Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

**Relação entre as práticas de Produção mais Limpa e as de
Produção Enxuta: estudos de casos múltiplos e *survey*
sobre os impactos no desempenho ambiental, econômico e
operacional da empresa**

José Augusto de Oliveira

São Carlos - SP
2016

JOSÉ AUGUSTO DE OLIVEIRA

**Relação entre as práticas de Produção mais Limpa e as de
Produção Enxuta: estudos de casos múltiplos e *survey*
sobre os impactos no desempenho ambiental, econômico e
operacional da empresa**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Produção – PPG-SEP – da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Doutor em
Engenharia de Produção.

Área de concentração: Processos e Gestão de
Operações

Orientador: Prof. Dr. Aldo Roberto Ometto

Coorientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto

São Carlos - SP
2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Oliveira, José Augusto
O11r Relação entre as práticas de Produção mais Limpa a
as de Produção Enxuta: estudos de casos múltiplos e
survey sobre os impactos no desempenho ambiental,
econômico e operacional da empresa / José Augusto
Oliveira; orientador Aldo Roberto Ometto; coorientador
Kleber Francisco Esposto. São Carlos, 2016.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Área de Concentração em
Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

1. Produção mais Limpa. 2. Produção Enxuta. 3.
Desempenho Ambiental. 4. Desempenho Econômico. 5.
Desempenho Operacional. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel **JOSÉ AUGUSTO DE OLIVEIRA.**

Título da tese: "Relação entre as práticas de produção mais limpa e as práticas de produção enxuta e seus impactos no desempenho da empresa".

Data da defesa: 03/06/2016

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **Aldo Roberto Ometto (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **Biagio Fernando Giannetti**
(Universidade Paulista/UNIP)

Prof. Dr. **Moacir Godinho Filho**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Prof. Dr. **Gilberto Miller Devós Ganga**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Prof. Dr. **Walther Azzolini Júnior**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Resultado:

Aprovado

Aprovado

A PROVA

APROVADO

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Profa. Associada **Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Paulo César Lima Segantine**

Dedico este trabalho a minha esposa Letícia,
aos meus pais José Mário e Marlene,
à Deus, e
às Engenharias e demais ciências que se dedicam ao equilíbrio entre
a existência humana e a de todas as espécies.

AGRADECIMENTOS

Deus, obrigado pela vida e pelo trabalho.

Mãe e Pai, obrigado pelo amor, pela educação, pela amizade, pela paciência, pela confiança, pelo incentivo e por participarem efetivamente desse trabalho e de toda a minha vida. Sem vocês, nada seria possível.

Letícia, minha luz, eu agradeço por estar ao meu lado, por me mostrar o sentido da vida e por me apoiar em cada segundo de minha vida e de meu trabalho. Eis aqui mais um resultado profissional de nossa aliança.

Queridas irmãs Luciana, Sílvia e Flávia, obrigado pelo constante apoio.

Queridas sobrinhas Patrícia e Mariana e queridos sobrinhos Rafael, Theo e Antônio, obrigado pelas alegrias.

Aos meus cunhados Tuia, Tuti e Dudu e cunhada Mariana, muito obrigado por tudo.

À minha querida sogrinha Dora e ao meu querido sogrão Edu, obrigado pelo apoio.

Agradeço a todos familiares presentes ou *in memoriam* que me ajudaram na vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Aldo Roberto Ometto e ao meu co-orientador Prof. Dr. Kleber Francisco Esposito pela paciência, orientação e apoio constantes.

Agradeço aos professores Dr. Biagio Fernando Gianetti, Dr. Moacir Godinho Filho, Dr. Gilberto Miller Devós Ganga e Dr. Walther Azzolini Júnior, pelas brilhantes contribuições. Não poderia deixar de tecer um agradecimento especial ao Giba.

Agradeço também ao Prof. Dr. Otávio José de Oliveira que sempre me apoiou desde o mestrado.

Agradeço aos professores Dr. Henrique Rozenfeld, Dr. Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti e Dra. Daisy Aparecida do Nascimento Rebelatto pelos ensinamentos e apoio durante o doutorado. Aproveito para agradecer a todos os brilhantes professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP).

Agradeço a todas as empresas que participaram dos estudos de caso e da pesquisa *survey*. Sem suas valiosas contribuições, esta pesquisa não seria possível.

Agradeço ao Grupo *Lean* que disponibilizou uma importante rede de contatos de empresas praticantes da Produção Enxuta.

Agradeço ao Hospital do Câncer de Batatais por ajudar a estimular os respondentes da pesquisa *survey*.

Agradeço à toda turma de meus amigos de Batatais, aos amigos das graduações, do mestrado e todos que tive o prazer de conhecer ao longo da minha vida.

Agradeço a todos os amigos e amigas do Grupo de pesquisa Engenharia e Gestão do Ciclo de Vida (EGCV) por todo aprendizado, apoio e amizade que me deram.

Agradeço também a todos os amigos e amigas dos laboratórios e de todo o programa de pós-graduação do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP).

Agradeço a todos os funcionários deste ilustre programa de pós-graduação, com um agradecimento especial à Jessyca e à Sueli, pela dedicação e apoio constantes aos alunos do programa.

Agradeço à CAPES pelo financiamento à esta pesquisa.

“Quando o sangue nas tuas veias regressar ao mar,
e a rocha nos teus ossos regressar ao solo,
talvez então te lembres que esta terra não te pertence,
és tu quem pertence a esta terra”.

(Provérbio Nativo Americano)

RESUMO

OLIVEIRA, J. A. **Relação entre as práticas de Produção mais Limpa e as de Produção Enxuta: estudos de casos múltiplos e survey sobre os impactos no desempenho ambiental, econômico e operacional da empresa.** 249f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

Os princípios e as práticas de Produção Enxuta e de Produção mais Limpa contribuem para a geração de valores com perspectivas diferentes. São valores focados respectivamente em sustentabilidade econômica e em sustentabilidade ambiental que, alcançados complementarmente podem contribuir para a satisfação dos *stakeholders* de forma mais sustentável. Estudos apresentam compatibilidades entre a Produção Enxuta e as diferentes abordagens de Sustentabilidade Ambiental, contudo, poucas pesquisas exploram empiricamente as relações entre estes constructos, mostrando uma lacuna a ser preenchida no meio acadêmico e empresarial. O objetivo deste trabalho foi identificar e analisar as relações entre as práticas de Produção mais Limpa e as práticas de Produção Enxuta e seus impactos no desempenho da empresa. Para este objetivo foi proposto a realização de uma pesquisa empírica baseada na triangulação entre dois métodos: estudos de caso múltiplos, contando com 6 (seis) estudos de casos; e uma pesquisa do tipo *survey*, realizada com 208 (duzentos e oito) indústrias de manufatura brasileiras. Observou-se que há sinergia e complementaridade entre as práticas de Produção mais Limpa e de Produção Enxuta e que estas, empregadas de forma combinada, maximizam o desempenho ambiental, operacional e econômico da empresa. Contudo, observou-se que o desempenho ambiental fomentado pelas práticas de Produção Enxuta é limitado aos aspectos ambientais de consumo de recursos e de geração de resíduos.

Palavras-chave: Produção mais Limpa. Produção Enxuta. Desempenho Ambiental. Desempenho Operacional. Desempenho Econômico.

ABSTRACT

OLIVEIRA, J. A. Relationship between Cleaner Production to the Lean Production practices: multiple case studies and survey on the impact on environmental, economic and operational performance of organization. 249f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

The Lean Production and Cleaner Production principles and practices contribute to the values generation with different perspectives. Values are focused respectively on economic sustainability and environmental sustainability, achieved complementarily can contribute to the satisfaction of the stakeholders in a more sustainable way. Studies presents compatibilities between Lean Production and the different Environmental Sustainability approaches, however, few researches have explore empirically the relationship between these constructs, showing a gap to be filled in academia and industry. The objective of this study was to identify and analyze the relationships between Cleaner Production and Lean Production practices and their impact on company performance. For this purpose, it was proposed the accomplishment of an empirical research based on triangulation between two methods: multiple cases studies, with six (6) case studies; and a survey research carried on 208 (two hundred and eight) of Brazilian manufacturing industries. It was noted that there is synergy and complementarity between production practices Cleaner and Lean Production and these, used in combination maximize environmental performance, operational and economic enterprise. However, it was observed that the environmental performance promoted by Lean Production practices is limited to environmental aspects of resource consumption and waste generation.

Key-words: Cleaner Production. Lean Production. Environmental Performance. Operational Performance. Economic Performance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura teórico-conceitual da pesquisa.....	40
Figura 2 – Delimitação da lacuna e do escopo da pesquisa.....	43
Figura 3 - Estrutura do Trabalho	45
Figura 4 - Modelo conceitual para a pesquisa qualitativa	55
Figura 5 – Modelo conceitual para a pesquisa quantitativa.....	63
Figura 6 - Fluxo Metodológico da Pesquisa.....	76
Figura 7 – Divisão do Referencial Teórico	79
Figura 8 – Evolução da gestão ambiental empresarial e de suas abordagens.....	81
Figura 9 – Abrangência do conceito de Ecoeficiência na concepção do Triple Bottom Line .	85
Figura 10 – Definição de Produção mais Limpa	88
Figura 11 – Níveis de aplicação da Produção mais Limpa.....	91
Figura 12 – 4Ps da Produção Enxuta.....	97
Figura 13 – Níveis estratégicos e operacionais da Produção enxuta.....	99
Figura 14 – Valor agregado aos stakeholders conforme a evolução da manufatura	124
Figura 15 – Distribuição da receita e da atuação da empresa Pré-teste.....	139
Figura 16 – Função do respondente na empresa.....	157
Figura 17 – Tempo de atuação do respondente na empresa	158
Figura 18 – Porte da empresa	159
Figura 19 – Tempo da empresa no mercado.....	159
Figura 20 – Percentual de exportação no faturamento	160
Figura 21 – Tipologia produtiva principal.....	161
Figura 22 – Utilização das práticas de Produção mais Limpa e Produção Enxuta.	162
Figura 23 – Modelo de Equações Estruturais entre as práticas de P+L e PE e o Desempenho da empresa	177
Figura 24 – Bootstrapping aplicado ao modelo final	183
Figura 25 – Perspectiva para a integração	191
Figura 26 – Modelo estrutural completo da relação entre as práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho da empresa.....	245
Figura 27 – Bootstrapping completo da relação entre as práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho da empresa.....	247

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Procedimentos metodológicos e dinâmica da coleta de dados	58
Quadro 2 – Testes para confiabilidade dos estudos de caso.....	61
Quadro 3 – Estrutura do questionário.....	64
Quadro 4 – Testes para confiabilidade dos dados	73
Quadro 5 – Relação entre a fase construtiva da pesquisa com os objetivos específicos	77
Quadro 6- Evolução da Gestão Ambiental Empresarial.....	82
Quadro 7 – Principais práticas de Produção Enxuta adotadas para a pesquisa	100
Quadro 8– Relação entre os desperdícios da PE e os aspectos ambientais segundo EPA	110
Quadro 9– Elementos-chave entre a PE e o SGA	114
Quadro 10 – Relação entre desperdícios da PE e aspectos ambientais	119
Quadro 11 - Similaridades teóricas entre P+L e PE	122
Quadro 12 - Síntese da revisão bibliográfica entre a PE e práticas de sustentabilidade ambiental em processos produtivos	125
Quadro 13 – Caracterização geral das empresas	144
Quadro 14 – Características da Produção mais Limpa.....	146
Quadro 15 – Características da Produção Enxuta	150
Quadro 16 – Características entre a Produção mais Limpa e a Produção Enxuta.....	153
Quadro 17 – Perspectivas e barreiras entre Produção mais Limpa e Produção Enxuta	155
Quadro 18 – Aspectos ambientais gerenciados pelas práticas de Produção Enxuta	192

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Exemplo de distribuição da escala Diferencial Semântico em uma variável	64
Tabela 2 – Testes KMO e Bartlett	71
Tabela 3 - Distribuição dos trabalhos estudados na seção.....	106
Tabela 4 – Apresentação das variáveis e estatísticas descritivas das práticas de Produção mais Limpa.....	164
Tabela 5 - Apresentação das variáveis e estatísticas descritivas das práticas de Produção Enxuta.....	167
Tabela 6 - Apresentação das variáveis e estatísticas descritivas das medidas de desempenho das empresas	172
Tabela 7 – Valores de critérios estatísticos do modelo final	179
Tabela 8 – Validade Discriminante (Análise de cargas cruzadas)	181
Tabela 9 – Teste de hipóteses pelo método de Coeficientes de Caminhos (Path Coefficients)	184
Tabela 10 – Teste do tamanho do efeito das hipóteses.....	185
Tabela 11 - Contribuições das práticas de Produção Enxuta para a Produção mais Limpa...	190

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMOS - *Analysis of Moment Structures*

ATO - *Assembly to Order*

AVE - *Average Variance Extracted*

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CB - *Covariance-Based*

CETESB - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano

CNUMAH - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano

CR - *Composite Reliability*

EC - *Environment and Climate Change Canada*

ECOPROFIT – *Ecological Project for Integrated Environmental Technology*

EESC - Escola de Engenharia de São Carlos

EGCV - Engenharia e Gestão do Ciclo de Vida

ESCAP – *Economic and Social Commission for Asia and the Pacific*

ETO - *Engineer to Order*

GEE - Gases do Efeito Estufa

GM - *Green Manufacturing*

GSCM - *Green Supply Chain Management*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISIC - *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities*

ISO – *International Standardization for Organization*

KMO - Kaiser-Meyer-Olkin

KPI - *Key Performance Indicator*

LISREL – *estimation of Linear Structural Relationships*

ME – Manufatura Enxuta

MEE - Modelagem de Equações Estruturais

MTO - *Make to Order*

MTS - *Make to Stock*

NUMMI - *New United Motor Manufacturing*

P+L – Produção mais Limpa

P2 - *Pollution Prevention*

PCS - Produção e Consumo Sustentável

PDCA – *Plan, Do, Check and Act*

PE – Produção Enxuta

PIB – Produto Interno Bruto

PLS - *Partial Least Squares*

RBS – Revisão Bibliográfica Sistemática

RoHS - *Restriction of Hazardous Substances*

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SMEDs - *Single-Minute Exchange of Dies*

SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM – *Total Productive Maintenance*

UFSCar - Universidade Federal de São Carlos

UNEP - *United Nations of Environment Programme*

UNIDO – *United Nations Industrial Development Organization*

USP – Universidade de São Paulo

VSM – *Value Stream Mapping*

WBCSD - *World Business Council for Sustainable Development*

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	33
1.1 Objetivos da pesquisa	37
1.2 Justificativa e delimitação da pesquisa	40
CAPÍTULO 2 MÉTODO DE PESQUISA	47
2.1 Abordagem Metodológica	47
2.2 Revisão Bibliográfica	50
2.3 Revisão Bibliográfica Sistemática	51
2.4 Estudos de caso: Etapa qualitativa	54
2.4.1 Coleta de dados	55
2.4.2. Plano de análise dos dados	60
2.5 Survey – Etapa quantitativa	61
2.5.1 Instrumento de coleta de dados	63
2.5.2 Coleta de dados	65
2.5.3 Plano de análise de dados	66
2.5.3.1 Análise descritiva	66
2.5.3.2 Análise multivariada	67
2.6 Fluxo Metodológico	76
CAPÍTULO 3 REFERENCIAL TEÓRICO	79
3.1 Fundamentação Teórica	79
3.1.1 Evolução da Gestão Ambiental Empresarial	79
3.1.1.1 Sustentabilidade Ambiental em processos produtivos	82
3.1.2 Produção mais Limpa	86
3.1.2.1 Práticas de Produção mais Limpa	90
3.1.3 Produção Enxuta	94
3.1.3.1 Práticas da Produção Enxuta	98
3.2 Revisão Bibliográfica Sistemática	104
3.2.1 Relações entre a Produção mais Limpa e a Produção Enxuta	104
3.2.2 Conclusões sobre a Revisão Bibliográfica Sistemática	132
4 ANÁLISES QUALITATIVAS	137
4.1 Pré-teste	137
4.1.1 Contextualização sobre o Pré-teste	137
4.1.2 Caracterização do caso Pré-teste	138
4.1.3 Análise do caso Pré-teste	140

4.1.4 Conclusões sobre o caso Pré-teste	142
4.2 Análise cruzada dos estudos de caso	143
4.2.1 Apresentação e caracterização dos casos.....	143
4.2.2 Análise cruzada da Produção mais Limpa nos casos.....	144
4.2.3 Análise cruzada da Produção Enxuta nos casos	148
4.2.4 Análise cruzadas das relações entre a Produção mais Limpa e Produção Enxuta nos casos.....	152
5 ANÁLISES QUANTITATIVAS – RELAÇÕES ENTRE PE, P+L E O DESEMPENHO DAS EMPRESAS	157
5.1 Análises Preliminares	157
5.1.1 Caracterização da amostra	157
5.2 Análise Multivariada	174
5.2.1 Modelo estrutural.....	174
5.2.2 Testes de hipóteses.....	182
5.2.3 Teste do tamanho do efeito (<i>effect size</i>).....	185
6 TRIANGULAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS E DISCUSSÃO	187
6.1 Relações entre as práticas de Produção mais Limpa e as práticas de Produção Enxuta.....	187
6.2 Impactos no Desempenho Ambiental.....	192
6.3 Impactos no Desempenho Econômico.....	194
6.4 Impactos no Desempenho Operacional	195
7 CONCLUSÕES.....	197
7.1 Contribuições Práticas	198
7.2 Contribuições Teóricas	198
7.3 Limitações do Trabalho	199
REFERÊNCIAS	201
FOMENTO.....	221
APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO	223
APÊNDICE B – CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO EM DE ESTUDO DE CASO	227
APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA	229
APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO APLICADO NA ETAPA SURVEY	233
APÊNDICE E – MODELO ESTRUTURAL COMPLETO	245
APÊNDICE F – BOOTSTRAPPING DO MODELO ESTRUTURAL COMPLETO	247
ANEXO A – DOAÇÃO AO HOSPITAL DO CÂNCER DE BATATAIS	249

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

A produção tem função central na estratégia das empresas e com isso, a Gestão de Operações assume a complexa tarefa de gerenciá-la como requisito essencial para a competitividade das empresas (PORTER, 1980; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; SWAMIDASS; NEWELL, 1987; MILLER; ROTH, 1994; HAYES; PIZZANO, 1996; PIRES, 1998; SANTOS, 2000; GODINHO FILHO; FERNANDES, 2005; GUPTA; VERMA; VUCTORINI, 2006; SLACK, et al., 2007; FUGATE; STANK; MENTZER, 2009; WONG; BOON-ITT; WONG, 2011).

González-Benito e González-Benito (2008) denominam a capacidade de uma empresa em implementar práticas, ferramentas e sistemas avançados na gestão de suas operações como Manufatura Proativa. Segundo Godinho Filho (2004) existem várias mudanças nos paradigmas estratégicos na manufatura em busca de melhorias, destacando-se o grande desafio de superar os *tradeoffs* da manufatura (PORTER, 1996; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; GUPTA; VERMA; VUCTORINI, 2006; SLACK, et al., 2007; PAIVA; TANG, 2010; STAMM, 2011; ZANON, et al. 2013).

Um dos principais paradigmas na história da produção surgiu em 1950 no Japão, com o Sistema Toyota de Produção (STP) que, segundo Godinho Filho e Fernandes (2004) e Liker (2005) é também conhecido no ocidente como Manufatura Enxuta (ME) ou *Lean Manufacturing*, e também em um âmbito mais amplo que extrapola a manufatura, como Produção Enxuta (PE) ou *Lean Production*. Para Ohno (1997), o STP consiste basicamente em analisar o fluxo de produção ao longo do tempo e reduzir as perdas que não agregam valor, diminuindo assim o tempo deste fluxo.

Liker (2005) afirma que uma empresa enxuta é o resultado final da aplicação do STP em todas as áreas da empresa. Desta forma, compreende-se que a PE é a aplicação do STP na Gestão de Operações e em todo o ambiente empresarial, instituindo assim a mentalidade enxuta. Para Hines, Holweg e Rich (2004), a PE ampliou seu foco para além do chão de fábrica e ganhou maior credibilidade no mercado mundial a partir da década de 90, em decorrência da disseminação das práticas baseadas nos seus cinco princípios: identificação de valor para o cliente; identificação do fluxo de valor; estabelecimento de fluxo contínuo de produção; determinação de fluxo puxado de produção; e esforço para a perfeição.

Para Esposto (2008), a PE contribuiu para a descentralização dos processos de tomada de decisão, auferindo assim maior autonomia para os níveis tático e operacional da manufatura

(*Bottom-up*). De acordo com Womack e Jones (2004), a PE busca melhorias profundas no desenvolvimento e gestão de operações de manufatura e nas relações da empresa com seus clientes e com a cadeia de suprimentos.

Já Shah e Ward (2003) afirmam que o foco da PE está na entrega de produtos que satisfaçam as expectativas dos clientes da empresa e sem desperdícios nas etapas de produção. Esposto (2008) e Wahab, Mukhtar e Sulaiman (2013) reforçam que a PE contribuiu significativamente para uma quebra de paradigma nos sistemas de produção, mudando a visão e o comportamento dos gestores e operadores em relação aos processos de manufatura, enfatizando a redução de desperdícios e a geração de valor ao cliente e demais *stakeholders*.

Seguindo uma linha paralela de geração de valor aos *stakeholders*, a partir de 20 (vinte) anos após o surgimento do STP, a Sustentabilidade Ambiental vem sendo estabelecida como prioridade para as sociedades atuais devido ao grande crescimento demográfico e aos elevados padrões de produção e consumo que, consequentemente causam severos impactos ambientais. Com isso estabeleceu-se demandas por iniciativas ambientais das empresas pelos órgãos governamentais, reguladores, científicos e dos diversos *stakeholders* que contribuem para as atividades produtivas (MEADOWS; MEADOWS; BEHRESN, 1972; CNUMAD, 1995; GRAEDEL, ALLENBY, 1995; HART, 1997; ELKINGTON, 1998; HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 1999; WBSCD, 2000; BARBIERI, 2007; GRI, 2011; LOSANO; HUISINGH, 2011; MIT, 2013).

Segundo Veleza e Ellenbecker (2001), Jewiet e Alting (2005), Helu, Vijayaraghavan e Dornfeld (2011), Dornfeld et al. (2012) e Lee, Kang e Noh (2014), a produção é responsável por grande parte dos impactos ambientais negativos ao longo do ciclo de vida dos produtos. Por isso, o emprego de estratégias para melhorias do desempenho ambiental na produção e na Gestão de Operações se faz parte inerente da sustentabilidade dos próprios negócios das empresas (PORTER; LINDE, 1995; CNUMAD, 1995; GRAEDEL; ALLENBY, 1995; ISAKSSON, GARGAVE, 2003; SACHS, 2004; HAUSCHILD, JESWIET, ALTING, 2005; GIANNETTI et al., 2007; DIRECTIVE, 2008; TATE, et al., 2010; WONG; BOON-ITT; WONG, 2011; GRI, 2011; DORNFELD et al., 2012; MIT, 2013; ALMEIDA; BONILLA; GIANETTI, 2013; KELLENS, 2013; YUSUP et al., 2014; BOGUE, 2014).

Neste foco, a Produção mais Limpa (P+L), criada em 1989 pelo *United Nations of Environment Programme* (UNEP), se apresenta como uma das principais estratégias da atualidade com foco em ecoeficiência e em padrões ambientalmente sustentáveis de produção devido às suas características proativas e preventivas (KHAN; NATRAJAN; REVATHI, 2001;

UNIDO/UNEP, 2004; WBSCD, 2000; CALIA, 2007; ZHAO et al., 2012; CNI, 2012; FUKUSAWA, 2012; LAFOREST; RAYMOND; PIATYSZEK, 2013; GHORBANNEZHAD et al., 2013; BOGUE, 2014; YUSUP et al. 2014).

