *green* (inconsistência: 0,13040)

<i>Redução do tempo de setup</i>	3R	EEC	SGA	E-vetor
3R	1	3	3	0,58416
EEC	1/3	1	1/3	0,13501
SGA	1/3	3	1	0,28083

Ao analisar o relacionamento entre os capacitadores de desempenho, por meio da comparação entre as práticas *lean* e as práticas *green*, algumas análises podem ser desenvolvidas:

- A prática Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA) é a prática *green* que possui maior peso no relacionamento com a maior parte das práticas *lean*, sendo elas o 5S, Fabricação celular (FC), *Kaizen* e a Manutenção Produtiva Total (MPT);
- A prática 3R (redução, reutilização e reciclagem) possui maior peso no relacionamento com as práticas Produção Puxada (PP), Trabalho Padronizado (TP) e Redução do Tempo de *Setup* (SMED).

Desse modo, os resultados indicam que, ao trabalhar as práticas SGA e 3R em conjunto com as respectivas práticas *lean* relacionadas, haverá uma possibilidade de melhoria de desempenho para ambos os sistemas, e consequentemente, a empresa poderá alcançar maiores níveis de desempenho operacional e ambiental.

5.2.3 Estruturação da supermatriz e obtenção dos resultados

Depois de analisar os julgamentos, a supermatriz pode ser formada e as pontuações finais podem ser avaliadas. Todas as supermatrizes foram obtidas diretamente do *software SuperDecisions*. Na Tabela 27 estão contidos os e-vetores obtidos das matrizes de julgamentos das seções anteriores. Nessa supermatriz não são consideradas as pontuações dos *clusters*, apenas as dos elementos. A supermatriz considerando os pesos dos *clusters*, pode ser

observada na Tabela 28, denominada supermatriz ponderada, a qual, é obtida multiplicando-se os valores obtidos da supermatriz sem peso pelos pesos dos *clusters*. Desse modo, a supermatriz da Tabela 27 engloba cada peso dos elementos individualmente, mas a obtenção das prioridades finais das práticas é realizada a partir da supermatriz da Tabela 28, devendo essa ser considerada para análise, uma vez que já estão incluídos os pesos dos *clusters*. Os valores contidos em ambas as supermatrizes representam as pontuações relacionando linha *versus* coluna. No entanto, devem ser consideradas para análise apenas os valores não nulos.

Desse modo, a partir da Tabela 28 é possível visualizar a influência final de cada prática *lean* e *green*, sobre cada critério de desempenho analisado. Assim, pode-se afirmar que:

- O consumo de energia sofre mais influência das práticas MPT, EEC e da prática 3R;
- Os estoques são mais influenciados pelas práticas SGA, SMED e Trabalho padronizado (TP);
- Os impactos ambientais sofrem maior influência das práticas SGA, 5S e da prática *Kaizen*;
- O lucro é mais influenciado pelas práticas 3R, SMED e pelo *Kaizen*;
- A produtividade sofre maior influência das práticas 3R, SMED e Manutenção Produtiva Total (MPT);
- A qualidade sofre maior influência das práticas 5S, *Kaizen* e MPT;
- A redução de custos é mais influenciada pelas práticas SGA, SMED e MPT. Por fim, a redução de desperdícios sofre maior influência das práticas 3R, SGA e da prática SMED.

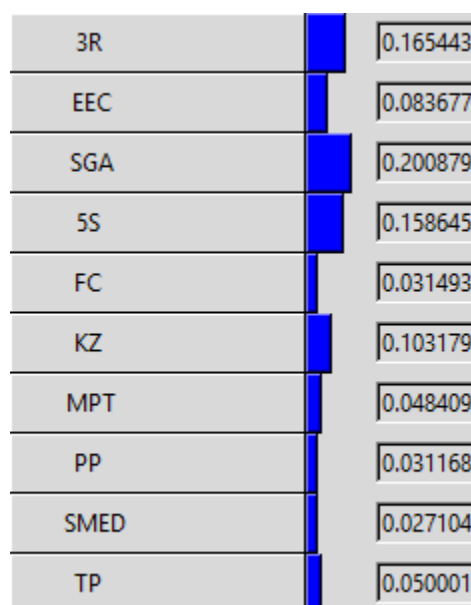
Em seguida, obtém-se a matriz limite, representada na Tabela 29. Para a construção dessa matriz é necessário que os valores contidos na supermatriz ponderada, sejam elevados a um número arbitrariamente grande, de forma que os valores se mantenham estáveis, ou seja, atinjam a convergência. Tal convergência foi realizada automaticamente no *software SuperDecisions*. Assim, foram obtidas as prioridades relativas de cada prática *lean* e *green*, ou seja, as pontuações finais do impacto de cada prática *lean* e *green* aplicada na empresa considerando todos os critérios analisados.

Tabela 29 – Matriz limite

[illegible]

Por fim, a matriz limite apresentada na Tabela 29, obtida por meio da supermatriz ponderada, mostra as prioridades finais de cada prática. Desse modo, a tabela deve ser analisada por linha, todas as colunas se mantêm iguais. Na Figura 18 podem ser observadas graficamente essas pontuações finais de cada prática, as quais correspondem aos valores finais apresentados na matriz limite (Tabela 29).

Figura 18 – Prioridades finais das práticas



Fonte: Dados da pesquisa (Software SuperDecisions)

Assim, pode-se verificar que dentre as práticas aplicadas na empresa, as que possuem maior impacto no desempenho, considerando os determinantes de desempenho e o nível de integração entre os sistemas *lean* e *green*, são as práticas do Sistema de Gerenciamento Ambiental (SGA), o 3R, o 5S e o *kaizen*. Isso significa que a empresa deve priorizar estas práticas para atingir um melhor desempenho organizacional, uma vez que são as que mais contribuem para o desempenho da empresa tanto no âmbito operacional, quanto no ambiental. Portanto, a empresa deve buscar investir e aperfeiçoar as práticas SGA, 3R, 5S e *kaizen*, para obter uma redução de seus custos, aumentar sua produtividade, reduzir seus impactos ambientais, seus desperdícios e aumentar a qualidade de seus produtos, uma vez que estes são os determinantes considerados mais importantes para a empresa.

Caso haja alguma mudança no peso de importância dos determinantes com relação ao desempenho operacional e ambiental, as práticas que devem ser priorizadas também podem sofrer alguma alteração. Essa análise de variação dos pesos de importância dos determinantes de desempenho e sua influência sobre a prioridade dadas às práticas, é descrita na seção 5.2.5.

5.2.4 Cálculo do índice *lean-green* (LG_{index})

Para o cálculo do índice *lean-green*, inicialmente foram calculados os índices de influência (W), obtidos por meio da Equação (2), apresentada no Capítulo 4. Desse modo, nas Tabelas 31 e 32 podem ser observados os resultados dos índices de influência de cada paradigma sobre as dimensões ambiental e operacional. Nota-se que o paradigma *green* é o que possui maior impacto tanto no desempenho ambiental quanto no operacional, com um peso de 0,144 e 0,142, respectivamente. Os valores apresentados na segunda coluna correspondem aos pesos dos determinantes encontrados nas colunas 15 a 22 da Tabela 27. Os valores da terceira coluna correspondem aos pesos das práticas contidos nas linhas 3 a 12 da Tabela 27. Os valores da quarta coluna correspondem aos pesos estabilizados das práticas contidos na Tabela 29. Os valores de S correspondem aos pesos de cada paradigma com relação ao capacitadores, como mostra a Tabela 30 (matriz de comparação entre os paradigmas e capacitadores).

