



Diogo Carlos Simões Silva
Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Influência dos Paradigmas de Produção *Lean* e *Green* no Desempenho de Empresas da Indústria Transformadora

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado
Co-orientadora: Professora Doutora Helena Maria Lourenço Carvalho Remígio

Júri:

Presidente: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes

Vogais: Professora Doutora Maria do Rosário de Meireles Ferreira Cabrita

Professora Doutor Virgínia Helena Arimateia de Campos Machado

Influência dos Paradigmas de Produção *Lean* e *Green* no Desempenho de Empresas da Indústria Transformadora

Copyright:

Diogo Carlos Simões Silva, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida. Deixo um sincero agradecimento a todas as pessoas que me ajudaram neste percurso e na minha evolução individual e académica.

Às professoras Virgínia Machado e Helena Carvalho, pela orientação, pelo incentivo e pelas sugestões dadas na realização da dissertação.

Ao professor Virgílio Cruz-Machado, por me introduzir ao projeto EMS – *European Manufacturing Survey*.

A toda a minha família, pela paciência que demonstraram e por todo o apoio que me deram. E a todos os meus amigos pelo apoio e pelos momentos de distração e inspiração.

Resumo

Os paradigmas de produção *lean* e *green* têm sido alvo de inúmeros estudos que realçam o seu impacto positivo no desempenho das empresas. Esta dissertação tem como objetivo analisar o tipo de impacto dos paradigmas de produção *lean* e *green* no desempenho de empresas da indústria transformadora em Portugal bem como o nível de utilização das práticas/ferramentas *lean* e *green* nas referidas empresas. Para o efeito, foram desenvolvidos dois modelos estruturais, que relacionam as práticas/ferramentas *lean* e *green* com o desempenho da empresa, e identificadas duas hipóteses de investigação.

O conjunto de práticas/ferramentas *lean* e *green* identificadas na revisão da literatura formaram os *constructs lean* e *green*, respetivamente. Os *constructs* desempenho organizacional *lean* e *green* foram formados pelo conjunto de indicadores de desempenho associados a cada um dos paradigmas. Para recolha de dados foi implementado o *European Manufacturing Survey* e obteve-se uma amostra de 62 empresas da indústria transformadora portuguesa. Foram sugeridas algumas metodologias para testar as hipóteses do modelo que não eram possíveis de aplicar neste estudo. Conclui-se que os níveis de utilização das práticas/ferramentas *lean* e *green* são relativamente reduzidos.

Palavras-chave: Paradigma de produção, práticas/ferramentas, *construct*, *lean*, *green*, desempenho organizacional, indústria transformadora, EMS

Abstract

The lean and green production paradigms have been the object of numerous studies that highlight the positive impact on the performance of firms. This dissertation aims to analyze the type of impact of the lean and green production paradigms on the performance of manufacturing firms in Portugal, as well as the level of utilization of lean and green practices/tools in those firms. For that purpose, two structural models, which relate the lean and green practices/tools with the performance of the firm, were developed and two research hypotheses were identified.

The collection of lean and green practices/tools identified in the literature review formed the lean and green constructs, respectively. The lean and green organizational performance constructs were formed by the set of performance indicators associated with each of the paradigms. For data collection was implemented the European Manufacturing Survey and was obtained a sample of 62 companies of the Portuguese manufacturing industry. It was suggested some methods to test the hypotheses of the model which were not possible to apply in this study. It is concluded that the levels of utilization of lean and green practices are relatively low.

Keywords: Production paradigm, practices/tools, lean, green, organizational performance, manufacturing firms, EMS

Índice

CAPÍTULO I - Introdução	1
1.1. Enquadramento e justificação do tema	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Estrutura do documento	3
CAPÍTULO II - Revisão da literatura sobre os paradigmas de produção lean e green.....	5
2.1. Inovação	5
2.2. <i>Lean</i>	7
2.2.1. Conceito <i>lean</i>	7
2.2.2. Impacto da produção <i>lean</i> no desempenho da empresa	9
2.3. <i>Green</i>	15
2.3.1. Conceito <i>green</i>	15
2.3.2. Impacto da produção <i>green</i> no desempenho da empresa	17
CAPÍTULO III - Inquérito Europeu sobre Inovação na Produção	23
3.1. European Manufacturing Survey	23
3.2. Implementação do <i>survey</i>	24
3.3. Recolha de dados	26
CAPÍTULO IV - Modelo conceptual.....	27
4.1. Modelo estrutural de investigação	27
4.2. Definição dos <i>constructs lean e green</i>	29
4.2.1. Caracterização do <i>construct lean</i>	30
4.2.1. Caracterização do <i>construct green</i>	32
4.3. Definição dos indicadores de desempenho <i>lean e green</i>	34
4.3.1. Caracterização dos indicadores de desempenho	35
4.4. Metodologias para teste das hipóteses do modelo	36
CAPÍTULO V - Conclusões finais, limitações do estudo e sugestões para trabalho futuro	41
Referências bibliográficas	45

Índice de figuras

Figura 2.1 - Tipos de inovação nas empresas da indústria transformadora.....	7
Figura 4.1 – Modelo estrutural de investigação.....	27
Figura 4.3 – Modelo que relaciona o <i>construct green</i> com o desempenho organizacional <i>green</i>	28
Figura 4.2 – Modelo que relaciona o <i>construct lean</i> com o desempenho organizacional <i>lean</i> . ..	28

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Quadro resumo das práticas/ferramentas <i>lean</i> e das medidas de desempenho avaliadas nos estudos publicados analisados.	13
Tabela 2.2 – Quadro resumo das práticas/ferramentas <i>green</i> e das medidas de desempenho avaliadas nos estudos publicados analisados.	20
Tabela 4.1 – Práticas/ferramentas associadas ao paradigma de produção <i>lean</i>	29
Tabela 4.2 – Práticas/ferramentas associadas ao paradigma de produção <i>green</i>	30
Tabela 4.3 – Questões relacionadas com as ferramentas utilizadas pelas empresas.	31
Tabela 4.4 – Questões relacionadas com as práticas organizacionais aplicadas pelas empresas.	32
Tabela 4.5 – Média e desvio padrão das variáveis do <i>construct lean</i>	33
Tabela 4.6 – Média e desvio padrão das variáveis do <i>construct green</i>	33
Tabela 4.7 – Indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção <i>lean</i>	34
Tabela 4.8 – Indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção <i>green</i>	34
Tabela 4.9 – Questões relacionadas com os indicadores de desempenho considerados.	35
Tabela 4.10 – Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho.	36
Tabela 4.11 – Quadro resumo dos métodos estatísticos utilizados em estudos semelhantes.	38

Índice de abreviaturas

CAE	Código de Atividade Económica
DfE	<i>Design for the Environment</i>
EMS	<i>European Manufacturing Survey</i>
HRM	<i>Human Resource Management</i>
IMVP	Programa Internacional de Veículos Motorizados
INE	Instituto Nacional de Estatística
ISI	Instituto <i>Fraunhofer</i> para Investigação de Sistemas de Inovação
I&D	Investigação e Desenvolvimento
JIT	<i>Just-in-time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LCA	<i>Life Cycle Analysis</i>
MIT	Instituto de Tecnologia de <i>Massachusetts</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PLS	<i>Partial Least Squares</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
SEM	<i>Structural Equation Modeling</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPM	<i>Total Preventive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

CAPÍTULO I

Introdução

1.1. Enquadramento e justificação do tema

Ao longo dos últimos 20 anos, o regime económico global tem-se tornado cada vez mais liberal, enquanto que o foco na inovação substitui os modelos de negócio tradicionais orientados para os custos em muitas empresas (Keupp et al., 2012). Além da omnipresente inovação tecnológica e de produto, uma série de subcampos surgiram, relacionados com a inovação, tais como a inovação organizacional, a inovação de serviços e a inovação de processos (Mol et al., 2009). Relativamente à inovação de processos, têm surgido vários paradigmas de produção e de gestão que permitem a melhoria dos métodos de produção e das formas de organização das empresas, definindo como objetivo a satisfação das necessidades dos clientes, a redução de custos e proteção do meio ambiente. Neste campo, têm sobressaído os paradigmas de produção *lean* e *green*.

Com o mercado contemporâneo a ser cada vez mais competitivo a nível mundial, as empresas da indústria transformadora estão sob pressão para perseguir a excelência operacional e melhorar o seu desempenho, de modo a reduzir custos e fornecer produtos de maior qualidade em prazos mais curtos. As práticas/ferramentas de produção *lean* têm sido bastante utilizados pelas empresas da indústria transformadora para alcançar os objetivos referidos e para ganhar vantagem competitiva sobre os seus concorrentes (Belekoukias et al., 2014).

Segundo Hofer et al. (2012), a produção *lean* é muitas vezes considerada como a norma de ouro das operações modernas e da gestão da cadeia de abastecimento. Os conceitos associados ao paradigma de produção *lean* envolvem a melhoria contínua e melhora a qualidade e a produtividade, reduzindo o custo, o tempo e os desperdícios das operações (Duarte et al., 2013).

As empresas de hoje têm de responder a uma taxa crescente de mudança. Os ciclos de vida do produto e da tecnologia estão a ficar mais curtos, as pressões competitivas forçam alterações rápidas na conceção dos produtos e serviços, e a procura do consumidor exige uma maior

diferenciação de produtos e serviços (Azevedo et al., 2011). Para além disso, atualmente, o desafio da sustentabilidade é assegurar que as indústrias procuram o crescimento económico, garantindo a proteção ambiental. O interesse crescente no desenvolvimento sustentável tem levado muitas empresas a discutir formas de lidar com as questões ambientais (Venus, 2011).

A gestão ecologicamente sustentável ou a chamada gestão *green*, surgiu como um tópico de gestão importante para as empresas atingirem lucros e quota de mercado, reduzindo os riscos e impactos ambientais enquanto melhora a eficiência ecológica (Azevedo et al., 2011; Rao e Holt, 2005; Venus, 2011; Zhu et al., 2008). A crescente pressão da comunidade e dos consumidores ambientalmente conscientes tem levado ao estabelecimento de normas ambientais rigorosas, que posteriormente, forçam a indústria transformadora a integrar com eficiência as preocupações ambientais nas suas práticas de gestão (Azevedo et al., 2011; Paulraj, 2009; Rao et al., 2005; Zhu et al., 2008). Embora as empresas tenham adotado práticas/ferramentas ambientalmente responsáveis para cumprir os requisitos legais, essas práticas/ferramentas também podem gerar uma vantagem competitiva sustentável, melhorando a sua rentabilidade a longo prazo (Paulraj, 2009; Azevedo et al., 2011; Zhu et al., 2008). Portanto, as dimensões competitivas, associadas às preocupações ambientais, não podem passar despercebidas às empresas.

A maioria das empresas já percebeu que, de forma a evoluir para uma cadeia de abastecimento eficiente e eficaz, precisam de ser avaliadas pelo seu desempenho (Behrouzi et al., 2011). A maioria dos estudos publicados analisados sobre os sistemas de produção *lean* concentra-se na relação entre a implementação do paradigma de produção *lean* e o desempenho das empresas, sendo que a maior parte desses estudos têm analisado a relação entre a produção *lean* e o desempenho operacional (nomeadamente, Shah e Ward, 2003; Thun et al., 2010; Dora et al., 2013; Belekoukias et al., 2014; Bortolotti et al., 2013; Hallgren e Olhager, 2009) e apenas alguns investigaram a relação entre a produção *lean* e o desempenho financeiro (por exemplo, Hofer et al., 2012). Em relação à gestão *green*, alguns autores estudaram a relação entre as práticas/ferramentas *green* e os desempenhos ambiental, operacional e/ou financeiro das empresas (nomeadamente, Azevedo et al., 2011; Rao et al., 2005; Venus, 2011; Zhu et al., 2007).

Assim, o impacto das práticas/ferramentas *lean* e *green* nas várias medidas de desempenho das empresas tem sido alvo de estudo em diversos países de todo o mundo. Os resultados de alguns estudos publicados indicam que, tanto as práticas/ferramentas *lean* como as práticas/ferramentas *green* ajudam a melhorar o desempenho das empresas (por exemplo, Shah e Ward, 2003; Thun et al., 2010; Azevedo et al., 2011; Rao et al., 2005), no entanto, em Portugal, estes temas não têm sido muito explorados, existindo poucos estudos publicados que avaliam a influência dos paradigmas de produção *lean* e de produção *green* no desempenho das empresas (por exemplo,

Azevedo et al., 2011; Carvalho et al., 2010), e nenhum, que tenha sido identificado na bibliografia consultada, que tenha como alvo de estudo as empresas da indústria transformadora. Assim, torna-se relevante estudar o impacto da implementação dos paradigmas de produção *lean* e de produção *green* no desempenho das empresas da indústria transformadora em Portugal.

1.2. Objetivos

O principal objetivo deste estudo é avaliar se os paradigmas de produção *lean* e *green* permitem às empresas da indústria transformadora, em Portugal, obter melhores resultados no seu desempenho. Para isso, pretende-se aferir quais são as práticas/ferramentas *lean* e/ou *green* mais implementadas pelas empresas, e o modo como estas influenciam determinadas medidas de desempenho. Mais concretamente, em relação ao paradigma de produção *lean*, o objetivo é avaliar o impacto das principais práticas/ferramentas de produção *lean* no desempenho organizacional, onde serão considerados indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *lean*. Relativamente ao paradigma de produção *green*, pretende-se determinar qual a influência de algumas práticas/ferramentas de produção *green* no desempenho organizacional, onde serão considerados indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *green*.