Contudo, a P+L ainda não é praticada sistematicamente, sendo geralmente adotada como uma estratégia de *staff* e de forma pontual, perdendo a eficácia e a eficiência esperadas (WAAGE, 2007; TATE et al., 2010; WONG; BOON-ITT; WONG, 2011; OLIVEIRA, 2011; ZHAO et al., 2012; YUSUP et al. 2014; BOGUE, 2014). Com isso, um grande desafio para a Gestão de Operações Sustentáveis está em avaliar e superar os *tradeoffs* advindos da inclusão das práticas de P+L em sua estratégia e sob seus diferentes paradigmas (KHAN; NATRAJAN; REVATHI, 2001; CARVALHO; AZEVEDO; CRUZ-MACHADO, 2014; KUCUKVAR, et al., 2014).

Por outro lado, a PE ao longo de sua evolução tem apresentado significativo potencial para a minimização de barreiras enfrentadas pela Gestão de Operações quanto aos *tradeoffs* na manufatura (GODINHO FILHO, 2004; HINES et al., 2004; HOLWEG, 2007; POJASEK, 2008; JAWAHIR, et al., 2010; MOREIRA, et al., 2010; STAMM, 2011; PHAM, THOMAS, 2012; CARVALHO; AZEVEDO; CRUZ-MACHADO, 2014).

A PE possui características básicas e essenciais como: a geração de valor; a redução de desperdícios; a racionalização de recursos e insumos; o foco nas necessidades do cliente; a atenção direcionada à cadeia de fornecedores; o atendimento aos requisitos de qualidade; e a visão voltada para as expectativas dos *stakeholders*. Notoriamente estas características também são imprescindíveis para a P+L.

Na linha do tempo entre a criação e o desenvolvimento da P+L e da PE, observam-se tendências de evolução paralelas de suas práticas para a geração de valor, que por sua vez, também possuem origens e finalidades paralelas. Uma delas, sob a ótica da P+L, segue a perspectiva de minimização de impactos ambientais na fonte geradora, primando por resultados ecoeficientes de produção. Já a tendência da PE prioriza a sustentabilidade econômica dos negócios empresariais (GRAEDEL; ALLENBY, 1995; ROTHENBERG, PIL; MAXUELL, 2001; LARSON; GREENWOOD, 2004; POJASEK, 2008; MOLENKOPF et al., 2010; DORNFELD et al., 2012; WU; LOW, 2013; CARVALHO; AZEVEDO; CRUZ-MACHADO, 2014).

Seguindo a linha de raciocínio, Florida (1996), King e Lenox (2001), Rothenberg, Pil e Maxwell (2001), Larson e Greenwood (2004), Jawahir et al. (2006), Bergmiller (2006), Pojasek

(2008), Biggs (2009, Jayal, Badurdeen e Jawahir (2010), Li et al. (2010), Moreira et al. (2010), Pampanelli, Found e Bernardes (2011), Sara et al. (2013b), Sobral, Jabbour e Jabbour (2013) e Carvalho, Azevedo e Cruz-Mahcado (2014) afirmam que a PE apresenta grande potencial para a geração do valor “sustentabilidade ambiental” esperado pelos *stakeholders*. Tice, Ahouse e Larson (2005) e Rothenberg (2003) sugerem que a cultura organizacional promovida pela PE maximiza o potencial de melhorias ambientais como nas empresas, tais como as previstas pela P+L.

Para Hart (1997), o desperdício zero é o mantra da PE, e com isso, ao praticar seus princípios, as empresas diretamente já alcançam níveis significativos de redução da poluição. Complementando, González-Benito e González-Benito (2008) sugerem que o desempenho ambiental é gerido com maior eficiência e eficácia em ambientes de produção enxuta.

Alguns autores defendem que a busca por melhorias ambientais contribui significativamente para redução de desperdícios e para o atendimento a propósitos da PE (NAHMENS, 2009; MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010; SONG; LIANG, 2011). Outros estudos avançam nesta discussão e sugerem que a inclusão de objetivos de ordem ambiental na geração de valor representa uma evolução da PE (EPA, 2003; KARP, 2005; TICE; AHOUSE; LARSON, 2005; SIMPSON; POWER, 2005; POJASEK, 2008; JØRGENSEN; 2008; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009; MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010; PARVENN et al., 2011; PUVANASVARAN et al., 2012; WU; LOW, 2012; BASHKITE; KARAULOVA, 2012; DORNFELD et al., 2012; MARTÍNEZ-JURADO; MOYANO-FUENTES, 2013; EPA 2013; WU; LOW, 2013; EPA, 2014, CARVALHO; AZEVEDO; CRUZ-MACHADO, 2014; PAMPANELLI; FOUND; BERNARDES , 2014).

Segundo Hines, Holweg e Rich (2004), Shah e Ward (2003), Vais et al. (2006) e Pham e Thomas (2012), espera-se que a PE seja integrada aos demais sistemas e estratégias de produção e gestão, seguindo a evolução do cenário produtivo mundial. Para Asif et al. (2010) e Oliveira (2013), a integração de práticas sustentáveis aos sistemas de produção, tal como a PE, é um dos grandes objetivos desejados pelos *stakeholders*, sendo portanto, uma estratégia na busca pela melhoria contínua (BECKMERHAGEN, et al., 2003; BHUIYAN; BAGHEL, 2005; ZUTSHI; SOHAL, 2005; JØRGENSENA; REMMENA; MELLADO, 2006; SALAH et al., 2010).

Para Ferreira (1986, p. 955) integrar significa “juntar-se, tornando-se parte integrante, incorporar-se, completar, tornar inteiro”. Em suma Karapetrovic e Willborn (1998) define a integração como o estabelecimento de uma relação de dependência entre dois sistemas distintos

que favorece a complementação de ambos visando a eficiência global na alocação de recursos e na redução de custos operacionais, sem, contudo, anular as individualidades originais de cada um dos sistemas.

Neste contexto, a seleção de opções e a integração das práticas de P+L às práticas de PE representa o alinhamento dos requisitos e objetivos de cada um, no intuito de promover-se uma linguagem comum e hierarquicamente regulada para o atendimento uniforme das expectativas dos *stakeholders* (BAMBER; SHARP; HILDES, 2002; BERNARDO; CASADEUS; KARAPETROVIC, 2009; DÜES; TAN; LIM, 2013; RIZZO, 2012; WU; LOW, 2013; PAMPANELLI; FOUND; BERNARDES, 2014).

Kaplan e Norton (2001) recomendam que estratégias sejam desenvolvidas conforme a capacidade empresarial. Com isso, a premissa básica para a viabilização da integração das práticas de P+L às práticas de PE consiste em aumentar, ou pelo menos não reduzir, a eficiência e eficácia dos processos de manufatura da empresa, pois, caso contrário, esta integração se tornaria desinteressante ou indesejável para a maioria das organizações sob o ponto de vista da PE. Para isso, é necessário primeiramente compreender as relações entre as práticas de P+L e da PE (POJASEK, 2008; TICE; AHOUSE; LARSON, 2009; PUVANASVARAN et al., 2012; WU; LOW, 2013).

Desta forma, verificou-se a necessidade de pesquisas empíricas com a proposta de integração das práticas de P+L às práticas de PE e como este fenômeno pode ser realizado dentro do âmbito de Gestão de Operações.

Procurando suprir a lacuna apresentada, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa: Quais são e como ocorrem as relações entre as práticas de P+L e PE e seus impactos no desempenho das empresas?

1.1 Objetivos da pesquisa

Buscando responder à questão de pesquisa dentro do contexto de gestão de operações, o objetivo principal deste trabalho foi identificar e analisar as relações entre as práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho das empresas.

Para possibilitar a realização deste objetivo foi necessário realizar os seguintes objetivos específicos:

- a) identificar quais são as principais variáveis e fatores que suportam as relações entre as práticas de P+L e de PE;
- b) quantificar as principais variáveis e fatores que suportam as relações entre as práticas de P+L e de PE
- c) investigar se as práticas de PE somadas às práticas de P+L influenciam os resultados do desempenho da empresa;
- d) compreender como são as relações entre as práticas de P+L e de PE.

Seguindo as recomendações de Sampieri, Collado e Lucio (2006) e Martins (2012), foram formuladas hipóteses com a função de nortear a pesquisa mesmo que esta seja ainda uma solução provisória para a compreensão de todo o fenômeno estudado na pesquisa (MARCONI, LAKATOS, 2002; FORZA, 2002).

Importantes trabalhos foram estimulados pelo potencial que a PE tem para a redução de resíduos e da poluição decorrente destes. Muitos destes estudos foram motivados pela questão da proximidade que a PE tem de um sistema ambientalmente sustentável ou verde de produção (MAXWELL; ROTHENBERG; SCHENCK; 1993; FLORIDA, 1996; ROTHENBERG, 1999; KING; LENOX, 2001; ROTHENBERG; PIL; MAXWELL, 2001; LARSON; GREENWOOD, 2004; VAIS et al., 2006; VENKATI; WAKELAND, 2006; BIGGS, 2009; MOLLENKOPF et al., 2010; FERREIRA et al., 2012; PUVANASVARAN et al., 2012; DÜES, C. M. TAN, K. T. LIM, M, 2013; DHINGRA, R.; KRESS, R.; UPRETI, G., 2014).

Outros estudos afirmam que práticas a PE cumprem requisitos de sustentabilidade ambiental em seus processos produtivos, sugerindo possíveis relações positivas entre as práticas de PE e os objetivos ambientais das empresas (HART, 1997; DAKOV; NOVKOV, 2007; NAHMENS; 2009; QIU; CHEN, 2009; SONG; LIANG, 2011; JABBOUR et al., 2013; DÜES; TAN; LIM, 2013).

Até o momento ainda não foram encontrados resultados que concluíssem sobre PE atender ou não a todos os critérios de sustentabilidade ambiental, deixando uma dúvida a ser altamente questionada na literatura.

Para nortear a condução desta pesquisa e a realização de seus objetivos, este trabalho pretende testar a seguinte hipótese:

- HA – As práticas de PE se relacionam de forma positiva com as práticas de P+L;

A partir de estudos desenvolvidos por Florida (1996), Maxwell et al. (1998), Rothenberg (1999), Rothenberg (2003), EPA (2003), Tice, Ahouse e Larson (2005), EPA (2013) e

Pampanelli, Found e Bernardes (2014). EPA (2014), foi formulada uma segunda hipótese de pesquisa:

- HB– A combinação entre as práticas de PE e as práticas de P+L contribuem para a melhoria do desempenho ambiental da empresa;

E, segundo proposições observadas em estudos de Florida (1996), Hart (1997), King e Lenox (2001), Rothenberg, Pil e Maxwell (2001), Jawahir et al. (2006), Bergmiller (2006), Pojasek (2008), Dornfeld et al. (2012) e Sara et al. (2013b), elaborou-se as terceira e quarta hipóteses de pesquisa:

- HC– A combinação entre as práticas de PE e as práticas de P+L contribuem para a melhoria do desempenho operacional da empresa; e
- HD – A combinação entre as práticas de PE e as práticas de P+L contribuem para a melhoria do desempenho econômico da empresa.

Após serem testadas quantitativamente, estas hipóteses serão explicadas de forma qualitativa por meio de estudos de casos múltiplos com evidências empíricas do cenário industrial.

Com a finalidade de assegurar o foco e viabilizar a aplicação da pesquisa, delimitou-se seu escopo com relação ao fenômeno estudado (relação entre as práticas de P+L e as práticas de PE), com relação ao objetivo de estudo (relações entre as práticas de P+L às práticas de PE), dentro do âmbito de Gestão de Operações e com relação ao segmento empresarial (empresas de manufatura com P+L e com PE).

A estrutura teórico-conceitual e os constructos¹ da pesquisa são apresentados na Figura 1.

¹ Constructos são termos que expressam ideias mais abstratas, que não podem ser observadas diretamente. São adotados conscientemente para atender a um motivo científico especial (SABBADAY, 2010). O dicionário Houaiss define constructo como “construção puramente mental, criada a partir de elementos mais simples para ser parte de uma teoria” (HOUAISS; VILLAR; FRANCO, 2009).

Figura 1 – Estrutura teórico-conceitual da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

1.2 Justificativa e delimitação da pesquisa

O trabalho se alicerça na discussão pautada pela necessidade de integração de princípios de sustentabilidade ambiental, representados pelas práticas de P+L às práticas de PE dentro do contexto de Gestão de Operações. Desta forma, almeja-se o alinhamento organizacional entre os objetivos estratégicos ambientais e suas práticas enxutas na produção com o foco na prevenção e minimização de impactos ambientais, bem como da promoção da ecoeficiência na manufatura.

Godinho Filho e Fernandes (2004), Liker (2005), Dües, Tan e Lim, (2013) e Carvalho; Azevedo; Cruz-Machado (2014) enfatizam que limitar a eficiência da PE somente ao âmbito de chão de fábrica é reduzir seu potencial estratégico para a empresa. Esta pesquisa prima pela expectativa que o papel estratégico da Manufatura pode exercer perante a integração das práticas de P+L às práticas da PE como meios para mudança de paradigmas, para a geração de valor e atendimento das necessidades dos *stakeholders*.

De um lado é esperada a geração de valor ambiental para a PE e por outro lado, nota-se grande potencial na PE para a disseminação das práticas de P+L. Esta discussão vem ocorrendo desde a década de 90. Um dos primeiros estudos tinha como objetivo verificar as similaridades entre os temas e concluiu que as práticas de PE estimulam as práticas ambientais preventivas nas empresas (MAXWELL; ROTHENBERG; SCHENCK, 1993).

Muitos trabalhos têm pesquisado diferentes abordagens de sustentabilidade ambiental relacionadas à PE (FLORIDA, 1996; MAXWELL et al., 1998; ROTHENBERG, 1999;

KING; LENOX, 2001; ROTHENBERG, PIL; MAXUELL, 2001; LARSON; EPA, 2003; GREENWOOD, 2004; KARP, 2005; TICE; AHOUSE; LARSON, 2005; SIMPSON; POWER, 2005; VAIS et al., 2006; POJASEK, 2008; JØRGENSEN; 2008; BERGMILLER; MCCRIGHT, 2009; BIGGS, 2009; MOLENKOPF et al., 2010; MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010; PARVENN et al., 2011; PUVANASVARAN *et al.*, 2012; KARAULOVA, 2012; FERREIRA et al., 2012; CARRILLO, 2012; WU; LOW, 2013; BASHKITE; MARTÍNEZ-JURADO; MOYANO-FUENTES, 2013; EPA 2013; WU; LOW, 2013; JABBOUR *et al.* 2013; SOBRAL; JABBOUR; JABBOUR (2013; EPA, 2014; CARVALHO; AZEVEDO; CRUZ-MACHADO, 2014) e algumas considerações sobre as vantagens ambientais obtidas pelas práticas de PE foram relatadas, especialmente em relação à redução da geração de resíduos industriais.

Vários estudos analisaram a relação entre a PE e as práticas de sustentabilidade ambiental teoricamente sem respaldo empírico a avaliação de suas práticas (WALLACE, 2995; SIMONS; MASON, 2003; LARSON; GREENWOOD, 2004; TICE; AHOUSE; LARSON, 2005; DAKOV; NOVKOV, 2007; POJASEK, 2008; MOLLENKOPF *et al.*, 2009; PARVEEN; KUMAR; NARASIMHA RAO, 2011; BASHKITE; KARAULOVA, 2012; MARTÍNEZ-JURADO; MOYANO-FUENTES, 2013; DÜES; TAN; LIM, 2013; JOHANSSON; SUNDIN, 2014; CARVALHO; AZEVEDO; CRUZ-MACHADO, 2014). Já algumas pesquisas empíricas foram mais aprofundadas e realizadas qualitativamente por meio de estudos de caso (MAXWELL et al., 1998; KLASSEN, 2000; ROTHENBERG, 2003; SIMPSON; POWER, 2005; KARP, 2005; VAIS et al., 2006; LAPINSKI; HORMAN; RILEY, 2006; NAHMENS, 2009; QIU; CHEN, 2009; MILLER; PAWLOSKI; STANDRIDGE, 2010; PAMPANELLI; FOUND; BERNARDES, 2011; MASHAEI; LENNARTSON; ABBESTAM, 2011; SONG; LIANG, 2011; CARRILLO, 2012; RIZZO, 2012; WU; LOW, 2012; SOBRAL JABBOUR; JABBOUR, 2013), apresentando similaridades entre os objetivos das práticas de PE e objetivos ambientais.

Contudo, nenhuma das pesquisas abordou a P+L e suas práticas ou ainda as relações entre práticas sistemáticas de algum modelo, sistema, estratégia ou ferramenta ambiental. Três dissertações de mestrado brasileiras contemplaram os conceitos de P+L e PE (RIZZO, 2012; QUEIROZ, 2015; COBRA, 2015), sem, contudo, analisarem as relações entre suas práticas.

As pesquisas que exploraram quantitativamente a relação entre alguma abordagem de sustentabilidade ambiental e a PE não estratificaram os conceitos, no caso os constructos em

variáveis manifestas. Ou seja, estes trabalhos analisaram somente as variáveis latentes, ou seja, variáveis que não podem ser medidas diretamente (FLORIDA, 1996; MAXWELL et al., 1998; ROTHERNBERG, 1999; KING; LENOX, 2001; ROTHENBERG; PIL; MAXWELL, 2001; SIMPSON; POWER, 2005; VAIS et al., 2006; BIGGS, 2009; PUVANASVARAN *et al.*, 2012).

Em síntese, a maior parte dos trabalhos buscou evidenciar ganhos ambientais em termos de minimização na geração de resíduos com a adoção de práticas de PE pelas empresas, que de forma indireta acaba por apresentar resultados positivos de prevenção à poluição. Estes “ganhos ambientais” são considerados como efeitos colaterais auferidos pelas práticas de PE, pois representam sobretudo ganhos econômicos para as empresas e é este o seu objetivo principal (POJASEK, 2008; DÜES; TAN; LIM, 2013; JOHANSSON; SUNDIN, 2014).

Contudo, para que se promova sustentabilidade ambiental na produção e nas empresas, as práticas de P+L devem ser priorizadas e consideradas em primeiro plano, não sendo tratadas como meios para se alcançar objetivos secundários e também não devem se limitar aos aspectos ambientais focados somente na geração de resíduos. Existem outros objetivos esperados para a prevenção e minimização de impactos ambientais ligados à produção que extrapolam o âmbito de geração de resíduos. Com isso, as relações das práticas de PE neste enfoque merecem atenção, pois conforme alguns autores mencionam, se a cultura ambiental não estiver disseminada em ambientes enxutos, os impactos ambientais podem ser ainda mais agravados (POJASEK, 2008; MOLENKOPF et al., 2009, YANG; HONG; MODI, 2011; BASHKITE; KARALOUVA, 2012 ; CARVALHO; CURZ-MACHADO, 2014).

Além dos trabalhos citados ao longo da introdução e de outros que serão mais bem analisados na revisão bibliográfica, cabe destacar a importância desta investigação com a publicação de um volume especial do periódico *Journal of Cleaner Production* dedicado a pesquisas visando examinar as inter-relações entre os temas *Lean*, *Green* e Sustentabilidade (DHINGRA; KRESS; UPRETI, 2014). Foram publicados 44 (quarenta e quatro) artigos neste volume. Contudo, nenhum destes estudos explorou as relações entre a P+L e a PE ou propôs alternativas para sua integração.

Foram identificadas lacunas na literatura que precisam ser preenchidas para melhor compreensão do fenômeno de integração da P+L com a PE. Uma importante lacuna consiste na identificação de quais são as relações entre as práticas de P+L e de PE, permitindo então que sejam definidas as variáveis e os fatores críticos para a integração. Além disso, é necessário compreender como se comportam os impactos (positivos e negativos) advindos da

implementação de práticas de P+L em ambientes de PE. Não foi encontrado nenhum trabalho na literatura estudada que explore ou preencha estas lacunas identificadas. A Figura 2 ilustra a delimitação da lacuna a ser coberta o que, por sua vez, delimita o escopo da pesquisa.

Figura 2 – Delimitação da lacuna e do escopo da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

A situação I descrita na Figura 1 apresenta o cenário atual composto com o problema e a questão de pesquisa, explicitando a necessidade de pesquisas sobre os temas P+L e PE. A situação III estabelece um plano de perspectivas futuras em relação aos constructos, sugerindo propostas de modelos e diretrizes para a integração. Embora já existam algumas iniciativas neste sentido, verificou-se a necessidade de exploração de uma etapa intermediária, representando pelo cenário II, pois para a que se possa concretizar a situação III de forma adequada à realidade das empresas e com fundamentação científica, faz-se necessário avaliar as relações empíricas com validade interna e externa de seus constructos.

As práticas de P+L e de PE são conjuntos de atividades e de procedimentos empregados levando-se em conta objetivos e critérios específicos para cada uma. Com isso, as possíveis interações entre seus critérios e objetivos não são consideradas de forma integrada (TSENG, et al. 2008; POJASEK, 2008; BIGGS, 2009; CARVALHO; AZEVEDO; CRUZ-MACHADO, 2014), e as decisões tendem a ser tomada sob os diferentes prismas de cada especialidade (P+L ou PE).

Verificou-se na teoria e durante a realização do estudo de caso pré-teste, que será apresentado com maiores detalhes neste trabalho, que o maior problema se concentra no âmbito da Gestão de Operações, considerando-se que a sustentabilidade ambiental já esteja inserida no planejamento estratégico da empresa. Com isso, um ponto crítico para a integração entre a P+L e a PE se repousa no âmbito de Gestão de Operações em nível *Bottom-up*, que sustentado pela estratégia da empresa em nível *Top-down*, tem a responsabilidade de alcançar os objetivos estratégicos da empresa (SINGH; KUMAR; CHOUDHURY, 2006; WHAN, CHEN, 2009; WAAGE, 2007; WHAN; CHEN, 2009; VINODH; CHINTA, 2011; ZHAO et al., 2012).

Em outras palavras, partindo-se do princípio que a P+L e a PE estejam inseridas no planejamento estratégico da empresa, a integração de suas práticas representa um grande desafio para o processo de tomada de decisão dentro do âmbito da Gestão de Operações.

A escolha pela manufatura ocorreu devido à grande disseminação da P+L e da PE neste segmento empresarial. Segundo Marconi e Barbi (2010), a indústria de manufatura é muitas vezes adotada como um termo intercambiável com a indústria de transformação. Este setor industrial contribuiu com 13,5% do Produto Interno Bruto brasileiro (PIB) no segundo semestre de 2013 (IBGE, 2014).

Desta forma, o universo amostral desta pesquisa é representando pelas empresas de manufatura segundo o Sistema Nacional de Atividades Econômicas (CONCLA, 2007) e o *International Standard Industrial Classification of All Economic Activities* (ISIC, 2008). Nestas bases de dados, as empresas de manufatura correspondem à Seção C subdividida de 10 a 33.

Esta pesquisa tem um propósito exploratório e aplicado, pois preenche as lacunas descritas e justificadas contribuindo para o conhecimento científico e acadêmico e para a literatura que abrange os temas P+L e PE. Já no campo empresarial, este trabalho fornece suporte para o processo de tomada de decisão visando a integração das práticas de P+L e de PE e, portanto, para que resultados de ecoeficiência, de prevenção e de minimização de impactos ambientais na manufatura sejam alcançados de forma sistematizada à luz de uma filosofia de produção enxuta e mais limpa.

Após esta introdução, é apresentada a estrutura do trabalho. No Capítulo 2 são explicados os métodos de pesquisa adotados para a consecução dos objetivos propostos. O referencial teórico acerca dos temas e constructos da pesquisa é explanado no Capítulo 3. Este capítulo é dividido em fundamentação teórica e a revisão bibliográfica, que é produto da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS).

Já o Capítulo 4 apresenta os resultados das análises dos estudos de caso. Seguindo para o Capítulo 5, serão apresentadas as análises quantitativas resultantes da pesquisa survey e o Capítulo 6 apresenta uma discussão pautada na Triangulação Intramétodos, ou seja, entre os resultados quantitativos e qualitativos obtidos na pesquisa. Após estes capítulos, apresentam-se as Referências Bibliográficas e o texto é finalizado com os Apêndices e Anexos. A Figura 3 apresenta a estrutura da presente pesquisa.