Tabela 30 – Matriz de comparação entre os paradigmas e os capacitadores

	Paradigmas	Green (S ₁)	Lean (S ₂)	E-vetor
Capacitadores (SGA, EEC, 3R)	S ₁	1	9	0,900
	S ₂	1/9	1	0,100
Capacitadores (5S, FC, SMED, TP, PP, KZ, MPT)	S ₁	1	1/9	0,100
	S ₂	9	1	0,900

Tabela 31 – Índices para o desempenho ambiental

Desempenho ambiental								
Determinantes	P_{ja}	Capacitador	A_{kja}^D	A_{jka}^I	S ₁	S ₂	$P_{ja}A_{kja}^D A_{jka}^I S_{ikja}$	
							Lean	Green
Consumo de energia	0,094	3R	0,451	0,165	0,1	0,9	0,00070	0,00629
	0,094	EEC	0,490	0,084	0,1	0,9	0,00039	0,00348
	0,094	SGA	0,059	0,201	0,1	0,9	0,00011	0,00101
	0,094	5S	0,027	0,159	0,9	0,1	0,00036	0,00004
	0,094	FC	0,102	0,031	0,9	0,1	0,00027	0,00003
	0,094	KZ	0,283	0,103	0,9	0,1	0,00247	0,00027
	0,094	MPT	0,554	0,048	0,9	0,1	0,00225	0,00025
	0,094	PP	0,034	0,031	0,9	0,1	0,00009	0,00001
	0,417	3R	0,091	0,165	0,1	0,9	0,00063	0,00563
Impactos ambientais	0,417	EEC	0,091	0,084	0,1	0,9	0,00032	0,00286
	0,417	SGA	0,818	0,201	0,1	0,9	0,00685	0,06169

Desempenho ambiental								
Determinantes	P_{ja}	Capacitador	A_{kja}^D	A_{jka}^I	S_1	S_2	$P_{ja}A_{kja}^D A_{jka}^I S_{ikja}$	
							Lean	Green
	0,417	5S	0,367	0,159	0,9	0,1	0,02191	0,00243
	0,417	FC	0,076	0,031	0,9	0,1	0,00088	0,00010
	0,417	KZ	0,279	0,103	0,9	0,1	0,01079	0,00120
	0,417	MPT	0,233	0,048	0,9	0,1	0,00420	0,00047
	0,417	SMED	0,044	0,027	0,9	0,1	0,00045	0,00005
Qualidade	0,175	5S	0,481	0,159	0,9	0,1	0,01204	0,00134
	0,175	KZ	0,405	0,103	0,9	0,1	0,00658	0,00073
	0,175	MPT	0,114	0,048	0,9	0,1	0,00086	0,00010
Redução de custos	0,139	SGA	1,000	0,201	0,1	0,9	0,00279	0,02513
	0,139	5S	0,026	0,159	0,9	0,1	0,00051	0,00006
	0,139	KZ	0,273	0,103	0,9	0,1	0,00352	0,00039
	0,139	MPT	0,295	0,048	0,9	0,1	0,00177	0,00020
	0,139	SMED	0,295	0,027	0,9	0,1	0,00100	0,00011
	0,139	TP	0,111	0,050	0,9	0,1	0,00070	0,00008
Redução de desperdícios	0,175	3R	0,500	0,165	0,1	0,9	0,00144	0,01300
	0,175	SGA	0,500	0,201	0,1	0,9	0,00176	0,01584
	0,175	5S	0,051	0,159	0,9	0,1	0,00128	0,00014
	0,175	FC	0,067	0,031	0,9	0,1	0,00033	0,00004
	0,175	KZ	0,249	0,103	0,9	0,1	0,00405	0,00045
	0,175	MPT	0,264	0,048	0,9	0,1	0,00199	0,00022
	0,175	PP	0,053	0,031	0,9	0,1	0,00026	0,00003
	0,175	SMED	0,264	0,027	0,9	0,1	0,00112	0,00012
	0,175	TP	0,053	0,050	0,9	0,1	0,00042	0,00005
Índice de influência (W)							0,095	0,144

Tabela 32 – Índices para o desempenho operacional

Desempenho operacional								
Determinantes	P_{ja}	Capacitador	A_{kja}^D	A_{jka}^I	S_1	S_2	$P_{ja}A_{kja}^D A_{jka}^I S_{ikja}$	
							Lean	Green
Estoques	0,068	SGA	1	0,201	0,1	0,9	0,00138	0,01238
	0,068	5S	0,065	0,159	0,9	0,1	0,00064	0,00007
	0,068	KZ	0,178	0,103	0,9	0,1	0,00113	0,00013
	0,068	SMED	0,46	0,027	0,9	0,1	0,00077	0,00009
	0,068	TP	0,3	0,050	0,9	0,1	0,00092	0,00010
Lucro	0,037	3R	0,900	0,165	0,1	0,9	0,00055	0,00492
	0,037	SGA	0,100	0,201	0,1	0,9	0,00007	0,00067
	0,037	5S	0,034	0,159	0,9	0,1	0,00018	0,00002
	0,037	KZ	0,306	0,103	0,9	0,1	0,00104	0,00012
	0,037	SMED	0,421	0,027	0,9	0,1	0,00038	0,00004
	0,037	TP	0,239	0,050	0,9	0,1	0,00040	0,00004

Desempenho operacional								
Determinantes	P_{ja}	Capacitador	A_{kja}^D	A_{jka}^I	S_1	S_2	$P_{ja}A_{kja}^D A_{jka}^I S_{ikja}$	
							Lean	Green
Produtividade	0,248	3R	0,900	0,165	0,1	0,9	0,00368	0,03309
	0,248	SGA	0,100	0,201	0,1	0,9	0,00050	0,00448
	0,248	5S	0,146	0,159	0,9	0,1	0,00516	0,00057
	0,248	FC	0,082	0,031	0,9	0,1	0,00057	0,00006
	0,248	MPT	0,294	0,048	0,9	0,1	0,00314	0,00035
	0,248	PP	0,170	0,031	0,9	0,1	0,00117	0,00013
	0,248	SMED	0,309	0,027	0,9	0,1	0,00186	0,00021
Qualidade	0,190	5S	0,481	0,159	0,9	0,1	0,01307	0,00145
	0,190	KZ	0,405	0,103	0,9	0,1	0,00714	0,00079
	0,190	MPT	0,114	0,048	0,9	0,1	0,00094	0,00010
Redução de custos	0,253	SGA	1,000	0,201	0,1	0,9	0,00508	0,04569
	0,253	5S	0,026	0,159	0,9	0,1	0,00093	0,00010
	0,253	KZ	0,273	0,103	0,9	0,1	0,00640	0,00071
	0,253	MPT	0,295	0,048	0,9	0,1	0,00322	0,00036
	0,253	SMED	0,295	0,027	0,9	0,1	0,00181	0,00020
	0,253	TP	0,111	0,050	0,9	0,1	0,00126	0,00014
Redução de desperdícios	0,204	3R	0,500	0,165	0,1	0,9	0,00169	0,01518
	0,204	SGA	0,500	0,201	0,1	0,9	0,00206	0,01850
	0,204	5S	0,051	0,159	0,9	0,1	0,00150	0,00017
	0,204	FC	0,067	0,031	0,9	0,1	0,00038	0,00004
	0,204	KZ	0,249	0,103	0,9	0,1	0,00473	0,00053
	0,204	MPT	0,264	0,048	0,9	0,1	0,00233	0,00026
	0,204	PP	0,053	0,031	0,9	0,1	0,00030	0,00003
	0,204	SMED	0,264	0,027	0,9	0,1	0,00131	0,00015
	0,204	TP	0,053	0,050	0,9	0,1	0,00049	0,00005
Índice de influência (W)							0,078	0,142

Uma vez calculados estes índices, o impacto de cada paradigma sobre o desempenho da organização (LG_{index}) pode ser calculado, a partir da Equação (3), apresentada no Capítulo 4, como mostra a Tabela 33. Os resultados do *index* mostram que o paradigma *green* possui maior impacto sobre o desempenho da organização, com um peso de 0,143 (14,3%), e que os sistemas *lean* e *green* de forma integrada possuem um impacto de 0,230 (23%) sobre o desempenho organizacional, quanto ao desempenho operacional e ambiental.

Tabela 33 – Nível de impacto *lean-green* sobre o desempenho organizacional (LG_{index})

Paradigmas	Desempenho ambiental	Desempenho operacional	Lean-Green Index (LG_{index})	Valores normalizados para (LG_{index})
Pesos (C)	0,5	0,5		
Lean	0,095	0,078	0,087	0,378
Green	0,144	0,142	0,143	0,622
Total			0,230	1,000

Nota-se que apesar de o sistema *lean* possuir uma maior quantidade de práticas implementadas na empresa, o sistema *green* se sobressai com relação a influência sobre o desempenho da organização, confirmando as práticas SGA e 3R como as práticas que possuem maior influência sobre o desempenho da organização, como mostrado na Figura 18. Tal fato pode ser explicado devido à importância dada por parte da empresa à segurança, saúde e meio ambiente, prezando pela preocupação ambiental e atendimento às normas ambientais. No entanto, isso pode ser alterado com o tempo, caso a empresa busque um maior investimento no progresso da implementação do *lean*, possibilitando assim que seu sistema *lean* tenha um maior impacto sobre o desempenho organizacional, e conseqüentemente, aproxime-se do sistema *green* em termos de benefícios de desempenho.