1.3. Estrutura do documento

O presente documento está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo é dedicado à introdução, o segundo é reservado à revisão bibliográfica, o terceiro apresenta o modelo e as hipóteses de investigação e caracteriza o método de investigação utilizado, no quarto capítulo são apresentados e analisados os resultados e no quinto são retiradas as conclusões e evidenciadas as limitações deste estudo.

O primeiro capítulo é a introdução ao conteúdo do documento e faz referência ao enquadramento do tema, aos objetivos e ao modo como está organizado o documento. O segundo capítulo é reservado à revisão bibliográfica sobre os conceitos associados à inovação e aos paradigmas de produção *lean* e de produção *green*. O terceiro capítulo é constituído pela apresentação do *survey* utilizado para a recolha de dados e pela descrição de como este foi implementado. O quarto capítulo apresenta o modelo estrutural de investigação, as práticas/ferramentas associadas a cada paradigma, bem como os indicadores de desempenho considerados, e as hipóteses de investigação. Ainda no capítulo quatro são apresentadas

metodologias estatísticas para testar as hipóteses. As conclusões do trabalho realizado, assim como as suas limitações e sugestões para trabalho futuro são apresentadas no capítulo cinco.

CAPÍTULO II

Revisão da literatura sobre os paradigmas de produção *lean e green*

2.1. Inovação

A inovação é vista por Baumol (2002), citado por Hong et al. (2012), como uma questão de vida ou morte para uma empresa, na qual a luta constante pela sobrevivência e a ameaça de concorrência leva as empresas a inovar. De acordo com Schumpeter (1939), citado Heidenreich (2009), é irrelevante se uma inovação implica novidade científica ou não. Embora a maioria das inovações possam ser atribuídas a alguma conquista no âmbito do conhecimento teórico ou prático, que ocorreu no imediato ou num passado remoto, existem muitas outras inovações que não. A inovação é possível sem nada do que podemos identificar como invenção, e a invenção não induz necessariamente inovação, produzindo, por si só, nenhum efeito economicamente relevante. Segundo Damanpour (1991), citado por Keupp et al. (2012), uma inovação pode ser um novo produto ou serviço, um processo de produção tecnológico, uma nova estrutura ou sistema administrativo, ou um novo plano ou programa referente a membros da organização.

Schumpeter (1934), citado por Pekovic et al. (2009), definiu inovação como a introdução de novos produtos e novos métodos de produção, a abertura de novos mercados, a conquista de novas fontes de fornecimento, e o desenvolvimento de uma nova organização em qualquer indústria. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE, 1996), citado por Pekovic et al. (2009), definiu inovação como a implementação de novas ideias que criam valor, o que se refere aos vários tipos de inovação, tais como, o desenvolvimento de produtos, a implementação de novas tecnologias de processos e as práticas de gestão.

Na compreensão clássica do processo de inovação, a Investigação e Desenvolvimento (I&D) desempenham um papel preponderante. Investimentos em I&D são esperados para levar à criação e desenvolvimento de protótipos e à introdução de novos produtos no mercado. Este paradigma linear de inovação baseada na I&D tem sido contestado de diferentes perspetivas. Primeiro, a inovação é, muitas vezes na prática, um processo não linear, bastante complexo, colaborativo e multinível, que está incorporado em sistemas de inovação. Segundo, além da inovação tecnológica e da inovação baseada em I&D, as formas não tecnológicas de inovação são cada vez mais reconhecidas como caminhos distintos de inovação que podem contribuir para o sucesso económico de uma empresa (Kirner et al., 2009). De acordo com Dosi (1988), citado por Santamaria et al. (2009), a inovação é a procura, a descoberta, a experimentação, o desenvolvimento, a imitação e a adoção de novos produtos, novos processos de produção e

novas configurações organizacionais. Por outras palavras, muitas atividades que levam à inovação não são baseadas na I&D.

Segundo Schumpeter (1934), citado por Kirner et al. (2009), a inovação é um meio para atingir um fim, podendo o fim ser o sucesso económico, o aumento de competitividade ou o crescimento. Assim, o objetivo do aumento do sucesso do negócio pode ser alcançado de diversas formas e as empresas podem seguir diferentes caminhos para inovar. Além do desenvolvimento de novos produtos, empresas da indústria transformadora podem também desenvolver novos serviços relacionados com o produto, introduzir tecnologias de produção inovadoras ou implementar conceitos organizacionais inovadores. Cada um destes tipos de inovação pode ser uma fonte de vantagem competitiva por si só. Assim sendo, podem ser distinguidos dois tipos principais de atividade inovadora: inovação de produtos e inovação de processos (Kirner et al., 2009).

De acordo com Armbruster et al. (2008), vários investigadores consideram a inovação como um fenómeno complexo, que inclui aspetos técnicos (novos produtos, novos métodos de produção) e não-técnicos (novos mercados, novas formas de organização), bem como inovações de produtos (novos produtos ou serviços) e inovações de processos (novos métodos de produção ou novas formas de organização). Tendo em conta estas considerações, é possível distinguir quatro tipos diferentes de inovações: 1) inovações técnicas dos produtos, 2) inovações não-técnicas dos serviços, 3) inovações técnicas dos processos, e 4) inovações não-técnicas dos processos, mais conhecidas como inovações organizacionais (Armbruster et al., 2008).

Considerando as empresas da indústria transformadora, inovações de produtos podem consistir em produtos materiais (físicos) ou imateriais (intangíveis), e inovações de processos podem envolver aspetos tecnológicos ou organizacionais, que representam, por um lado, os aspetos físicos, e por outro, os aspetos intangíveis das inovações de processos (Kirner et al., 2009). A Figura 2.1 representa os tipos de inovação anteriormente referidos.

A inovação é considerada vital para o sucesso organizacional, nacional e regional. O âmbito dos estudos em inovação é variado, alternando entre criatividade individual, difusão da inovação, adoção da inovação e capacidade inovadora. Os seus domínios também variam, desde tecnologia, produtos, serviços, processos e sistemas administrativos (Zheng, 2010).

A inovação mais focada nos processos tem ganho bastante importância ultimamente. Atualmente, a inovação não se pode focar unicamente nos produtos e serviços, pois isso pode não ser suficiente para manter uma empresa competitiva. Assim, no campo da inovação de processos têm surgido vários paradigmas de produção e de gestão, que permitem às empresas melhorar os seus métodos de produção e as suas formas de organização, com o objetivo de

satisfazerem as necessidades dos clientes. Como exemplos destes paradigmas surgem os paradigmas de produção *lean* e de produção *green*, que serão alvos de estudo nesta dissertação.

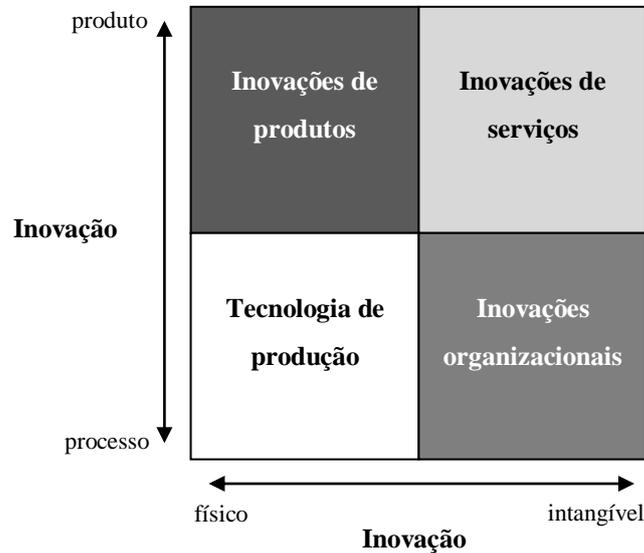


Figura 2.1 - Tipos de inovação nas empresas da indústria transformadora. Adaptado de Kirner et al. (2009)

2.2. *Lean*

2.2.1. Conceito *lean*

Uma das definições de *lean* do dicionário Merriam-Webster (2014) descreve o *lean* como um estilo, expressão ou operação caracterizada pela economia. Quando se diz “ser *lean*” dentro de um contexto organizacional, o pensamento inicial é frequentemente associado a “fazer mais com menos” (Stone, 2012).

O *lean*, num contexto empresarial, é um termo relativamente novo, embora a filosofia por trás do mesmo possa ser encontrada nas fábricas da Ford na década de 1920 e no Sistema de Produção da Toyota (*Toyota Production System* - TPS), que foi desenvolvido a partir da década de 1950 até aos dias de hoje (Shamah, 2013). O termo *lean*, relativo ao sistema de produção, foi usado pela primeira vez por Krafcik (1988), citado por Shetty et al. (2010), no Programa Internacional de Veículos Motorizados (IMVP), que operava no Centro para a Tecnologia, Política e Desenvolvimento Industrial, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT). Este termo foi utilizado como meio para descrever as técnicas de produção desenvolvidas, ao longo

dos últimos 60 anos, pela *Toyota Motor Company*. Assim sendo, o *lean* teve origem no Japão, depois da Segunda Guerra Mundial, quando os japoneses perceberam que não podiam arcar com o grande investimento necessário para construir instalações semelhantes às dos EUA (Singh et al., 2010).

Segundo Shamah (2013), o *lean* obteve o seu nome no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” de Womack, Jones e Roos, em 1990. Este livro relata o desenvolvimento da indústria automóvel desde as fases de produção artesanal passando pela produção em massa até à produção *lean* (Shamah, 2013), e resume os resultados do IMVP do MIT, que teve início em 1985 (Stone, 2012).

De acordo com Womack, Jones e Roos (1990), citado por Wong et al., (2009), a produção *lean* utiliza menos tudo quando comparado com a produção em massa – metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço de produção, metade do investimento em ferramentas e metade do tempo de engenharia para desenvolver um novo produto. Além disso, exige a manutenção de muito menos de metade do inventário necessário no local, resultando em muito menos defeitos, e na produção de uma maior e crescente variedade de produtos (Wong et al., 2009). A produção *lean* combina as melhores características da produção em massa e da produção artesanal: a capacidade para reduzir custos por unidade e melhorar drasticamente a qualidade e, ao mesmo tempo, proporciona um leque cada vez maior de produtos e trabalho mais desafiante (Shetty et al., 2010). Resumindo, é chamado *lean* porque utiliza menos, ou o mínimo, de tudo o que é necessário para produzir um produto ou desempenhar um serviço.

O TPS rege-se, fundamentalmente, pela eliminação de desperdícios e pela produção dos itens estritamente necessários no momento certo e nas quantidades necessárias. Partilhando os mesmos princípios do TPS, a implementação da produção *lean* tem como principal objetivo o aumento da produtividade, a redução dos prazos de entrega e dos custos, e a melhoria da qualidade, proporcionando assim o valor máximo para os clientes (Wong et al., 2009). Assim, o *lean* retira custos e desperdícios a todas as operações, desde a aquisição de matérias-primas até à expedição de produtos acabados. O objetivo da cultura *lean* é gerar um sistema que seja eficiente e bem organizado, e aplica a melhoria contínua e a eliminação de todas as formas de desperdício, onde cada processo deve acrescentar valor para o cliente (Duarte et al., 2013).

Segundo Stenzel (2007), citado por Duarte et al. (2013), o *lean* não é uma tática de produção nem um programa de redução de custos; o *lean* é uma estratégia de negócio. O *lean* pode ser implementado em qualquer forma de trabalho, uma vez que pode ser visto como: uma filosofia com o objetivo de eliminar desperdícios; um sistema que oferece um conjunto de ferramentas *lean*; ou um manual de instruções que descreve os diferentes passos envolvidos numa transformação *lean* total.

2.2.2. Impacto da produção *lean* no desempenho da empresa

Com o objetivo de medir o impacto da produção *lean* no desempenho da empresa, vários autores utilizaram diferentes formas de avaliar o nível de desempenho de uma empresa que implementou práticas/ferramentas de produção *lean*.

Shah e Ward (2007) utilizaram um método empírico rigoroso para identificar um conjunto de 48 itens, de modo a medir a produção *lean* e os seus componentes principais. Além disso, Shah e Ward (2007) definiram a produção *lean* como um sistema sociotécnico integrado, cujo principal objetivo é eliminar o desperdício, reduzindo ou minimizando, simultaneamente, as variabilidades interna, do fornecedor e do cliente, e utilizaram dados de uma amostra de produtores para desenvolver uma medida operacional que consiste em 10 escalas válidas e confiáveis.

Noutro estudo, Shah e Ward (2003) postularam quatro conjuntos de práticas interrelacionadas e internamente coerentes, sendo estes *Just-In-Time* (JIT), gestão da qualidade total (*Total Quality Management* - TQM), manutenção preventiva total (*Total Preventive Maintenance* - TPM) e gestão de recursos humanos (*Human Resource Management* - HRM). Os conjuntos foram validados empiricamente e ainda foram investigados os seus efeitos no desempenho operacional. Uma escala de seis itens foi utilizada para medir o desempenho operacional de uma fábrica. Estes itens incluem mudanças no tempo de ciclo de produção, custos de sucata e retrabalho, produtividade do trabalho, custos unitários de produção, rendimento da primeira passagem e lead time do cliente. Os resultados indicaram que os pacotes *lean* contribuem substancialmente para o desempenho operacional das fábricas, e explicam cerca de 23% da variação do desempenho operacional após a contabilização dos efeitos da indústria e dos fatores contextuais.

Lawrence e Hottenstein (1995) investigaram a relação entre a produção JIT e o desempenho das empresas da indústria transformadora no México. Foram desenvolvidas escalas de itens múltiplos e foram utilizadas para medir os componentes chave do JIT. Quatro dimensões de desempenho foram medidas: produtividade, qualidade, lead time e serviço ao cliente. Apesar da existência de obstáculos à sua utilização no México, a produção JIT foi considerada significativa e positivamente correlacionada com o desempenho.