Figura 3 - Estrutura do Trabalho

Fonte: Elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 2 MÉTODO DE PESQUISA

No Capítulo 2 são apresentados os métodos de pesquisa adotados neste trabalho. Esta seção se inicia pela caracterização da Abordagem Metodológica da pesquisa (2.1) que detalha os métodos selecionados para sua realização. Em um segundo momento, realiza-se a apresentação e o detalhamento do Fluxo Metodológico (2.2) que visa à compreensão da aplicação dos métodos, procedimentos, estratégias e as etapas de pesquisa propostas e realizadas no trabalho.

2.1 Abordagem Metodológica

A presente pesquisa pode ser caracterizada sob diversas formas. Sob o ponto de vista de sua natureza, ela é uma Pesquisa Aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimentos que sejam aplicáveis na prática e focados na solução de problemas específicos (GIL, 1991). Trata-se de uma pesquisa Empírica, pois consiste na formulação de hipóteses com proposta de métodos para sua validação e também por que visa explorar conhecimentos tácitos obtidos pelo pesquisador e pelas unidades pesquisadas (BRYMAN, 1989; WESTBROOK, 1995; JUPP, 2006).

Analisando as formas de abordagem, a pesquisa pode ser considerada como Quantitativa, pois pretende traduzir em números as informações obtidas por um cenário organizacional e com isso, avaliá-las e interpretá-las usando técnicas e métodos matemáticos e estatísticos (GIL, 1991; FORZA, 2002; JUPP, 2006). Ainda sob o ponto de vista da abordagem, a pesquisa também pode ser caracterizada como Qualitativa, uma vez que considera as relações entre os indivíduos e organizações pesquisadas com o mundo real. As informações qualitativas fazem parte da composição e elaboração dos instrumentos de coletas de dados quantitativos e também fazem parte dos processos de avaliação e interpretação dos dados quantitativos.

A pesquisa quantitativa aplicada neste trabalho se delimita como um suporte para identificação e análise dos fatores e variáveis, bem como suas intensidades dentro do objetivo proposto para a pesquisa. A partir da identificação e quantificação das variáveis e informações analisadas, a compreensão da proposta se dá por métodos qualitativos de pesquisa, ou seja, por meio de procedimentos metodológicos com maior profundidade na investigação, exploração e descrição das informações necessárias para a conclusão da proposta. Assim, a pesquisa pode ser considerada como Quali-quantitativa (BRYMAN, 1989; CAUCHICK MIGUEL; HO, 2012; JUPP, 2006).

Já, em relação aos objetivos da pesquisa, pode-se considerar a pesquisa como explicativa, pois ela objetiva auferir maior familiaridade e conhecimento do problema para o pesquisador. Por visar a descrição das características de determinada população ou amostra frente ao fenômeno pesquisado e com isso caracterizar a relação entre suas variáveis, considera-se também como uma Pesquisa Descritiva. Por fim, a pesquisa ainda pode ser considerada como explicativa, pois sua aplicação possibilitará identificar os fatores e variáveis que contribuem para a ocorrência do fenômeno (GIL, 1991; JUPP, 2006).

Sob o ponto de vista da aplicação de procedimentos técnicos dos métodos de pesquisa, este trabalho se fundamenta na Pesquisa Bibliográfica, realizada para identificar e caracterizar as variáveis que compõem o fenômeno pesquisa, na Pesquisa *Survey* e em Estudos de Casos Múltiplos.

A utilização combinada de mais de um método ou mais de uma técnica de pesquisa foi proposta inicialmente por Denzin em 1978 (CRESWELL, 1994). Bryman (2006) afirma que a abordagem qualitativa frequentemente produz surpresas e mudanças e direciona a novos *insights*. Por outro lado, há de esperar que a abordagem quantitativa produza também novos entendimentos e considerações. Portanto, Creswell (1994) e Bryman (2006) defendem que o uso das duas abordagens em conjunto e complementarmente podem multiplicar as contribuições para novos conhecimentos.

Esta prática foi nomeada de Triangulação e tem como objetivo neutralizar vieses que se originam do pesquisador e/ou do método e/ou das fontes de dados. Martins (2012) e Sampieri, Collado e Lucio (2006) mencionam que por anos, esta abordagem, conhecida como Triangulação Intermétodos, foi mais utilizada para métodos de pesquisa do que para técnicas ou instrumentos de pesquisa.

Por outro lado, Yin (2015) defende a ideia de que a utilização de mais de uma técnica ou instrumento de coleta de dados dentro de um mesmo método aumenta a confiabilidade das informações e diminui os vieses particulares dos pesquisadores, fontes pesquisadas e do método em si. Esta estratégia é conhecida como Triangulação Intramétodos.

Na presente pesquisa adotou-se a Triangulação Intermétodo e a Triangulação Intramétodo, propondo mais de um método de pesquisa de forma combinada e diferentes procedimentos, estratégias e técnicas metodológicas dentro dos diferentes métodos.

A proposta das triangulações desta pesquisa foi estimulada pela possibilidade de minimização dos pontos deficitários e da maximização dos pontos fortes de cada um dos

métodos de pesquisa. O método qualitativo permite a construção da realidade por meio da interação do pesquisador e seus valores com a pesquisa, enquanto que no método quantitativo, a realidade é vista de forma objetiva independente do pesquisador e de seus valores, já que este se mantém distante da pesquisa (CRESWELL, 1994; MARTINS, 2012).

Ainda seguindo as diferenciações propostas por Creswell (1994) e Martins (2012) para as abordagens qualitativas e quantitativas de pesquisa, a triangulação foi adotada, pois se pretende aprofundar as análises por meio do método qualitativo, contudo também se prevê a generalização dos dados da pesquisa à uma amostra maior de empresas, atributo este proporcionado pelo método quantitativo.

Seguindo recomendações de Gil (1991) e Forza (2002), procurou-se delimitar a pesquisa de forma detalhada para possibilitar a explicação da realidade do fenômeno estudado. Neste sentido, procurou-se detalhar as categorias metodológicas da pesquisa para possibilitar a compreensão do trabalho ao longo de sua leitura.

O objeto de estudo que também representa o fenômeno estudado desta pesquisa é a integração da sustentabilidade ambiental à PE. O universo da pesquisa é composto por empresas do setor de manufatura que possuem P+L e PE. Realizou-se uma *survey* em um recorte nacional (detalhes na seção 2.5) com o intuito de verificarem-se as diferenças e desvios nas respostas dos gestores de produção e, portanto, compreender as variações para diferentes universos de pesquisa sobre um mesmo objeto de estudo.

A unidade de análise desta pesquisa é representada pelas práticas de P+L e de PE. Os respondentes selecionados foram os gestores de PE, uma vez que eles podem responder adequadamente por cada etapa, parte ou célula de manufatura na empresa, e consequentemente pelo processo de integração de um novo conceito dentro da cultura da PE. Conforme afirmam Singh, Kimar e Choudhury (2006), os tomadores de decisão de PE podem fornecer informações que extrapolam os limites da empresa, planta, fábrica ou célula que cada um deles trabalham.

A escolha dos métodos empregados nesta pesquisa foi realizada com base nas sugestões de Yin (2015) e as principais estratégias de pesquisa direcionadas para estudos empíricos que visam compreender o mundo real. Esta pesquisa se norteia primeiramente para responder “Quais” são as relações entre as práticas de P+L e de PE e “Quais” são as variáveis e fatores que podem contribuir para a integração destas práticas. Após esta exploração inicial, a questão toma o foco em responder “Como” ocorrem estas relações, possibilitando a

investigação do pesquisador sobre o comportamento real dos eventos da pesquisa com um foco contemporâneo do estudo em relação ao seu histórico.

Desta forma, focados nas questões “Quais + Quanto” e “Como”, a presente pesquisa adotou respectivamente o método *survey* e o método de estudos de caso múltiplos.

2.2 Revisão Bibliográfica

A pesquisa teórica adotada neste trabalho foi realizada de duas formas seguindo os preceitos de Fleury (2012). A primeira delas foi uma revisão da literatura que ocorreu de forma horizontal, em que o pesquisador se familiarizou com os conceitos, identificando os pontos principais, as pesquisas mais relevantes e as tendências e perspectivas para os temas estudados. O resultado desta pesquisa é apresentado na seção 3.1.

Na segunda forma, foi realizada a varredura vertical, quando pesquisador já se sentiu um pouco mais próximo do assunto e fez uma pesquisa aprofundada na literatura especializada sobre os temas estudados.

Nesta segunda parte, adotou-se a varredura vertical da literatura e a construção de um referencial teórico estruturado (seção 3.1) contendo com a síntese dos temas estudados frente ao objetivo da pesquisa, pois segundo Wacker (2004), a sistematização do referencial teórico é de suma importância para a condução de estudos empíricos, pois existem muitas incoerências a respeito de conceitos e temas estudados na área de Gestão de Operações.

A revisão bibliográfica permitiu ao pesquisador identificar um norte para a condução de sua pesquisa e apresentou as lacunas para que este possa contribuir para a construção da teoria (GIL, 1991; ROWLEY; SLACK, 2004). Assim, o pesquisador conseguiu identificar e tatear o estado da arte sobre o tema estudado.

É possível então perceber que todos os demais métodos de pesquisa propostos para este trabalho dependem da revisão bibliográfica e o referencial teórico produzido por ela. A qualidade dos instrumentos de coleta de dados de campo, a análise e discussão dos resultados, a redação do relatório final e a contribuição empírica da pesquisa dependem diretamente da etapa de revisão bibliográfica.

Esta etapa da pesquisa é imprescindível para a formatação adequada dos constructos e, portanto, para o sucesso de toda a pesquisa (SUDDABAY, 2010).

Seguindo os preceitos de Rowley e Slack (2004) a revisão bibliográfica foi importante para este trabalho na função de:

- suportar para a identificação de tópicos, questões e hipóteses de pesquisa;
- identificar da literatura na qual a pesquisa irá contribuir e a contextualização da proposta com a literatura;
- possibilitar a construção e entendimento dos conceitos e terminologias;
- contribuir para a construção de um referencial teórico e lista de referências que poderão ser consultadas;
- sugerir os métodos de pesquisa adotados para o trabalho;
- análise e interpretação dos resultados.

2.3 Revisão Bibliográfica Sistemática

A Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) é um método de revisão bibliográfico que vai além de uma visão geral sobre um ou mais temas, normalmente obtida pela revisão bibliográfica tradicional (BIOLCHINI et al., 2007). Ainda segundo Biolchini et al. (2007), Levy e Ellis, (2006) e Conforto, Amaral e Silva (2011), a RBS possibilita sistematizar as informações de pesquisa sobre determinado (s) tema (s) com maior rigor científico, o que por sua vez auferirá maior confiabilidade à pesquisa, pois tende a definir mais claramente as lacunas e ainda permite que ela seja replicada por outras pesquisas.

Uma definição adaptada por Conforto, Amaral e Silva (2011) de Levy e Ellis para a RBS é “processo de coletar, conhecer, compreender, analisar, sintetizar e avaliar um conjunto de artigos científicos com o propósito de criar um embasamento teórico-científico (estado da arte) sobre um determinado tópico ou assunto pesquisado”.

Este método é adotado em áreas do conhecimento com grande volume de informações, tais como: medicina, ciências sociais, psicologia, dentre outras (CONFORTO; AMARAL; SILVA, 2011). Estes autores propuseram uma das primeiras, senão a primeira estrutura metodológica para a condução de uma RBS na área de Gestão de Operações.

Com o intuito de identificar o estado da arte sobre as possíveis relações entre a P+L e a PE, realizou-se uma RBS neste trabalho, adotando-se como base o método proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011) que é dividido em 3 (três) grandes etapas:

1. Entrada;

2. Processamento; e
3. Saída.

Optou-se por empregar principalmente as etapas estabelecidas para uma busca sistemática de trabalhos e a operacionalização posterior como leituras, filtros e seleção final de trabalhos, foi realizada segundo as necessidades identificadas para a exploração da situação atual e para a identificação de lacunas dentro da literatura que investiga as possíveis relações entre a P+L e a PE.

A partir da revisão bibliográfica tradicional, foi possível estabelecer palavras-chave para a busca sistemática dos trabalhos. Seguindo os preceitos de Biolchini et al. (2007), Levy e Ellis, (2006) e Conforto, Amaral e Silva (2011), procurou-se empregar uma significativa variedade de termos que com objetivo de obter resultados dentro da área de interesse quando combinados. Os termos, também conhecidos como *strings* utilizados para a representarem a P+L foram:

- *clean* (clean/cleaner) production;*
- *pollution prevention;*
- *resource efficient/efficiency (production, manufacturing, methods);*
- *(sustainab*(sustainable, sustainability);*
- *green;*
- *environmental; e*
- *environmentally.*

Já os termos empregados para a pesquisa da PE foram:

- *lean manufactur* (manufacture, manufacturing);*
- *lean thinking;*
- *lean production;*
- *agile manufactur* (manufacture, manufacturing);*
- *lean system* (system, systems);*
- *agile production; e*
- *toyota production system* (system, systems)*

Os termos ou *strings* representantes da P+L e os termos representantes da PE foram combinados com “AND” e assim relacionados nas buscas nas bases de dados. As bases de dados utilizadas para as buscas Portal de teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Portal de Periódico da CAPES, Scopus, Scielo e *Web of Knowledge*.

Conforme afirmam Conforto, Amaral e Silva (2011), deve haver a proposta de critérios para que os trabalhos façam parte da seleção de obras a ser profundamente analisada pela RBS. O critério de inclusão foi: apresentar informações sobre PE e sobre práticas de sustentabilidade ambiental.

Já o critério de exclusão foi: não apresentar informações dentro do âmbito de Gestão de Operações².

Os critérios de qualificação e/ou classificação foram:

- Objetivo de pesquisa;
- Método de pesquisa adotado;
- Descrição da ferramenta, método, técnica, estratégia ou sistema ambiental estudado;
- Tipo de trabalho (teórico ou empírico);
- Nível de aplicação (geral, superficial ou detalhado);
- Se o estudo propõe integração; e
- Se o trabalho aborda da P+L.

Ainda segundo Conforto, Amaral e Silva (2011), a etapa de processamento corresponde às etapas de busca, análise dos resultados e documentação. Para isso, foram utilizados 2 (dois) tipos de filtros:

1. Neste primeiro filtro realizou-se a leitura do título e do resumo do trabalho; e
2. Leitura integral do trabalho.

Então os trabalhos foram tabulados e analisados. Todos dos resumos dos artigos encontrados nesta busca foram lidos integralmente. Os artigos que tratavam das interfaces entre temas correlatos à Sustentabilidade Ambiental e o tema PE foram selecionados e analisados com maior cuidado. Por fim, os trabalhos que foram explorados com maior rigor foram os que abordaram a sustentabilidade ambiental dentro de contexto de Gestão de Operações e de processos produtivos, seguindo o escopo da pesquisa. Os resultados da RBS serão apresentados na seção 3.2.

² Mesmo não sendo do âmbito de Gestão de Operações, alguns trabalhos foram lidos integralmente.

2.4 Estudos de caso: Etapa qualitativa

Como método de pesquisa qualitativa foram realizados 8 (oito) estudos de caso múltiplos neste trabalho, com o intuito de alcançar maior profundidade e refinamento das informações analisadas (CAUCHICKI MIGUEL, 2004; YIN, 2015).

Este método tem caráter empírico e foi empregado na identificação de como se dão as relações entre a P+L e a PE nas empresas, seguindo os preceitos de investigação de um fenômeno específico em um determinado cenário sobre um contexto real e atual (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; CAUCHICK MIGUEL, SOUSA, 2012). O uso deste método parte do princípio de que as fronteiras entre o fenômeno pesquisado e a realidade são desconhecidas e precisam ser profundamente exploradas (YIN, 2015).

Pela possibilidade de contribuir para o entendimento de problemas reais e atuais, este método tem grande potencial de contribuição para um determinado campo do conhecimento. Estes dois grandes trunfos do método estudo de caso são apontados por Cauchick Miguel e Sousa (2012).

Yin (2015) afirma que a realização de um único estudo de caso deve ser realizada em uma organização que sirva de exemplo para todas as empresas do cenário em que ela se insere, o que é muito complexo para um fenômeno que ainda não ocorre, como é o caso desta pesquisa.

Desta forma, com a realização de mais de um estudo de caso, aumenta-se as possibilidades de sucesso na obtenção e análise dos dados. Por outro lado, Voss, Tsikriktsis e Frohlic (2002) afirmam que a realização de muitos estudos de caso pode limitar a profundidade na obtenção de informações e, portanto, em suas análises.

Segundo estas tendências apontadas, a realização de estudos de caso múltiplos pode ocorrer em no mínimo 4 (quatro) casos e no máximo 10 (dez) casos (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; CAUCHICK MIGUEL, SOUSA, 2012, YIN, 2015). Desta forma buscou-se realizar um número de estudos de caso dentro desta faixa.

Shah e Corley (2006) citam que um ponto principal para se aumentar a eficiência entre a obtenção e interpretação dos dados em estudos de caso é o estabelecimento de contatos contínuos com os entrevistados e analisados. Yin (2015) e Jupp (2006) ressaltam a importância de os resultados do estudo de caso ser confrontados com a teoria sobre o tema pesquisado.

Segundo Voss, Tsikriktsis e Frohlic (2002) e Cauchik Miguel e Sousa (2012), existem algumas classificações para o método de estudo de caso. Neste contexto, a proposta de

realização de estudos de caso da presente pesquisa se encaixa na categoria Extensão/Refinamento da Teoria, pois serão utilizados em uma fase final da pesquisa, composta por outros métodos e pretende-se com estes estudos de caso, estreitar as fronteiras que cercam a interface entre a P+L e a PE. Para nortear a etapa da pesquisa realizada pelos estudos de caso, foi elaborado um protocolo de estudo de caso, conforme recomendam Yin (2015) e Cauchik Miguel e Sousa (2012). Este protocolo é apresentado no Apêndice A. Além disso, estabeleceu-se uma estrutura teórico-conceitual para nortear a compreensão do fenômeno pesquisado que é apresentado pela Figura 4.

Figura 4 - Modelo conceitual para a pesquisa qualitativa

Fonte: Elaborado pelo autor.

As linhas de intersecção entre as variáveis de PE e as variáveis de P+L representam lacunas e/ou questões investigadas nos estudos de caso. Elas aparecem tracejadas no modelo conceitual pois como as empresas ainda não implantaram, não gerenciam suas práticas e não medem seus desempenhos de forma integrada, procurou-se então compreender estas variáveis de forma individual para a PE e para a P+L e então, explicar como elas se comportariam dentro do modelo estrutural obtido na etapa quantitativa da pesquisa.

2.4.1 Coleta de dados

Os critérios de seleção das empresas para a realização dos estudos de caso foram:

- ser do ramo industrial de transformação;

- ser brasileira e do estado de São Paulo;
- possuir maturidade em P+L;
- possuir maturidade em PE; e
- apresentar interesse e disponibilidade em cessão das informações necessárias.

Não é possível, por meio de estudos e fontes científicas, definir se as empresas possuem ou não maturidade em P+L ou em PE. Para isso, buscou-se prospectar os estudos de com base nos critérios apresentados e seguindo as possibilidades para esta atividade de busca. A prospecção dos estudos de caso ocorreu no segundo semestre de 2014. Primeiramente buscou-se por empresas com maturidade em P+L, citadas como casos de sucesso pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que desenvolve ações de apoio e incentivo à adoção das práticas de Produção e Consumo Sustentável (PCS) pelas empresas. Dentre estas ações encontram-se a elaboração e divulgação de documentos técnicos, realização de cursos e eventos, além da publicação de Casos de Sucesso de empresas localizadas no Estado (CETESB, 2014).

Como não existe uma listagem geral ou certificação para PE. Então, após analisada a listagem fornecida por CETESB (2014), as empresas foram investigadas por suas participações em casos de sucesso em eventos científicos, como por exemplo o *Lean Summit* que é um dos principais eventos de *Lean* no Brasil, e em fontes técnicas especializadas em PE tais como *Lean Institute* Brasil e Grupo *Lean*. Deu-se preferência por empresas com maior veiculação de suas práticas de PE na mídia social e por empresas que já participaram em pesquisas anteriores à esta pelo pesquisador e seus professores.

Desta forma, foram selecionadas inicialmente 15 (quinze) empresas que dentre os critérios apresentados apresentaram potencial em P+L e em PE, dada a limitação desta informação. Foram enviados e-mails de convite para estas empresas, contendo uma carta convite (Apêndice B). Logo após as respostas dos e-mails, realizou-se telefonemas para estreitar o contato, apresentar uma visão geral da pesquisa e pré-agendar as primeiras visitas. Neste primeiro momento foram iniciados 8 (oito) estudos de caso.

Para os estudos de caso foram aplicados no mínimo 3 (três) instrumentos de coleta de dados, visando a Triangulação Intramétodo proposta por Yin (2015). Os instrumentos de coletas de dados aplicados foram:

- Visitas *in loco* com observação de processos de produção;
- Análise de documentos;

- Realização de entrevistas semiestruturadas com gestores de P+L e de PE (Ver Apêndice C);

Yin (2015) reforça a necessidade de um estudo de caso piloto para que o pesquisador possa testar os procedimentos metodológicos e explorar o campo de estudo com um pouco mais de profundidade. Como a pesquisa já havia sido iniciada por uma pesquisa-ação interrompida pela empresa e vários instrumentos de coleta de dados já haviam sido aplicados durante as várias visitas *in loco* realizadas, utilizou-se do estudo de caso Pré-teste como um estudo de caso piloto.

Cabe ressaltar que um pré-teste é diferente de um piloto. O estudo de caso Pré-teste tem caráter exploratório, sendo denominado por Yin (2015) como um “ensaio” formal que visa construir o planejamento do (s) estudo (s) de caso seguinte (s). Neste trabalho, o Pré-teste contribuiu, de forma paralela e complementar, com a revisão bibliográfica para delimitar o escopo da pesquisa.

O Pré-teste realizado nesta pesquisa possibilitou testar e aprimorar tanto o protocolo de estudos de caso quanto o roteiro de entrevistas a ser aplicado nos estudos de caso propriamente ditos. Além disso, o Pré-teste teve uma grande importância na delimitação da lacuna da presente pesquisa e na delimitação de seu escopo.

O estudo de caso Pré-teste foi realizado anteriormente aos estudos de caso e não foi contabilizado no total de 8 (oito) estudos de caso iniciados na etapa de estudos de caso múltiplos desta pesquisa.

Os procedimentos metodológicos da etapa Qualitativa e a dinâmica da coleta de dados são apresentados no Quadro 1. Por fim, os dados coletados foram analisados pelo pesquisador e as informações foram dispostas de forma cruzada (entre os casos) e por categorias conforme questões elaboradas no roteiro de entrevista.

Quadro 1 – Procedimentos metodológicos e dinâmica da coleta de dados

Continua...

Procedimentos metodológicos e dinâmica da coleta de dados			
Empresa	Visitas	Documentos	Entrevistas
A	<ul style="list-style-type: none"> • uma visita para apresentação da pesquisa • duas visitas para realização de entrevistas e observação do processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Balanço socioambiental exercício 2014 • <i>Layout</i> e estrutura produtiva • Descrição de projetos de P+L • Descrição de práticas de PE 	<ul style="list-style-type: none"> • Responsável pela P+L na empresa • Responsável pela PE na empresa
B	<ul style="list-style-type: none"> • uma visita para apresentação da pesquisa • uma visita para realização de entrevistas e observação de processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Balanço socioambiental 2014 - 2015 • Descrição de projetos de P+L • Descrição de práticas de PE 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente Regional de Meio Ambiente • Responsável pela PE na empresa
C	<ul style="list-style-type: none"> • uma visita para apresentação da pesquisa • três visitas para realização de entrevistas e observação de processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Balanço socioambiental 2014 • MFV • Descrição de projetos de P+L • Descrição de práticas de PE 	<ul style="list-style-type: none"> • Responsável pela P+L na empresa • Responsável pela PE na empresa
D	<ul style="list-style-type: none"> • uma visita para apresentação da pesquisa e para observação de processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Não foram fornecidos mais documentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Estagiário
E	<ul style="list-style-type: none"> • uma visita para apresentação da pesquisa • uma visita para realização de entrevistas e observação de processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Balanço socioambiental 2014 - 2015 • MFV • Descrição de projetos de P+L • Descrição de práticas de PE 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Meio Ambiente • Responsável pela PE na empresa • Gerente Geral de Operações na América Latina

Conclusão.