Portanto, os resultados permitem observar que no estágio atual em que os sistemas *lean* e *green* se encontram, a priorização do *green* em detrimento do *lean* é mais vantajoso quando se pretende melhorar o desempenho nesta empresa. Porém, o desempenho é multidimensional, com diversos critérios determinantes, dessa forma, caso haja alteração na importância dada às dimensões e/ou aos determinantes de desempenho, essa priorização também poderá ser modificada.

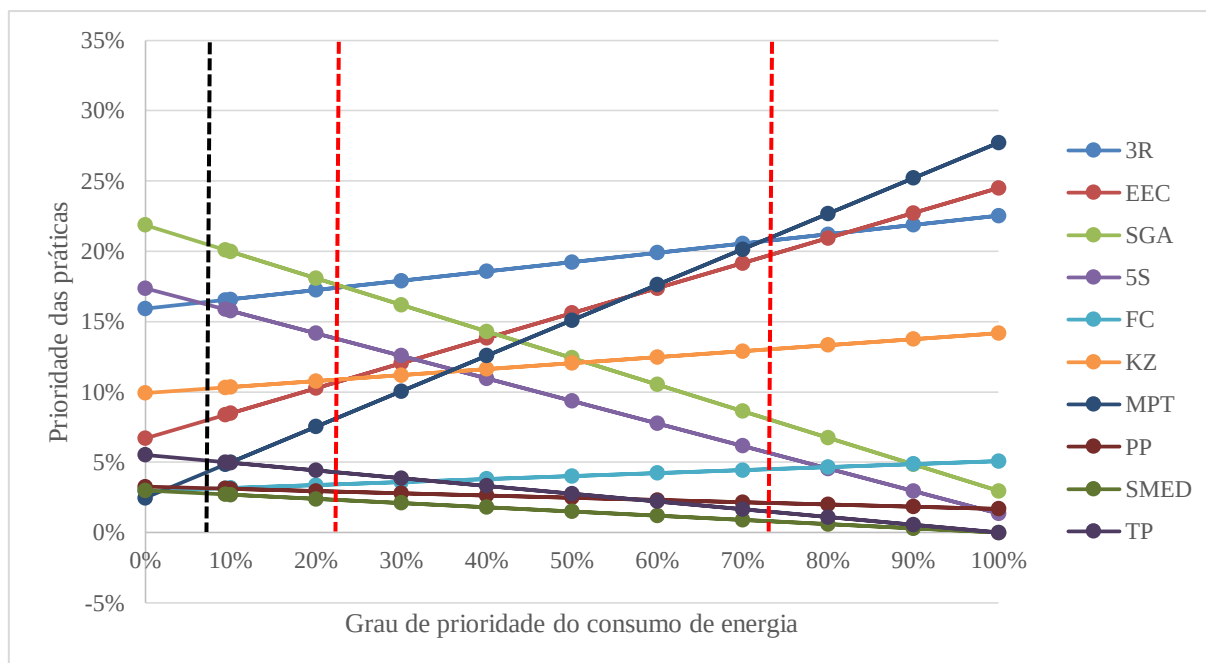
A aplicação do *framework* permitiu identificar quais práticas devem receber mais atenção e maior investimento, caso a empresa deseje obter um maior desempenho com relação a algum determinante. Também foi possível identificar qual o sistema que possui maior impacto sobre o desempenho organizacional, bem como, quais práticas podem ser trabalhadas em conjunto a fim de haver uma possibilidade de melhoria de desempenho para ambos os sistemas, e conseqüentemente, alcançar maiores níveis de desempenho operacional e ambiental.

5.2.5 Análise de sensibilidade

Para validar o uso efetivo do *framework* proposto, foi feita a análise de sensibilidade da variação dos pesos durante as comparações. Assim, analisou-se a variação das prioridades de cada prática ao alterar os pesos dos determinantes de desempenho, observadas nas Figuras a seguir. A linha vertical tracejada na cor preta representa o peso atual de cada determinante, e na cor vermelha representa o ponto que a prioridade se altera ao aumentar ou diminuir o peso do determinante de desempenho.

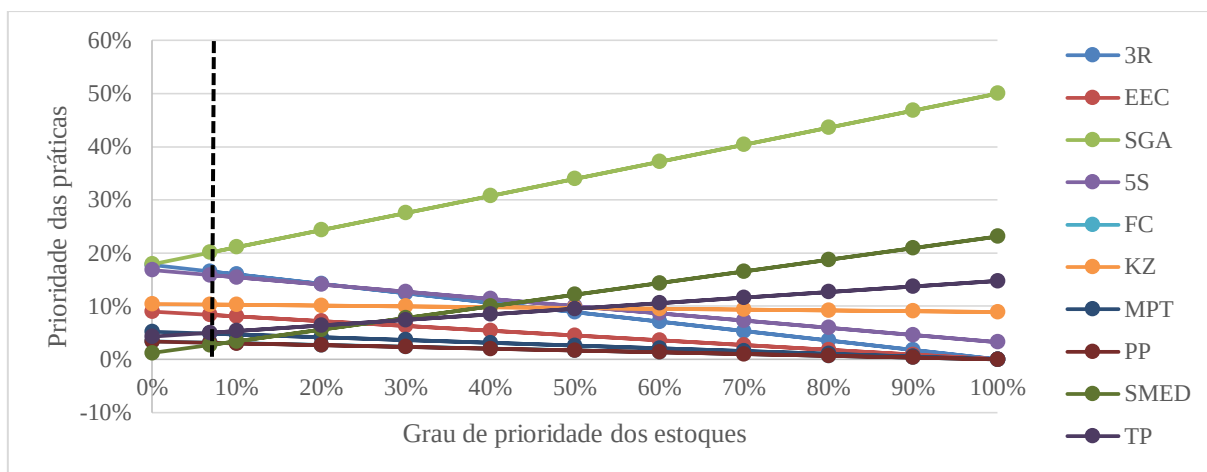
Na Figura 19 nota-se que com o peso do consumo de energia em 9,40% (Tabela 27), a prioridade é da prática SGA. À medida que o peso aumenta, a prioridade por essa prática diminui, e ao passar de 20%, a prioridade é alterada para a prática 3R. A próxima alteração de prioridade ocorre quando o peso do consumo de energia passa dos 70%, devendo a partir deste ponto ser priorizada a prática MPT.

Figura 19 – Gráfico de sensibilidade para o consumo de energia



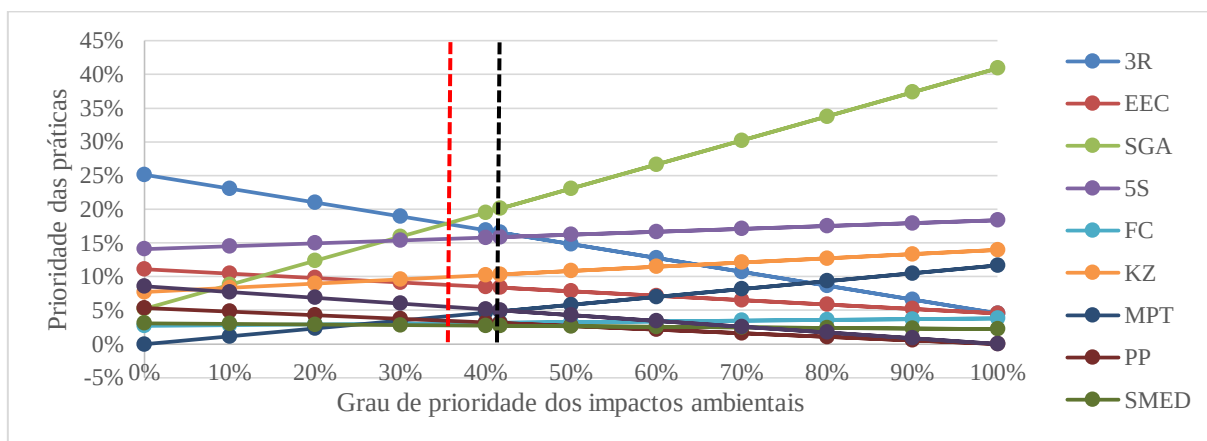
Na Figura 20 nota-se que com o peso do determinante estoque em 6,8% (Tabela 27) a prioridade é da prática SGA. Observa-se que a prioridade pela prática SGA se mantém constante para qualquer peso desse determinante.