Thun et al. (2010) realizaram uma investigação empírica do TPS, com o objetivo de testar as relações existentes como são propostas na teoria. O modelo subjacente consiste em sete fatores que refletem as práticas chave do TPS. Utilizando dados de 188 fábricas de produção, as características de medição do modelo foram validadas através da análise confirmativa de fatores. A análise do caminho do modelo mostrou que a maioria das relações pode ser

confirmada. Além disso, uma comparação da análise média, baseada numa análise de *clusters*, indicou que as fábricas com um elevado grau de implementação de práticas do TPS também demonstram um desempenho observado superior, em termos dos critérios chave de produção (tempo, custo, qualidade e flexibilidade).

Dora et al. (2013) analisaram a aplicação da produção *lean*, o seu impacto no desempenho operacional e os fatores críticos de sucesso nas PME da indústria alimentar. De forma a obter um conhecimento mais profundo da produção *lean* no contexto de outras iniciativas de qualidade semelhantes, foi realizado um *survey* a empresas de transformação alimentar em três países europeus. Os resultados mostraram que a aplicação das práticas de produção *lean* nas PME da indústria alimentar ainda não foi muito explorada. As PME da indústria alimentar colocam mais ênfase na segurança alimentar do que nos métodos de melhoria de processos. Os inquiridos indicaram que existiu melhoria no desempenho operacional, especialmente com a produtividade geral da aplicação da produção *lean*. Competência da força de trabalho, experiência interna e cultura organizacional foram considerados os fatores críticos de sucesso da implementação das práticas *lean*.

Angelis e Fernandes (2012) estudaram o papel do envolvimento dos trabalhadores e da inovação num ambiente *lean*, explorando a relação entre o *shop floor* do produto gerado e melhoria de processos e práticas de trabalho específicas. Como tal, o estudo pretende aferir qual o papel e o impacto que as práticas de trabalho em operações *lean* têm na melhoria de produtos e processos e na sua implementação. Para isso, o estudo abrange uma série de práticas de trabalho tipicamente predominantes nas operações *lean* e melhorias em quatro indústrias.

Behrouzi et al., (2011) investigaram o conceito de cadeia de abastecimento *lean*, e desenvolveram uma lista de medidas de desempenho para as pequenas e médias empresas na indústria automóvel. Um total de 28 medidas de desempenho foram identificadas para representar o *leanness* da cadeia de abastecimento. Foram recolhidos dados de 133 profissionais da cadeia de abastecimento que trabalham em PME da indústria automóvel iraniana. O desempenho da cadeia de abastecimento *lean* foi dividido em quatro componentes, ou seja, eliminação de desperdícios, melhoria contínua, JIT e flexibilidade. Entrega e fiabilidade foram seleccionadas como características do JIT. A flexibilidade foi diretamente ligada a medidas sem divisão. O estudo de Behrouzi et al. (2011) proporciona uma visão real sobre as medidas de desempenho da cadeia de abastecimento *lean*, e contribuiu para expandir o conhecimento nesta área. Behrouzi et al. (2011) defendem que, as características do desempenho do *lean* e as medidas relacionadas também podem ser usadas como *inputs* para um sistema de medição do desempenho da cadeia de abastecimento *lean*.

Belekoukias et al. (2014) investigaram o impacto de cinco métodos *lean* essenciais, isto é, JIT, *autonomation*, *kaizen*, TPM e *value stream mapping* (VSM), nas medidas de desempenho operacional, ou seja, custo, rapidez, confiança, qualidade e flexibilidade. Uma análise de regressão linear modelou a correlação e o impacto destas práticas *lean* no desempenho operacional de 140 empresas de produção em todo o mundo. Além disso, o modelo de equações estruturais (*Structural Equation Modeling* - SEM) foi utilizado para verificar os resultados das análises de regressão e correlação. Os resultados indicaram que JIT e *autonomation* têm uma significância forte no desempenho operacional, enquanto *kaizen*, TPM e VSM parecem ter menor efeito, ou até mesmo negativo, no mesmo.

Carvalho et al. (2011) desenvolveram um modelo para compreender as relações entre os atributos da cadeia de abastecimento e os indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicator* - KPI) da cadeia de abastecimento. Para avaliar os efeitos das práticas de cada um dos paradigmas (*Lean*, *Agile*, *Resilient* e *Green*) no desempenho da cadeia de abastecimento, as ligações entre atributos da cadeia de abastecimento e indicadores de desempenho foram exploradas. Foi desenvolvido um diagrama causa-efeito para captar as possíveis relações entre as medidas de desempenho da cadeia de abastecimento e os atributos da cadeia de abastecimento. Além disso, um estudo sucinto limitado aos principais caminhos entre KPI e atributos da cadeia de abastecimento foi realizado, e forneceu os seguintes resultados: o KPI “nível de serviço” é afetado positivamente pelos atributos da cadeia de abastecimento “frequência de reposição”, “excesso de capacidade” e “grau de integração” (no entanto, é afetado negativamente pelo “lead time”); o KPI “custo” é afetado positivamente pelo “excesso de capacidade”, “nível de inventário”, “frequência de reposição” e “lead time de produção” (no entanto, é afetado negativamente pelo “lead time de transporte”); o KPI “lead time” é positivamente afetado pelo “lead time de produção” e “tempo de transporte”.

O trabalho de Duque e Cadavid (2007) tem como objetivo integrar um conjunto de métricas que têm sido propostas por diferentes autores, de tal forma que são coerentes com as diferentes fases e elementos de implementações da produção *lean*. Conclui-se que cinco dimensões principais podem ser medidas para avaliar o grau de evolução de uma transformação *lean*. Estas são eliminação de desperdícios, melhoria contínua, fluxo contínuo e sistemas *pull*, equipas multifuncionais e sistemas de informação.

O objetivo do trabalho de Hofer et al. (2012) foi investigar empiricamente a relação entre a implementação da produção *lean* e o desempenho financeiro. Foi avaliada a interação entre os diferentes conjuntos de práticas *lean*, afetando o desempenho financeiro e de inventário. Com base na análise de uma combinação de um *survey* e dados secundários, o efeito da produção *lean* no desempenho financeiro foi considerado parcialmente mediado pelo *leanness* do

inventário. Além disso, há fortes indícios que, a implementação simultânea de práticas *lean* internas e externas proporciona maiores benefícios de desempenho, do que a implementação da produção *lean* seletiva. Assim, Hofer et al. (2012) contribuíram para a teoria da produção *lean*, providenciando *insights* sobre os efeitos mediados e moderados da produção *lean* sobre o *leanness* do inventário e o desempenho financeiro.

Bortolotti et al. (2013) estudaram o efeito que a variabilidade da procura e a personalização do produto têm nas práticas JIT, e como isto tem impacto no desempenho operacional. A variabilidade da procura e a personalização do produto são duas características que estão relacionadas com repetibilidade da produção, e o grau de repetibilidade pode afetar negativamente o efeito do JIT no desempenho. Bortolotti et al. (2013) constataram que o JIT tem um efeito positivo no desempenho operacional, que não é afetado pelo nível de personalização do produto, e que a variabilidade da procura tem um impacto significativo no desempenho operacional, em termos de capacidade de resposta e eficiência.

Hallgren e Olhager (2009) estudaram as produções *lean* e *agile*, e avaliaram-nas de acordo com o impacto que estas têm em indicadores específicos que medem o desempenho operacional de uma empresa. Eles constataram que as diferenças mais significativas entre os conceitos de produção *lean* e *agile* foram o facto de o *lean* afetar o desempenho do custo em grande escala, enquanto a produção *agile* tem um impacto significativo no volume e na flexibilidade do *mix* de produtos, que o *lean* não tem.

Rivera e Chen (2007) propuseram a utilização do perfil de custo-tempo, que é uma ferramenta que avalia o custo acumulado na produção de um produto ao longo do tempo, de modo a avaliar o impacto que as ferramentas *lean* têm sobre o investimento de custo-tempo de um produto. Desta forma, eles destacaram o impacto económico que a redução do tempo de espera, as durações das atividades, a redução de material e os materiais JIT têm, em resultado da aplicação de ferramentas de produção *lean*.

Na Tabela 2.1 são apresentadas as práticas/ferramentas *lean* consideradas nos estudos publicados analisados, bem como as medidas de desempenho avaliadas pelos diferentes autores.

Tabela 2.1 – Quadro resumo das práticas/ferramentas *lean* e das medidas de desempenho avaliadas nos estudos publicados analisados.

Artigo	Práticas/ferramentas <i>lean</i>	Medidas de desempenho
Shah e Ward (2003, 2007)	JIT	Tempo de ciclo
	TQM	Custo de sucata e retrabalho
	TPM	Produtividade do trabalho
	HRM	Prazo de entrega
Lawrence e Hottenstein (1995)		Custo unitário de produção
	Redução de tempos de <i>Setup</i>	Qualidade
	Redução do tamanho do lote de produção	Serviço ao cliente
	Redução de <i>stocks</i>	Prazo de entrega
	Simplificação de fluxos de materiais e manuseamento	Produtividade
Thun et al. (2010)	Produção <i>lean</i> (como abordagem geral)	Prevenção de produtos defeituosos
		Cumprimento da data de entrega
		Rotação de <i>stock</i>
		Flexibilidade para alterar o volume de produção
		Conformidade do produto
		Tempo de ciclo
		Custo
Dora et al. (2013)	Produção <i>lean</i> (como abordagem geral)	Produtividade
		Nível de <i>stock</i>
		Tempo de ciclo
		Prazo de entrega
Angelis e Fernandes (2012)		Qualidade
		Cumprimento da data de entrega
		Produtividade
		Redução de tempos de <i>Setup</i>
		Redução de <i>stocks</i>
		Redução de desperdícios
		<i>Kanban</i>
		Parcerias com fornecedores
		Melhoria contínua
		Modelo de produção misto
TQM		
Produção à prova de falhas		
TPM		
<i>Standard work</i>		

Tabela 2.1 – Quadro resumo das práticas/ferramentas *lean* e das medidas de desempenho avaliadas nos estudos publicados analisados. (continuação)

Artigo	Práticas/ferramentas <i>lean</i>	Medidas de desempenho
Behrouzi et al. (2011)	JIT	Qualidade
	Eliminação de desperdícios	Custo
Belekoukias et al. (2014)		Prazo de entrega
	JIT	Qualidade
	Sistema de produção <i>pull</i>	Velocidade
	<i>Takt time</i>	Fiabilidade
	Células de produção	Flexibilidade
	<i>Kanban</i>	Custo
	Controlo visual	
	Trabalhadores multifuncionais	
	TPM	
	<i>Overall equipment effectiveness</i>	
	SMED	
	Metodologia 5S	
	Ambiente seguro e higiénico	
	<i>Autonomation</i>	
	VSM	
Melhoria contínua		
<i>Poka-yoke</i>		
<i>Brainstorming</i>		
Carvalho et al. (2011)	Minimização de <i>stocks</i>	Receita
	Elevada taxa de utilização de recursos	Custo
	JIT	Flexibilidade de operações
	Prazos de entrega curtos	Recetividade do mercado
		Nível de <i>stock</i>
Duque e Cadavid (2007)		Nível de serviço
		Tempo
	Balanceamento da produção	Tempo de <i>Setup</i>
	<i>Kanban</i>	Percentagem de produtos que têm que ser eliminados
	SMED	Percentagem de produtos que têm que ser retrabalhados
	TPM	Tamanho de lote
	<i>Standard work</i>	Prazo de entrega
Células de produção		
Controlo visual		

Tabela 2.1 – Quadro resumo das práticas/ferramentas *lean* e das medidas de desempenho avaliadas nos estudos publicados analisados. (continuação)

Artigo	Práticas/ferramentas <i>lean</i>	Medidas de desempenho
Hofer et al. (2012)	Metodologia 5S	
	Sistema de produção <i>pull</i>	Desempenho financeiro
	Redução de tempos de <i>Setup</i>	Papel mediador do <i>leanness</i> do <i>stock</i> na relação entre o desempenho final e a produção <i>lean</i>
	Controlo estatístico de processo	
	TPM	
	Envolvimento dos trabalhadores	
Bortolotti et al. (2013)	Sistema de produção <i>pull</i>	Rotação de <i>stock</i>
	Redução do tamanho de lote	Tempo de ciclo
	Células de produção	Custo unitário
	Redução do tempo de <i>Setup</i>	Cumprimento da data de entrega
	JIT	Flexibilidade de produção
	Rapidez de entrega	
Hallgren e Olhager (2009)	Produção <i>lean</i> (como abordagem geral)	Custo
		Flexibilidade de volume
		Qualidade
		Flexibilidade de produção
	Fiabilidade de entrega	
Rivera e Chen (2007)	Tempo de espera	Investimento em tempo/custo de um produto
	Custo de atividade	
	Duração da atividade	
	Custo de materiais	

2.3. Green

2.3.1. Conceito *green*

O impacto das organizações no meio ambiente tem-se tornado cada vez mais importante em todo o mundo, uma vez que não considerar esses impactos pode aumentar o risco de efeitos ambientais negativos e, conseqüentemente, tornar a regulamentação ambiental mais restrita, aumentar o custo ou as conseqüências para o cliente (Duarte et al., 2013). Para ajudar uma organização a tomar decisões que tenham impacto positivo no meio ambiente surgiu a estratégia

de gestão *green*. Assim sendo, as organizações, que adotam uma estratégia de gestão *green*, obtêm vários resultados positivos, como a redução do impacto ambiental negativo. Isto acontece através da redução ou eliminação de resíduos ambientais, sob a forma de água, energia, ar, resíduos sólidos e resíduos perigosos (Duarte et al., 2013). As organizações veem uma oportunidade de melhoria que, não só afeta os processos, mas também o impacto ambiental, através da eliminação de resíduos ambientais.