Procedimentos metodológicos e dinâmica da coleta de dados			
Empresa	Visitas	Documentos	Entrevistas
F	<ul style="list-style-type: none"> • uma visita para apresentação da pesquisa • duas visitas para realização de entrevistas e observação do processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Balanço socioambiental 2014 • MFV • Descrição de projetos de P+L • Descrição de práticas de PE 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Meio Ambiente • Gerente de Operações
G	<ul style="list-style-type: none"> • uma visita para apresentação da pesquisa • três visitas para realização de entrevistas e observação de processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Anuário de responsabilidade corporativa 2014 • MFV • Descrição de projetos de P+L • Descrição de práticas de PE 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerente de Meio Ambiente • Responsável pela PE na empresa
H	<ul style="list-style-type: none"> • duas visita para apresentação da pesquisa • uma visita para observação do processo produtivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Documentos gerais da história da empresa • Não foram fornecidos mais documentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Não foi realizada entrevista formal • Foram realizadas 2 (duas) apresentações do projeto para prospecção do estudo

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser visto, 2 (duas) empresas não se dispuseram a contribuir com os 2 (dois) dos instrumentos metodológicos mínimos. Desta forma, os casos D e H foram descartadas da amostra de estudos de caso. Portanto, foram realizados 6 (seis) estudos de caso completos.

2.4.2. Plano de análise dos dados

Os estudos de caso foram empregados com o foco principal de verificar como são geridas a P+L e a PE nas empresas, buscando assim compreender as relações identificadas na *survey*, que corresponde à uma etapa paralela da pesquisa e será apresentada e detalhada na seção seguinte.

O procedimento principal de análise dos dados obtidos nos estudos de caso foi a Análise Cruzada, também citada na literatura como Síntese Cruzada. Nesta técnica de análise, que pode ser somente aplicada à estudos de caso múltiplos (Yin, 2015), tem o potencial de tornar os resultados mais robustos.

Ainda segundo Yin (2015), esta técnica totaliza e sintetiza as descobertas ao longo de uma série de estudos realizados individualmente, como foi o caso desta pesquisa em que cada estudo ocorreu por meio de visitas distintas. Desta forma, as análises consistiram na criação de tabelas ou quadros que apresentaram os dados dos casos individuais de acordo com uma estrutura uniforme entre os casos.

Ou seja, o roteiro de entrevista foi formulado com base nesta categorização e contribuiu para o estabelecimento dos níveis da estrutura geral de análises dos estudos de caso. Porém, as análises em si permitiram a identificação de outras categorias ou da junção de categorias, conforme o decorrer das análises individuais e da síntese final dos estudos de caso.

A qualidade e confiabilidade dos dados coletados nos estudos de caso deve ser verificada para que as informações resultantes (produto final) sejam consideradas cientificamente confiáveis. Desta forma, deve-se garantir a fidedignidade, a credibilidade, a confirmabilidade e a fidelidade dos dados (Yin, 2015).

Yin (2015) recomenda 4 (quatro) testes para a validação destas 4 (quatro) características em estudos de caso: validade do constructo; validade interna; validade externa; e confiabilidade. O Quadro 2 apresenta os testes empregados neste trabalho.

Quadro 2 – Testes para confiabilidade dos estudos de caso

Teste – Validade	Tática dos estudos de caso da pesquisa
Validade do constructo	- uso de 3 (três) ou mais fontes de evidência (Triangulação Intramétodo) - encadeamento das evidências
Validade interna	- elaboração de padrões de análise e categorização dos dados - construção da explicação
Validade externa	- replicação por estudos de caso múltiplos - combinação com a <i>survey</i> (Triangulação Intermétodo)
Confiabilidade	- exploração e familiarização com a lacuna de pesquisa pelo Pré-Teste - uso de protocolo de estudo de caso

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.5 Survey – Etapa quantitativa

A etapa quantitativa visa fornecer evidências para o teste de hipóteses e, neste caso contribuiu para abstrair informações sobre um fenômeno que ainda não ocorre nas empresas e é uma atividade muito complexa. Com isso, a *survey* foi empregada visando medir a opinião de gestores de PE, visando identificar quais são as principais relações as práticas de P+L e PE e o quanto elas se relacionam, de forma indireta (por meio de pesos atribuídos pelos gestores) e objetivas (por meio de *scores* atribuídos em uma escala).

Além disso, a pesquisa quantitativa tem o diferencial de alcançar um público maior de unidades de análise e, portanto, em inferir e generalizar suas conclusões para um cenário de maior representatividade perante o fenômeno estudado (BRYMAN, 1989; FORZA, 2002; CAUCHICKMIGUEL; HO, 2012).

Em geral, uma pesquisa do tipo *survey* é aplicada em indivíduos visando contribuir para o corpo de conhecimento sobre determinado tema (FORZA, 2002). Como dito neste capítulo, a unidade de análise da pesquisa é representada pelas empresas, em que as respostas foram realizadas pelos gestores de PE que as representaram. Segundo Forza (2002) e Synodinos (2003), a *survey* é um dos principais métodos quantitativos de pesquisa adotados em Gestão da Produção e de Operações. Sendo mais específico, Synodinos (2003) cita este método de pesquisa como uma estratégia para se medir mudanças organizacionais.

Segundo Pinsonneault e Kraemer (1993) e Forza (2002), a pesquisa do tipo *survey* pode ser classificada em três tipos: exploratória; confirmatória; e descritiva. Neste presente trabalho optou-se pelos dois primeiros, pois explorou-se um fenômeno com uma abordagem

ainda pouco difundida na literatura e confirmou-se empiricamente proposições e constatações apontadas na literatura.

Seguindo as classificações sugeridas pelos pesquisadores Freitas et al. (2000), Forza (2002) Cauchick Miguel e Ho (2012), a *survey* empregada neste pode ser classificada como:

- pesquisa observacional – envolveu a coleta de dados qualitativos em um grupo de indivíduos sem a intervenção do pesquisador
- pesquisa transversal - sua coleta de dados se deu em um período de tempo específico;
- amostra não probabilística – uma vez que não há amostra definida de empresas do setor de manufatura com PE;
- amostra não probabilística por acessibilidade ou conveniência – são selecionados os indivíduos (unidades de análise) que se tem acesso, admitindo que estes representem o universo estudado.
- amostra não probabilística bola de neve – esta amostra eventualmente poderá ser utilizada no intuito de conseguir mais respostas ao questionário, uma vez que um respondente poderá indicar outro gestor de PE para contribuir com a pesquisa.

Não existe uma base de dados sobre empresas de manufatura que possuem PE, pois não existe certificação para este sistema de produção. Desta forma, a pesquisa foi enviada aleatoriamente aos gestores de PE de acordo com possíveis bases de dados encontradas.

O Grupo *Lean*³ possui uma ampla rede de empresas cadastradas que praticam a PE e forneceu uma base de dados que possibilitou iniciar a busca por empresas que atenderam ao escopo da pesquisa. Além disso, foi utilizada uma estratégia prevista por Forza (2002), denominada por bola de neve, que consiste no redirecionamento da pesquisa em uma rede de contatos por acessibilidade, obviamente sendo garantidos os critérios para a composição da amostra de pesquisa.

Com esta proposta, espera-se dar suporte à futura integração das práticas de P+L e de PE, analisando-se os principais fatores e variáveis que contribuem para este objetivo. Desta forma, elaborou-se um modelo conceitual para a pesquisa quantitativa que é apresentado na Figura 5.

³ Detalhes: Disponível em <http://grupolean.com.br/>.

Figura 5 – Modelo conceitual para a pesquisa quantitativa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se na Figura 5 que nesta pesquisa foram medidos 3 (três) constructos nesta pesquisa: Práticas de P+L; Práticas de PE; e Desempenho da Empresa. Cada um destes constructos é representado por variáveis latentes, que não pode ser medidas diretamente. Então, elas são desdobradas em variáveis manifestas ou observáveis que correspondem às questões elencadas no questionário, seguindo os preceitos de Forza (2002), de Hair et al. (2009) e Cauchick Miguel e Ho (2012).

Há variáveis latentes de primeira e de segunda ordem. Por exemplo, a variável latente “Desempenho da empresa” é de segunda ordem e é medida pelas variáveis latentes de primeira ordem “Desempenho operacional”, “Desempenho econômico” e “Desempenho Ambiental”, que são medidas por suas respectivas variáveis manifestas ou observáveis.

2.5.1 Instrumento de coleta de dados

O instrumento de coleta de dados foi composto por um questionário estruturado pela escala Diferencial Semântico conforme pode-se ver no Apêndice D – Questionário aplicado na etapa *survey*. O esquema geral da disposição desta escala ao longo das questões são apresentadas pela Tabela 1.

Tabela 1– Exemplo de distribuição da escala Diferencial Semântico em uma variável

Variável X						
1	2	3	4	5	6	7
Discordo Fortemente						Concordo fortemente

Fonte: Elaborado pelo autor.

O questionário foi composto por questões de acordo com seus conjuntos apresentados na Figura 5. As respostas foram elencadas seguindo a escala Diferencial Semântico de 1 a 7. Segundo Hair et al. (2009), escalas com maiores intervalos e opções de respostas possibilitam maior sensibilidade na apruração das informações e portanto, na compreensão do fenômeno pois demonstram níveis mais sutis e perceptíveis da intenção do respondente em relação à cada variável.

Além disso, segundo Hair et al. (2009) e Field (2013), a escala Diferencial Semântico, à despeito de inúmeras discussões na literatura, pode ser considerada como um tipo de escala intervalar que oferece duas grandes vantagens em relação à outros tipos de escalas. A primeira delas é que variáveis categóricas ordinais (como a Likert por exemplo) não possibilitam a identificação do valor das diferenças entre as categorias, por exemplo o valor da diferença entre concordo totalmente e concordo parcialmente. Já em uma escala intervalar, é possível identificar o valor intermediário, pois conhece-se previamente as diferenças entre as categorias.

Os autores Hair et al. (2009) e Field (2013) acrescentam que a escala intervalar possibilita maior liberdade estatística pois é passível de análises estatísticas. A elaboração do questionário seguiu preceitos de Forza (2002) e Synodinos (2003). A estrutura básica do questionário é apresentada pelo Quadro 3.

Quadro 3 – Estrutura do questionário

Blocos de questões	Fonte pesquisada
Caracterização do respondente	SEBRAE (2013); SYNODINOS (2003); OLIVEIRA (2011)
Caracterização da empresa	SEBRAE (2013); SYNODINOS (2003)
Práticas de PE	SHAH e WARD (2007)
Práticas de P+L	UNIDO/ UNEP (2004) e CNTL (2003)
Desempenho da empresa	ZHU; SARKIS; LAI (2013)

Fonte: Elaborado pelo autor.

O questionário foi elaborado com o apoio de um pesquisador da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) especialista em métodos quantitativos para a Engenharia de Produção. Foram realizadas 5 (cinco) reuniões para a construção, análises e aprimoramento do instrumento. As reuniões duraram em média 3 (três) horas e com isso foram possíveis importantes discussões acerca do questionário, possibilitando melhorias e a elaboração de um instrumento consistente de coleta de dados. Além disso, este pesquisador especialista contribuiu para as análises quantitativas do trabalho.

Após a finalização de sua versão preliminar, o questionário foi apresentado à 2 (dois) professores e pesquisadores nos temas e à alunos de pós-graduação que também pesquisam sobre os temas. Foi solicitado que estes especialistas respondessem o questionário e o criticassem no sentido de verificar-se defeitos e irregularidades e com isso, adequar o questionário para maior compreensão por parte dos respondentes.

Por fim, os questionários foram aplicados aos gestores de PE durante as visitas dos estudos de caso com o intuito de identificar-se erros e possibilidades de melhorias no instrumento. Assim, apenas adequações gramaticais foram realizadas no questionário.

2.5.2 Coleta de dados

A etapa piloto consistiu no teste do questionário para seu aprimoramento e foi realizada por especialistas e por gestores de PE, conforme relatado na seção anterior. Após a definição da versão final do questionário, iniciou-se o envio deste instrumento segundo bases de dados aleatórias.

Foram enviados 900 (novecentos) questionários de forma aleatória para gestores de PE de empresas de manufatura localizadas no Brasil. Foi utilizada a plataforma QualtricsSM para auxiliar o gerenciamento de envios e recebimentos de respostas dos questionários. Este sistema permite um controle detalhado entre o envio, recebimento e tabulação das respostas.

Segundo Hair et al. (2009), o ideal é que se tenha entre 5 a 10 respondentes por variável existente no questionário. O baixo retorno de questionários respondido é uma das principais dificuldades para pesquisas *survey* (FREITAS, et al. 2000; FORZA, 2002; SYNODINOS, 2003; HAIR, et al., 2009; CAUCHICK MIGUEL, 2012). Desta forma, procurou-se elaborar um questionário conciso, mas que compreendesse todas as variáveis mínimas necessárias para a compreensão das variáveis latentes, constructos e assim, do fenômeno pesquisado.

O primeiro contato foi feito por telefone e por meio da rede LinkedInTM no início de Agosto de 2015. A apresentação formal e adequada da pesquisa pode estimular o respondente a contribuir com a pesquisa se este verificar a importância do trabalho, facilitando a compreensão das linhas gerais do questionário que serão apresentados ao telefone. Ainda neste contato foi confirmado o endereço eletrônico do respondente visando aumentar as chances de respostas.

Logo após o contato inicial foi enviada uma carta oficial de apresentação da pesquisa assinada pelo pesquisador, orientador e coorientador da pesquisa, assumindo as responsabilidades com a confidencialidade das informações sigilosas dos respondentes e das empresas.

O período de coleta de respostas foi entre Agosto e Novembro de 2015. Neste meio tempo foram enviados lembretes (e-mail, telefonema, mensagem no LinkedInTM, etc.) a cada 15 (quinze) dias.

Visando estimular os respondentes à cooperarem com a pesquisa, para cada resposta completa foi doado o valor de R\$3,00 (três reais) para o Hospital do Câncer de Batatais - SP que está sendo construído na cidade. Além disso, os 50 (cinquenta) primeiros respondentes foram presenteados com 3 (três) volumes da série de livros Coleção Fábrica do Milênio, sendo garantidas as suas identidades e das empresas durante as respostas.

2.5.3 Plano de análise de dados

A tabulação dos dados ocorreu diretamente na plataforma virtual QualtricsSM e posteriormente exportada para uma planilha Excel. Então, os dados foram previamente analisados por meio dos *Softwares* Statística versão 12 e SPSS versão 17 contratados pela USP.

A análise de dados foi realizada em duas etapas consecutivas. A primeira delas foi a análise descritiva e univariada dos dados a segunda representa a etapa multivariada dos dados.

2.5.3.1 Análise descritiva

Seguindo preceitos de Forza (2002), Hair et al. (2009) e Field (2013), deve-se inicialmente analisar criticamente os dados, procurando por respostas incompletas (*Missing cases* ou *Missing data*).

O questionário foi enviado por duas contas distintas criadas na plataforma QualtricsSM, pois excedeu o máximo de respostas para uma única conta. Na primeira conta foram obtidas 153 (cento e cinquenta e três) respostas e na segunda conta foram coletadas 106 (cento e seis) respostas, totalizando 256 (duzentos e cinquenta e seis) respostas. Contudo, 48 (quarenta e oito) respostas da segunda conta estavam incompletas, faltando o preenchimento da seção E do questionário, que representa o desempenho das empresas. Desta forma, o total foi de respostas que compuseram a amostra foi de 208 (duzentos e oito) casos.

Em respeito à grande discussão sobre os tipos de análises para determinados tipos de escalas (Forza, 2002; Hair et al., 2009; Field, 2013), optou-se por não analisar as medias para as variáveis deste estudo, mesmo elas sendo constituídas de escalas intervalares. A mediana oferece maior compreensão da distribuição das respostas neste tipo de variável do que a média.

Foram calculadas medidas de tendência central (mediana e moda), medidas de dispersão (desvio-padrão e variância) e medidas de forma (assimetria e curtose). Esta etapa é importante para a familiarização do pesquisador dos dados e para verificação da viabilidade e seleção das técnicas multivariadas a serem adotadas.

Além disso, estas análises univariada permitem caracterizar o perfil da amostra de empresas em estudo.

2.5.3.2 *Análise multivariada*

Uma análise multivariada é geralmente empregada quando se tem muitas informações e pouco conhecimento sobre determinado assunto (Hair et al., 2009, p. 23). De forma resumida, a análise multivariada permite analisar múltiplas medidas sobre determinados objetivos de investigação. A análise multivariada é uma extensão das análises univariada e bivariada, contudo elas permitem analisar correlações entre as variáveis e não somente seus comportamentos individuais.

Segundo Hair et al. (2009, p.23) “...um dos principais objetivos de técnicas multivariadas é expandir a habilidade explanatória do pesquisador e a eficiência estatística”.

Contudo, conforme ressaltam Hair et al. (2009), a maior parte das técnicas de análises multivariadas se limita a analisar somente uma relação entre as variáveis por vez, o que seria inviável para o objetivo desta pesquisa que se baseia em questões pautadas no inter-relacionamento entre as práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho da empresa.

Desta forma, procurou-se selecionar uma técnica de análise multivariada que permite analisar várias relações entre várias variáveis simultaneamente. A Modelagem de Equações Estruturais (MEE) é uma extensão de outras técnicas multivariadas, mais especificamente da análise fatorial e da análise de regressão múltipla (HAIR et al., 2009).

Kline (2011) considera a MEE como uma família de procedimentos estatísticos multivariados, merecendo destaque a análise de regressão múltipla, a análise de caminho (*path analysis*), a análise fatorial exploratória e a análise de covariância. Hair et al. (2009) afirmam a MEE tem o distinto potencial de:

- fornecer um método direto para lidar com múltiplas relações simultaneamente com eficiência estatística; e
- permitir avaliar as relações em âmbito geral e fornecer uma transição da análise exploratória para a análise confirmatória.

Em outras palavras, a MEE permite analisar a estrutura de inter-relações expressas em séries de equações de modo a compreender o comportamento simultâneo das variáveis manifestas com as variáveis latentes e, portanto, do comportamento entre os constructos da pesquisa. Um grande trunfo é que dentre estas análises de inter-relações, é possível testar e analisar hipóteses de ordem qualitativa sobre o fenômeno estudado.

A MEE, segundo Kline (2011) e Hair et al. (2009) pode ter caráter exploratório e confirmatório. Contudo, conforme cita Golob (2003), este método tende a ser mais confirmatório do que exploratório. No caso presente desta pesquisa, empregou-se a MEE de forma exploratória em ciclos interativos e iterativos no modelo teórico proposto de forma a estabelecer-se um modelo estatisticamente aceitável para as relações entre as práticas de P+L, PE e o desempenho das empresas. Após o estabelecimento do modelo final, a MEE foi empregada de forma confirmatória visando testar as hipóteses elencadas.

Existem diversas técnicas para a realização da MEE (HAIR et al., 2009). Com isso, segundo Fawcett e Garity (2008), encontram-se vários nomes e tipos, que podem até mesmo se resumirem aos nomes dos pacotes estatísticas como por exemplo *estimation of Linear Structural RELationship* (LISREL) ou *Analysis of Moment Structures* (AMOS). Além deste, segundo Hair et al. (2009), o *Partial Least Squares* (PLS), em português Mínimos Quadrados Parciais, é uma técnica alternativa para a MEE. Esta última técnica oferece vantagens em relação aos demais, dentre elas pode-se destacar que a PLS é menos sensível ao tamanho da amostra e às características de medição.

Foram selecionadas duas técnicas distintas que possuem pacotes estatísticos distintos. O AMOS é uma extensão utilizada pelo SPSS que é assinada pela USP, mas apresentou complexa operacionalidade em relação ao PLS. Além disso, uma técnica *Covariance-Based* (CB) de MEE, como é o exemplo da AMOS, tem o objetivo principal de reproduzir a matriz de covariância teórica sem se preocupar com a variância explicada. Por outro lado, a técnica PLS objetiva maximizar a variância explicada dos constructos latentes (Hair et al., 2009). Em outras palavras, a técnica PLS permite compreensão mais aprofundada entre os constructos, uma vez que explica melhor a variância entre suas variáveis manifestas.

Desta forma, optou-se por utilizar o PLS devido às suas facilidades de uso e de análises, uma vez que ele supera problemas no tamanho da amostra e na distribuição dos dados. Para tanto, foi adotado o *software* SmartPLS versão 2.0.

Dentre as duas grandes opções de modelagem pela PLS, optou-se pela modelagem reflexiva em que uma variável latente é medida por suas variáveis manifestas ou observáveis, muitas vezes conhecidas também como indicadores. Hair et al. (2009, p. 598) são mais enfáticos, afirmando que em modelos reflexivos de PLS “constructos latentes são a causa das variáveis medidas [variáveis manifestas] e que o erro resulta de uma incapacidade de explicar por completo estas medidas”. Ou seja, uma variável manifesta mede um fenômeno implícito. Com isso, as variações de uma variável manifesta devem refletir diretamente no comportamento (valor) de sua respectiva variável latente.

Contudo, é necessário que exista variância estatisticamente significativa em uma amostra de dados para ela seja passível de análises multivariadas, especialmente por MEE. Para isso, foram realizados testes estatísticos na amostra coletada que serão detalhados a seguir. Os testes empregados e detalhados a seguir foram realizados conforme recomendações de Hair et al. (2009) para a avaliação da viabilidade da aplicação da MEE.

Análise de confiabilidade da escala

A avaliação da confiabilidade de uma escala é feita em termos do grau de correlação e de consistência interna entre as múltiplas medidas das variáveis. Inicialmente foi realizada a análise do coeficiente de Alfa (α) de Cronbach. O valor de Alfa de Cronbach é calculado conforme mostra a Equação 1 (HAIR et al., 2009).

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[\frac{\sigma_t^2 - \sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right] \quad (1)$$

Em que σ_i^2 representa a variância de cada questão i ($i = 1, 2, \dots, k$) e σ_τ^2 é a variância da soma das respostas de cada respondente. O valor deste coeficiente avalia a consistência de toda a escala adotada no questionário e seu varia de 0,00 até 1,00. Há valores mínimos do alfa de Cronbach estabelecidos na literatura para que os dados obtidos sejam confiáveis. Forza (2002), atribui o valor mínimo de 0,60 para *surveys* realizadas na área de Gestão de Operações. Hair et al. (2009) assumem 0,70 como valor mínimo aceitável, embora citem que para pesquisas exploratórias este valor pode ser reduzido para 0,6. Contudo, Hair et al. (2009), afirma que em grandes amostras o valor de Alfa tende a aumentar e, sendo assim, deve-se assumir valores maiores no sentido de exigir maior grau de confiabilidade para a pesquisa. Field (2009) indica que valores iguais ou superiores 0,80 são bons indicadores de confiabilidade para os resultados obtidos pelo instrumento de coleta de dados.

O valor de Alfa de Cronbach global com todas as variáveis do questionário foi de 0,973, que pode ser considerado um ótimo valor permitindo prosseguir a pesquisa para os próximos testes.

Outra forma de avaliar a confiabilidade da escala é por meio de sua consistência interna. Para este objetivo, foi adotada a Confiabilidade Composta (CR) ou *Composite Reliability* que é uma medida de consistência interna dos indicadores do constructo, descrevendo o grau em que eles indicam o constructo latente em comum. Valores aceitáveis devem ser iguais ou superiores e superior a 0,70 (Hair et al., 2009). A Confiabilidade composta é calculada conforme mostra a Equação 2.

$$CR = \frac{(\sum_{i=1}^n \lambda_i)^2}{(\sum_{i=1}^n \lambda_i)^2 + (\sum_{i=1}^n \delta_i)^2} \quad (2)$$

Em que λ_i é a carga fatorial padronizada do indicador (assertiva) i e δ_i é o erro de mensuração do indicador j , calculado como 1- confiabilidade do indicador.