Figura 20 – Gráfico de sensibilidade para os estoques



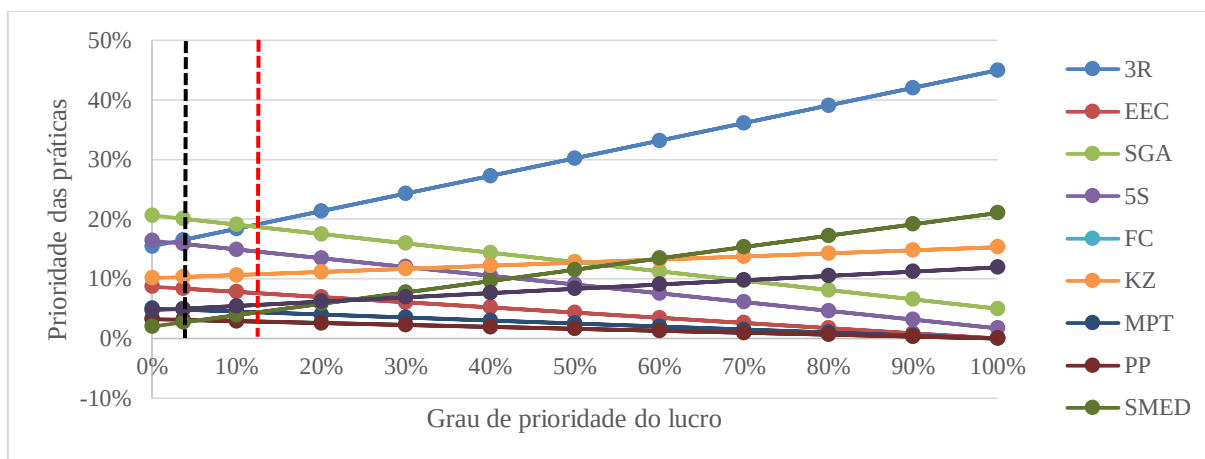
Na Figura 21 nota-se que com o peso do determinante impactos ambientais em 41,17% (Tabela 27) a prioridade é da prática SGA. Ao reduzir o peso atual, em aproximadamente 35% a prioridade é alterada para a prática 3R, mantendo-se até 0%.

Figura 21 – Gráfico de sensibilidade para os impactos ambientais



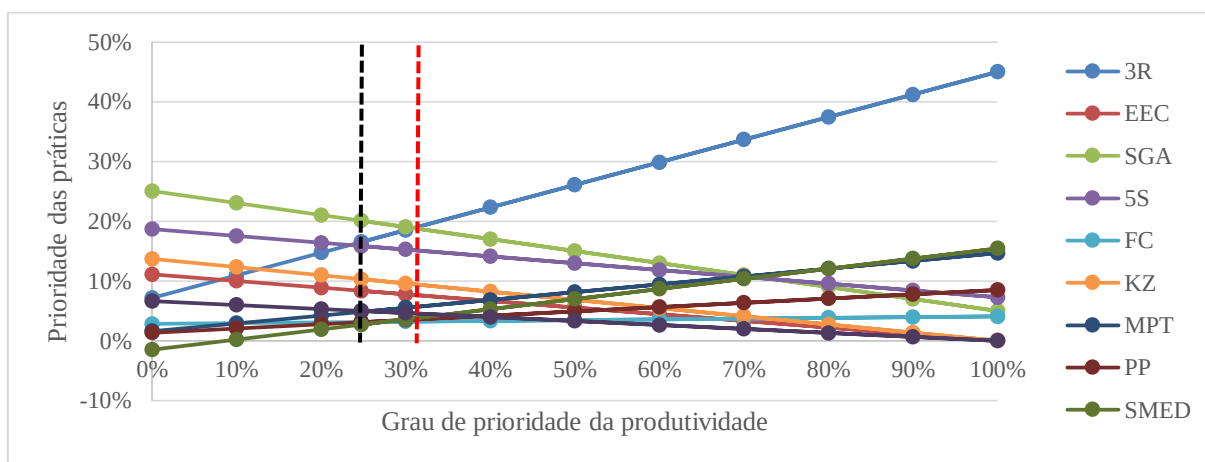
A Figura 22 mostra que com o peso do determinante lucro em 3,7% (Tabela 27) a prioridade é da prática SGA. Ao passar dos 10%, a prioridade é alterada para a prática 3R, mantendo-se se à medida que o peso aumenta.

Figura 22 – Gráfico de sensibilidade para o lucro



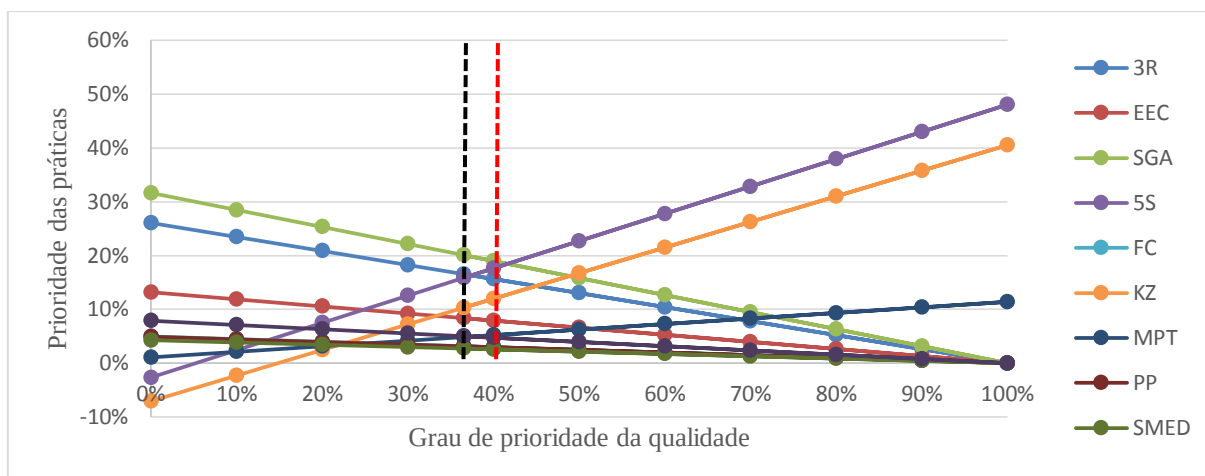
A Figura 23 mostra o gráfico de sensibilidade para a produtividade. Observa-se que com o peso do determinante atualmente em 24,8%, a prioridade é da prática SGA, mantendo-se a prioridade à medida que o peso da produtividade reduz. Já à medida que o peso cresce, a prioridade por essa prática reduz, se alterando, ao passar de 30%, para a prática 3R.

Figura 23 – Gráfico de sensibilidade para a produtividade



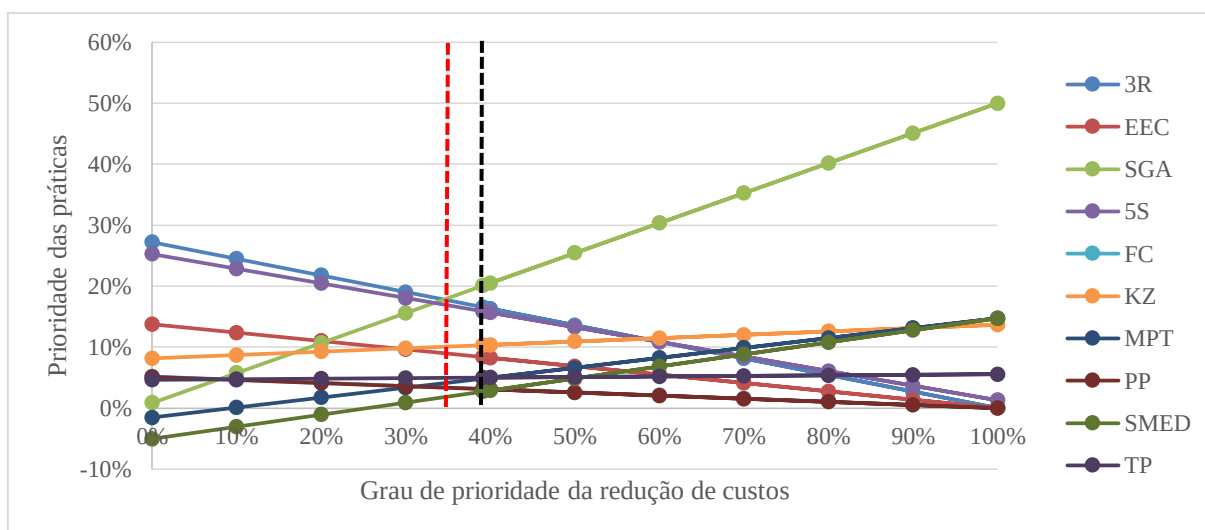
A partir da Figura 24 pode-se observar que com o peso do determinante qualidade em 36,5% (soma dos pesos 0,175 e 0,190 contidos na Tabela 27) a prioridade é da prática SGA, mantendo-se à medida que o peso da qualidade diminui. Já ao passar dos 40% a prioridade se altera para a prática 5S.