Ao nível da produção, o termo “produção *green*” foi criado para refletir o novo paradigma de produção que utiliza várias práticas/ferramentas *green*, para se tornar mais eficiente ecologicamente. Isto inclui a criação de produtos/sistemas que consomem menos material e energia, substituindo os materiais que entram, reduzindo *outputs* não desejados e convertendo *outputs* em *inputs* (reciclagem). Assim, a palavra *green* é utilizada para refletir a consciência e/ou o estado ambiental. Quando esta é adicionada à produção é utilizada para descrever a abordagem de produção, que tem consciência do seu impacto de produção/produto no meio ambiente e nos recursos, e inclui tal impacto na sua eficiência global de planeamento e controlo (Deif, 2011).

À semelhança do paradigma de produção *lean*, o paradigma de produção *green* também é consequência do mercado e de drivers tecnológicos. A consciência global mais elevada dos riscos ambientais, como resultado do novo movimento *green* está a criar novas exigências dos clientes em muitos locais. Além disso, a tecnologia *green* (que engloba um grupo de métodos e materiais em constante evolução, desde técnicas para a produção de energia até produtos de limpeza não tóxicos) em conjunto com mais projetos de produtos ecológicos (que se concentram na redução do impacto ambiental dos produtos fabricados e facilitam a reciclagem), na prática, vai ajudando ao cumprimento dos objetivos da produção *green* (Deif, 2011).

O trabalho disponível sobre a produção *green* pode ser dividido em dois grupos: primeiro, o trabalho que abordou o conceito global da produção *green* e segundo, o trabalho que proporcionou várias práticas/ferramentas e modelos analíticos para realizar a produção *green* em diferentes níveis. Como exemplos do primeiro grupo, Mohnty e Deshmukh (1998), citado por Deif (2011), destacaram a importância da produtividade *green* como uma vantagem competitiva, definindo a produtividade *green* como todas as atividades que tentam diminuir desperdícios; Jovane et al. (2003), citado por Deif (2011), apresentaram a produção sustentável e *green* como o futuro paradigma para o meio ambiente, com um modelo de negócio baseado na conceção e utilizando novas tecnologias como nano, bio e de materiais. Acredita-se que este novo paradigma dará resposta às necessidades de produtos mais ecológicos dos clientes. Como exemplos do segundo grupo, Melnyk et al. (2001), citado por Deif (2011), propuseram a ferramenta *Green MRP*, que é, essencialmente, um sistema de planeamento das necessidades de

materiais convencional modificado para incluir aspetos ambientais; Fiksel (1996), citado por Deif (2011), reuniu diferentes ferramentas analíticas tais como, Análise do Ciclo de Vida (LCA), Projeto para o Ambiente (DfE) e métodos de seleção e análise de risco.

O paradigma de produção *green* estendeu-se a toda a cadeia de abastecimento, surgindo, assim, uma filosofia organizacional denominada por paradigma de gestão *green* da cadeia de abastecimento. Esta filosofia visa alcançar objetivos como o lucro e a quota de mercado das empresas, reduzindo os riscos ambientais, enquanto melhora a eficiência ecológica destas organizações e dos seus parceiros (Cabral et al., 20112). O aumento das pressões da comunidade e dos consumidores ambientalmente conscientes força os fabricantes a integrar as preocupações ambientais nas suas práticas/ferramentas de gestão. O paradigma de gestão *green* da cadeia de abastecimento pode reduzir o impacto ecológico da atividade industrial, sem comprometer a qualidade, o custo, a fiabilidade, o desempenho ou a eficiência de utilização da energia. Assim, o cumprimento das normas ambientais, não só minimiza os danos ecológicos, como também conduz ao lucro económico global (Carvalho et al., 2011).

2.3.2. Impacto da produção *green* no desempenho da empresa

Vários autores avaliaram o impacto das práticas/ferramentas de produção *green* no nível de desempenho da empresa, analisando diferentes práticas/ferramentas e a sua influência em alguns indicadores de desempenho.

Azevedo et al. (2011) investigaram as relações entre as práticas/ferramentas *green* de gestão da cadeia de abastecimento e o desempenho da cadeia de abastecimento, no contexto da indústria automóvel. Para isso, foram sugeridas e testadas cinco proposições de investigação, com dados empíricos resultantes de cinco casos de estudo provenientes da cadeia de abastecimento da indústria automóvel portuguesa. A análise dos dados identificou as práticas/ferramentas *green* consideradas mais importantes pelos gestores, assim como as medidas de desempenho mais apropriadas e mais utilizadas para avaliar a influência das práticas/ferramentas *green* no desempenho da cadeia de abastecimento. Um modelo conceptual foi obtido a partir da análise de dados, podendo ser utilizado para avaliar a influência das práticas/ferramentas *green* no desempenho da cadeia de abastecimento. Este modelo fornece evidências quanto às práticas/ferramentas *green* que têm efeitos positivos na qualidade, na satisfação do cliente e na eficiência. O mesmo modelo também identifica as práticas/ferramentas que têm efeitos negativos no desempenho da cadeia de abastecimento.

Deif (2010) apresentou um modelo de sistema para o novo paradigma de produção *green*. Este modelo capta várias atividades de planeamento para transformar uma produção menos *green*

numa produção mais *green* e mais eficiente ecologicamente. As várias fases de planeamento são acompanhadas pelas métricas de controlo necessárias, bem como pelas várias práticas/ferramentas *green* numa arquitetura mista aberta. O modelo de sistema foi demonstrado por um caso de estudo industrial. O modelo proposto por Deif (2010) é uma resposta qualitativa abrangente à questão de como projetar e/ou melhorar os sistemas de produção *green*, bem como um roteiro para futuras investigações quantitativas que melhor avaliem este novo paradigma.

Com o objetivo de compreender as diferentes motivações das iniciativas ambientais e determinar se as práticas/ferramentas *green* diferem significativamente entre as empresas com diferentes motivações, Paulraj (2009) adotou uma abordagem exploratória para desenvolver uma taxonomia empírica de motivações ambientais através de uma análise de *cluster*. Além disso, Paulraj (2009) procurou saber se as motivações ambientais conduzem a práticas/ferramentas *green* apropriadas que atravessam as fronteiras organizacionais. Assim, o trabalho de Paulraj (2009) explorou as diferenças significativas na estratégia ambiental das empresas e nas práticas/ferramentas *green* (internas e externas) através desses *clusters*.

Venus (2011) investigou os elementos das práticas/ferramentas de gestão *green* e a sua associação com o desempenho da empresa. Foi proposto um modelo, que consiste nos elementos chave das práticas/ferramentas de gestão *green*, e indicadores de desempenho da empresa foram formulados para fornecer uma base para a adoção dessas práticas/ferramentas. O Hutchison Port Holding foi selecionado como o caso para ilustrar a aplicação do modelo proposto numa situação real. Os resultados sugeriram que as práticas/ferramentas de gestão *green* são constituídas pelos seguintes elementos: cooperação com os parceiros da cadeia de abastecimento, operações amigas do ambiente e apoio à gestão interna. Os resultados deste estudo indicaram também que existe uma relação positiva entre a adoção das práticas/ferramentas de gestão *green* e o desempenho da empresa, ou seja, melhoria da produtividade, rentabilidade, e eficiência e baixo custo de operação.

Zhu et al. (2007) exploraram as iniciativas de implementação do paradigma de gestão *green* da cadeia de abastecimento em vários setores industriais de produção na China, e examinaram as ligações entre as iniciativas da gestão *green* da cadeia de abastecimento e os resultados do desempenho. Com esta finalidade, foi realizado um *survey* para recolher dados de quatro setores industriais de produção típicos na China, nomeadamente, produção de energia, indústria química/petróleo, indústria elétrica/eletrónica e indústria automóvel, e foram recebidas 171 respostas válidas das empresas para a análise de dados. A análise da variância (ANOVA) foi utilizada para analisar os dados. Os resultados foram coerentes com a previsão de que os diferentes tipos de indústria de produção apresentam diferentes níveis de implementação do paradigma de gestão *green* da cadeia de abastecimento e de resultados.

Zhu et al. (2008) investigaram empiricamente o *construct* e a escala de avaliação da implementação das práticas/ferramentas de gestão *green* da cadeia de abastecimento na indústria transformadora. Com os dados recolhidos de 341 produtores chineses, dois modelos de medição da implementação das práticas/ferramentas de gestão *green* da cadeia de abastecimento foram testados e comparados através de uma análise confirmativa de fatores. Os resultados empíricos sugeriram que, tanto os modelos de primeira ordem, como os de segunda ordem, de implementação das práticas/ferramentas de gestão *green* da cadeia de abastecimento são fiáveis e válidos. O estudo de Zhu et al. (2008) contribuiu para a literatura com uma análise empírica do *construct* de práticas/ferramentas de gestão *green* da cadeia de abastecimento, e para os gestores com uma escala de medição validada para avaliar os pontos fortes e fraquezas nas diferentes facetas da implementação das práticas/ferramentas de gestão *green* da cadeia de abastecimento nas suas organizações.

Gonzalez et al. (2009) analisaram a existência de diferenças na implementação de práticas/ferramentas *green* entre empresas que possuem algum tipo de sistema de certificação de gestão ambiental (ISO 14001 ou EMS) e aquelas que não têm qualquer sistema desse tipo. Gonzalez et al. (2009) realizaram um estudo empírico utilizando dados de um *survey* a gestores de empresas espanholas da indústria automóvel. Regressões logísticas e testes não-paramétricos foram utilizados para avaliar as hipóteses. Um total de dezasseis práticas/ferramentas diferentes foram inicialmente consideradas e agrupadas em três fatores principais, correspondentes ao *design* ambiental do produto, redução do uso de material e aspetos de gestão. Verificou-se que estes três tipos de práticas/ferramentas são consideradas mais desenvolvidas nas empresas que tenham implementado algum tipo de certificado EMS. Também não existiu diferença entre as empresas que implementaram apenas a ISO 14001 e aquelas que decidiram implementar conjuntamente a ISO 14001 e a EMAS.

Holt et al. (2009) analisaram a extensão e a natureza do *greening* da cadeia de abastecimento no setor da indústria transformadora do Reino Unido, e os fatores que influenciam a amplitude e profundidade dessa atividade. Com base nos resultados de uma amostra de empresas de produção extraída da associação do Instituto Chartered de Compras e Abastecimento, os dados foram recolhidos utilizando um questionário, previamente testado antes da distribuição, com respostas de 60 empresas da indústria transformadora. Os resultados sugeriram que, em média, os produtores têm a perceção da maior pressão para melhorar o desempenho ambiental através da legislação e de *drivers* internos. As pressões menos influentes estão relacionadas com os *drivers* da sociedade e pressões da cadeia de abastecimento de clientes individuais. As práticas/ferramentas de gestão *green* da cadeia de abastecimento entre este grupo “médio” de organizações de produção britânicas focam-se em atividades internas, descritivas e de maior

risco, em vez de processos de envolvimento externo e proactivos. Holt et al. (2009) sugerem ainda que, a atitude ambiental é um indicador chave do paradigma de gestão *green* da cadeia de abastecimento e as organizações que têm uma atitude progressiva são também muito ativas operacionalmente. A atitude ambiental mostra alguma relação com os *drivers* legislativos mas outros fatores também são influentes. A atividade operacional também pode ser moderada por contingências organizacionais, tais como risco, tamanho e nacionalidade.

Rao et al. (2005) procuraram identificar potenciais ligações entre o paradigma de gestão *green* da cadeia de abastecimento, como uma iniciativa de melhoria ambiental, o desempenho económico e a competitividade entre uma amostra de empresas do sudeste asiático. Para este efeito, um modelo conceptual foi desenvolvido a partir de fontes bibliográficas e dados recolhidos, através de um questionário estruturado enviado a uma amostra de empresas vanguardistas na certificação ISO 14001 do sudeste asiático, seguido por um modelo de equações estruturais. A análise identificou que o *greening* das diferentes fases da cadeia de abastecimento leva a uma cadeia de abastecimento *green* integrada, que acaba por conduzir à competitividade e ao desempenho económico.

Na Tabela 2.2 são apresentadas as práticas/ferramentas *green* consideradas nos estudos publicados analisados, bem como as medidas de desempenho avaliadas pelos diferentes autores.

Tabela 2.2 – Quadro resumo das práticas/ferramentas *green* e das medidas de desempenho avaliadas nos estudos publicados analisados.