Além deste teste inicial para a amostra global, procurando verificar a viabilidade da análise de MEE, Hair et al. (2009) sugerem que existem algumas técnicas para as medidas gerais de intercorrelação, destacando-se a matriz de Correlação de Pearson, de Spearman e o teste de esfericidade de Bartlett e de Adequação de Amostra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

Seguindo este raciocínio, foram realizados ambos os testes iniciais no conjunto original de variáveis, ou seja, com as mesmas variáveis questionadas no instrumento de pesquisa

enviado às empresas. Os valores dos 2 (dois) testes realizados para conjunto original de variáveis são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Testes KMO e Bartlett		
Medida de Adequação de Amostra Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)		0,877
Teste de Esfericidade de Bartlett	Aproximado Chi-Quadrado	21321,970
	Sig.(α)	0,000

Quanto mais próximo de 1 for o valor do teste KMO, melhor é a adequação da medida da amostra (Hair, et al., 2009). O teste de Bartlett deve apresentar um resultado $\alpha < 0,05$ (Hair, et al., 2009). O valor de Significância ($\alpha = 0,000$) do teste apresentado na Tabela 2 indica que a amostra é adequada para a realização de MEE. Além disso, com este resultado para o teste confirma que o tamanho da amostra é adequado e que os dados não formam uma matriz identidade⁴. Estes são dois requisitos principais para que a MEE seja viável ao estudo (HAIR, et al., 2009; FIELD, 2009).

Como os resultados dos testes de Bartlett e KMO foram suficientes para atestar a adequabilidade da amostra e sua viabilidade para a realização da MEE, que é a análise quantitativa multivariada principal deste trabalho, optou-se por não realizar outras análises para esta finalidade.

Validade do constructo

A validade do constructo mostra o quanto as variáveis latentes ou constructos podem ser explicadas pelas variáveis manifestas ou observáveis. Para isso, deve haver variância comum significativa entre as variáveis manifestas para que elas possam representar estatisticamente o constructo em análise (HAIR et al., 2009).

Em outras palavras, as variáveis manifestas devem convergir para representarem a variável latente ou constructo. Assim, é possível avaliar a validade convergente dos constructos. Para tanto, foram realizados análises e testes estatísticos que serão apresentados nesta seção.

Além da validade convergente, deve-se verificar a unidimensionalidade de uma variável latente ou de um constructo, especialmente quando existem 2 (dois) ou mais constructos ou

⁴ Quando ocorre uma matriz identidade, torna-se inviável a realização de análises fatoriais e de Modelagem de Equações Estruturais (Hair, et al., 2009).

variáveis latentes, como é o caso desta pesquisa. Em outras palavras, um grupo de variáveis manifestas devem representar somente uma variável latente ou constructo (HAIR et al., 2009).

Para modelos reflexivos de MEE em PLS, segundo Hair et al. (2009), deve-se adotar a *Average Variance Extracted* (AVE) como critério de corte. A AVE, em português Média da Variância Extraída indica “...uma medida resumida de convergência em um conjunto de itens que representa um constructo latente” (HAIR, et al., 2009, p. 589). Resumindo, a AVE é a média da variação explicada entre as variáveis, conforme mostra a Equação 3.

$$AVE = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i^2}{n} \quad (3)$$

Em que, λ é a carga fatorial padronizada e i é o número de itens. Hair et al. (2009) afirmam que deve-se adotar como AVE mínimo o valor de 0,50. Desta forma, pode-se considerar que uma variável latente explica metade ou mais da variância de sua variável manifesta.

Já a validade discriminante, segundo Hair et al. (2009), mostra o grau que um constructo é diferente dos demais constructos em análise. Ainda segundo os autores, quanto mais alto for a validade discriminante, mais pode-se afirmar que se trata de um constructo único e que este consegue captar informações exclusivas.

Para avaliar a validade discriminante, dois critérios são recomendados. O primeiro é o critério Fornell-Lacker, segundo o qual um constructo latente compartilha mais variância com seus indicadores do que com qualquer outra variável latente do modelo estrutural.

Em termos estatísticos, a AVE de cada constructo latente deve ser maior que a maior correlação ao quadrado desse constructo com qualquer outro constructo latente. O segundo critério refere-se às cargas cruzadas, ou seja, a carga do indicador relativa ao constructo latente com o qual está associado deve ser mais alta que a carga que ele apresenta para os constructos restantes no modelo (HAIR et al., 2009).

Em suma, na análise da validade discriminante as variáveis manifestas ou observáveis devem ter cargas fatoriais mais altas nas suas respectivas variáveis latentes (raiz quadrada da AVE) do que em relação às outras variáveis latentes. Para esta análise, deve-se elaborar matriz de correlação entre as variáveis latentes.

A validade nomológica indica o grau de previsões precisas de outros conceitos que a escala múltipla faz em um modelo teórico. Para isso é preciso identificar se as relações teóricas

do modelo fazem sentido com as correlações entre os constructos conformem mencionam Hair et al. (2009). Ainda segundo estes autores, a matriz de correlações entre os constructos pode ser útil neste momento.

Para Hair et al. (2009), a validade de expressão indica a compreensão sobre o conteúdo teórico pesquisado. Sem esta propriedade, não é possível estabelecer conclusões e explicar sobre o modelo de mensuração da MEE. Segundo Hair et al. (2009, p. 593) “Assim, sob o ponto de vista realista, validade de expressão é o mais importante teste de validade”.

Avaliação do modelo estrutural

Além das análises das estatísticas de qualidade de ajuste dos dados ao modelo, é necessário diagnosticar o modelo e sua estrutura (Hair et al., 2009; Garson, 2016). Neste trabalho, este diagnóstico ocorreu pela análise de caminhos ou *path analysis*.

A etapa exploratória da MEE consistiu em analisar as interações entre as variáveis por meio de ciclos iterativos, tendo como base critérios estabelecidos na literatura (HAIR et al, 2009; FIELD, 2009, GARSON, 2016).

O Quadro 4 apresenta a síntese dos testes e critérios utilizados para assegurar a confiabilidade dos dados já explicados nesta seção.

Quadro 4 – Testes para confiabilidade dos dados

Teste – Validade	Testes aplicados à pesquisa quantitativa
Validade da escala	- Alfa de Cronbach global $\geq 0,80$. Nesta pesquisa $\alpha = 0,973$ - Alfa de Cronbach de variáveis individuais $\geq 0,70$
Validade de consistência (interna)	- Confiabilidade Composta (<i>Composite Reliability</i>) $\geq 0,70$ - Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) mais próximo de 1,00. Nesta pesquisa KMO = 0,877 - Teste de Esfericidade de Bartlett ($\alpha < 0,05$). Nesta pesquisa $\alpha = 0,000$
Validade do constructo	- Cargas dos coeficientes de caminhos $\geq 0,50$
Validade convergente	- AVE $\geq 0,50$. O resultado de AVE para cada variável está apresentado nos resultados
Validade discriminante	- Critério Fornell-Lacker – a AVE de cada constructo latente deve ser maior que a maior correlação ao quadrado desse constructo com qualquer outro constructo latente. Valores apresentados nos resultados
Validade nomológica	- Sentido entre as correlações empíricas e as relações teóricas
Validade de expressão	- Sentido dos resultados estatísticos com a realidade - Validação com os estudos de caso (Triangulação Intermétodos)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Primeiramente cada um dos constructos P+L, PE, Desempenho e Motivações foram modelados individualmente, visando avaliar como cada variável latente era explicada por suas variáveis manifestas. Desta forma, as variáveis (latentes e manifestas) que não atenderam aos critérios foram descartadas da amostra pois não refletiram o modelo teórico estruturado.

Bootstrapping

Para Hair et al. (2009, p. 21), a *Bootstrapping* consiste em “...uma abordagem para validar um modelo multivariado extraíndo-se um grande número de subamostras e estimando modelos para cada uma delas”.

Neste tipo de procedimento de teste estatístico não paramétrico, há combinação das análises das subamostras, permitindo analisar e obter os coeficientes com valores estatísticos mais significativos e suas variabilidades. Com isso, é possível identificar suas probabilidades de diferenciarem de zero (Hair, et al., 2009). Em outras palavras, é possível responder se os coeficientes estimados são estatisticamente diferentes de zero ou não.

O *Bootstrapping* ainda fornece a média e os erros-padrão para cada coeficiente da análise de caminhos do modelo e permite testar sua significância, indicando o valor do teste t de *Student* (HAIR, et al., 2009). Segundo Garson (2016), o *Bootstrapping* é frequentemente usado em dados amostrais que não tem normalidade confirmada.

A significância deste procedimento à um nível de probabilidade de $\alpha = 0,05$ e com valores altos atribuídos ao teste t de *Student* indica que os resultados não são limitados à amostra e podem ser diferenciados e generalizados (GARSON, 2016). Conforme citam Hair et al. (2009), o valor de t de *Student* define se os coeficientes padronizados (*path coefficients*) são significativos.

A estatística é obtida pela estimativa do parâmetro dividida pelo seu erro padrão (Hair et al, 2009). Baseado no nível de significância 0,05, para amostras com $n \approx 200$, os valores de t de *Student* superiores a 1,96 indicam que há menos de 5% de probabilidade de rejeitar a hipótese. Hair et al. (2009) ainda reforçam que quanto maior o valor t, menor o a chance de se rejeitar.

Neste trabalho adotou-se o *Bootstrapping* disponível no *software* SmartPLS versão 2.0 para a confirmação do modelo e análise das hipóteses. Neste estudo adotou-se o emprego deste procedimento com 500 (quinhentas) subamostras de 200 (duzentos) casos cada. Como nível de

significância adotou-se o valor mínimo de $\alpha = 0,05$, optando-se pelo Esquema de Ponderação de Caminhos (*Path Weighting Scheme*) com o máximo de 500 (quinhentas) iterações.

Tamanho do efeito

Além do teste da significância de cada coeficiente dos caminhos, é importante testar o tamanho do efeito (*effect size*) de cada um dos caminhos no modelo de equações estruturais. Uma das principais técnicas para esta finalidade é o teste de Cohen (f^2) (HAIR, et al., 2009). Este teste permite avaliar a explicação incremental da variável independente sobre a variável dependente (COHEN, 1997; HAIR, et al., 2009).

O tamanho do efeito segundo Cohen (1977, p. 9) indica o “grau no qual o fenômeno está presente na população” ou “grau no qual a hipótese nula é falsa”. Em outras palavras, pode-se dizer que o tamanho do efeito se refere à algum valor específico e diferente de zero na população, ou seja, quanto maior o valor do tamanho do efeito, maior o grau no qual o fenômeno sob estudo está manifestado (COHEN, 1977).

Há ainda que se acrescentar que o teste do tamanho do efeito de Cohen mede o impacto relativo de uma dada variável latente exógena (independente) sobre a variável latente endógena (dependente), por meio das mudanças no valor do R^2 . Com isso, é possível estimar o tamanho do efeito de cada caminho do modelo de equações estruturais (Hair et al., 2009), das práticas de PE sobre as práticas de P+L e os desempenhos da empresa.

Para Hair et al. (2009), o tamanho do efeito de uma variável latente exógena tem sobre uma variável latente endógena, segundo os valores obtidos de f^2 para amostras de $n \approx 200$, pode ser classificado em: pequeno, em que f^2 varia entre 0,02 e 0,15; médio entre 0,15 e 0,35; e alto com valores acima de 0,50. A Equação 4 apresenta o cálculo do tamanho do efeito f^2 .

$$f^2 = \frac{R^2 \text{ total} - R^2 \text{ efeitos principais}}{1 - R^2 \text{ total}} \quad (4)$$

Em que R^2 total é o R^2 total do modelo (quando a variável independente é incluída na equação estrutural) e o R^2 efeitos principais é o R^2 da variável latente dependente quando a variável independente é omitida da equação estrutural.

2.6 Fluxo Metodológico

Seguindo os preceitos de Goldemberg (1999) o planejamento desta pesquisa foi realizado em três fases básicas e imprescindíveis:

- fase decisória;
- fase construtiva - execução da pesquisa propriamente dita;
- fase redacional - análise dos dados e informações.

As fases e etapas que compõem cada uma delas serão apresentadas no fluxo metodológico pela Figura 6. Os métodos foram distribuídos segundo princípios de Goldemberg (1999).

Figura 6 - Fluxo Metodológico da Pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor.

A fase de execução da pesquisa foi composta por três estágios diferentes: Desenvolvimento teórico que subsidiou o arcabouço sobre a teoria aproximando e aprofundando conhecimento do pesquisador no estado da arte sobre os constructos da pesquisas e suas relações; e Desenvolvimento Empírico que representou a exploração da relação entre as práticas de P+L e de PE por meio de diferentes métodos de pesquisa e instrumentos de coletas de dados e por meio de uma abordagem qualitativa e outra quantitativa, permitindo a compreensão de quais são as relações, em que grau elas ocorrem e como elas ocorrem. A relação entre as etapas da pesquisa com seus objetivos específicos apresentada, de forma sintética, no Quadro 5.

Quadro 5 – Relação entre a fase construtiva da pesquisa com os objetivos específicos

Etapas	Objetivos da etapa na pesquisa
II. Revisão Bibliográfica	- analisar estudos que tratam de possíveis relações entre a PE e práticas ambientais em processos produtivos, permitindo conhecer o estado da arte sobre estas relações
III. Estudos de caso	<ul style="list-style-type: none"> - analisar como são estruturadas as práticas de PE nas empresas - analisar como são estruturadas as práticas de P+L nas empresas - analisar como são geridas as práticas de PE nas empresas - analisar como são geridas as práticas de P+L nas empresas
IV. <i>Survey</i>	<ul style="list-style-type: none"> - analisar quais são as principais práticas de PE adotadas pelas empresas - analisar quais são as principais práticas de P+L adotadas pelas empresas - analisar quais são as relações entre as práticas de PE e P+L e o desempenho das empresas

Fonte: Elaborado pelo autor.

O Quadro 5 visa relacionar os objetivos da pesquisa com suas etapas e atividades metodológicas propostas, visando nortear o pesquisador na obtenção e análise dos dados (GIL, 1991; GOLDBERGER, 1999; MARTINS, 2012). Desta forma, o pesquisador conseguiu monitorar seus passos e identificar mudanças em tempo para não comprometer os resultados da pesquisa.

CAPÍTULO 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico apresentado neste capítulo é composto por duas seções. A seção 3.1 é formada pela fundamentação teórica que apresenta os principais conceitos teóricos que suportarem o planejamento e desenvolvimento das demais fases da pesquisa. A Seção 3.2 é estruturada pela revisão bibliográfica que objetivou identificar a lacuna da pesquisa e levantar o estado da arte sobre o fenômeno pesquisado.

A Figura 7 ilustra a subdivisão do capítulo e a sua distribuição em subseções.

Figura 7 – Divisão do Referencial Teórico
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 Fundamentação Teórica

Segundo mostra a Figura 7, a seção 3.1 é dividida em: Evolução da Gestão Ambiental Empresarial; Produção mais Limpa; e Produção Enxuta. Estes itens serão apresentados na sequência.

3.1.1 *Evolução da Gestão Ambiental Empresarial*

A fundamentação teórica sobre a evolução da gestão ambiental empresarial foi estruturada com o objetivo de compreender as diferentes abordagens e prioridades em

desempenho ambiental para processos produtivos e mostrar a importância da P+L neste contexto.

Após a Revolução Industrial ocorrida no século XVIII, o aumento da produção em larga escala para atender ao crescimento demográfico e decorrente demanda de bens e serviços observou-se um cenário de degradação ambiental caracterizado pela postura nula das empresas que não se preocupavam com a finitude dos recursos naturais e com a capacidade de suporte da Biosfera (BRAGA, 2002).

Nesta fase de postura nula, as empresas deixavam que o Meio Ambiente assimilasse naturalmente seus resíduos, emissões e efluentes (UNIDO, 2002).

Os significativos problemas ambientais causados principalmente pelas emissões, efluentes e resíduos industriais contribuíram para a formação de propostas governamentais focadas no controle e restauração destes tipos de impactos ambientais. Estas iniciativas foram criadas em meados da década de 70 foram compostas principalmente por políticas, leis e normas que visavam alcançar progresso para o desempenho ambiental das indústrias (FROSH, 1995; BRAGA, 2002; UNIDO, 2002; DORNEFELD, et al., 2012).

Estimuladas pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano (CNUMAH) em 1972, as empresas começaram a iniciar suas primeiras atividades frente aos impactos ambientais de seus processos produtivos (UNIDO, 2002).

Este foi o primeiro estágio da atuação empresarial frente os impactos ambientais decorrentes de suas atividades produtivas, e foi caracterizado por propostas de medidas de fim de tubo, conhecidas como *end of pipe* (GUNGOR; GUPTA, 1999; DORNEFELD, et al., 2012). Esta fase da gestão ambiental empresarial foi caracterizada pela postura reativa das empresas e composta por medidas de tratamento.

Em 1980 as empresas começaram a adotar medidas de reciclagem e recuperação de energia, sendo então considerada como uma abordagem também de cunho reativo (UNIDO, 2002). Em 1987 é publicado o relatório “Nosso Futuro Comum” pela Comissão de Brundtland onde é conceituado o termo Desenvolvimento Sustentável (UNITED NATIONS, 1987).

As organizações observaram que se responsabilizarem por suas atividades frente ao Meio Ambiente, seria também uma oportunidade para a ascensão de seus negócios perante o mercado e *stakeholders* (FRYXELL; SZETO, 2002; CORAZZA, 2003; CHAVAN, 2005; CAGNO; TRUCCO; TARDINI, 2005; BARBIERI, 2007).

Já na década de 90, iniciou-se uma fase de caráter preventivo por parte das empresas. As empresas começaram a investir em tecnologias e meios para identificar os impactos ambientais decorrentes dos processos produtivos diretamente em suas fontes geradoras evitando suas ocorrências. Esta fase é caracterizada por uma abordagem preventiva das empresas frente à questão ambiental (FRESNER, 1998; UNIDO, 2002; FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, 2007; DORNEFELD, *et al.*, 2012; BOGUE, 2014).

Evitando que os impactos ambientais ocorram, as empresas perceberam significativa redução de custos em seus processos produtivos por meio de: economia do uso de insumos e matéria-prima; taxas de tratamento de resíduos; multas e passivos ambientais; mão de obra para fim-de-tubo; agregação de valor ao produto; dentre outros (FRESNER, 1998; BARBIERI, 2007). Esta relação entre os estágios evolutivos da gestão ambiental empresarial e o desempenho ambiental econômico é apresentada pela Figura 8.

Figura 8 – Evolução da gestão ambiental empresarial e de suas abordagens
Fonte: Adaptado de UNEP (2007).

O atual estágio deste processo evolutivo das estratégias e medidas ambientais produtivas é focado em iniciativas de implementações de programas ambientais para gerenciar, evitar e reduzir os impactos ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos e serviços empresariais (UNEP, 2007; DORNEFELD, *et al.*, 2012). UNIDO (2002) já previa que a atual fase fosse marcada pela desmaterialização e pelas relações de Ecologia Industrial e pela Engenharia e Gestão do Ciclo de Vida.

Neste estágio, para que os impactos ambientais sejam minimizados de forma abrangente e sob uma perspectiva holística, não somente contando com os processos de manufatura, insere-se a visão e/ou gestão do ciclo de vida (UNEP, 2007; DORNEFELD, et al., 2012; KELLENS, 2013; BOGUE, 2014). O Quadro 6 apresenta em síntese a evolução da Gestão Ambiental Empresarial.

Quadro 6- Evolução da Gestão Ambiental Empresarial

Período	Práticas	Descrição
Atualidade	Ciclo de Vida	Os estudos e as práticas evoluíram para o pensamento de ciclo de vida de produtos, onde cada fase deste ciclo passou a ser gerenciada de forma a evitar e/ou minimizar os impactos ambientais
Década de 90	Prevenção	As empresas intensificam suas práticas para minimizar seus resíduos e os custos com o tratamento destes, começando a se preocupar com a prevenção da geração destes
Década de 80	Recuperação e reciclagem	Neste momento as empresas começam a praticar a reutilização, reciclagem e recuperação de matérias antes do seu tratamento e descarte
Décadas de 70 e 80	Tratamento	As empresas começaram a tratar seus resíduos para atender às legislações ambientais impostas
Antes dos anos 70	Descarte	Nada era feito pelas empresas a respeito de seus resíduos, assim, eles eram descartados de maneira descontrolada

Fonte: Adaptado de UNEP (2007).

3.1.1.1 Sustentabilidade Ambiental em processos produtivos

Em 1992 ocorreu a publicação do livro *Changing Course* que foi endossado pela primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, popularmente conhecida como Rio-92 ou Eco-92. Buscando alcançar resultados estabelecidos às organizações pela Agenda 21 referentes ao equilíbrio entre a dimensão ambiental e a dimensão econômica envolvidas nos negócios empresariais, surge o conceito de Ecoeficiência definido pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) como “entrega de bens e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, reduzindo progressivamente impactos ambientais dos bens e serviços, através de todo o ciclo de vida, em linha com a capacidade estimada da Terra em suportar” (WBCSD, 2013).

Ecoeficiência é uma filosofia de gestão que encoraja a empresa a procurar melhorias ambientais que geram benefícios econômicos paralelos. Desta forma, a Ecoeficiência se concentra em oportunidades de negócios permitindo complementarmente que as empresas se tornem ambientalmente responsáveis e auferindo maior rentabilidade aos seus negócios. É uma importante estratégia para os negócios uma produção sustentável (WBCSD, 2013).

Costa, Silva e Mattos (2012) aplicaram uma vasta revisão em trabalhos científicos com o objetivo de identificar conceitos de Sustentabilidade Ambiental. Segundo os autores, o termo Ecoeficiência é estudado e apresentado por abordagens diferentes tais como estratégia, ferramenta, princípio, meta e filosofia de gestão. Ainda segundos estes autores, há maior consenso para a terminologia de estratégia.

Os princípios da Ecoeficiência segundo WBCSD (2000) e ESCAP (2009) são:

- redução da quantidade de material utilizado nos bens, produtos e serviços;
- redução da quantidade de energia utilizada para os bens, produtos e serviços;
- redução da emissão, disposição e dispersão de substâncias tóxicas;
- maximizar a sustentabilidade do reuso de recursos naturais;
- aumentar e melhorar a reciclabilidade de materiais;
- estender a durabilidade dos produtos; e
- aumentar a intensidade e qualidade de produtos e serviços.

Estes princípios e, portanto, seus objetivos e resultados foram muito bem disseminados ao longo das empresas e dos anos de suas atividades. As indústrias tiveram grandes avanços na redução da poluição e das emissões. Elas ainda passaram a eliminar materiais perigosos de seus processos de produção. Desta forma, as empresas enxergam que a Ecoeficiência de seus negócios é uma oportunidade para a melhoria de sua eficiência e de crescimento organizacional (WBCSD, 2013). English, Castelucci e Mynors (2006) afirmam que a Ecoeficiência é uma ferramenta com potencial para atingir os objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

A aceitação favorável da ecoeficiência pelo mercado tornou o termo um popular mecanismo para examinar as estratégias de política e seus possíveis resultados (ENGLISH, CASTELLUCCI; MYNORS, 2006; WURSTHORN, et al., 2011).

Govindan et al. (2014) menciona que a ecoeficiência tem sido pesquisada e aplicada por pesquisadores de diversas áreas, tais como fabricação, gerenciamento, operações e outros para melhorar a sustentabilidade dos negócios empresariais. Ainda segundo o autor, a ecoeficiência tem sido pesquisada e aplicada no campo de conhecimento da gestão de cadeia de fornecimento.