Figura 24 – Gráfico de sensibilidade para a qualidade



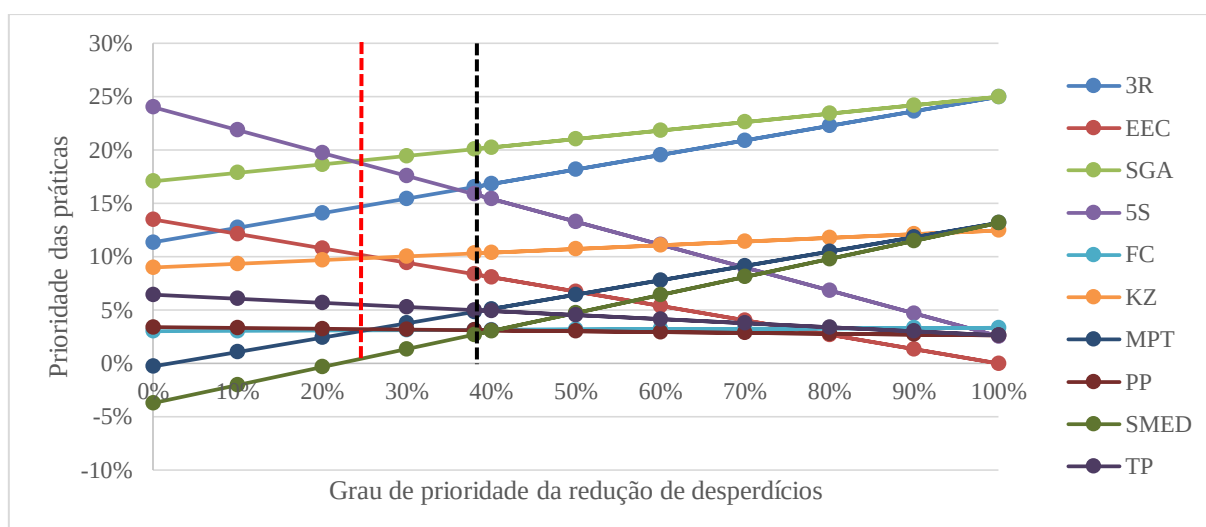
A Figura 25 apresenta o gráfico de sensibilidade para a redução de custos. A prioridade para esse determinante, com um peso atual de 39,2% (soma dos pesos 0,139 e 0,253 contidos na Tabela 27), é a prática SGA, a qual mantém-se como prioridade à medida que o peso aumenta. Ao reduzir a prioridade pela redução de custos, a prioridade de práticas se altera quando o peso chega em aproximadamente 35%, para a prática 3R.

Figura 25 – Gráfico de sensibilidade para a redução de custos



A partir da Figura 26 pode-se observar que com o peso do determinante redução de desperdícios em 38% (soma dos pesos 0,175 e 0,204 contidos na Tabela 27), a prioridade é da prática SGA, mantendo-se à medida que o peso do determinante aumenta, até atingir os 100%, quando se iguala à prática 3R. Já ao reduzir o peso, ao chegar em aproximadamente 24% a prioridade é alterada para a prática 5S, mantendo-se à medida que o peso diminui.

Figura 26 – Gráfico de sensibilidade para a redução de desperdícios



A análise de sensibilidade permitiu observar que ao variar os pesos de importância dos critérios de desempenho, as práticas a serem priorizadas são alteradas. Tal variação pode ocorrer tanto devido a mudanças na opinião dos respondentes, quanto à situação em que a empresa se encontra em determinada época. Em outras palavras, os critérios que são considerados como foco da empresa, os quais atualmente são o de redução de custos, produtividade, redução de desperdícios, redução de impactos ambientais e qualidade, podem variar ao longo do tempo, e consequentemente, alterar as práticas que devem ser priorizadas a fim de obter um maior desempenho operacional e ambiental.

Portanto, o *framework* proposto possibilita a avaliação dos sistemas *lean* e *green* de forma contínua, uma vez que é possível a alteração dos pesos atribuídos durante as comparações, possibilitando a redefinição de prioridades.

5.3 APLICABILIDADE DO MODELO PROPOSTO

O *framework* teórico proposto neste trabalho gerou um modelo de avaliação usando a abordagem do ANP. Trata-se de um modelo destinado ao uso de pesquisadores e profissionais da indústria. Portanto, uma das formas de avaliar a sua contribuição é discutindo a sua aplicabilidade em termos práticos.

Ao estudar modelos de formulação da estratégia de manufatura, Platts (1993) sugere que um procedimento desse tipo deve ser avaliado quanto à sua aplicabilidade em relação a três critérios específicos: factibilidade (O modelo pode ser utilizado na prática?), usabilidade (O modelo é fácil de ser utilizado?) e utilidade (O modelo oferece resultados relevantes?).

Esses critérios são suficientemente genéricos para servir de referência para a análise de procedimentos com outras finalidades, diferentes da formulação da estratégia de manufatura, intenção original de Platts (1993). Assim, adotando esses mesmos critérios, o modelo proposto neste trabalho é discutido a seguir.

Analisando a factibilidade, o modelo revelou capacidade de ser aplicado pela própria empresa, com o objetivo de avaliar suas práticas *lean* e *green*. Além disso, por ser um modelo genérico, pode ser utilizado por outras empresas que apliquem práticas *lean* e *green*, podendo ser moldado de acordo com a realidade de cada empresa, ou seja, utilizando as práticas que as mesmas aplicam. O *framework* também tem flexibilidade suficiente para que as relações entre práticas e entre práticas e determinantes possam ser adaptadas a cada empresa, uma vez que as relações estabelecidas para a aplicação nessa pesquisa foram embasadas na literatura, conforme relatos de pesquisas anteriores.

Com relação a usabilidade, mesmo a ferramenta ANP possuindo cálculos complexos de serem realizados, o modelo torna-se fácil de ser utilizado, uma vez que dispõe de *software* gratuito que realiza todos os cálculos necessários. Torna-se necessário apenas que a empresa se familiarize com a ambiente do programa, porém, o mesmo é de fácil utilização e dispõe de guias para facilitar a compreensão. Porém, a usabilidade depende de que a empresa mantenha as mesmas variáveis e relações estabelecidas no *framework* teórico, uma vez que reestruturação do *framework* aplicado em ANP depende do conhecimento prévio dessa técnica.

Quanto à utilidade, verifica-se que o modelo oferece a possibilidade de avaliação das práticas *lean* e *green* por parte dos gestores. De acordo com a relevância dos resultados, o modelo pode ser útil para a empresa, uma vez que irá permitir aos gestores identificar as práticas que mais influenciam no desempenho operacional e ambiental. Assim, possibilita identificar as práticas *lean* e *green* que devem ser priorizadas a fim de atingir seus objetivos em termos de dimensões globais do desempenho ou em termos de determinantes mais específicos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a finalidade de estabelecer um fechamento para o trabalho realizado, este capítulo busca verificar se os objetivos da pesquisa foram atendidos, e descrever as contribuições científicas alcançadas e recomendações de futuras pesquisas.

6.1 ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS

A fim de alcançar o objetivo geral deste trabalho, foi desenvolvido um *framework* de avaliação de práticas *lean* e *green* operacionalizado por meio da técnica ANP. Para o atendimento do objetivo geral deste trabalho foi necessário desenvolver os objetivos específicos. Portanto, é necessário examinar se os objetivos específicos foram atendidos. Assim, cada um desses objetivos específicos é analisado a seguir.

- Identificar as práticas principais que apoiam a implementação do *lean* e do *green* por meio de uma revisão sistemática da literatura.

Foi realizada uma revisão de literatura em um *portfólio* composto por 39 artigos que foram selecionados e analisados de forma sistemática. Foi possível compreender melhor como a literatura aborda a relação entre os temas *lean* e *green*, bem como, estabelecer as práticas que apoiam a implementação dos dois sistemas. Como resultado, foram identificadas 8 práticas *lean* e 5 práticas *green* que fundamentaram a construção do *framework* teórico.

- Estruturar as relações *lean* e *green* por meio do *Analytic Network Process* (ANP).

Após a identificação das práticas *lean* e *green*, por meio de análise da literatura, foi possível identificar os critérios e subcritérios necessários para a avaliação das práticas quanto ao impacto sobre o desempenho, bem como, estabelecer as relações de influência entre os mesmos. Desse modo, foram identificados 2 (dois) critérios, denominados de dimensões de desempenho, e 8 subcritérios, denominados de determinantes de desempenho. Por fim, as relações foram estruturadas em um *framework* em forma de rede para permitir a operacionalização via ANP.