Artigo	Práticas/ferramentas <i>green</i>	Medidas de desempenho
Azevedo et al. (2011)	Minimização dos desperdícios	Eficiência
	ISO 14001	Custo
	Diminuição do consumo de materiais perigosos ou tóxicos	Custo ambiental
		Satisfação do cliente
		Qualidade
		Desperdício
Deif (2010)	<i>Green stream mapping</i>	Custo
	Análise do consumo	Tempo
	Análise do ciclo de vida do produto	Impacto ecológico
		Qualidade
Paulraj (2009)	Minimização dos desperdícios	

Tabela 2.2 – Quadro resumo das práticas/ferramentas *green* e das medidas de desempenho avaliadas nos estudos publicados analisados. (continuação)

Artigo	Práticas/ferramentas <i>green</i>	Medidas de desempenho
Venus (2011)	Redução do consumo de energia	
	Reutilização/reciclagem de materiais e embalagens	
	Comunicação eletrónica	Produtividade
	Operação ecológica	Rentabilidade
	Cumprimento da legislação	Eficiência operacional
	Proteção contra a poluição	Custo
	Mínimização de desperdícios	
	Melhoria contínua	
	Desenvolvimento sustentável	
	Zhu et al. (2007, 2008)	TQM
ISO 14001		Custo de energia
Sistema de gestão ambiental		Custo de materiais
Diminuição do consumo de materiais perigosos ou tóxicos		Cumprimento da data de entrega
Redução do consumo de energia		Nível de <i>stock</i>
Reutilização/reciclagem de materiais e embalagens		Qualidade
		Utilização da capacidade
Gonzalez et al. (2009)	Análise do ciclo de vida do produto	
	Utilização de componentes <i>standard</i>	
	Sistema de prevenção de risco	
	Filtro e controlo de emissões e descargas	
	Controlo da utilização de energia	
Holt et al. (2009)	Reciclagem da água	
	ISO 14001	
	Redução do consumo de energia	
	Reutilização/reciclagem de materiais e embalagens	

CAPÍTULO III

Inquérito Europeu sobre Inovação na Produção

3.1. European Manufacturing Survey

Na Alemanha, com o objetivo de monitorizar as atividades de inovação da economia foram criados vários *surveys*, de forma a identificar atrasos de determinados setores ou regiões, e comparar a economia alemã com a de outros países. Os *surveys* incidiam principalmente sobre indicadores para medir a inovação de produtos, remetendo para segundo plano as inovações de processos, que dificilmente são levadas em conta, pois só são analisadas num nível de agregação muito elevado. Em 1993, o Instituto Fraunhofer para Investigação de Sistemas e Inovação (ISI) desenvolveu o *German Manufacturing Survey* (*Survey* da Modernização da Produção) para colmatar essa lacuna e para complementar os *surveys* existentes. Desde então, o *survey* é realizado a cada três anos. Originalmente restrito às indústrias eletrónica e metalúrgica, em 2001, este estudo foi alargado às empresas do setor químico e de processamento de plástico. No mesmo ano, o *survey* internacionalizou-se e tornou-se no *European Manufacturing Survey* (EMS). O objetivo do EMS é utilizar um questionário básico, no idioma do país onde é implementado, em todos os países parceiros e, assim, recolher dados internacionalmente comparáveis, que permitem análises comparativas a nível internacional. Em 2006, o *survey* estendeu-se a todo o setor da indústria transformadora (Fraunhofer ISI, 2014).

Com recurso a indicadores definidos, o EMS analisa os seguintes campos da inovação: “modernização técnica de processos de valor acrescentado”, “introdução de conceitos organizacionais e processos inovadores” e “novos modelos de negócio para complementar o portfólio de produtos com serviços inovadores”. As perguntas sobre estes indicadores foram acordadas no consórcio EMS e efetuadas em todos os países participantes. Além disso, alguns países fazem perguntas sobre temas específicos. A ideia subjacente ao projeto é ter uma parte comum de perguntas ao longo de várias rondas de *survey*, com o objetivo de modificar outras perguntas comuns correspondentes a problemas e temas atuais da área da inovação na produção, e ainda dar espaço a algum tema específico de algum país ou projeto. Na maioria dos países, o EMS é realizado como um questionário escrito ao nível da empresa. Para preparar análises multinacionais, os dados nacionais passam por um procedimento conjunto de validação/harmonização (Fraunhofer ISI, 2014).

Em termos de estratégias de modernização integrais, este *survey* permite análises sobre a aplicação de tecnologias de produção inovadoras ou sobre a realização de medidas modernas de

recursos humanos. Além disso, ligado com os dados e o desempenho das empresas, os efeitos económicos das inovações na indústria transformadora podem ser rastreados e medidos como “*output* da inovação” (Fraunhofer ISI, 2014).

O EMS, em 2009, foi realizado com sucesso em 10 países. Devido à cooperação dos parceiros EMS, informações sobre a utilização de organização e conceitos tecnológicos inovadores na conceção de produtos e serviços, bem como indicadores de desempenho, tais como produtividade, flexibilidade e qualidade, de cerca de 3700 empresas da indústria transformadora nesses países, puderam ser estudados (Fraunhofer ISI, 2014).

As análises do EMS servem para melhorar o estado do conhecimento científico, para ajudar a tomada de decisão em consultoria política de forma a avaliar medidas tecnológicas ou económicas e, por último mas não menos importante, para informar as associações e sindicatos dos países participantes. Para além disso, estruturas de cooperação na investigação efetuam análises comparativas multinacionais. Devido à seleção de tópicos específicos, estes dados complementam os *surveys* existentes e, portanto, representam um elemento importante no panorama da investigação (Fraunhofer ISI, 2014).

Os dados do *German Manufacturing Survey*, assim como do *European Manufacturing Survey* (EMS), constituem a base para uma referência de desempenho informativo, permitindo que as empresas se comparem com os seus concorrentes (Fraunhofer ISI, 2014).

3.2. Implementação do inquérito

A *internet* é cada vez mais utilizada como uma ferramenta de estudo científico. O enorme aumento da utilização da *internet* como meio de comunicação levou à realização de estudos de populações *online*, surgindo naturalmente os *surveys online*.

Até há alguns anos, a criação e realização de um *survey online* era uma tarefa demorada, exigindo familiaridade com programas *web*, código HTML e programas de *script*. Atualmente, *software* de criação de *surveys* e serviços de *surveys online* tornam a investigação através de *surveys online* muito mais fácil e rápida. Por trás dos *surveys online* estão *websites* que executam vários programas de *surveys online*, permitindo administrar instrumentos *online*, medições eletrónicas, questionários e sondagens com os custos de publicação e distribuição a serem praticamente nulos. Isto é uma mudança radical em relação aos métodos anteriores, tais como o telefone ou o correio, que tinham custos significativamente mais elevados associados aos *surveys* (Bocarnea, 2012; Wright, 2006).

As vantagens dos *surveys online* incluem o acesso a pessoas em locais distantes, a capacidade de entrar em contacto com participantes de acesso difícil, e a conveniência de ter uma recolha

de dados automatizada, o que reduz o tempo da pesquisa e o esforço. Desvantagens dos *surveys online* incluem a incerteza sobre a validade dos dados e questões de amostragem, e as preocupações em torno da conceção, implementação e avaliação de um *survey online* (Wright, 2006).

A vantagem mais óbvia de hospedar um *survey online* é o facto de este estar acessível a qualquer pessoa com acesso à *internet*, permitindo o acesso a grupos e indivíduos que seriam difíceis, senão mesmo impossíveis, de aceder através de outros meios. De um modo geral, a *internet* possibilita a comunicação entre pessoas que podem estar hesitantes de se encontrarem cara-a-cara, permitindo assim o acesso a um maior número de pessoas através de *surveys online* do que seria possível utilizando métodos de investigação cara-a-cara (Bocarnea, 2012; Wright, 2006).

Os *surveys online* também permitem poupar tempo aos investigadores, pois é possível alcançar milhares de pessoas com características comuns num curto espaço de tempo. Pelo contrário, utilizando métodos de investigação cara-a-cara levaria muito mais tempo a encontrar um número equivalente de pessoas com atributos, interesses e atitudes específicas. Os *surveys online* podem ainda poupar tempo, pois permitem que os investigadores recolham dados enquanto trabalham noutras tarefas (Wright, 2006).

O custo de um *survey online* é outra vantagem deste tipo de *surveys*, pois ao contrário de inquéritos em formato de papel, que têm um custo adicional para imprimir ou copiar cada inquérito, o custo unitário de um *survey online* é praticamente nulo. Adicionalmente, o custo de distribuição dos *surveys online* também é praticamente nulo, contrariamente aos custos de cartas postais ou chamadas telefónicas associadas aos métodos tradicionais de distribuição de inquéritos (Bocarnea, 2012; Wright, 2006).

Atualmente existe um grande número de ferramentas *online* que permitem criar e implementar *surveys online*, existindo algumas que implicam custos para usufruir do *software* e outras que são *open source*. Para este estudo foram consideradas algumas dessas ferramentas, tais como o *Google Forms*, o *SurveyMonkey* e o *LimeSurvey*. O *Google Forms* é uma ferramenta *open source* que possui funcionalidades básicas e é indicada para *surveys* informais, sendo por isso rejeitada esta ferramenta. O *SurveyMonkey* é uma ferramenta que possui muitas funcionalidades, tais como um interface de administração numa página *web*, vários tipos de pergunta, análise de dados *online*, controlo sobre o aspeto do *survey* e funções de importação e exportação. No entanto, esta ferramenta é paga e, por isso, também foi rejeitada. O *LimeSurvey* é uma ferramenta *open source* que possui muitas das mesmas funcionalidades que o *SurveyMonkey*, sendo assim a escolha mais lógica para este estudo.

O *LimeSurvey* possui 28 tipos de pergunta diferentes, incluindo escolha única, escolha múltipla, escalas e matrizes *Likert*, *ranking*, numeração e inserção livre de texto. O *LimeSurvey* também inclui análise de dados básica no sistema de administração *online* e tem a capacidade de exportar as respostas para CSV, PDF, SPSS e Microsoft Excel. Adicionalmente, o *LimeSurvey* é poliglota e oferece mais de 50 idiomas diferentes tanto para administradores como para utilizadores (Bocarnea, 2012). No entanto, é necessário conhecimentos em PHP/MySQL para personalizar e instalar o *software* num servidor *web*. Como Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa possui o *LimeSurvey* devidamente instalado num servidor próprio, procedeu-se então a criação e implementação do *survey* utilizando esta ferramenta.

3.3. Recolha de dados

O EMS foi implementado através do *LimeSurvey* para obter respostas por parte das unidades de produção da indústria transformadora em Portugal. Uma base de dados foi fornecida pelo Instituto Nacional de Estatística (INE), que continha os dados de todas as empresas da indústria transformadora (CAE entre 1011 e 3320) em Portugal com mais de 20 trabalhadores. A partir dessa base de dados foram seleccionadas todas as empresas que tinham o contacto de *email* associado. Posteriormente, foi ainda efetuado um trabalho de pesquisa de contactos de algumas empresas presentes na base de dados, que tinham o contacto incorreto ou não tinham contacto associado, de forma a aumentar a população alvo. O *survey* foi recebido em inglês, sendo posteriormente traduzido para português e adaptado ao contexto nacional. Os *surveys* foram anónimos para proteger a privacidade, integridade e os interesses do próprio entrevistado. Esta estratégia ajuda a evitar/minimizar qualquer resposta tendenciosa.

Os *surveys* foram enviados via *email* para os responsáveis das respetivas unidades de produção. Foram recebidas 62 respostas completas de um total de 2370 *surveys* enviados, o que corresponde a uma taxa de resposta de 3%.

CAPÍTULO IV

Modelo conceptual

4.1. Modelo estrutural de investigação

A Figura 4.1 representa o modelo proposto nesta dissertação. O conjunto de práticas/ferramentas *lean* forma o *construct lean*, que será relacionado com o desempenho organizacional *lean*, constituído por indicadores, que avaliam o desempenho organizacional, associados ao paradigma de produção *lean*. O conjunto de práticas/ferramentas *green* forma o *construct green*, que será relacionado com o desempenho organizacional *green*, constituído por indicadores, que avaliam o desempenho organizacional, associados ao paradigma de produção *green*.



Figura 4.1 – Modelo estrutural de investigação.

Com base nos conceitos apresentados no capítulo II, e tendo como objetivo analisar o impacto dos paradigmas de produção *lean* e *green* no desempenho das empresas da indústria transformadora em Portugal, são propostas as seguintes hipóteses de investigação:

H1: A implementação do paradigma de produção *lean* melhora o desempenho organizacional.

H2: A implementação do paradigma de produção *green* melhora o desempenho organizacional.

As figuras 4.2 e 4.3 representam, respetivamente, os modelos relacionais entre o *constructs lean* e o desempenho organizacional *lean*, e o *construct green* e o desempenho organizacional *green*, e as hipóteses de investigação que lhes estão associadas.