Para isso, é necessária a construção de competências afim de integrar a Ecoeficiência na Gestão de Operações e em todos os negócios das empresas, permitindo espaço para inovação e criatividade.

Ecoeficiência é um conceito em evolução, que permite que as empresas se adaptem à dinâmica de mudanças do mercado atual. As organizações estão cada vez mais focadas em atender as exigências de seus *stakeholders*. Desta forma, aquelas que implementarem práticas ecoeficientes serão capazes de responder de forma mais agressiva a pressões competitivas e antecipar as necessidades dos clientes e, ao mesmo tempo, proteger o meio ambiente e saúde e segurança do empregado.

Em termos simples, a visão da ecoeficiência é "produzir mais com menos". Reduzir o desperdício e a poluição, usar menos energia e menos matérias-primas é, obviamente, bom para o ambiente. Também é bom para os negócios porque reduz os custos das empresas, e, eventualmente, evita potenciais passivos ambientais. É, portanto, um pré-requisito para a sustentabilidade em longo prazo do negócio (VELLANI; RIBEIRO, 2009).

Schimidheiny (1996) e Helminen (2000) conceituam uma atividade ou negócio ecoeficiente quando se fundamentam em processos que geram valor à empresa e acionistas minimizando os impactos ambientais.

O conceito de Ecoeficiência é mais bem entendido analisando o conceito de eficiência tradicional, ou seja, produzir mais com menos utilização de recursos. Contudo, enquanto a eficiência produtiva se concentra na análise estritamente quantitativa da relação entre os *outputs* e *inputs*, ou seja, da relação entre o valor agregado com os recursos utilizados, a Ecoeficiência se foca na consideração qualitativa e quantitativa da relação entre os serviços industriais e os impactos ambientais decorrentes destas atividades (HAUSCHILD; JESWIET; ALTING, 2005). A Equação 5 apresenta a fórmula básica para o cálculo da Ecoeficiência.

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\sum \text{valor gerado}}{\sum \text{impactos ambientais}} \quad (5)$$

Segundo o WBCSD (2000) e Helminen (2000), a Ecoeficiência não se limita simplesmente a fazer melhorias de eficiência incrementais nas práticas e hábitos existentes, pois visa estimular a criatividade e a inovação empresarial na busca por novas maneiras de fazer as coisas.

Ainda segundo estas fontes, a Ecoeficiência ultrapassa as fronteiras internas de uma empresa, como na fabricação e gestão da fábrica, ela se estende às atividades a montante e a

jusante da planta fábrica e envolve a cadeia produtiva envolvida na geração de valor do produto da empresa. Por conseguinte, pode ser um grande propulsor do desempenho ambiental em toda uma cadeia produtiva.

As empresas podem usar a Ecoeficiência como um elemento cultural fundamental na sua política ou declarações de missão. Estes sistemas de gestão também podem definir objetivos Ecoeficiência, que são muito úteis para o monitoramento e os relatórios de desempenho e para ajudar a comunicação da empresa e diálogo com seus *stakeholders*.

As oportunidades de Ecoeficiência podem surgir em qualquer ponto do todo o ciclo de vida de um produto (CAETANO; ARAÚJO; AMARAL, 2012). Isso significa que os funcionários precisam entender o que é a Ecoeficiência e a geração de valor que ela pode trazer para a empresa e como fazer isso acontecer.

O termo Ecoeficiência é focado na relação entre o desempenho econômico e seus impactos ambientais (COSTA; SILVA; MATTOS, 2012; GOVINDAN, et al., 2014). Esta relação dentro da concepção do *Triple Bottom Line* é apresentada na Figura 9.

Figura 9 – Abrangência do conceito de Ecoeficiência na concepção do *Triple Bottom Line*

Fonte: Adaptado de UNEP (2007).

Observa-se que a dimensão social não é considerada sob o escopo da Ecoeficiência. A dimensão social é, portanto, considerada indiretamente pela Ecoeficiência, ao passo que se evitando impactos ambientais e preservando o Meio Ambiente, um direito difuso e de toda a sociedade, contribui-se para melhorias na dimensão social e assim em busca do Tripé da Sustentabilidade.

Wenzel e Alting (2004) e Kellens (2013) recomendam que a Ecoeficiência deve ser promovida e estimulada pela Engenharia e Gestão do Ciclo de Vida (EGCV). Os autores então direcionam a aplicação da Ecoeficiência em sucessivos níveis:

- o produto ecoeficiente – este produto deve considerar a perspectiva de ciclo de vida;
- sistemas de manufatura - a ecoeficiência de sistemas de manufatura deve ser dirigida por meio da reengenharia de produção com atenção aos seus impactos ambientais e uso de recursos;
- processos envolvidos nos sistemas de manufatura – a ecoeficiência de processos industriais deve ser otimizada através do desenvolvimento de processos com maior eficiência no uso de energia e de recursos, por exemplo a P+L;
- descargas dos processos – quando os níveis anteriores tenham sido otimizados, tecnologias prevenção à emissões medidas de tratamento devem ser aplicada para resolver as descargas de processo, reduzindo ou convertendo-os para substâncias menos nocivas.

3.1.2 Produção mais Limpa

A fundamentação sobre a P+L possibilitou identificar os principais conceitos, métodos e práticas adotados para esta estratégia ambiental produtiva.

Em 1989, o *United Nations of Environment Programme* (UNEP) começou a sua iniciativa de P+L, procurando conceituar o termo real Produção mais Limpa, ao invés de focar apenas em "tecnologia limpa". A Divisão de Tecnologia, Indústria e Meio Ambiente do UNEP destacou a importância da efetiva gestão e organização e a necessidade de melhoria constante no desempenho da P+L. O UNEP do setor de atividades de P+L já vinha se esforçando para prover liderança e encorajar parcerias para promover este conceito em escala mundial. Especificamente, eles envolveram neste momento o fornecimento e intercâmbio de informações

e meios para a capacitação e assistência técnica e promoção de estratégias de P+L (UNIDO, 2002).

Já em 1990, o termo P+L foi definido oficialmente como "A aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada para processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e ao meio ambiente". Esta definição foi usada como a definição de trabalho de todos os programas relacionados com a promoção de uma P+L e ainda continua a ser uma definição válida (UNEP, 2002).

Em 1992 ocorre a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) no Rio de Janeiro/Brasil, conhecida mundialmente como Rio 92. Dez anos após, em Johannesburgo/ África do Sul, ocorre a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável e desde 2002 o conceito de Consumo de Produção Sustentável (CPS) vem sendo mundialmente debatido visando sua disseminação como parte dos objetivos da Agenda 21 (UNEP, 2002; UNEP 2004; UNEP 2010). Durante um Simpósio em Consumo Sustentável, ocorrido em 1994 em Oslo/ Noruega, o termo CPS foi definido como:

O uso de serviços e produtos relacionados, que respondem ao básico da necessidade e buscam uma melhor qualidade de vida ao mesmo tempo minimizando a utilização dos recursos naturais e de materiais tóxicos, bem como as emissões de resíduos e poluentes ao longo da vida ciclo do produto ou serviço, de modo não comprometer as necessidades das as gerações futuras (UNEP, 2010).

Desde então, este conceito foi amplamente relacionado à P+L, sendo publicados muitos materiais sobre P+L e CPS (UNEP, 2002; UNEP 2004; UNEP 2010). Contudo, o conceito de CPS se relaciona com a visão de ciclo de vida e de produção sustentável, sendo, portanto, considerado como uma evolução da P+L.

Seu escopo vai além dos limites da manufatura e da produção. Por esta razão, este trabalho manteve a proposta original do conceito de P+L, visando sua integração à PE seguindo o escopo do trabalho, que se restringe ao âmbito de Gestão de Operações e partindo o princípio que, numa escala evolutiva, integrar a P+L à ME, já representa um passo importante rumo à futuras melhorias ambientais e científicas. A Figura 10 apresenta a definição da P+L e sua lógica de aplicação.

Figura 10 – Definição de Produção mais Limpa

Fonte: Traduzido de UNIDO/ UNEP (2004).

De forma geral, a difusão do conceito de P+L ocorre por meio das redes de mercado. Uma dimensão específica dessa percepção é a forma como outras organizações em particular os seus *stakeholders* se relacionam (ZENG et al., 2010). Frequentemente, os *stakeholders* desempenham um papel importante na disseminação de novos conceitos, pois por novos meios faz com que se alcance um compromisso mais social e melhores resultados. Estes envolvidos ainda podem (direta e ativamente) trazer em seus interesses, o conhecimento e dar suporte a todo o processo (BAAS, 2007; HICKS; DIETMAR, 2007).

Existe uma rede difundida de P+L em todo mundo. Na Áustria, desde 1991 existe o *Ecological Project for Integrated Environmental Technology* (ECOPROFIT), que foi uma iniciativa municipal da cidade de Graz para a promoção do desenvolvimento sustentável e agora já foi patenteada para outras cidades e outros países da Europa, Ásia, África e das Américas (CALIA, 2007; UNEP, 2013).

Outros países desenvolvidos possuem eficientes redes de difusão da P+L em seus setores industriais, dentre eles podem ser destacados o Centro de Prevenção a Poluição do

Canadá que foi criado em 1992 e oferece serviços de treinamento, capacitação, implementação, certificação e suporte para a P+L e o *Envirowise* fundado em 1994 na Inglaterra e oferece suporte necessário a implantação e manutenção da P+L para as indústrias do país (CALIA, 2007).

A prevenção é um foco principal da P+L. Além disso, esta estratégia objetiva a minimização dos resíduos e emissões (KELLENS, 2013). As alternativas de ação envolvem modificações em produtos e processos para reduzir emissões e resíduos na fonte e para eliminar ou reduzir a sua toxicidade (CALIA, 2007; OLIVEIRA, 2011; UNEP, 2013).

As ações relativas à reciclagem interna têm menor prioridade, porém maior do que a reciclagem externa. A ideia central é que se deve evitar a geração de resíduos e emissões, pois uma vez que eles são gerados sempre causarão algum tipo de problema mesmo quando for possível encontrar uma utilização adequada para eles seja na empresa geradora ou em outras (BARBIERI, 2007).

Segundo UNIDO/ UNEP (2004), alguns pontos importantes sobre a P+L devem ser considerados:

- deve ser um processo contínuo e não uma atividade pontual e isolada;
- não é limitada a indústrias e portes e ramos empresariais específicos;
- direciona a produção para um equilíbrio entre a disponibilidade e o consumo de materiais (incluindo água) e energia. Ela não nega o crescimento, mas insiste que seja ambientalmente sustentável;
- se refere a uma abordagem de bens e serviços com o mínimo de impactos ambientais dentro dos limites tecnológicos e econômicos;
- não se limita a minimização de resíduos, mas sim, emprega um contexto mais amplo, e usa o termo "impactos ambientais" no ciclo de vida;
- além dos impactos ambientais do ciclo de vida, a P+L também aborda questões de saúde e segurança e enfatiza risco redução. Nesta perspectiva, a P+L é uma abordagem sistêmica de estratégia de gestão ambiental;
- é eficiente (em termos de aumento de *outputs* de forma imediata) e eficaz (em termos de resultados positivos em longo prazo); e
- é uma estratégia do tipo ganha-ganha-ganha, que protege o meio ambiente, as comunidades (ou seja, a saúde e a segurança dos trabalhadores, consumidores e do bairro) e de negócios (ou seja, sua rentabilidade e de imagem). Portanto, a

P+L aborda questões sociais econômicos, ambientais, e não deve ser considerada apenas como uma estratégia ambiental.

A prioridade de P+L não possui o foco das práticas *end of pipe* que, segundo Barbieri (2007) e UNEP (2013), apenas tentam mitigar os prejuízos ambientais causados por um sistema produtivo não sustentável, remediando os seus efeitos sem combater as causas que os produziram, ou seja, propostas de soluções reativas e seletivas, geralmente introduzidas para atender aos padrões de emissões ou de qualidade ambiental estabelecidos pela regulamentação governamental.

3.1.2.1 Práticas de Produção mais Limpa

O programa de implementação da P+L pode ser dividido em seis etapas (MEDEIROS et al., 2007; UNEP, 2007):

- Planejamento - prevê e estabelece atividades e recursos necessários ao programa;
- Diagnóstico - busca-se o conhecimento do nível atual da empresa em relação às práticas de gestão ambiental;
- Avaliação - levanta dados concretos atualizados, analisando e determinando quais são as opções de P+L existentes para o ajuste dos aspectos anteriormente priorizados;
- Viabilidade - avalia as oportunidades identificadas no estágio anterior e seleciona as mais viáveis para implementação;
- Implementação - põe em prática as opções selecionadas no estágio anterior; e
- Monitoramento e melhoria contínua - compara os resultados obtidos com o planejado e intervém para a realização de mudanças necessárias.

Segundo Oliveira (2011), a despeito da consideração da P+L como um processo contínuo, é possível identificar que as práticas de P+L ocorrem em sua maioria, como projetos pontuais de melhoria ambiental, não sendo assim tratado como um programa contínuo e sistemático. Assim, a melhoria contínua ambiental das empresas que se fundamenta na P+L é prejudicada, não sendo possível a disseminação desta cultura no âmbito organizacional.

De acordo com UNIDO/ UNEP (2004), a aplicação da P+L deve ocorrer seguindo uma ordem decrescente dos níveis de prioridade estabelecidos pelo seu órgão fundador, ou seja,

deve-se priorizar os níveis de maior desempenho ambiental. A Figura 11 apresenta estes níveis de aplicação.

A ordem dos níveis de aplicação que as empresas devem seguir para a aplicação da P+L deve priorizar as opções que apresentam maior desempenho ambiental e econômico dentro dos seus limites econômicos e tecnológicos.

A Prevenção a Poluição, do termo em inglês *Pollution Prevention* é mundialmente conhecida pela sigla P2. É uma estratégia de redução ou eliminação de resíduos na fonte, modificando os processos de produção, promovendo o uso de substâncias não tóxicas ou menos tóxicas, estimulando a implementação de técnicas de conservação e reutilização de materiais, em vez de colocá-los no fluxo de resíduos (EPA, 2014).

Figura 11 – Níveis de aplicação da Produção mais Limpa

Fonte: UNIDO/ UNEP (2004) e CNTL (2001).

A *Environment and Climate Change Canada* (EC) adotou uma interpretação semelhante. Segundo a EC a P2 se define como "uso de processos, práticas, materiais, produtos ou energia que evitem ou minimizem a criação de poluentes e de resíduos, reduzindo assim o risco global para a saúde humana e para o Meio Ambiente" (EC, 2013).

Segundo WBCSD (2000), a ideia central de prevenção à poluição é de evitar-se a geração de resíduos foi desenvolvida pela empresa de origem norte americana 3M em 1975. A empresa idealizou um programa com este foco e o denominou de *Pollution Prevention Pays*

que ficou conhecido pela sigla 3P. Ainda segundo WBCSD (2000), esta ideia original fundamentou o conceito de Ecoeficiência. Van Berkel (2000) afirma que a iniciativa da empresa norte americana foi a primeira prática focada na prevenção à poluição.

Em 1990 a *Environmental Protection Agency* (EPA) publicou nos Estados Unidos da América (EUA) o “*Prolution Preventtion Act of 1990*”. Este decreto tinha como objetivo oficializar uma Lei Pública para estado norte americano como forma de regulamentar e estimular as práticas voltadas à prevenção à poluição das empresas dos EUA (EPA, 1990; BURNETT, 1998).

Para UNIDO/ UNEP (2004), os termos P+L e P2 são utilizados de forma intercambiáveis apesar das diferenças ressaltas ao final deste capítulo. Segundo este órgão, a P+L foi criada e reforçada pelas experiências de prevenção a poluição com sucesso realizadas pela América do Norte.

Lou e Huang (2000) mostram em seu estudo que a P2 demanda grandes investimentos para sua aplicação e ainda sugerem o um nome fictício de P3 para uma abordagem de P2 mais economicamente rentável.

Segundo EPA (2014), a P2 segue a mesma ordem de níveis de prioridades em termos de aplicação que a P+L. A P2 inclui em seu escopo ações focadas em modificações tecnológicas, mudanças de equipamentos, alterações nos processos, reformulação ou re-projeto de produtos, substituição de matérias-primas, manutenção gerenciada, práticas de treinamento ações de limpeza dos ambientes de manufatura (BURNETT, 1998; UNIDO/ UNEP, 2004; EPA, 2014).

De acordo com a definição oficial da EPA, a P2 significa "redução na fonte" (EPA, 1990), mas também inclui outras práticas que reduzem ou eliminam a criação de poluentes por meio de:

- aumento da eficiência no uso de matérias-primas , energia , água ou outros recursos; ou
- proteção dos recursos naturais por conservação (HILSON, 2003).

A P2 procura reduzir a quantidade de qualquer substância perigosa ou poluente. Ela ainda estabelece que seja evitada a entrada de contaminantes em qualquer fluxo de resíduos ou de outra forma liberados no meio ambiente antes da reciclagem, tratamento ou disposição (USAID, 1995). Desta forma, segundo Hilson (2003), esta estratégia contribui para a redução

de riscos à saúde pública e ao Meio Ambiente associados à liberação de tais substâncias, poluentes ou contaminantes.

As principais diferenças serão apresentadas ao final desta seção. Contudo, é possível concluir que em suma, a P2 e a P+L são estratégias produtivas e ambientais focadas na prevenção e devido aos seus próximos níveis de aplicação, possuem também princípios similares que assim serão considerados pela presente pesquisa.

O termo *Sustainable Manufacturing*, do português Manufatura Sustentável remete ao equilíbrio proposto pelo *Triple Bottom Line*, compondo as dimensões ambiental, econômica e social. A dimensão social, não menos importante que as demais, não será considerada como objetivo desta pesquisa, conforme mencionado em sua introdução.

A dimensão econômica se relaciona com a social de maneiras diretas e indiretas. Esta relação pode ser pela oferta de emprego, pela geração de renda, pela capacitação profissional, pela contribuição para o cumprimento dos direitos e deveres sociais, dentre outros.

A dimensão ambiental por sua vez também exerce os dois tipos de relação com a social. Ao preservar o Meio Ambiente e as condições para a humanidade usufruir os recursos naturais, a dimensão social já é considerada diretamente no estabelecimento de direitos e deveres sociais. Já ao preservar estes recursos para as futuras gerações, a relação já ocorre de maneira indireta.

Segundo UNEP (2014), os conceitos de P+L e Ecoeficiência são praticamente sinônimos. Segundo este órgão, a P+L se inicia pela busca de resultados ambientais gerando então ganhos econômicos às empresas e a Ecoeficiência se inicia pelos objetivos econômicos resultando em ganhos ambientais.

Outra diferença pode ser observada ao passo que a P+L consiste em uma estratégia ambiental produtiva, enquanto que a Ecoeficiência se traduz em um conceito composto por princípios e objetivos.

Ainda existe uma diferença notada pelo UNEP (2014) que se baseia na distribuição geográfica dos conceitos de P+L, P2 e Ecoeficiência. A P2 está mais disseminada na América do Norte, haja vista sua criação pela EPA. Já a P+L e Ecoeficiência são mais usados em outras partes do mundo (WBCSD, 2000; HILSON, 2003).

Muitos estudos adotam a P+L e a P2 como sinônimos ou então como termos intercambiáveis (WORLD BANK, 1998; CHEN et al., 1999; KRISHNAMOHAN; HEART, 1999; CALIA, 2007).

Contudo, Hilson (2003) considera que a P+L e a P2 devem ser diferenciadas para o setor de mineração. A P+L é uma estratégia ambiental global focada em melhorias ambientais das operações gerais da empresa, enquanto que a P2 é aplicada pontualmente em mudanças tecnológicas e de matérias-primas.

Hammer (1996) afirma que a P2 é muito semelhante à P+L, mas é mais focada no processo de fabricação. O produto e projeto são mencionados na P2, mas a prioridade é sobre o uso de produtos químicos menos tóxicos e na redução da geração de resíduos na fonte. Então P2 é um pouco menos amplo do que a P+L. A P+L foi criada após a P2 e segundo UNIDO (2002), a primeira é mais abrangente que a segunda estratégia.

UNIDO/ UNEP (2004) afirmam que ambos os conceitos são focados em uma estratégia de redução contínua da poluição e impacto ambiental através da redução na fonte, ou seja, eliminando o desperdício dentro do processo, em vez de adotarem práticas *End of Pipe*. Contudo, a P+L foca a redução dos impactos e riscos em todo o ciclo de vida de um produto, e, nesse sentido, é um conceito mais abrangente do que o da P2.

UNIDO (2002) menciona a existência de outros conceitos, termos e estratégias semelhantes tais como Minimização de Resíduos ou *Waste Minimization*, Produtividade Verde ou *Green Productivity*, dentre outros. Além disso, foram apresentados outros importantes conceitos de estratégias ambientais que são focados na sustentabilidade ambiental de processos produtivos.

3.1.3 Produção Enxuta

A fundamentação sobre o constructo PE foi realizada para identificar e compreender os principais princípios, objetivos e ferramentas e técnicas para a melhoria dos processos de manufatura, sobretudo em levantar as principais práticas que compõem um dos constructos da pesquisa.

A *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta também conhecido como *Lean Production* e, no português, Produção Enxuta (PE), foi introduzida pela Toyota no Japão no final da década de 1940, com o nome de Sistema Toyota de Produção (STP) após a Segunda Guerra Mundial, em um cenário precário, com baixa disponibilidade de recursos, estrutura e mercado consumidor disperso em meio à crise econômica vivida pelo país na época (BHASIN; BURCHER, 2006).

A necessidade de adotar estratégias de produção com pequenos lotes, devido à precariedade dos equipamentos de produção que a empresa Toyota sofria na época, fez com que os processos de produção seguissem fluxos com eliminação de desperdícios, minimização das falhas operacionais, redução de *set ups* e *lead times* e redução de custos. Outra característica essencial da produção na época foi a flexibilização adquirida para atender o variado e disperso mercado consumidor (GODINHO FILHO, 2004; HOLWEG, 2007).

Spear e Bowen (1999) citam como principais objetivos da PE a redução do tempo de produção e de *set up*, a integração de fornecedores, a eliminação de resíduos e desperdícios, a sinergia em todo o processo de negócios para ganhar o apoio de todos os níveis para. Ohno (1997) define o objetivo STP, aqui denominado de PE, como um esforço para produzir bens, tanto quanto possível em um fluxo contínuo.

A partir da década de 60, a indústria automobilística japonesa ascendeu agressivamente no mercado mundial, abrindo portas para outros ramos da indústria japonesa (GODINHO FILHO, 2004; LIKER, 2005).

Contudo, o interesse de outros tipos de organizações pelo STP ocorreu de forma efetiva a partir da década de 80, em que estas empresas prestarem maior atenção a alta qualidade dos produtos, a eficiência em dos processos e no desempenho superior a outros fabricantes de automóveis (KOCHAN, 1998; LIKER, 2005).

Mas foi em 1992, com o lançamento do livro “A máquina que mudou o mundo”, que as empresas de diversos setores e nacionalidades tiveram sua atenção focada ao STP (HINES; HOLWEG; RICH, 2004). Os autores Womack, Jones e Ross apresentam os resultados de desempenho da indústria Toyota Motor Company (KOCHAN, 1998; ESPOSTO, 2008). Segundo Holweg (2006), a partir desta década e por mais vinte anos aproximadamente, o livro de Womack, Jones e Ross foi o mais citado por trabalhos da área de Gestão de Operações.

O termo “enxuto” deve-se ao fato de que a PE busca utilizar menores quantidades em todos os aspectos, produzindo mais com menos (WOMACK; JONES, 2004). Shah e Ward (2003) definem a PE como uma abordagem um multidimensional de produção composta por uma variedade de práticas de gestão, incluindo *Just in Time*, sistemas de qualidade, equipes de trabalho, manufatura celular, gestão de fornecedores, dentre outros.