- Validar o *framework* por meio de sua aplicação em uma empresa que demonstra evidências de aplicação de práticas *lean* e *green*.

O *framework* desenvolvido teve sua validação demonstrada por meio de um estudo de caso em uma fábrica do setor de calçados. A partir da coleta de dados, foi possível testar o *framework* proposto, provando que o mesmo é capaz de avaliar práticas *lean* e *green* quanto ao impacto sobre o desempenho operacional e ambiental, e assim identificar quais práticas devem ser priorizadas.

- Propor um índice de avaliação *lean-green* de forma integrada.

A avaliação dos sistemas *lean* e *green* de forma integrada foi realizada por meio de um índice de avaliação denominado *lean-green index*, permitindo identificar o impacto de cada paradigma sobre o desempenho organizacional. O *lean-green index* também permitiu detalhar esse impacto no desempenho operacional e ambiental, e também o impacto dos sistemas *lean* e *green* de forma integrada sobre o desempenho da organização.

Dessa forma, diante do que foi exposto, os resultados da pesquisa demonstram que os objetivos específicos foram atendidos plenamente, e consequentemente, o objetivo geral.

6.2 CONTRIBUIÇÕES

Considerando a literatura analisada sobre o tema *lean* e *green*, foi possível verificar uma escassez de modelos de avaliação envolvendo as duas abordagens. Dessa forma, a principal contribuição desse trabalho foi o desenvolvimento de um *framework* integrativo para avaliação de práticas *lean* e *green* em organizações de manufatura. Do mesmo modo que o *framework* foi moldado para aplicação do estudo de caso realizado, outras organizações de manufatura que apliquem práticas *lean* e *green*, podem adequar o modelo para realidade de cada empresa, retirando ou acrescentando aquelas que julgar necessárias. Isso torna o *framework* teórico válido e ao mesmo tempo amplia o seu potencial de generalização a partir de uma mesma estrutura de avaliação.

Outros autores como, Thanki, Govindan e Thakkar (2016), utilizam a técnica *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para avaliar a influência de práticas *lean* e *green* sobre critérios de desempenho e propõem um *framework* de avaliação conjunta. No entanto, os autores não avaliaram as inter-relações existentes entre as práticas *lean* e *green*, e a avaliação foi feita com 2 (duas) hierarquias separadas (uma para a avaliação *lean* e outra para a avaliação *green*), com pontuações obtidas por meio de opinião de especialistas. Este estudo diferiu do de Thanki, Govindan e Thakkar (2016), evoluindo com utilização da técnica ANP e propondo um único *framework* em uma rede integrada com os dois sistemas *lean* e *green*. Além disso, o

ANP permitiu avaliar as inter-relações existentes entre as práticas *lean* e *green*, sobressaindo-se ao AHP que não permite tal avaliação. Desse modo, a utilização da técnica ANP também se mostra uma contribuição importante deste estudo, operacionalizando o *framework* de um modo mais abrangente que as propostas publicadas anteriormente.

Portanto, pode-se dizer que este trabalho contribui para a literatura da área, ainda escassa no que se refere ao processo de avaliação *lean-green*, uma vez que propõe uma estrutura integrada de avaliação dos dois sistemas, utilizando a ferramenta ANP como meio.

Ao mesmo tempo, este trabalho também possui contribuições gerenciais, uma vez que a aplicação do *framework* permitiu identificar quais práticas devem receber mais atenção e maior investimento, caso a empresa deseje melhorar o desempenho de suas práticas atuais. O *framework* também poderá auxiliar os gerentes a identificar quais práticas podem ser trabalhadas em conjunto para melhorar o desempenho em ambos os sistemas, e consequentemente, alcançar maiores níveis de desempenho operacional e ambiental. Outra contribuição gerencial deve-se ao fato de que o modelo proposto tem uma estrutura genérica, permitindo que empresas que implementam práticas *lean* e *green* em seus processos identifiquem os pontos fortes e fracos de seu sistema de produção, com relação a critérios de desempenho operacional e ambiental. Além disso, este trabalho sintetiza a avaliação ao fornecer um índice (LG_{index}) que possibilita a avaliação dos sistemas *lean* e *green* de forma integrada.

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a finalidade de aperfeiçoar as pesquisas sobre o tema e o *framework* de avaliação proposto nesta dissertação, a seguir são apresentadas algumas sugestões de trabalhos futuros, a saber:

- Aplicar o *framework* em outras indústrias calçadistas e em organizações de diferentes segmentos industriais, a fim de comparar os resultados obtidos e compreender melhor as limitações dessa abordagem.
- Analisar os elementos do *framework* por meio de análise fatorial, a fim de confirmar as relações que foram obtidas através da literatura.
- Por meio do ANP, agrupar todas as práticas em único *cluster* e aplicar o questionário em grupo, com responsáveis pelos setores *lean* e *green* da empresa, a fim de gerar julgamentos mais completos das relações de influência. O agrupamento em único *cluster*, irá permitir

uma comparação integrada com relação aos critérios de desempenho, uma vez que as práticas serão comparadas entre si, sem distinção de qual grupo cada uma pertence.

- Aplicar o *framework* de avaliação proposto utilizando outras técnicas de análise multicritério que levam em conta as relações entre os elementos de um sistema, como a GTA (*Graph Theoretic Approach*) e o DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*), a fim de comparar as informações geradas a partir do ANP.
- Investigar os motivos que levaram as práticas *lean* e *green* a gerar bons resultados de desempenho, e a forma como os alcançaram.
- Medir o nível de integração entre as práticas *lean* e *green* aplicadas na empresa, com o intuito de identificar se existe uma sinergia entre os dois sistemas.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, A.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K. Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: an ANP-based approach. **European Journal of Operational Research**, v. 173, n. 1, p. 211–225, 2006.
- ALLWOOD, J. What is sustainable manufacturing? In: SUSTAINABLE MANUFACTURING SEMINAR SERIES, 2005, Cambridge. **Seminar...** Cambridge: Cambridge University, 2005. p. 1-32.
- BALL, P. Low energy production impact on lean flow. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 26, n. 3, p. 412-428, 2015.
- BERGMILLER, G. G.; MCCRIGHT, P. R. Lean manufacturers' transcendence to green manufacturing. In: PROCEEDINGS OF THE INDUSTRIAL ENGINEERING CONFERENCE, 2009, Miami. **Proceedings...** Miami, 2009.
- CALDERA, H. T. S.; DESHA, C.; DAWES, L. Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1546-1565, 2018.
- CHERRAFI, A. *et al.* The integration of lean manufacturing, six sigma and sustainability: a literature review and future research directions for developing a specific model. **Journal of Cleaner Production**, v. 139, p. 828-846, 2016.
- CHIARINI, A. Sustainable manufacturing-greening processes using specific lean production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 226-233, 2014.
- CLEMENS, B.; BAKSTRAN, L. A framework of theoretical lenses and strategic purposes to describe relationships among firm environmental strategy, financial performance, and environmental performance. **Management Research Review**, v. 33, n. 4, p. 393–405, 2010.
- DHINGRA, R.; KRESS, R.; UPRETI, G. Does lean mean green? **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 1-7, 2014.
- DIAZ-ELSAIED, N. *et al.* Assessment of lean and green strategies by simulation of manufacturing systems in discrete production environments. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 62, n. 1, p. 475-478, 2013.
- DOMINGO, R.; AGUADO, S. Overall environmental equipment effectiveness as a metric of a lean and green manufacturing system. **Sustainability**, v. 7, n. 7, p. 9031–9047, 2015.
- DUARTE, S.; CRUZ-MACHADO, V. Modelling lean and green: a review from business models. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 4, n. 3, p. 228-250, 2013.
- DÜES, C. M.; TAN, K. H.; LIM, M. Green as the new lean: how to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 93-100, 2013.
- FAULKNER, W.; BADURDEEN, F. Sustainable value stream mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 8-18, 2014.
- FERCOQ, A.; LAMOURI, S.; CARBONE, V. Lean/Green integration focused on waste reduction techniques. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 567–578, 2016.