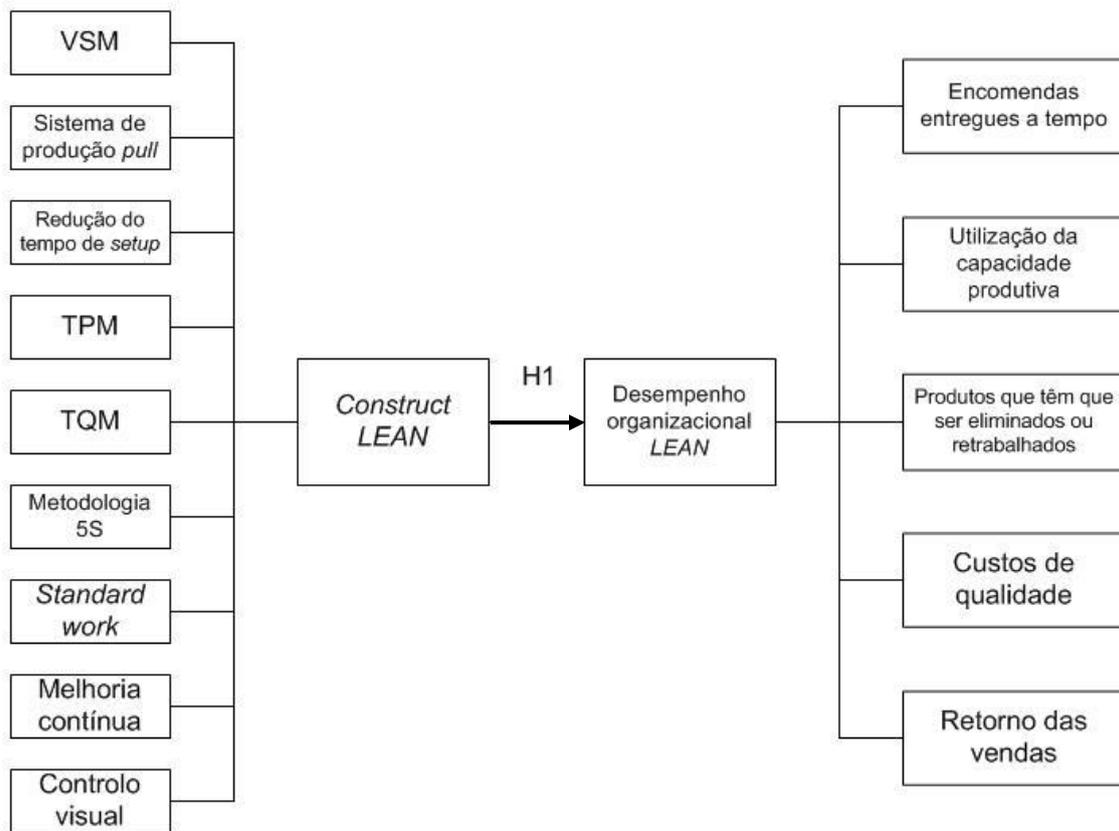


Figura 4.2 – Modelo que relaciona o *construct lean* com o desempenho organizacional *lean*.

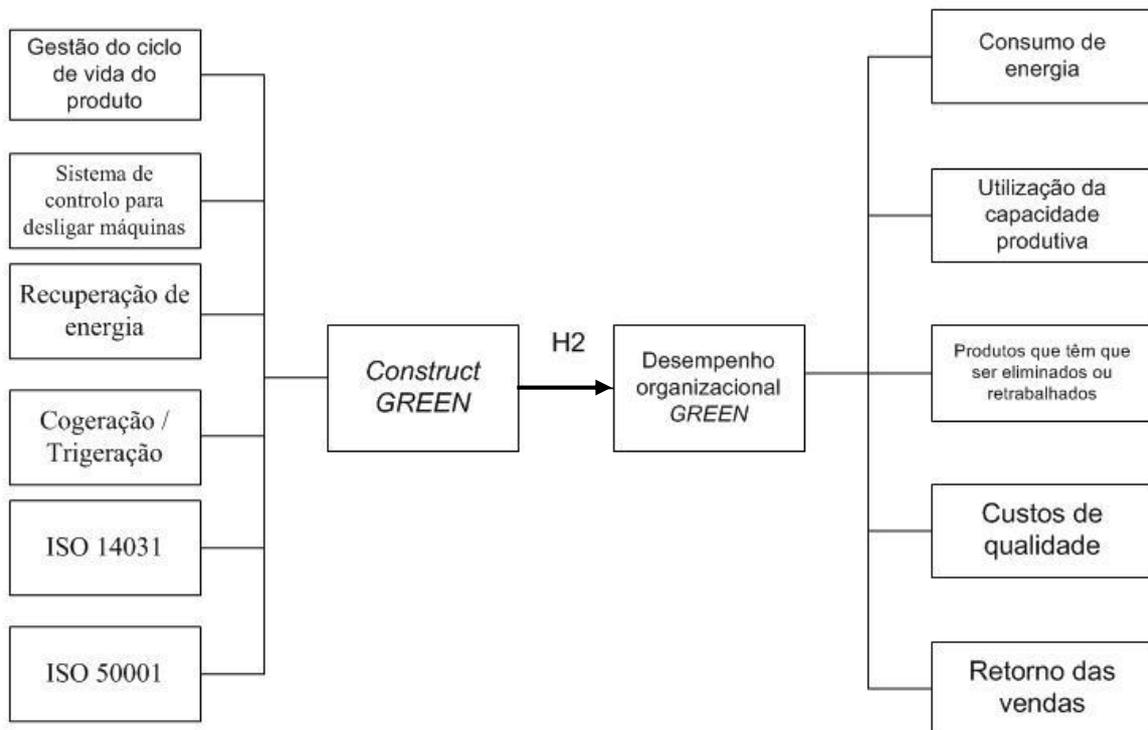


Figura 4.3 – Modelo que relaciona o *construct green* com o desempenho organizacional *green*.

4.2. Definição dos *constructs lean e green*

Com base nos estudos referidos na secção 2.2.2, é possível efetuar uma seleção das principais práticas/ferramentas associadas ao paradigma de produção *lean*. Esse conjunto de práticas/ferramentas é descrito na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Práticas/ferramentas associadas ao paradigma de produção *lean*.

Práticas/ferramentas	Descrição
LM1 <i>Value stream mapping</i> (VSM)	Ferramenta de melhoria da empresa para ajudar na visualização de todo o processo produtivo, representando tanto o fluxo de material como de informação (Singh et al., 2010).
LM2 Sistema de produção <i>pull</i>	Controla o fluxo de produção de toda a empresa, através da utilização de cartões <i>kanban</i> , sendo produzido e transportado apenas o que é consumido a jusante (Bortolotti et al., 2013).
LM3 Redução do tempo de <i>setup</i>	Uma ferramenta muito utilizada para reduzir os tempos de mudança de ferramenta é o SMED.
LM4 <i>Total productive maintenance</i> (TPM)	Prática de produção <i>lean</i> que contribui para a otimização das atividades de manutenção preditiva, preventiva e corretiva (Belekoukias et al., 2014).
LM5 <i>Total quality management</i> (TQM)	Prática de produção <i>lean</i> que se foca na melhoria contínua de todos os processos, na qualidade orientada para o cliente e na produção sem defeitos (Shah et al., 2007).
LM6 Metodologia 5S	Conjunto de práticas que melhoram o ambiente do local de trabalho e a qualidade de vida no trabalho, tais como limpeza, triagem, autodisciplina e equipas autónomas (Duque et al., 2007).
LM7 <i>Standard work</i>	Ferramenta <i>lean</i> que consiste na instrução de trabalho detalhada e normalizada.
LM8 Melhoria contínua	Prática de produção <i>lean</i> que se foca na eliminação de desperdícios através da melhoria contínua e incremental de processos (Belekoukias et al., 2014).
LM9 Controlo visual	Utilização de recursos visuais para diferentes fins no local de trabalho, como por exemplo, colocação de ferramentas, controlo dos parâmetros do equipamento e o estado do processo (Duque et al., 2007).

Com base nos estudos referidos na secção 2.3.2, foi efetuada uma seleção das principais práticas/ferramentas associadas ao paradigma de produção *green*. Esse conjunto de práticas/ferramentas é descrito na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Práticas/ferramentas associadas ao paradigma de produção *green*.

	Práticas/ferramentas	Descrição
GM1	Gestão do ciclo de vida do produto	Prática que gere todas as informações produzidas ao longo de todas as fases do ciclo de vida do produto para todos numa empresa (Sudarsan et al., 2005).
GM2	Sistema de controlo para desligar máquinas	Ferramenta de controlo para desligar máquinas em períodos vazios.
GM3	Recuperação de energia	Ferramentas de recuperação de energia cinética e de processo (por exemplo, recuperação de calor).
GM4	Cogeração / Trigerção	Produção de energia elétrica e calor.
GM5	ISO 14031 (auditoria ambiental)	Norma que dá orientações sobre o <i>design</i> e a utilização da avaliação de desempenho ambiental dentro de uma organização.
GM6	ISO 50001 (auditoria energética)	Norma que dá orientações para a utilização de sistemas de gestão de energia.

As questões, presentes no EMS *survey*, que serão utilizadas para definir os *constructs lean e green* encontram-se nas Tabelas 4.1 e 4.2. Estas questões permitem recolher dados relativos ao nível de utilização das práticas/ferramentas associadas aos paradigmas *lean e green*. Relativamente ao nível de utilização das práticas e ferramentas, os inquiridos tiveram que indicar se utilizavam as mesmas e, em caso de resposta afirmativa, o seu nível de utilização. O nível de utilização foi medido por uma escala de *Likert* de três níveis, sendo que 1 corresponde a baixo, 2 corresponde a médio e 3 corresponde a elevado.

4.2.1. Caracterização do *construct lean*

Nesta secção é analisado o *construct lean* quanto à média e desvio padrão de utilização das práticas/ferramentas que o constituem. O *software* utilizado para efetuar as análises referidas é o IBM SPSS Statistics 19.0.0.

Tabela 4.3 – Questões relacionadas com as ferramentas utilizadas pelas empresas.

Utilização prevista até 2015	Não	Ferramentas utilizadas	Sim	Ano de introdução ¹	Atualizada desde 2009		Estimativa do nível de utilização ² (B=Baixo; M=Médio; E=Elevado)		
					Não	Sim	B	M	E
		Gestão do ciclo de vida do produto							
		Sistema de controlo para desligar máquinas em períodos vazios							
		Recuperação de energia cinética e de processo (por exemplo, recuperação de calor)							
		Cogeração/Trigeração							

O *construct lean* é constituído por nove práticas/ferramentas, que foram avaliadas no EMS por uma escala de *Likert* de 3 pontos, correspondendo o valor 1 a um nível de utilização baixo e 3 a um nível de utilização elevado. Uma vez que existe a possibilidade das empresas não utilizarem estas práticas/ferramentas, considerou-se que o valor 0 corresponde à não utilização das práticas/ferramentas.

A Tabela 4.5 apresenta os valores da média e do desvio padrão para cada variável do *construct lean*. Analisando a Tabela 4.5 verifica-se que a prática/ferramenta mais utilizada pelas empresas que responderam ao EMS é o “*standard work*”, com uma média de 1,73 e um desvio padrão de 1,345. As práticas/ferramentas menos utilizadas são o “VSM” e o “sistema de produção *pull*”, que apresentam uma média de 0,40 e 0,55, e um desvio padrão de 0,858 e 1,066, respetivamente. Adicionalmente, observando a Tabela 4.5, verifica-se que o nível de utilização das práticas/ferramentas *lean*, pelas empresas que responderam ao EMS, não é muito elevado, pois a variável que apresenta maior média é o “*standard work*”, com média de apenas 1,73 numa escala de 0 a 3, e quatro das nove variáveis apresentam valores de média inferior a 1 (LM5 – 0,87; LM3 – 0,84; LM2 – 0,55; LM1 – 0,40).

¹ Ano em que a ferramenta foi utilizada pela primeira vez.

² Comparação do nível atual de utilização com o nível de utilização mais desejável: “**Baixo**” para o nível correspondente à utilização inicial, “**Médio**” para uma utilização parcial e “**Elevado**” para um nível de utilização elevado.

Tabela 4.4 – Questões relacionadas com as práticas organizacionais aplicadas pelas empresas.

Utilização prevista até 2015	Não	Práticas organizacionais aplicadas	Sim	Ano de introdução ³	Estimativa do nível de utilização ⁴ (B=Baixo; M=Médio; E=Elevado)		
					B	M	E
		Métodos de mapeamento do fluxo de valor (VSM) / <i>Design</i>					
		Controlo da produção baseado em princípios <i>pull</i> (por exemplo, <i>stock zero</i> , Kanban)					
		Métodos de otimização de tempo de mudança de ferramenta (por exemplo, SMED)					
		Sistema de Manutenção Produtiva Total (TPM) (por exemplo, manutenção preventiva, manutenção pelos trabalhadores, planos de manutenção)					
		Sistema de Gestão pela Qualidade Total (TQM) (por exemplo, zero defeitos, EFQM)					
		Metodologia 5S (“Organização e limpeza do local de trabalho”)					
		Instrução de trabalho detalhada e normalizada (“ <i>standard work</i> ”)					
		Métodos para a melhoria contínua de processos (por exemplo, Kaizen, círculos da qualidade)					
		Gestão visual (painéis de visualização para controlo de processos e estado do trabalho na produção)					
		Certificação ISO 14031 (auditoria ambiental)					
		Certificação ISO 50001:2011 (auditoria energética)					

4.2.1. Caracterização do *construct green*

Nesta secção é analisado o *construct green* quanto à média e desvio padrão de utilização das práticas/ferramentas que o constituem. O *software* utilizado para efetuar as análises referidas é o IBM SPSS Statistics 19.0.0.

³ Ano em que esta prática organizacional foi utilizada pela primeira vez na empresa (em caso de incerteza, por favor, apresente um valor aproximado).

⁴ Comparação do nível atual de utilização com o nível de utilização mais desejável: “**Baixo**” para o nível correspondente à utilização inicial, “**Médio**” para uma utilização parcial e “**Elevado**” para um nível de utilização elevado.

Tabela 4.5 – Média e desvio padrão das variáveis do *construct lean*.

Variável	Média	Desvio padrão
LM7 – <i>Standard work</i>	1,73	1,345
LM9 – <i>Controlo visual</i>	1,45	1,289
LM4 – <i>TPM</i>	1,34	1,342
LM6 – <i>Metodologia 5S</i>	1,24	1,276
LM8 – <i>Melhoria contínua</i>	1,06	1,240
LM5 – <i>TQM</i>	0,87	1,261
LM3 – <i>Redução do tempo de setup</i>	0,84	1,283
LM2 – <i>Sistema de produção pull</i>	0,55	1,066
LM1 – <i>VSM</i>	0,40	0,858

O *construct green* é constituído por seis práticas/ferramentas, que foram avaliadas no EMS por uma escala de *Likert* de 3 pontos, correspondendo o valor 1 a um nível de utilização baixo e 3 a um nível de utilização elevado. Uma vez que existe a possibilidade das empresas não utilizarem estas práticas/ferramentas, considerou-se que o valor 0 corresponde à não utilização das práticas/ferramentas.