Desta forma, o que não gera valor deve ser enxugado ou eliminado, recebendo o nome de desperdícios. Sendo considerado como um resíduo, eles são gerados pelas atividades que

não agregam valor e vem sendo classificados em sete tipos segundo identificação de Ohno (1997), como apontam Hines e Taylor (2000), Womack e Jones (2004) e Liker (2005):

- superprodução;
- defeitos;
- estoque (inventário) desnecessário;
- processos inadequados;
- transporte excessivo;
- espera; e
- movimentação desnecessária.

Liker (2005) sugere a falta de utilização de criatividade do funcionário como um oitavo desperdício. Segundo Toyota System (2014), “qualquer atividade (movimento) que é improdutivo ou não aumente o valor do produto é o desperdício”. Em ambientes fabris enxutos, é comum verificar o termo "muda" sendo utilizado para representar o conceito "resíduo" ou “desperdício” no sentido de denominar qualquer atividade que não agregue valor (WOMACK; JONES, 2004).

O principal objetivo da PE é o aumento da produtividade e melhoria da qualidade por meio da eliminação sistemática e sustentável dos desperdícios na cadeia produtiva, os quais em PE são definidos como as atividades que não agregam valor ao produto e podem ser eliminados (OHNO,1997; WOMACK; JONES, 2004).

Womack e Jones (2004) propuseram que a PE é composta por cinco princípios básicos:

1. especificar qual o valor sob a ótica do consumidor final;
2. identificar o fluxo de valor, ou seja, identificar as etapas necessárias para produzir um produto;
3. estabelecer um fluxo contínuo, sem paradas ou esperas;
4. determinar um fluxo puxado, em que se deve produzir somente as quantidades solicitadas pelo consumidor;
5. esforçar para a perfeição, eliminando continuamente os desperdícios.

Liker (2005) dividiu os princípios da PE em quatro seções denominadas *Philosophy*, *Process*, *People and Partners* e *Problem Solving*, sendo conhecidos como os 4 Ps do STP. Estes princípios são apresentados na Figura 12.

Figura 12 – 4Ps da Produção Enxuta

Fonte: Liker (2005).

Os 4Ps (*Philosophy, Process, People and Partners* e *Problem solving*) são divididos em princípios, compondo os 14 princípios da PE propostos por Liker (2005).

- Solução de problemas:
 - aprendizagem organizacional contínua através do *Kaizen*;
 - ver por si mesmo para compreender a situação (*Genchi Genbutsu*);
 - tomar decisões lentamente, através do consenso, considerando completamente todas as opções e implementá-las com rapidez (*Nemawashi*).
- Funcionários e parceiros:
 - desenvolver líderes que vivenciem a filosofia;
 - respeitar, desenvolver e desafiar o pessoal e as equipes;
 - respeitar, desafiar e auxiliar os fornecedores.
- Processo:
 - criar um fluxo de processo para trazer o problema à tona;
 - utilizar sistemas puxados para evitar a superprodução;
 - nivelar a carga de trabalho;
 - parar quando tiver problema de qualidade (autonomação);
 - padronizar tarefas para melhoria contínua;

- usar controle visual para que os problemas não passem despercebidos;
- usar somente tecnologia confiável totalmente testada.
- Filosofia:
 - basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo;

Hines e Taylor (2000) apontam que os processos que transformam as matérias primas em produtos finais são formados por três tipos de atividades:

- Atividades que agregam valor (AV) - são aquelas atividades que, aos olhos do cliente final, tornam o produto ou serviço mais valioso, ou seja, são atividades que o consumidor ficaria feliz em pagar;
- Atividades que não agregam valor (NAV) - são aquelas atividades que, sob a ótica do consumidor final não agregam valor ao produto ou serviço, sendo desnecessárias, as quais são os desperdícios visíveis que devem ser eliminados imediatamente;
- Atividades necessárias, mas que não agregam valor (NNVA): atividades que, aos olhos do cliente final, não aumentam o valor do produto ou serviço final, contudo são necessárias para a execução das atividades que realmente agregam valor ao produto final.

Hines e Taylor (2000) realizaram uma pesquisa em empresas que não foram consideradas como grandes corporações mundiais e afirmaram que para este recorte as empresas tem 5% de AV, 60% de NAV e 35% de atividades necessárias, mas que não agregam valor.

A PE está sendo adotada mundialmente por organizações que desejam ser mais competitivas e aumentar o desempenho em produtividade, qualidade, velocidade de entrega e redução de custos (GAMBI, et al., 2010; FLORIDA, 1996; KING; LENOX, 2001; LEWIS, 2000). A característica marcante dos resultados gerados pela PE foi um dos estimuladores para a integração da sustentabilidade ambiental às práticas da PE. Almeja-se desta forma, inserir o valor ambiental dentro desta filosofia de produção.

3.1.3.1 Práticas da Produção Enxuta

Os benefícios da PE comumente mencionados para o âmbito operacional se concentram na redução do *Lead Time*, redução de trabalho em processo, aumento da utilização de recursos (equipamentos, operador), um fluxo mais ágil de produção, redução do espaço físico, melhoria

da qualidade e melhoria das condições de trabalho e do moral do trabalhador (SHAH; WARD, 2007; HOLWEG, 2007; STAM, 2011).

Hines, Taylor e Rich (2004) dividem a PE em dois níveis: estratégico e operacional. Segundo os autores, os 5 princípios da PE apresentados por Womack e Jones (2004) são disseminados pelo âmbito estratégico para os níveis tático e operacional. O plano operacional por sua vez se serve de ferramentas, práticas, capacitadores e instrumentos para desdobrar os princípios da PE na produção. Esta divisão de práticas entre o nível estratégico e operacional é apresentada pela Figura 13.

Figura 13 – Níveis estratégicos e operacionais da Produção enxuta

Fonte: Hines, et al. (2004).

Dentro do Nível Operacional apresentado na Figura 13 se concentram as práticas de PE analisadas neste trabalho. Estas práticas são os meios para as empresas colocarem em prática o pensamento e a filosofia enxuta no Nível Operacional. Esposto (2008) apresenta estes meios como práticas, técnicas e ferramentas.

Já Godinho Filho (2004) acrescenta a denominação de capacitadores da PE e Shah e Ward (2003) os chamam de práticas enxutas. Neste contexto, a presente pesquisa adotou a nomenclatura práticas de PE como forma de materialização dos princípios da PE em atividades empregadas na Gestão de Operações.

O Quadro 7 foi elaborado com base nas obras de Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004) e Esposto (2008). Estes autores compilaram previamente as principais práticas de PE com base em fontes primárias que são referenciadas no Quadro 7.

A PE é considerada por muitos pesquisadores como uma filosofia direcionada por alguns princípios fundamentais (SHAH; WARD, 2003; LIKER, 2005; BHASIN; BURCHER, 2006). Complementando estes autores afirmam que tais princípios são colocados em prática por técnicas, ferramentas e instrumentos. Desta forma, serão adotados para esta pesquisa com o nome de práticas de PE.

Quadro 7 – Principais práticas de Produção Enxuta adotadas para a pesquisa

Práticas de PE	Fontes
Simplificação	Shah, Ward (2003); Esposto (2008)
Programa 5S	Biazzo, Panizzolo (2000); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Manutenção Produtiva Total (TPM ⁵)	Biazzo, Panizzolo (2000); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008); Ahuka, Khamba (2008)
<i>Poka Yoke</i> (dispositivo a prova de erros)	Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Força de trabalho multifuncional	Biazzo, Panizzolo (2000); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Produção orientada pelo <i>Takt Time</i>	Rother, Shook (2003); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Sistema <i>Kanban</i>	Ohno (1997); Biazzo, Panizzolo (2000); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Redução do tempo de <i>set up</i> (<i>single-minute exchange of dies</i>)	Shingo (1996); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV)	Hines, Rich (1997); Rother, Shook (2003); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Gestão Visual	Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Liker (2005); Esposto (2008)
Produção nivelada (<i>Heijunka</i>)	Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Liker (2005); Esposto (2008)
<i>Kaizen</i>	Biazzo, Panizzolo (2000); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Relatório A3	Shah, Ward (2003); Esposto (2008)
Fluxo contínuo/ Redução de tamanhos de lotes	Biazzo, Panizzolo (2000); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Manufatura celular	Reynolds (1998); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Padronização do trabalho	Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Recebimento <i>Just in Time</i>	Biazzo, Panizzolo (2000); Kochan (1998); Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Programas de Gestão Total da Qualidade e Controle Total da Qualidade	Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)
Trabalho em equipe	Shah, Ward (2003); Godinho Filho (2004); Esposto (2008)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas fontes referenciadas.

⁵Total Productive Maintenance

Esta denominação foi realizada seguindo a sugestão de Shah e Ward (2003) e foi proposta para otimizar as possíveis nomenclaturas existentes na literatura, já que os objetivos finais de cada ferramenta ou instrumento é a prática de PE.

As práticas apresentadas no Quadro 7 são resumidas a seguir:

- Simplificação - ao simplificar os processos e seus fluxos, há redução significativa dos tempos de ciclos de produção e na geração de desperdícios produtivos e no trabalho dos colaboradores (SAHAH, WARD, 2003; ESPOSTO, 2008);
- Programa 5S - o termo de origem japonesa (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke*), em português Classificação, Organização, Limpeza, Padronização e Disciplina. Segundo Liker (2005), o 5S permite maior controle visual dos processos devido à limpeza e organização que estes apresentam;
- Manutenção Produtiva Total (TPM) – considerada como um programa estratégico para a melhoria do desempenho organizacional, o *Total Productive Maintenance* (TPM) sugere a adoção de medidas preditivas e preventivas no uso e funcionamento de equipamentos de produção. Desta forma, evitando-se quebras e/ou o mau funcionamento destes equipamentos, aumenta-se sua eficiência nas operações (BIAZZO; PANIZZOLO, 2000; SHAH, WARD, 2003; AHUKA; KHAMBA, 2008);
- Poka Yoke – são mecanismos empregados na produção com o objetivo de evitar erros de origem humana (ESPOSTO, 2008). Estes erros evitados em uma etapa do processo, são prevenidos em todos os processos sucessores à esta etapa. Estes mecanismos são focados no atendimento da Automação, conhecido como *Jidoka* em ambientes enxutos (OHNO, 1997);
- Força de trabalho multifuncional – o aprendizado multifuncional possibilita uma capacitação diversificada dos funcionários que poderão ter visão mais abrangente sobre os processos produtivos e desta forma, buscar melhorias possíveis para a redução dos desperdícios (BIAZZO; PANIZZOLO, 2008). Esta característica contribui também para aumento da autonomia do funcionário segundo a melhoria de sua visão sobre os processos, o que por sua vez aumenta a eficiência deste colaborador para a produção da empresa;
- Produção orientada pelo *Takt Time* – a relação entre o tempo de produção de um determinado produto e o tempo de sua demanda é chamado de *Takt Time*. Desta

forma, a produção deve ser orientada e programada em função deste indicador (ROTHER, SHOOK, 2003; GODINHO FILHO, 2004);

- Sistema *Kanban* - são ferramentas indicadoras e sinalizadoras adotadas para conduzir a produção (OHNO, 1997). São empregados para impor o tempo de produção (ESPOSTO, 2008) e são formas alternativas de puxar produção quando esta não segue um fluxo contínuo (GODINHO FILHO, 2004);
- Redução do tempo de *set up* (*Single-Minute Exchange of Dies*) – os SMEDs são metas de redução de *set ups*, ou seja, dos tempos de trocas de equipamentos ou peças de um processo produtivo (SHINGO, 1996; ESPOSTO, 2008). Segundo Shingo (1996), deve-se distinguir o *set up* interno do *set up* externo, ou seja, as operações que só podem ocorrer quando a máquina em questão está parada (*set up* interno) das operações que podem ocorrer enquanto a máquina está funcionando (*set up* externo). Esta distinção e posterior separação por si já gera uma significativa redução do *set up* geral;
- Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) – Do inglês *Value Stream Mapping* (VSM) é uma “ferramenta”, tida como uma linguagem em sua essência, que possibilita a compreensão do fluxo de material, recursos e informações ao longo do processo de produção de um determinado produto (HINES, RICH, 1997; ROTHER; SHOOK, 2003). Conhecido no STP como Mapeamento do Fluxo de Informação e Material, o MFV é um processo dinâmico e cíclico composto por 4 fases principais e gerais: família de produtos; mapeamento do estado atual; mapeamento do estado futuro; e plano de trabalho e implementação (ROTHER; SHOOK, 2003);
- Gestão Visual – gestão baseada no monitoramento constante e em tempo real dos indicadores dos processos de produção perante suas metas e objetivos (LIKER, 2005). Assim é possível identificar prontamente qualquer desvio e desta forma, propor medidas para suas soluções. Este tipo de gestão deve ser integrada aos processos enxutos visando transparência e melhoria nos fluxos de produção. Segundo Liker (2005), a gestão visual é baseada nos princípios do JIT;
- Produção nivelada (*Heijunka*) – o termo em japonês indica o nivelamento do volume de produção e da variedade de produtos. O nivelamento de produção consiste em equilibrar a capacidade da empresa com a quantidade de trabalho

demandada e determinar esta relação dentro de um período fixo de tempo (LIKER, 2005). Segundo Esposto (2008), o nivelamento da produção auferiu reduções de inventário, de matéria prima e de produtos acabados em estoque;

- *Kaizen* – O termo tem origem japonesa e no idioma nativo representa “melhoria contínua” e pode ser aplicado a um processo ou a um fluxo de valor inteiro (ROTHER; SHOOK, 2003). Liker (2005) afirma que o *Kaizen* é uma prática central para a PE. A prática do *Kaizen* consiste em criar um padrão, seguir o padrão no sentido de aprender e melhorar continuamente os processos. Godinho Filho (2005) afirma que esta prática ocorre infinitamente em busca da perfeição;
- Relatório A3 - *Tida* como uma ferramenta de suporte, esta prática consiste em incluir em uma página de folha do tamanho A3 todas as informações sobre as ações corretivas e o plano de ação de uma só vez, possibilitando sua visualização total de forma completa (LIKER, 2005). A ideia é incluir o máximo que informações que sejam pertinentes ao problema ou objetivo em questão de uma única vez, possibilitando uma compreensão holística sobre eles (ESPOSTO, 2008);
- Fluxo contínuo/ Redução de tamanhos de lotes – Rother e Shook (2003) definem o fluxo contínuo como a produção de “uma peça com cada item sendo passado imediatamente de um estágio do processo para o seguinte sem nenhuma parada (e muitos outros desperdícios) entre eles”. Segundo Godinho Filho (2004), espera-se reduzir o máximo possível o tamanho dos lotes para então minimizar-se estoques e maximizar a qualidade dos produtos;
- Manufatura celular – Reynolds (1998) indica que a disposição física das etapas do processo em um *layout* celular e de forma sequencial contribuir para a minimização dos desperdícios da manufatura, dos tempos de fabricação e dos tamanhos dos lotes;
- Padronização – Esposto (2008) recomenda que os resultados de redução de tempo, de *Takt Time*, de tamanhos de lotes e de outros desperdícios devem ser escritos na forma de instruções de trabalho e assim criando padrões operacionais para o desenvolvimento dos trabalhos;
- Recebimento JIT – Shah e Ward (2003) e Godinho Filho (2004) definem esta prática como o recebimento de matérias primas, insumos e recursos para a produção no momento exato para a sua utilização na produção;

- Programas de Gestão Total da Qualidade e Controle Total da Qualidade – esta prática envolve o uso de ferramentas e técnicas disseminadas na área da Qualidade para o controle e gestão deste requisito na produção (SHAH; WARD, 2003; GODINHO FILHO, 2004); e
- Trabalho em equipe – O trabalho em equipe é fundamental para o sucesso de todas as práticas anteriores citadas em busca da redução de desperdícios. Como visto na introdução deste capítulo, a valorização do ser humano e do trabalho em equipe é um dos fatores de sucesso da PE (LIKER, 2005).

Neste ponto é importante ressaltar que nem todas as práticas de PE analisadas nesta seção foram usadas integralmente no questionário. Isso porque há uma necessidade de enxugar o questionário para viabilizar as respostas. Desta forma, algumas práticas foram reunidas e abordadas em conjunto em algumas questões e algumas das práticas foram excluídas do questionário, adotando-se a obra de Shah e Ward (2003) e Shah e Ward (2007), além do conhecimento do pesquisador sobre a aplicação das práticas nas empresas.

3.2 Revisão Bibliográfica Sistemática

Esta Seção é composta por uma revisão aprofundada da literatura, em que procurou-se explorar as lacunas de pesquisa e subsidiar a aplicação dos métodos de pesquisa propostos. A Seção 3.2.1 explora os trabalhos científicos que abordam as possíveis relações da P+L com a PE. Como será detalhado, poucos trabalhos analisaram esta relação e a maioria dos estudos trata de algum ponto ou conceito específico de Sustentabilidade Ambiental.

Já a Seção 3.2.2 trata das práticas de P+L e os critérios adotados pelos tomadores de decisão para a realização destas práticas. Na Seção 3.2.3 observa-se a mesma exploração na teoria, contudo, nesta Seção analisa-se a PE.

3.2.1 Relações entre a Produção mais Limpa e a Produção Enxuta

Nesta seção foram elencadas as análises acerca da revisão bibliográfica sistemática realizada que teve como objetivo de sintetizar as principais evidências teóricas sobre as compatibilidades e antagonismos entre a sustentabilidade ambiental em processos produtivos e a PE. Esta prática seguiu as recomendações de Rowley e Slack (2004), Wacker (2004) e Martins (2012), contribuindo para melhor explanação de resultados parciais da pesquisa.

Foram encontrados 49 (quarenta e nove) trabalhos incluindo as referências cruzadas que são aquelas referenciadas nos trabalhos encontrados pela busca original. Deste total foram 3 (três) guias oficiais da EPA, 2 (duas) dissertações brasileiras, 3 (três) teses internacionais, 3 (três) livros internacionais e 38 (trinta e oito) artigos, sendo 2 (dois) deles publicados em português. Somente 1 (uma) dissertação nacional tratou diretamente do tema P+L e PE.

Após esta busca sistemática, foi realizada uma outra procura livre em diversas bases de dados e bancos de teses e dissertações nacionais e internacionais, com o intuito de encontrar-se mais trabalhos que houvessem explorado a relação entre os temas P+L e PE. Com esta busca, foi encontrado 1 (um) livro internacional com o título *Lean and Cleaner Production: Applications in Prefabrication to Reduce Carbon Emissions*, publicado por Wu e Low em 2013.

Após sua leitura, observou-se que o livro é uma versão expandida com teorias de um artigo Wu e Low (2012) publicado pelos mesmo autores que constam na amostra de estudos selecionados nesta seção.

O livro de Wu e Low (2013), embora contenha em seu título o tema P+L, é uma aplicação das práticas e ferramentas de PE com foco na redução de emissões de CO₂, o que acaba por gerar resultados positivos segundo os preceitos da P+L.

Retornando à amostra de trabalhos, com exceção dos 3 (três) livros e 3(três) guias, que possuem uma abordagem teórica, os outros 43 (quarenta e três) trabalhos tiveram o emprego de um método de pesquisa. A Tabela 3 mostra esta distribuição e os temas voltados à sustentabilidade ambiental utilizados pelo total de obras estudadas.

Pela presente revisão bibliográfica, não foi encontrado nenhum trabalho explorando as relações entre as práticas ou ainda propondo a integração da PE com a P+L. Estes resultados reforçam a lacuna da proposta desta pesquisa. De forma geral foram encontrados trabalhos que relacionam a PE à diferentes abordagens de Sustentabilidade Ambiental e as obras estudadas nesta pesquisa são apresentados no Quadro 12. Para nortear a discussão apresentada nesta seção, os trabalhos foram agrupados segundo os temas abordados e possíveis semelhanças dentre os estudos.

Tabela 3 - Distribuição dos trabalhos estudados na seção

Método empregado	Frequência	%	Tema de sustentabilidade ambiental abordado	Frequência	%
Estudo de caso	18	35%	Sustentabilidade Ambiental	15	29%
<i>Survey</i>	9	18%	Ecologia Industrial	1	2%
Estudo de caso e <i>survey</i>	1	2%	Políticas Ambientais	1	2%
Pesquisa-ação	1	2%	SGA ISO 14001	5	10%
Revisão bibliográfica	19	38%	Prevenção à poluição	7	13%
Simulação/modelagem e estudo de caso	3	5%	<i>Green Supply Chain</i>	7	14%
			Gestão Ambiental	6	12%
			Emissões de CO ₂	1	2%
			Fim de vida do produto	1	2%
Total	51	100%	<i>Green Manufacturing</i>	3	6%
			Produção mais Limpa	3	6%
			Desenvolvimento de produtos verdes	1	2%
			Total	51	100%

Fonte: Elaborado pelo autor.

A competitividade entre as empresas aumenta à necessidade em que existe a necessidade de repostas rápidas e adequadas às exigências do mercado. Para responder a estas demandas, as organizações buscam continuamente aumentar a qualidade de seus produtos e reduzir os custos, os tempos e, recentemente, os impactos ambientais causados por seus produtos e processos.

Entretanto, existe um paradoxo para as organizações, na medida em que o foco se restringe às questões de produtividade sem considerar-se a variável ambiental, aumentando assim os impactos ambientais. Assim, é fundamental que os objetivos econômicos estejam alinhados ao desempenho ambiental das organizações, e a PE pode ser uma solução para o alinhamento destes objetivos (GAMBI et al., 2010).

Maxwell, Rothenberg e Schenk (1993)⁶ *apud* Florida (1996) sugerem que existem uma relação entre a PE e as práticas de inovação ambiental. Graedel e Allenby (1995) em seu livro de Ecologia Industrial, um dos primeiros livros que apresentou o tema à literatura, sugeriram a importância de pesquisas sobre os temas PE e Sustentabilidade Ambiental, incitando o potencial de ganhos mútuos e complementares que ambos possuem.

⁶ Não foi possível acessar a obra original de Maxwell, Rothenberg e Schenk (1993).

Wallace (1995) afirma que a melhoria incremental nos produtos e processos trazida pela PE fomenta as oportunidades de prevenção à poluição e de redução de resíduos e de emissões. O autor, em seu livro que trata a Política Ambiental das empresas e a inovação industrial cita a importância da PE para a redução de resíduos e melhoria da eficiência produtiva. Wallace (1995) ainda concluiu que a utilização do Kaizen é uma forma eficiente para alcançar resultados ambientais em projetos de melhorias.

Florida (1996) foi um trabalho amplamente citado pelas demais obras analisadas nesta seção. O autor verificou que os funcionários de ambientes de PE possuem maiores condições para direcionarem seus esforços à prevenção à poluição, especialmente devido ao processo de maximização da autonomia e participação dos funcionários nas decisões da empresa. Florida (1996) investiga a relação entre práticas de Manufatura Avançada e abordagens de estratégias de manufatura ambientalmente consciente. Segundo o autor, o termo Manufatura Avançada engloba os conceitos de PE, Manufatura Ágil e Produção de Alta Performance.

A *survey* realizada por Florida (1996) teve como estratégia a indicar o grau de importância da prevenção à poluição e desta forma, relacionar este propósito com a Manufatura Avançada. Neste estudo, os resultados indicam que a inovação tecnológica demandada para a Manufatura Avançada nas empresas estimula e fomenta as melhorias ambientais no desempenho industrial.

Em Maxwell et al. (1998), o estudo aborda as decisões estratégicas, organizacionais e operacionais tomadas por uma empresa automobilística para equilibrar suas metas de produtividade e alta qualidade com as metas rumo à uma conduta empresarial com responsabilidade ambiental.

Maxwell et al. (1998) afirmam que a PE é uma filosofia de redução de desperdícios e pode ser facilmente estendida para atingir a objetivos de proteção ambiental. Em um estudo de caso na Honda norte americana, tendo como objetos de estudo a PE e o SGA ISO 14001, Maxwell et al. (1998) focam as práticas de fim-de-tubo e afirmam que a PE contribui significativamente para a redução do consumo de materiais, energia e água, além de minimizar a geração de resíduos, uma vez que estas são NAV. Contudo, os autores não apresentam e não investigam a integração entre a PE e as práticas ambientais de tratamento.