- GALEAZZO, A.; FURLAN, A.; VINELLI, A. Lean and green in action: interdependencies and performance of pollution prevention projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 191-200, 2014.
- GARZA-REYES, J. A. Green lean and the need for six sigma. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 6, n. 3, p. 226-248, 2015b.
- GARZA-REYES, J. A. Lean and green - a systematic review of the state of the art literature. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 18-29, 2015a.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GLASER-SEGURA, D. A.; PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Fatores influenciadores do sucesso da adoção da produção enxuta: uma análise da indústria de três países de economia emergente. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, v. 46, n. 4, p. 423-436, 2011.
- HAJMOHAMMAD, S. *et al.* Lean management and supply management: their role in green practices and performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 312-320, 2013.
- HALLAM, C.; CONTRERAS, C. Integrating lean and green management. **Management Decision**, v. 54, n. 18, p. 2157-2187, 2016.
- HONG, P.; ROH, J. J.; RAWSKI, G. Benchmarking sustainability practices: evidence from manufacturing firm. **Benchmarking: An International Journal**, v. 19, n. 4/5, p. 634-648, 2012.
- IOPPOLO, G. *et al.* Industrial ecology and environmental lean management: lights and shadows. **Sustainability**, v. 6, n. 9, p. 6362-6376, 2014.
- JABBOUR, C. *et al.* Environmental management in Brazil: Is it a completely competitive priority? **Journal of Cleaner Production**, v. 21, n. 1, p. 11-22, 2012.
- KLEINDORFER, P. R.; SINGHAL, K.; WASSENHOVE, L. N. Sustainable operations management. **Production and Operations Management**, v. 14, n. 4, p. 482-492, 2005.
- KURDVE, M. *et al.* Waste flow mapping to improve sustainability of waste management: a case study approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 98, p. 304-315, 2015.
- LEÓN, H. C. M.; CALVO-AMODIO, J. Towards lean for sustainability: understanding the interrelationships between lean and sustainability from a systems thinking perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 4384-4402, 2017.
- LOMBO-CARRILLO, J. C. **Estudo de aspectos ambientais em produção enxuta**. 2012. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 2012.
- MARTÍNEZ-JURADO, P. J.; MOYANO-FUENTES, J. Lean management, supply chain management and sustainability: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 134-150, 2014.
- MEDEIROS JR., A.; PEREZ, G.; LEX, S. Using analytic network for selection of enterprise resource planning systems (ERP) aligned to business strategy. **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 11, n. 2, p. 277-296, 2014.
- MILLER, G.; PAWLOSKE, J.; STANDRIDGE, C. A case study of lean, sustainable manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 3, n. 1, p. 11-32, 2010,

- NARAYANAMURTHY, G.; GURUMURTHY, A. Leanness assessment: a literature review. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 36, n. 10, p. 1115-1160, 2016.
- NG, R.; LOW, J. S. C.; SONG, B. Integrating and implementing lean and green practices based on proposition of carbon-value efficiency metric. **Journal of Cleaner Production**, v. 95, p. 242-255, 2015.
- OLESEN, P. *et al.* Using lean principles to drive operational improvements in intermodal container facilities: a conceptual framework. **Journal of Facilities Management**, v. 13, n. 3, p. 266-281, 2015.
- OLIVEIRA, J. A. **Relação entre as práticas de Produção Mais Limpa e as de Produção Enxuta**: estudo de casos múltiplos e *survey* sobre os impactos no desempenho ambiental, econômico e operacional da empresa. 2016. 249f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2016.
- PAMPANELLI, A. B. **L&GBM: modelo para um negócio enxuto e verde**. 2013. 356f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2013.
- PAMPANELLI, A. B.; FOUND, P.; BERNARDES, A. M. A lean & green model for a production cell. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 19-30, 2013.
- PIERCY, N.; RICH, N. The relationship between lean operations and sustainable operations. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 35, n. 2, p. 282-315, 2015.
- PLATTS, K. W. A process approach to researching manufacturing strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 13, n. 8, p. 4-17, 1993.
- PRASAD, S.; KHANDUJA, D.; SHARMA, S. K. An empirical study on applicability of lean and green practices in the foundry industry. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 27, n. 3, p. 408-426, 2016.
- PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico (recurso eletrônico)**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- QURESHI, M. I. *et al.* Sustainability: a new manufacturing paradigm. **Jurnal Teknologi**, v. 77, n. 22, p. 47-53, 2015.
- SAATY, T. L.; KEARNS, K. P. **Analytic planning-the organization of systems**. International Series in Modern Applied Mathematics and Computer Science. v. 7. New York: Pergamon Press, 1985.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. 2.ed. New York: Springer, 2012.
- SAGNAK, M.; KAZANCOGLU, Y. Integration of green lean approach with six sigma: an application for flue gas emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 127, p. 112-118, 2016.
- SANTOS, L. C. *et al.* Identificação e avaliação de práticas de produção enxuta em empresas calçadistas do Estado da Paraíba. **Revista Produção Online**, v. 17, n. 1, p. 176-199, 2017.
- SANTOS, M. A. R.; SALOMON, V. A. P.; MARINS, F. A. S. Analytic network process and balanced scorecard applied to the performance evaluation of public health systems. **Pesquisa Operacional**, v. 35, n. 2, p. 353-361, 2015.

- SARKIS, J. A strategic decision framework for green supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 11, n. 4, p. 397-409, 2003.
- SAURIN, T. A.; FERREIRA, C. F. Avaliação qualitativa da implantação de práticas da produção enxuta: estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 3, p. 449-462, 2008.
- SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.
- SILVA, A. C. S.; NASCIMENTO, L. P. A. S.; BELDERRAIN, M. C. N. Aplicação do método analytic network process (ANP) com abordagem BOCR no contexto militar. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 13., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2010.
- SILVA, A. C. S.; OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. N. Analytic network process. In: MARINS, F. A. S. *et al.* (Org.). **Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial**. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010.
- SILVA, D. A. L. **Gestão do ciclo de vida de produtos por meio da avaliação e o monitoramento ambiental de processos de manufatura: procedimento e estudos de caso**. 2016. 317f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2016.
- SILVA, J. M. N. *et al.* Análise comparativa entre o alinhamento da produção em massa e a manufatura enxuta com a gestão ambiental. **Espacios**, v. 37, n. 6, 2016.
- SORIANO-MEIER, H.; FORRESTER, P. L. A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 13, n. 2, p. 104-109, 2002.
- THANKI, S. J.; THAKKAR, J. J. Value-value load diagram: a graphical tool for lean-green performance assessment. **Production Planning & Control**, v. 27, n. 15, p. 1280-1297, 2016.
- THANKI, S.; GOVINDAN, K.; THAKKAR, J. An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 135, p. 284-298, 2016.
- TORIELLI, R. M. *et al.* Using lean methodologies for economically and environmentally sustainable foundries. **China Foundry**, v. 8, n. 1, p. 74-88, 2011.
- VERRIER, B. *et al.* Combining organizational performance with sustainable development issues: the lean and green project benchmarking repository. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 83–93, 2014.
- VERRIER, B.; ROSE, B.; CAILLAUD, E. Lean and green strategy: the lean and green house and maturity deployment model. **Journal of Cleaner Production**, v. 116, p. 150-156, 2016.
- VINODH, S.; ARVIND, K. R.; SOMANAATHAN, M. Tools and techniques for enabling sustainability through lean initiatives. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 13, n. 3, p. 469-479, 2011.
- VINODH, S.; RAMESH, K.; ARUN, C. S. Application of interpretive structural modelling for analysing the factors influencing integrated lean sustainable system. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 18, n. 2, p. 413–428, 2016.
- WIESE, A. *et al.* The integration of lean, green and best practice business principles. **Journal of Transport and Supply Chain Management**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2015.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking**: banish waste and create wealth for your corporation. New York: Free Press, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The machine that changed the world**. New York: Rawson Associates, 1990,

WONG, W. P.; IGNATIUS, J.; SOH, K. L. What is the leanness level of your organisation in lean transformation implementation? An integrated lean index using ANP approach.

Production Planning & Control, v. 25, n. 4, p. 273-287, 2014.

WONG, W. P.; WONG, K. Y. Synergizing an ecosphere of lean for sustainable operations.

Journal of Cleaner Production, v. 85, p. 51-66, 2014.

WU, L. *et al.* The impact of integrated practices of lean, green, and social management systems on firm sustainability performance: evidence from Chinese fashion auto-parts suppliers. **Sustainability**, v. 7, n. 4, p. 3838-3858, 2015.

WU, P. Monitoring carbon emissions in precast concrete installation through lean production – a case study in Singapore. **Journal of Green Building**, v. 9, n. 4, p. 191-211, 2014.

YANG, M. G.; HONG, P. C.; MODI, S. B. Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: an empirical study of manufacturing firms.

International Journal of Production Economics, v. 129, n. 2, p. 251-261, 2011.

ZOKAEI, K. *et al.* **Creating a lean and green business system**: techniques for improving profits and sustainability. New York: CRC Press, 2013.