A Tabela 4.6 apresenta os valores da média e do desvio padrão para cada variável do *construct green*. Analisando a Tabela 4.6 verifica-se que a prática/ferramenta mais utilizada pelas empresas que responderam ao EMS é o “sistema de controlo para desligar máquinas”, com uma média de 0,73 e um desvio padrão de 1,133. A prática/ferramenta menos utilizada é a “cogeração/trigeração”, que apresenta uma média de 0,08 e um desvio padrão de 0,454, o que sugere que a maioria das empresas, que responderam ao EMS, não utiliza esta prática/ferramenta. Adicionalmente, observando a Tabela 4.6, verifica-se que o nível de utilização das práticas/ferramentas *green*, pelas empresas que responderam ao EMS, é baixo, pois todas as variáveis apresentam valores de média inferior a 1 (GM2 – 0,73; GM3 – 0,53; GM1 – 0,42; GM5 – 0,39; GM6 – 0,24; GM4 – 0,08), numa escala de 0 a 3.

Tabela 4.6 – Média e desvio padrão das variáveis do *construct green*.

Variável	Média	Desvio padrão
GM2 – <i>Sistema de controlo para desligar máquinas</i>	0,73	1,133
GM3 – <i>Recuperação de energia</i>	0,53	1,020
GM1 – <i>Gestão do ciclo de vida do produto</i>	0,42	0,897
GM5 – <i>ISO 14031</i>	0,39	0,930
GM6 – <i>ISO 50001</i>	0,24	0,717
GM4 – <i>Cogeração/Trigeração</i>	0,08	0,454

4.3. Definição dos indicadores de desempenho *lean e green*

De forma a avaliar o desempenho das empresas foram considerados alguns indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *lean*, que foram estudados nos artigos referidos na secção 2.2.2. Os indicadores de desempenho seleccionados são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *lean*.

Indicadores de desempenho	
ID1	Encomendas entregues a tempo
ID2	Utilização da capacidade produtiva
ID3	Produtos que têm que ser eliminados ou retrabalhados
ID4	Custos de qualidade
ID6	Retorno das vendas

De forma a avaliar o desempenho das empresas foram considerados alguns indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *green*, que foram estudados nos artigos referidos na secção 2.3.2. Os indicadores de desempenho seleccionados são apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *green*.

Indicadores de desempenho	
ID2	Utilização da capacidade produtiva
ID3	Produtos que têm que ser eliminados ou retrabalhados
ID4	Custos de qualidade
ID5	Consumo de energia
ID6	Retorno das vendas

As questões, presentes no EMS *survey*, que serão utilizadas para definir os indicadores de desempenho *lean e green* encontram-se na Tabela 4.9. Alguns indicadores de desempenho foram medidos em percentagem, tais como “percentagem de encomendas entregues a tempo”, “taxa de utilização da capacidade produtiva”, “percentagem de produtos que têm que ser

eliminados ou retrabalhados” e “percentagem dos custos de qualidade no volume de negócios”. Outros como “variação do consumo de energia” e “retorno das vendas” foram medidos por escalas de *Likert*, o primeiro por uma escala de três níveis (2 indica que o consumo energético permaneceu constante entre 2009 e 2011, 1 e 3 indicam que o consumo aumentou e diminuiu, respetivamente, no mesmo período de tempo) e o segundo por uma escala de cinco níveis (1 indica que o retorno das vendas foi negativo, 2 indica que o retorno foi entre 0 a 2%, 3 que o retorno foi entre 3 a 5%, 4 que o retorno foi entre 6 a 10% e 5 que o retorno foi superior a 10%).

Tabela 4.9 – Questões relacionadas com os indicadores de desempenho considerados.

Que percentagem de encomendas é entregue no período de tempo de entrega acordado com o cliente?	aprox. ____%			
Que percentagem de produtos acabados ou semiacabados tem de ser eliminada ou retrabalhada devido a problemas de qualidade?	aprox. ____%			
Na empresa os custos da qualidade são registados? (de acordo com as normas ISO, Custos da qualidade = custos de testes, medições, inspeções e ensaios + custos de prevenção de erros/falhas + custos de erros/falhas)	Não		Sim	
Se respondeu “Sim”, indique a percentagem que os custos da qualidade representaram no volume de negócios em 2011	aprox. ____%			
Taxa média de utilização da capacidade produtiva em 2011	____%			
Consumo energético entre 2009 e 2011	Reduziu aprox. ____%	Permaneceu constante		Aumentou aprox. ____%
Retorno das vendas (antes de impostos em 2011)	Negativo	0 a 2%	>2 a 5%	>5 a 10% >10%

4.3.1. Caracterização dos indicadores de desempenho

Nesta secção são analisados os indicadores de desempenho quanto à média e desvio padrão. O *software* utilizado para efetuar as análises referidas é o IBM SPSS Statistics 19.0.0. Como referido na secção 4.3, os indicadores “retorno das vendas” e “variação do consumo energético” foram avaliados em escalas de *Likert*, ao contrário dos restantes indicadores que foram avaliados em forma de percentagem.

Analisando a Tabela 4.10 verifica-se que, a média do indicador “retorno das vendas” é 3,21 numa escala de 1 a 5, indicando que, em geral, as empresas que fazem parte da amostra tiveram um retorno das vendas positivo entre 3 a 5%, em 2011. Em relação à “variação do consumo energético”, a média é 1,84 numa escala de 1 a 3, indicando que o consumo energético entre

2009 e 2011 não sofreu alterações na maioria das empresas. É ainda de realçar que o consumo energético teve mais tendência para aumentar do que diminuir, nesta amostra, uma vez que a média é 1,84 e o desvio padrão é 0,682.

Relativamente ao indicador “encomendas entregues a tempo” verifica-se que, em média, 89% das encomendas das empresas que responderam ao questionário são entregues a tempo. A “taxa de utilização da capacidade produtiva” da população inquirida é, em média, 75%. Apenas 3,5%, em média, dos produtos têm que ser eliminados ou retrabalhados nesta população, sendo que o valor do desvio padrão (0,35), indicando que este indicador varia essencialmente entre 0 e 7%. Por fim, o indicador “custos de qualidade” apresenta apenas 22 respostas válidas, o que indica que apenas 22 das 62 empresas que responderam ao questionário calculam os seus custos de qualidade. É ainda de realçar que os custos de qualidade dessas 22 empresas representam, em média, 2,9% do volume de negócios de cada uma.

Tabela 4.10 – Estatísticas descritivas dos indicadores de desempenho.

Indicador de desempenho		Número de respostas válidas	Média	Desvio Padrão
ID6	Retorno das vendas	62	3,21	1,282
ID5	Variação do consumo energético	62	1,84	,682
ID1	Encomendas entregues a tempo	62	,89	,152
ID2	Taxa de utilização da capacidade produtiva	62	,75	,183
ID3	Produtos que têm que ser eliminados ou retrabalhados	62	,035	,035
ID4	Custos de qualidade	22	,029	,025

4.4. Metodologias para teste das hipóteses do modelo

Na literatura está disponível um conjunto de estudos onde são aplicadas diversas metodologias estatísticas para testar o impacto dos paradigmas *lean* e *green* no desempenho organizacional.

Com o objetivo de investigar o impacto de métodos *lean* no desempenho operacional das empresas, Belekoukias et al. (2014) utilizaram análises de regressão linear e de correlação para compreender esse impacto. Para compreender a causalidade e verificar os resultados das análises, a análise de modelação de equações estruturais (*Structural Equation Modelling* – SEM) foi também utilizada como ferramenta metodológica. A análise SEM é uma das metodologias emergentes na gestão de operações, que tem como caso especial a análise do caminho. Na investigação de Belekoukias et al. (2014), a análise do caminho foi utilizada,

principalmente, para mostrar o impacto dos métodos *lean* no desempenho operacional, portanto, a análise do caminho explora a relação de causalidade entre os *constructs* medidos.

Noutro estudo, Bortolotti et al. (2013) utilizaram o método SEM para testar hipóteses relacionadas com o efeito que a variabilidade da procura e a personalização do produto têm nas práticas JIT e com o seu impacto no desempenho operacional.

A abordagem de modelação por múltiplas iterações do SEM permite uma compreensão detalhada das variáveis particulares em termos de principais fatores influenciadores. Este método é utilizado para encontrar relação causal entre as variáveis, permitindo a análise de um conjunto de relações entre uma ou mais variáveis independentes e uma ou mais variáveis dependentes, e estima a importância relativa dos caminhos alternativos de influência. Na prática, é uma extensão direta de regressões múltiplas destinadas a fornecer estimativas da magnitude de conexões causais hipotéticas entre conjuntos de variáveis (Belekoukias et al., 2014).

Para testar a hipótese das práticas de gestão ambiental se relacionarem positivamente com o desempenho operacional das empresas, Jabbour et al. (2013) utilizaram a modelação de equações estruturais através dos quadrados mínimos parciais (*Structural Equation Modelling – Partial Least Squares*). Esta análise é considerada uma análise de segunda geração e é especialmente útil quando se trabalha com teoria complexa ou em fases iniciais de desenvolvimento.

Em outro estudo semelhante, Hajmohammad et al. (2013) testaram as hipotéticas relações os *constructs* “práticas ambientais”, “gestão *lean*”, “gestão da cadeia de abastecimento” e “desempenho ambiental”. Devido ao tamanho da amostra não permitir a utilização do SEM com base na matriz de covariância, o método utilizado foi a análise do caminho através dos quadrados mínimos parciais (*Partial Least Squares – PLS*).

A Tabela 4.11 apresenta os tipos de estudos referidos, tal como os métodos utilizados nesses estudos e os tamanhos de amostra de cada um deles.

Os estudos apresentados na Tabela 4.11 têm um objetivo semelhante ao presente trabalho, sendo que são utilizados dois métodos de análise estatística diferentes (SEM e PLS). A escolha do método estatístico nos estudos presentes na Tabela 3.5, difere devido ao tamanho de amostra utilizado em cada um deles, visto que nos estudos com tamanhos de amostra superior foi utilizado o SEM, contrariamente aos outros com tamanhos de amostra mais pequenos, nos quais foi utilizado o método PLS.

Tabela 4.11 – Quadro resumo dos métodos estatísticos utilizados em estudos semelhantes.

Artigo	Tipo de estudo	Método utilizado	Tamanho da amostra
Belekoukias et al., (2014)	Impacto do <i>construct lean</i> no desempenho operacional	SEM	140
Bortolotti et al., (2013)	Impacto do <i>construct JIT</i> no desempenho operacional	SEM	244
Jabbour et al., (2013)	Influência da gestão ambiental no desempenho operacional	PLS	75
Hajmohammad et al., (2013)	Papel da gestão <i>lean</i> e da gestão da cadeia de abastecimento na melhoria do desempenho ambiental	PLS	85

De acordo com Goodhue et al. (2006), citado por Rosnita et al. (2012), o tamanho da amostra pequeno não deve ser utilizado como razão principal para empregar o método PLS porque não tem poder estatístico adequado em tamanhos reduzidos de amostras. Os autores também sugerem que o pequeno tamanho da amostra deve ser usado como uma comparação relativa ao método SEM, ou seja, o método PLS é uma técnica de análise de dados potente quando uma amostra é demasiado pequena para ser analisada com o método SEM.

De acordo com uma regra geral, um tamanho da amostra adequado, quando se utiliza o método PLS, deve ser igual ou maior do que multiplicar por dez o maior entre (Hajmohammad et al., 2013; Rosnita et al., 2012):

- O maior número de indicadores formativos de um *construct*, ou
- O maior número de caminhos que levam a uma variável dependente.

Neste caso, o maior número de indicadores formativos de um *construct* é nove (*construct lean*), o que significa que um tamanho de amostra de 90 respostas seria adequado, revelando que o tamanho da amostra obtido não é o ideal para efetuar uma análise precisa.

Para aplicar o método PLS neste estudo é necessário seguir os seguintes passos:

- (1) Efetuar uma análise dos componentes principais a todos os *constructs* (*construct lean*, *construct green*, desempenho organizacional *lean* e desempenho organizacional *green*), de forma a avaliar a correlação entre as variáveis de cada *construct* e, assim, retirar as variáveis que não se correlacionam com as restantes;
- (2) Avaliar a fiabilidade de cada *construct* através do *Alpha* de Cronbach;

- (3) Proceder à modelação de equações estruturais através do método PLS, recorrendo, por exemplo, ao *software SmartPLS*, para os modelos apresentados na secção 4.1.
- (4) Avaliar a validade convergente, a validade divergente e a fiabilidade composta de cada *construct*.
- (5) Analisar o coeficiente de determinação para os *constructs* desempenho organizacional *lean* e desempenho organizacional *green*.
- (6) Efetuar um teste à significância dos coeficientes de carga para os dois modelos, considerando um nível de significância adequado, através do método *bootstrapping*, para aferir se as hipóteses de investigação são validadas ou rejeitadas.

Concluindo, devido ao tamanho da amostra e às escalas de medição de alguns indicadores de desempenho (seria necessária a transformação dos dados, que estão em forma de percentagem, em escalas de *Likert* para aplicar o método PLS), não é possível aplicar o método PLS no presente estudo.

CAPÍTULO V

Conclusões finais, limitações do estudo e sugestões para trabalho futuro

O mercado atual está cada vez mais competitivo a nível mundial, as empresas da indústria transformadora estão sob pressão para perseguir a excelência operacional e melhorar o seu desempenho, de modo a reduzir custos e fornecer produtos de maior qualidade em prazos mais curtos. Para atingir estes objetivos e para ganhar vantagem competitivas sobre os concorrentes, têm sido implementados com sucesso, por todo o mundo, os paradigmas de produção *lean* e *green* pelas empresas da indústria transformadora.

Esta dissertação teve como objetivo verificar se os paradigmas de produção *lean* e *green*, permitem obter melhores resultados no desempenho das empresas da indústria transformadora, em Portugal. Para tal, foram construídos dois modelos, um que relaciona o *construct lean*, constituído por práticas/ferramentas *lean*, com o desempenho organizacional *lean*, constituído por indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *lean*, e outro que relaciona o *construct green*, constituído por práticas/ferramentas *green*, com o desempenho organizacional *green*, constituído por indicadores de desempenho associados ao paradigma de produção *green*. Com o objetivo de testar as hipóteses consideradas no modelo, foi implementado o EMS e enviado a 2370 empresas da indústria transformadora, em Portugal. Foram recolhidos dados de 62 empresas, obtendo-se uma taxa de resposta de 3%. Foi equacionada a utilização do método PLS para analisar os dados, no entanto, devido ao pequeno tamanho da amostra e à escala de medição de alguns indicadores de desempenho, não foi possível aplicar o PLS no presente estudo.

Em relação ao paradigma de produção *lean*, concluiu-se que a prática/ferramenta *lean* mais implementada pelas empresas que responderam ao EMS é o “*standard work*” e as menos implementadas são o “VSM” e o “sistema de produção *pull*”. No entanto, de um modo geral, o nível de utilização das práticas/ferramentas é relativamente baixo, o que sugere que, de acordo com a amostra, o paradigma de produção *lean* ainda não é um modelo de gestão muito implementado pelas empresas da indústria transformadora em Portugal. Relativamente ao paradigma de produção *green*, verificou-se que a prática/ferramenta mais implementada pelas empresas que responderam ao EMS é o “sistema de controlo para desligar máquinas”, contrariamente à “cogeração/trigeração”, que é a menos utilizada. De um modo geral, de acordo com a amostra, as empresas da indústria transformadora em Portugal não implementam práticas/ferramentas *green*, visto que o nível de utilização das mesmas é muito reduzido.

As limitações do estudo foram evidentes. Entre elas destaca-se, principalmente, o tamanho da amostra ser muito reduzido (62 empresas participantes) e comparando com outros estudos semelhantes, a taxa de resposta ao *survey* (3%) foi muito reduzida, o que não permite obter resultados fiáveis. Como os resultados são dependentes da forma de medição dos indicadores de desempenho, a utilização do *survey* EMS limitou a análise de resultados porque nem todos os indicadores de desempenho foram medidos na mesma escala de medição, alguns foram medidos em escalas de *Likert* e outros foram medidos em percentagem.

Tendo por base a revisão da literatura, como sugestões para trabalhos futuros são apresentadas algumas práticas/ferramentas que devem ser introduzidas nos *constructs lean* e *green* e alguns indicadores de desempenho que devem integrar os *constructs* desempenho organizacional *lean* e desempenho organizacional *green*. Em relação ao *construct lean*, considera-se que as práticas/ferramentas apresentadas neste trabalho correspondem às práticas/ferramentas mais associadas ao paradigma de produção *lean*, à exceção do JIT, que devia ser introduzido no *construct lean*, pois um dos conceitos mais associado ao paradigma de produção *lean* é a produção *just-in-time*. Relativamente ao *construct green*, verifica-se que as práticas/ferramentas consideradas neste trabalho são poucas e não representam fielmente o paradigma de produção *green*, sugerindo-se então algumas práticas/ferramentas que identifiquem melhor este paradigma, tais como a redução do consumo de materiais perigosos ou tóxicos, a reutilização/reciclagem de materiais e embalagens, o controlo da utilização de energia e sistemas de minimização de desperdícios. Sugere-se ainda a introdução de alguns indicadores de desempenho ao *construct* desempenho organizacional *lean*, tais como tempo de ciclo, tempo de *setup*, produtividade e nível de *stock*. Assim como se sugere a introdução do custo de energia, do impacto ecológico, da produtividade e da quantidade de desperdícios e resíduos ao *construct* desempenho organizacional *green*.

Outra sugestão para trabalhos futuros centra-se nas metodologias estatísticas a aplicar após a obtenção de mais dados. A análise de modelação de equações estruturais (SEM) apresenta-se como o método mais potente para testar hipóteses relacionadas com o impacto dos paradigmas de produção *lean* e *green* no desempenho organizacional, pois permite a análise de um conjunto de relações entre uma ou mais variáveis independentes e uma ou mais variáveis dependentes. No entanto, este método exige um tamanho de amostra elevado, o que pode impedir a sua utilização quando forem recolhidos poucos dados. No caso de uma amostra ser demasiado pequena para aplicar o método SEM, é sugerida a utilização da modelação de equações estruturais através dos quadrados mínimos parciais (PLS), pois é um método potente para testar as hipóteses referidas com tamanhos de amostra mais reduzidos. No caso de não ser possível aplicar nenhum dos métodos mencionados, sugere-se ainda a utilização de análises de regressão

linear e de correlação para investigar a influência das práticas /ferramentas *lean* e *green* no desempenho organizacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angelis, J., Fernandes, B. (2012). Innovative lean: work practices and product and process improvements. *International Journal of Lean Six Sigma*, **3**: 74-84.
- Armbruster, H., Bikfalvi, A., Kinkel, S., Lay, G. (2008). Organizational innovation: the challenge of measuring non-technical innovation in large-scale surveys. *Technovation*, **28**: 644–657.
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Cruz Machado, V. (2011). The influence of green practices on supply chain performance: A case study approach. *Transportation Research Part E*, **47**: 850-871.
- Behrouzi, F., Wong, K. Y., Behrouzi, F. (2011). A study on lean supply chain performance measures of SMEs in the automotive industry. *2011 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. pp. 237-241.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organizations. *International Journal of Production Research*, **52** (18): 5346-5366.
- Bocarnea, M. C., Reynolds, R. A., Baker, J. D. (2012). Online instruments, data collection, and electronic measurements: organizational advancements. 1ª edição, IGI Global. Hershey, PA, EUA.
- Bortolotti, T., Danese, P., Romano, P. (2013). Assessing the impact of *just-in-time* on operational performance at varying degrees of repetitiveness. *International Journal of Production Research*, **51** (4): 1117–1130.
- Cabral, I., Grilo, A., Cruz-Machado, V. (2012). A decision-making model for lean, agile, resilient and green supply chain management. *International Journal of Production Research*, **50** (17): 4830-4845.
- Carvalho, H., Azevedo, S., Cruz-Machado, V. (2010). Supply chain performance management: lean and green paradigms. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, **2**: 304-333.
- Carvalho, H., Duarte, S., Cruz Machado, V. (2011). Lean, agile, resilient and green: divergencies and synergies. *International Journal of Lean Six Sigma*, **2** (2): 151-179.
- Deif, A. M. (2011). A system model for green manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, **19**: 1553-1559.
- Dora, M., Kumar, M., Van Goubergen, D., Molnar, A., Gellynck X. (2013). Operational performance and critical success factors of lean manufacturing in European food processing SMEs. *Trends in Food Science & Technology*, **31** (2): 156–164.
- Duarte, S., Cruz-Machado, V. (2013). Modeling lean and green: a review from business models. *International Journal of Lean Six Sigma*, **4** (3): 228-250.
- Duque, D. F. M., Cadavid, L. R. (2007). Lean manufacturing measurement: The relationship between lean activities and lean metrics. *Estudios Gerenciales*, **23** (105): 69-83.
- Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS Statistics. 4ª edição, SAGE Publications Ltd. Londres.
- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2014). *German Manufacturing Survey*. Acedido a 23 de Setembro de 2014, em: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/i/projekte/erhebung_pi.php.

- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2014). *European Manufacturing Survey*. Acedido a 23 de Setembro de 2014, em: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/i/projekte/fems.php>.
- Gonzalez, P., Sarkis, J., Adenso-Diaz, B. (2008). Environmental management system certification and its influence on corporate practices: evidence from the automotive industry. *International Journal of Operations and Production Management*, **28** (11): 1021–1041.
- Habidin, N. F., Yusof, S. M. (2013). Critical success factors of Lean Six Sigma for the Malaysian automotive industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, **4** (1): 60-82.
- Hajmohammad, S., Vachon, S., Klassen R.D., Gavronski, I. (2013). Reprint of lean management and supply management: their role in green practices and performance. *Journal of Cleaner Production*, **56**: 86-93.
- Hallgren, M., Olhager, J. (2009). Lean and agile manufacturing: External and internal drivers and performance outcomes. *International Journal of Operations & Production Management*, **29** (10): 976–999.
- Heidenreich, M. (2009). Innovation patterns and location of European low- and medium-technology industries. *Research Policy* **38**: 483-494
- Hofer, C., Eroglu, C., Rossiter Hofer, A. (2012). The effect of lean production on financial performance: The mediating role of inventory leanness. *International Journal of Production Economics*, **138** (2): 242–253.
- Holt, D., Ghobadian, A. (2009). An empirical study of green supply chain management practices amongst UK manufacturers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, **20** (7): 933–956.
- Hong, S., Oxley, L., McCann, P. (2012). A survey of innovation surveys. *Journal of Economic Surveys*, **26** (3): 420-444.
- Rosnita, I., Roshayati, A.H., Idris, F. (2012). PLS application in operations management: a review of selected papers. *Asia Pacific Journal of Operations Management*, **1** (1): 32- 48.
- Jabbour, C.J.C, Jabbour, A.B.L.S., Govindan, K., Teixeira, A.A., Freitas, W.R.S. (2013). Environmental management and operational performance in automotive companies in Brazil: the role of human resource management and lean manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, **47**: 129-140.
- Keupp, M.M., Palmié, M., Gassmann, O. (2012). The strategic management of innovation: A systematic review and paths for future research. *International Journal of Management Reviews*, **14**: 367–390.
- Kirner, E., Kinkel, S., Jaeger, A. (2009). Innovation paths and the innovation performance of low technology firms – an empirical analysis of German industry. *Research Policy* **38**: 447–458.
- Lawrence, J., Hottenstein, M. (1995). The relationship between JIT manufacturing and performance in Mexican plants affiliated with US companies. *Journal of Operations Management*, **13** (1): 3–18.
- Merriam-Webster (2014), Lean. Acedido em 1 de Setembro de 2014, em: www.merriam-webster.com/dictionary/lean.
- Mol, M.J., Birkinshaw, J. (2009). The sources of management innovation: when firms introduce new management practices. *Journal of Business Research*, **62**: 1269–1280.
- Paulraj, A. (2009). Environmental motivations: a classification scheme and its impact on environmental strategies and practices. *Business Strategy and the Environment*, **18** (7): 453–468.

- Pekovic, S., Galia, F. (2009). From quality to innovation: evidence from two French employer survey. *Technovation*, **29** (12): 829–842.
- Rao, P., Holt, D. (2005). Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? *International Journal of Operations and Production Management*, **25** (9): 898–916.
- Rivera, L., Chen, F. F. (2007). Measuring the impact of lean tools on the cost–time investment of a product using cost–time profiles. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, **23** (6): 684–689.
- Santamaria, L., Nieto, M.J., Barge-Gil, A. (2009). Beyond formal R&D: taking advantage of other sources of innovation in low- and medium-technology industries. *Research Policy* **38**: 507–517.
- Shah, R., Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, **21** (2): 129–149.
- Shah, R., Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, **25** (4): 785–805.
- Shamah, R. (2013). A model for applying lean thinking to value creation. *International Journal of Lean Six Sigma*, **4** (2): 204–224.
- Shetty, D., Ali, A., Cummings, R. (2010). Survey-based spreadsheet model on lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, **1** (4): 310–334.
- Singh, B., Garg, S. K., Sharma, S. K., Grewal, C. (2010). Lean implementation and its benefits to production industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, **1** (2): 157–168.
- Stone, K. (2012). Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, **3** (2): 112–132.
- Sudarsan, R., Fenves, S.J., Sriram, R.D., Wang, F. (2005). A product information modeling framework for product lifecycle management. *Computer-Aided Design*, **37**: 1399–1411.
- Thun, J. H., Drüke, M., Grübner, A. (2010). Empowering kanban through TPS-principles – An empirical analysis of the Toyota Production System. *International Journal of Production Research*, **48** (23): 7089–7106.
- Venus, L. Y. H. (2011). Green management practices and firm performance: A case of container terminal operations. *Resources, Conservation and Recycling*, **55**: 559–566.
- Wong, Y. C., Wong, K. Y., Ali, A. (2009). Key practice areas of lean manufacturing. *International Association of Computer Science and Information Technology*. Paper presented at the Spring Conference, pp. 267–271.
- Wright, K. B. (2005). Researching Internet-Based Populations: Advantages and Disadvantages of Online Survey Research, Online Questionnaire Authoring Software Packages, and Web Survey Services. *Journal of Computer-Mediated Communication*, **10**: 00.
- Zheng, W. (2010). A social capital perspective of innovation from individuals to nations: where is empirical literature directing us? *International Journal of Management Reviews*, **12**: 151–183.
- Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K. (2007). Initiatives and outcomes of green supply chain management implementation by Chinese manufacturers. *Journal of Environmental Management*, **85** (1): 179–189.
- Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K. (2008). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. *International Journal of Production Economics*, **111** (2): 261–273.