APÊNDICE I - ROTEIRO DE ENTREVISTA

1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Tempo da empresa no mercado:

Número de funcionários:

Ramo de atuação:

Tempo de implantação da Produção Enxuta na unidade fabril:

Tempo de implantação da Gestão Ambiental na unidade fabril:

2. PRÁTICAS ENXUTAS

Mapeamento de fluxo de valor (MFV)

1. Existe a prática do MFV na empresa? (Mapas do processo produtivo com o objetivo de identificar desperdícios no processo)?
2. São elaborados mapas prevendo um estado futuro do processo? Se sim, existem planos de ação para implantação dos mapas futuros?

Redução de tempo de *setup* (SMED)

3. Existe a busca pela redução do tempo de *setup*? (Um sistema de troca rápida de ferramentas)?

Manutenção produtiva total (TPM)

5. Existe um programa de manutenção relacionado à produção enxuta? Como a manutenção produtiva total?
6. Há cursos e treinamento incentivando os operadores a realizar manutenção de forma autônoma?

5S

7. Ocorre a prática do 5S na empresa (se a separação dos materiais necessários dos desnecessários para o local de trabalho é realizada frequentemente, se os materiais estão organizados de forma a facilitar o trabalho dos operadores, e se existe uma rotina de limpeza dos equipamentos e dos postos de trabalho pelos operadores)?

Produção puxada

8. Há uma produção puxada? Se sim, há relação com a implementação da produção enxuta?
9. Existem mecanismos de puxar a produção, como os cartões *kanban*?

Kaizen

10. Existem rotinas que vocês usam para que ocorra uma melhoria contínua dos processos? Se sim, há o envolvimento de todos os funcionários?

11. A maior parte dos problemas relativos ao processo produtivo é resolvido nessas rotinas?

Manufatura celular

12. A arranjo físico da produção é realizado em célula?

13. Os postos de trabalho são organizados permitindo um fluxo sincronizado e contínuo de material?

Trabalho padronizado

14. Os tempos de processo são conhecidos e padronizados? (Tempo de ciclo ou *takt time*).

15. Existem folhas de operação-padrão (apresentam a quantidade máxima permitida de material em processamento, pontos de inspeção de qualidade, tempos de processo)?

2. PRÁTICAS AMBIENTAIS

Design para o Meio Ambiente

1. O produto é projetado buscando a conformidade com requisitos ambientais em todas as etapas do desenvolvimento do produto?

Análise do ciclo de vida

2. O ciclo de vida do produto é descrito e o uso de matéria-prima e as emissões em cada etapa são registrados?

3. Existem dados que permitam entender qual impacto ambiental causado pelo produto?

Controle de emissões ambientais

4. Existe uma gestão das emissões, prevenindo a geração de poluição através do monitoramento constante? (Emissões atmosféricas, ou na terra e água).

Reduzir, reutilizar e reciclar – 3R

5. Ocorre a redução do desperdício no uso de matérias-primas?

6. Há uma reutilização direta dos produtos?

7. Ocorre uma reciclagem de materiais?

SGA

8. A empresa segue diretrizes para sistemas de gestão ambiental?

9. Há um gerenciamento dos impactos ambientais?

APÊNDICE II - QUESTIONÁRIO

O presente questionário tem como objetivo avaliar a contribuição de práticas do *lean manufacturing* (produção enxuta) e *green manufacturing* (gestão ambiental) para critérios de desempenho operacional e ambiental, bem como, analisar a integração entre as práticas enxutas e ambientais na empresa.

As respostas do questionário deverão seguir a escala fundamental de Saaty (SAATY; KEARNS, 1985), apresentada a seguir:

Valor	Definição	Explicação
1	Importância/contribuição/relação igual	Os dois elementos contribuem igualmente
3	Importância/contribuição/relação fraca	Julgamento levemente a favor de um elemento sobre outro.
5	Importância/contribuição/relação forte	Julgamento fortemente a favor de um elemento sobre outro.
7	Importância/contribuição/relação muito forte	Um elemento é fortemente favorecido e sua dominância é demonstrada na prática.
9	Importância/contribuição/relação extremamente forte	A evidência favorecendo um elemento em relação ao outro com ordem de afirmação a mais alta possível.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Dúvida

O presente questionário encontra-se segmentado em 5 blocos, divididos para 3 respondentes. Para respondê-lo, você deverá marcar em cada linha qual o grau de importância/contribuição/relação de um elemento comparado com outro, na escala da **esquerda** se o elemento da esquerda tiver maior peso, e na escala da **direita** se o elemento da direita tiver o maior peso.

Por exemplo: Caso o critério de “estoques” possua forte importância em comparação ao critério “lucro”, deverá ser marcado o número 5 na parte da **esquerda** da escala, caso o critério “lucro” que tenha forte influência comparado à qualidade, deverá ser marcado o número 5 na parte **direita** da escala (Bloco I - questão 1).

																			custos
Qualidade																			Redução de desperdícios
Redução de custos																			Redução de desperdícios

Questão 3. Com relação à importância para o desempenho ambiental da empresa, compare os seguintes critérios de desempenho:

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Consumo de energia																		Impactos ambientais
Consumo de energia																		Qualidade
Consumo de energia																		Redução de custos
Consumo de energia																		Redução de desperdícios
Impactos ambientais																		Qualidade
Impactos ambientais																		Redução de custos
Impactos ambientais																		Redução de desperdícios
Qualidade																		Redução de custos
Qualidade																		Redução de desperdícios
Redução de custos																		Redução de desperdícios

BLOCO II

➤ Dados do respondente:

Cargo: _____

Setor: _____

Tempo de trabalho na empresa: _____

Neste bloco estão contidas questões referentes às relações entre critérios de desempenho operacional e ambiental e práticas enxutas. Objetiva-se identificar o peso relativo de cada prática enxuta com relação à cada critério.

Questão 2. Com que intensidade as práticas enxutas abaixo contribuem para a quantidade de estoques?

[illegible]

Questão 5. Com que intensidade as práticas enxutas abaixo contribuem para a produtividade?

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5s																		Fabricação celular
5s																		Manutenção produtiva total
5s																		Produção puxada
5s																		Redução do tempo de setup
Fabricação celular																		Manutenção produtiva total
Fabricação celular																		Produção puxada
Fabricação celular																		Redução do tempo de setup
Manutenção produtiva total																		Produção puxada
Manutenção produtiva total																		Redução do tempo de setup
Produção puxada																		Redução do tempo de setup

Questão 6. Com que intensidade as práticas enxutas abaixo contribuem para a qualidade do produto?

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5s																		Kaizen (melhoria contínua)
5s																		Manutenção produtiva total
Kaizen (melhoria contínua)																		Manutenção produtiva total

Questão 7. Com que intensidade as práticas enxutas abaixo contribuem para a redução de custos?

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5s																		Kaizen (melhoria contínua)
5s																		Manutenção produtiva total
5s																		Redução do tempo de setup
5s																		Trabalho padronizado
Kaizen (melhoria contínua)																		Manutenção produtiva total
Kaizen (melhoria contínua)																		Redução do tempo de setup
Kaizen (melhoria contínua)																		Trabalho padronizado
Manutenção produtiva total																		Redução do tempo de setup
Manutenção produtiva total																		Trabalho padronizado
Redução do tempo de setup																		Trabalho padronizado

Questão 8. Com que intensidade as práticas enxutas abaixo contribuem para a redução de desperdícios?

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5s																		Fabricação celular
5s																		Kaizen (melhoria contínua)
5s																		Manutenção produtiva total
5s																		Produção puxada
5s																		Redução do tempo de setup
5s																		Trabalho padronizado
Fabricação celular																		Kaizen (melhoria contínua)
Fabricação celular																		Manutenção produtiva total
Fabricação celular																		Produção puxada
Fabricação celular																		Redução do tempo de setup

ambientais																			
------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Questão 2. Com que intensidade as práticas ambientais abaixo contribuem para o lucro?

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Redução, reutilização e reciclagem																		SGA

Questão 3. Com que intensidade as práticas ambientais abaixo contribuem para a produtividade?

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Redução, reutilização e reciclagem																		SGA

Questão 4. Com que intensidade as práticas ambientais abaixo contribuem para a redução de desperdícios?

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Redução, reutilização e reciclagem																		SGA

BLOCO IV

➤ Dados do respondente:

Cargo: _____

Setor: _____

Tempo de trabalho na empresa: _____

Neste bloco estão contidas questões referentes às relações entre as práticas ambientais e práticas enxutas. Objetiva-se identificar se existe uma relação entre os sistemas de produção enxuta e gestão ambiental da empresa.