Rothenberg (1999) sugere que a gestão da PE favorece o desempenho ambiental em termos de gestão de energia. Contudo, ressalta a existência de *tradeoffs*, embora sem apresentá-los, entre a PE e a redução de emissões à atmosfera.

Klassen (2000) analisa, por meio de cinco estudos de caso, os ganhos de prevenção à poluição com o uso de práticas de JIT. O autor sugere o grande potencial do JIT para auxiliar os gestores no controle e na prevenção da poluição. A principal contribuição do JIT, segundo Klassen (2000) se concentra na redução da geração de resíduos sustentada pelas melhorias nas entregas. Segundo o pesquisador, aumentando-se a eficiência na entrega, que é preconizada pelo JIT, automaticamente reduz-se a geração de resíduos. Já o controle e prevenção à poluição são otimizados quando há investimento e tecnologias e equipamentos. Para isso, a questão ambiental deve ser incluída nos objetivos das empresas que buscam a inovação tecnológica.

Outro artigo muito citado pela maioria dos trabalhos foi King e Lenox (2001). Neste estudo, os pesquisadores exploram a relação entre as práticas de PE e os ganhos de prevenção a poluição por meio de uma *survey*. As hipóteses de pesquisa são superficiais, analisando constructos não mensuráveis de prevenção à poluição e não exploram possibilidades para a integração.

King e Lenox (2001) mostram em um estudo realizado durante cinco anos em indústrias norte americanas que a PE pode colaborar para a melhoria do desempenho ambiental, mas que ainda não existem estudos empíricos que compravam a natureza destas relações. Ressaltam também que a lógica de manter a casa em ordem e a eliminação dos desperdícios objetivados pela PE tem beneficiado a redução de resíduos.

Ainda em King e Lenox (2001), os autores afirmam que a adoção de práticas PE pode automaticamente levar a redução da poluição, pode reduzir barreiras para a implementação de medidas de redução de poluição, ou simplesmente pode fornecer informação sobre o valor da redução da poluição. Por fim, afirmam que para a redução da poluição no processo ao invés de no fim de tudo, as empresas devem seguir uma lógica de verificação da qualidade durante o processo, e não no final da linha de produção, indo em direção aos princípios da PE.

King e Lenox (2001) defendem a hipótese que quanto mais comprometida a empresa estiver com a PE menos resíduos serão gerados na fonte e menor será a necessidade de tratamentos no final da linha de produção. A pesquisa realizada pelos autores sugeriu que as empresas que estão adotando a PE deveriam ir além de envolver uma nova gestão do estoque e investir em tecnologia e métodos de trabalho, os autores afirma que as empresas deveriam incluir práticas de preservação ambiental nas práticas de gestão.

Rothenberg, Pil e Maxwell (2001) concluem por meio de uma *survey* que algumas práticas de PE por si não são suficientes para atender às legislações ambientais, especialmente

no caso de poluição e na redução de emissões atmosféricas. Sob o ponto de vista de PE, a redução do consumo de energia e de água são objetivos fortemente buscados devido à redução de custos.

Desta forma, a minimização e prevenção destes aspectos ambientais são buscadas pelas práticas de PE. Além disso, atividades preventivas como reutilização e reciclagem agregam valor e são buscadas pela PE, contudo, demais objetivos da PE são conflitantes com os objetivos de sustentabilidade ambiental, representando severos *tradeoffs* na manufatura (ROTHENBERG, PIL E MAXWELL, 2001).

A EPA dedicou alguns guias e documentos oficiais EPA, (2003), EPA (2013) e EPA (2014) para tratar da relação entre a PE e a prevenção à poluição. São resultados de várias pesquisas ao longo dos anos desenvolvidas por pesquisador deste órgão norte-americano que lidera os programas de P2, especialmente no continente americano.

De forma geral, estes guias publicam achados em empresas empíricas e teóricas e sintetizam recomendações para as empresas gerenciarem e prevenirem a poluição por meio de algumas práticas de PE. Nota-se um grande esforço do órgão em focar a redução de resíduo objetivada pela PE como resposta à maioria dos problemas de poluição das empresas.

Segundo EPA (2003), EPA (2013) e EPA (2014), a PE se baseia na melhoria contínua focada na eliminação de desperdícios, que por sua vez promove um acultramento na organização que se assemelha aos princípios ambientais estabelecidos pelas agências reguladoras com foco no aumento da eficácia de práticas de gestão ambiental empresarial. Para EPA (2013), através de ferramentas da PE como, padronização do trabalho, controles visuais, *Kaizen*, 3P, a TQM, a formação de equipes multifuncionais e o envolvimento dos funcionários nas tomadas de decisão contribuem para identificação e eliminação de desperdícios. Além disso, o estímulo à criatividade do trabalhador pode desenvolver projetos inovadores para os processos e produtos.

O Quadro 8 apresenta uma síntese estabelecida pela EPA relacionando os setes desperdícios da PE aos impactos ambientais.

Quadro 8– Relação entre os desperdícios da PE e os aspectos ambientais segundo EPA

Desperdício	Aspectos Ambientais
Defeitos	<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima (materiais renováveis) consumidos na produção de produtos com defeitos • Componentes defeituosos requerem reciclagem ou disposição • Mais espaço é necessário para retrabalhos e reparos, aumentando o uso de energia para aquecimento, resfriamento e iluminação
Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de deterioração de materiais ou componentes danificados causando perdas • Energia perdida de aquecimento, resfriamento e iluminação durante as interrupções na produção
Superprodução	<ul style="list-style-type: none"> • Mais consumo de matéria-prima na produção de produtos desnecessários • Produtos extras podem estragar/ deteriorar ou tornarem-se obsoletos e terem que ser descartados
Movimento	<ul style="list-style-type: none"> • Mais uso de energia para transporte • Emissões decorrentes do transporte • Mais espaço necessário para movimentação de trabalhos em andamento, aumentando demanda de iluminação, de aquecimento e de resfriamento e consumo de energia • Mais embalagens para proteger componentes durante a movimentação
Estoque	<ul style="list-style-type: none"> • Mais embalagens para armazenar trabalhos em andamento • Resíduos da deterioração ou riscos de armazenamento de trabalhos em andamento • Mais materiais necessários para troca de trabalhos em andamento danificados • Mais energia usada para aquecimento, resfriamento e iluminação de espaço para estoque
Complexidade	<ul style="list-style-type: none"> • Mais partes e matéria-prima consumidas por unidade de produção • Processos desnecessários aumentam resíduos, uso de energia e emissões
Criatividade não utilizada	<ul style="list-style-type: none"> • Menos sugestões de oportunidades para prevenção à poluição e minimização de resíduos

Fonte: Adaptado de EPA (2013).

O primeiro e segundo princípios da PE propostos por Womack e Jones (2004) e a primeira atividade sugerida à PE por Hines e Taylor (2000) são coerentes às expectativas do valor ambiental pelos *stakeholders*. Entretanto, os demais princípios da PE também apresentam compatibilidades com os princípios de sustentabilidade ambiental.

Nota-se significativa contribuição dos esforços da PE para a geração de benefícios ambientais por meio da filosofia focada na eliminação de resíduos e na melhoria contínua dos processos. O foco da PE na eliminação de desperdícios, em especial, gera grande potencial para:

- minimização na geração de resíduos;
- redução de consumo de recursos devido aos custos e produção puxada;
- redução da poluição decorrente da redução de resíduos (ROTHENBERG, 2003; MAXWELL et al., 2009; BIGGS, 2009; EPA, 2013).

Conduto, se a questão ambiental não for explicitada nos objetivos e nas metas da ME, algumas práticas da PE podem “cegar” a gestão de operações no tocante aos riscos e impactos

ambientais associados à produção (BIGGS, 2009; EPA, 2013). Pojasek (2008) vai além e afirma que se a sustentabilidade ambiental não estiver coerentemente integrada à PE, os impactos ambientais podem ser ainda mais agravados. Impactos ambientais associados à extração de recursos naturais, toxicidades de substâncias em processos, produtos e serviços, disposição e portanto, das práticas associadas a estes impactos, são negligenciados pela PE pois não fazem parte de seu escopo (EPA, 2013; EPA, 2014).

Ainda segundo EPA (2013) e EPA (2014), mesmo que as empresas adotem práticas de PE de forma isolada almejando resultados de cunho ambiental, a eficácia das práticas adotadas será limitada. Conclui-se desta forma, que a PE por si só não é suficiente em termos de sustentabilidade ambiental.

Segundo EPA (2013), existem três fatores que muitas vezes limitam as melhorias ambientais decorrentes de implantações de técnicas e ferramentas de PE:

- métodos de PE que não identificam explicitamente a poluição e o risco ambiental como "resíduos" para direcionar para a eliminação;
- membros de equipes e departamentos ambientais que não estão bem integrados nos esforços de implementação da PE na base de operações, normalmente consideram propósitos ambientais como um "universo paralelo" sem portanto se apoiarem mutuamente para os esforços;
- pouca informação e conhecimento fornecido relacionado à minimização de impactos ambientais e à prevenção da poluição que os departamentos e equipes ambientais disponibilizam para os demais setores da empresa, negligenciando o potencial dos operadores e supervisores em identificar melhorias ambientais.

Essas limitações são grandes oportunidades para as organizações maximizarem seu desempenho ambiental de forma integrada aos métodos e princípios da PE (ROTHENBERG; PIL; MAXWELL, 2001). Neste contexto discutido, é notória a contribuição mútua da P+L e da PE. Uma vez que o pessoal e os departamentos ambientais ganharão familiaridade e proficiência com métodos e processos e ferramentas enxutas, a PE pode ser considerada uma excelente plataforma para incorporar práticas de P+L.

Em sua tese de doutorado Biggs (2009) investiga quais são os pontos em comum entre a PE e as diversas práticas para melhoria ambiental das empresas e desta forma, propõe um *framework* para a aplicação de ferramentas de PE que podem ser empregadas para melhoria do desempenho ambiental das empresas. Como principais resultados, Biggs (2009) sugere que os

ganhos ambientais decorrentes de práticas de PE são “efeitos colaterais” não objetivados em um plano principal pela PE. A redução do consumo de recursos para a produção (materiais e energia) são pontos comuns e os impactos ambientais associados a estes aspectos ambientais são facilmente gerenciados pela PE.

A identificação dos impactos ambientais pode ser realizada pelo MFV. Como a PE é um sistema de grande potencial para mudanças e com forte incentivo ao treinamento e capacitação dos colaboradores, a temática ambiental deve ser incluída neste escopo para que as melhorias ambientais sejam focadas dentro do âmbito das ferramentas de PE, especialmente o *Kaizen* visando a melhoria contínua da organização e a 5S que naturalmente promove melhorias ambientais face sua proximidade ao *Housekeeping* (BIGGS, 2009).

Em Biggs (2009), os impactos ambientais não são tratados de forma exata e não são estratificados em aspectos ambientais. Desta forma, o tema “melhorias ambientais” investigado pela pesquisadora é abordado de forma genérica e em nível *Top-Down* e não em nível *Bottom-up* no âmbito da Gestão de Operações, como se propõe neste presente trabalho. Com isso não é possível identificar os prós e contras para a integração entre a PE e P+L ou outra estratégia ambiental de produção e também não é possível verificar as relações, sejam elas de conflito ou de sinergia, entre os objetivos e critérios de desempenho para a PE e para a sustentabilidade ambiental na produção. Biggs (2009) ainda reforça que tanto a PE quanto as iniciativas de melhorias ambientais nas empresas foram desenvolvidas individualmente e paralelamente.

Ainda em Biggs (2009), após uma ampla revisão da literatura contemplando 27 (vinte e sete) estudos, apenas 7 (sete) trabalhos são apontados como pesquisas que investigam a integração entre a PE e práticas de sustentabilidade ambiental nas empresas. São eles: Jørgensen (2008); Karp (2005); Larson e Greenwood (2004); Maxwell et al. (1998); Rothenberg (2003); Tice, Ahouse e Larson (2005); e Vais et al. (2006).

Rothenberg (2003) realizou estudos caso múltiplos, visitando e investigando 11 (onze) fábricas do *cluster New United Motor Manufacturing* (NUMMI). Em mais de 40 (quarenta) projetos analisados, a autora concluiu que a cultura e o conhecimento absorvidos pelos colaboradores dos princípios da PE, contribuem para a melhoria do desempenho ambiental das empresas. Larson e Greenwood (2004) traçam um paralelo entre o surgimento e evolução da produção enxuta e das iniciativas de sustentabilidade ambiental e concluem que estes dois constructos possuem perfeitas sinergias.

Vais et al. (2006) afirmam que a prática de 5S, *Kaizen* e de TQM são importantes caminhos para alcançar resultados de produtividade, ganhos ambientais e de saúde e segurança do trabalho em um único sistema. Desta forma, os autores verificaram resultados positivos gerados por perspectivas diferentes e não integradas, mas com as mesmas práticas.

Jørgensen (2008) recomenda a integração de sistemas de gestão para a promoção da sustentabilidade empresarial. A prática TQM da PE é empregada pelo autor sob o enfoque da Gestão da Qualidade para o atendimento dos requisitos da norma ISO 9001 frente à integração propostas aos demais sistemas de gestão. Portanto, a PE não é contemplada pelo autor em sua pesquisa.

Karp (2005) investiga a influência de cadeias de suprimentos enxutas na disseminação de práticas ambientais, rumo à gestão de cadeias de suprimentos verdes. O autor reforça a importância do envolvimento dos funcionários e dos diferentes agentes, seguindo preceitos da filosofia *Lean* para a maximização dos resultados ambientais ao longo da cadeia de suprimentos.

Em um estudo de caso, Karp (2005) verifica que uma cadeia de suprimentos verde oferece um programa de assistência técnica *on-site* de PE e para a melhoria ambiental a pequenas e médias empresas que fornecem para grandes fabricantes. Contudo, pelo que foi apresentado no estudo, não há evidências de que a assistência técnica de PE e de melhorias ambientais seja realizada de forma integrada.

Tice, Ahouse e Larson (2005) exploram adição de valores que a PE auferir ao SGA e vice-versa. Segundo os autores, a PE reduz alguns impactos ambientais das organizações ao mesmo tempo que reduz os custos que estes impactos trazem para as empresas.

Sob outra ótica, o SGA pode agregar valor à PE, uma vez que minimiza os esforços para a regulamentação ambiental dos fluxos de processos e incentiva mudanças nos processos das empresas. Segundo Tice, Ahouse e Larson (2009) e EPA (2004), existem alguns elementos-chave entre a PE e o SGA, que são apresentados pelo Quadro 9.

Quadro 9– Elementos-chave entre a PE e o SGA

Variáveis	PE	SGA
Visão geral	Filosofia de produção com táticas concretas operacionais e ferramentas práticas	Estrutura do sistema de Gestão
Objetivos de eliminação de perdas/ resíduos (<i>wastes</i>)	Eliminar atividades NAV	Eliminar impactos e riscos ambientais
Responsabilidade na organização/ participantes primários	Operações/ com o envolvimento de todos os colaboradores quando apropriado	Profissionais Ambientais/ com o envolvimento de todos os colaboradores quando apropriado
Direcionadores/ Motivação	Fundamentalmente competitividade empresarial e satisfação do cliente; necessidades de melhorias nos custos e tempo e qualidade	Necessidade de melhorar ou tornar mais econômica a gestão da conformidade, do risco e do desempenho ambiental; necessidade de demonstrar para o clientes e <i>stakeholders</i> externos.
Métodos/ Ferramentas	Caixa de ferramentas (<i>Toolbox</i>) definida de métodos táticos para eliminar diferentes tipos de perdas	Programas, processos e procedimentos projetados pela organização para suportar a estrutura do sistema de gestão para alcançar os objetivos
Mudança Cultural	Culta de envolvimento de colaboradores na solução de problemas; Capacitação para a tomada de decisão para atender as necessidades quando ocorrerem	Igual
Melhoria	Melhoria contínua baseada no PDCA	Igual

Fonte: Tice, Ahouse e Larson (2009); EPA (2004).

Os elementos-chave de SGA apontados no Quadro 9 são voltados ao âmbito estratégico e de gestão, não sendo relacionados diretamente às práticas de P+L.

Tice, Ahouse e Larson (2009), após vários estudos empíricos em empresas realizados pela EPA, reforçam que embora os objetivos da PE e do SGA sejam distintos, ambos possuem grande potencial para se complementarem frente aos objetivos das organizações. A cultura organizacional resultante da PE é um grande aliado para a empresa alcançar objetivos de cunho ambiental.

Por outro lado, esta característica marcante da PE pode representar problemas ambientais para empresa, pois a PE não se preocupa com questões ambientais essenciais como eliminação de substâncias perigosas dos materiais e para importantes impactos ambientais decorrentes do ciclo de vida dos produtos e dos processos.

Ainda segundo Tice, Ahouse e Larson (2009), uma importante estratégia para a integração da PE ao SGA se dá pelo envolvimento de Profissionais Ambientais nas decisões de operações de PE. Além disso, os autores indicam que incluir requisitos ambientais, como os da

norma ISO 14001 nos *ckecklists* das rotinas da PE e utilizar práticas de ferramentas da PE para o atendimento de objetivos ambientais são formas poderosas rumo à integração da PE ao SGA. Por outro lado, os autores não exploram os *tradeoffs* para esta integração e não detalham as possibilidades de integração frente os critérios de desempenho da PE e do SGA isolados.

Como pode-se observar, em nenhum dos 7 (sete) trabalhos analisados por Biggs (2009) há alguma proposição de integração da PE com alguma prática de sustentabilidade ambiental na produção, tão pouco com a P+L.

Simpson e Power (2005) investigaram, por meio de um estudo cinco estudos de caso, a relação entre o fornecimento enxuto e a gestão ambiental empresarial. A pesquisa revela que os esforços para melhorar as práticas de gestão ambiental de um fornecedor e levanta questões críticas sobre os custos de transação e sobre a eficácia da estratégia para o comprador.

Com isso, a cultura da PE influencia positivamente a cadeia de fornecedores na adoção de práticas de gestão ambiental, especialmente quando os custos associados aos impactos ambientais são explicitados nas relações de negócios entre os fornecedores.

A pesquisa de Martínez-jurado e Moyano-fuentes (2013) discutem as contradições e inconsistências encontradas na literatura e propõe novas oportunidades e desafios que devem ser abordados por futuras pesquisas. Apesar da limitação do estudo por ser de natureza estritamente teórica e não possibilitar relevantes conclusões, como os próprios autores afirmam, Martínez-jurado e Moyano-fuentes (2013) propuseram a realização de pesquisas empíricas com foco na dimensão social. Além disso, os autores consideraram a dimensão ambiental e econômica analisadas pela *Green Supply Chain Management* (GSCM) e pela cadeia de suprimentos *Lean*.

Carvalho, Azevedo e Cruz-Machado (2014) concluem que o desafio para a gestão da cadeia de suprimentos, em que as organizações precisam para responder à volatilidade do mercado, é combinar novos paradigmas e integrá-los em suas cadeias de suprimentos. A compreensão dos principais compromissos entre as cadeias enxutas, ágeis, flexíveis e verdes podem contribuir para uma competitividade mais eficiente e sustentável.

Neste sentido, Simons e Mason (2003) discutem a importância e a necessidade de ferramentas para reduzir as taxas de emissões de CO₂ por cadeias de suprimentos enxutas, pois segundo os autores, neste tipo de cadeia as emissões são elevadas em virtude da agregação de valor impostas a elas. Segundo Simons e Mason (2003), a relação entre a geração de valor com base nos princípios da cadeia de suprimentos enxuta e a emissão de CO₂ é de ganha-perde ou

inversamente proporcional, ou seja, quanto mais agregação de valor o produto tem na cadeia de suprimentos, maior a taxa de emissões. Assim, os autores sugerem uma relação de ganha-ganha, em que a os suprimentos sejam enxutos e menos poluentes.

Outro trabalho focado na cadeia de suprimentos foi desenvolvido por Mollenkopf et al. (2009) que examinaram a relação teórica entre os constructos de *Green*, *Lean* e *Global Supply Chain*. Os autores construíram uma relação conceitual caracterizando os três temas estudados voltados à cadeia de suprimentos. Segundo Mollenkopf et al. (2009), existem 4 (quatro) fatores principais que motivam as empresas a adotarem alguma forma de combinação destas 3 (três) estratégias:

- redução de custos;
- demanda dos clientes;
- busca por certificados internacionais como ISO 9001 e ISO 14001; e
- gestão de riscos.

Mais um estudo que investigou a influências das práticas de PE na GSCM foi proposto por Parvenn et al. (2011). A pesquisa teórica apresenta que as práticas de PE diminuem significativamente a geração de resíduos ao longo da cadeia em que a empresa se insere e mostra que a adoção de iniciativas de *Lean* e *Green Supply Chain* aumentam o a eficiência ambiental das empresas como um todo.

Neste mesmo contexto, Sara et al. (2013a) e Sara et al. (2013b) indicam que a gestão da cadeia de suprimentos enxuta fornece importantes meios pelos quais os recursos podem ser investidos em práticas ambientais. A análise empírica também confirma a hipótese de que os princípios e práticas de ME disseminadas pela cadeia de suprimentos corroboram com os objetivos de ordem ambiental, por meio das práticas empregadas no enfoque da GSCM. O grande foco dos estudos incide na minimização dos resíduos ao longo da cadeia de suprimentos.

Neste sentido, Venkat e Wakeland (2006) reforçam que a Cadeia de Suprimentos *Lean* não é necessariamente ambientalmente sustentável. Segundo os autores, após uma simulação tomando como indicador a emissão de CO₂, a principal barreira se concentra na distância e no número de transportes.

Segundo os preceitos da PE, há esforços para fidelização de fornecedores, o que pode aumentar as distâncias das logísticas. Seguindo um dos principais princípios da PE, a redução de estoques acarreta aumento do número de viagens para as entregas. Kainuma e Tawara (2006) reforçam dizendo que no desenvolvimento de produtos sob a ótica da PE, as possíveis

alternativas antes do fim de vida dos produtos, tais como reutilização e reciclagem interna preconizadas pela P+L não são consideradas.

Em um estudo realizado na Toyota, empresa excelência em PE, Lapinski, Horman e Riley (2006) investigaram as práticas de sustentabilidade da empresa durante o processo de geração de valor para seus *stakeholders*. O processo de entrega foi mapeado para identificar tanto as etapas de entrega como aqueles que geram desperdícios.

No tocante à dimensão ambiental, Lapinski, Horman e Riley (2006) focaram os impactos da edificação da empresa e no uso eficiente de recursos e concluíram que a PE reduz a geração de resíduos e indiretamente a poluição decorrente de suas disposições finais.

Dakov e Novkov (2007) sugerem que a complementação da PE com os princípios e práticas de sustentabilidade ambiental representa uma importante estratégia rumo ao desenvolvimento industrial sustentável. Neste sentido, os resultados da pesquisa apresentam uma correlação entre indicadores de desempenho nas dimensões econômica, ambiental e social para as empresas.

Pojasek (2008) em seu trabalho teórico, sugere que os impactos ambientais devem ser elencados como um novo desperdício a ser considerado pela perspectiva da PE em um cenário evolutivo da gestão de operações.

Em Glover et al. (2008), os autores discutem, após a realização de uma pesquisa do tipo adaptado de *survey* o uso de eventos Kaizen com foco em sustentabilidade. Foram pesquisados 14 (quatorze) eventos e o foco sustentabilidade ambiental não foi priorizado em nenhum deles. A amostra de pesquisa não foi claramente definida, o que não permite a generalização e conclusão mais precisa dos resultados. Contudo, a realização de eventos Kaizen oferece grande potencial para a consecução de objetivos de ordem ambiental, haja vista a grande repercussão que esta prática de PE tem dentro da cultura e dos objetivos das empresas.

Outro estudo que defende o favorecimento do acultramento auferido pela PE às práticas de sustentabilidade ambiental é proposto por Bergmiller e McCright (2009). Os autores concluem que a *Green Manufacturing* (GM) é uma transcendência da PE, considerando esta relação como uma evolução no cenário empresarial. Esta informação é enaltecida no importante livro recentemente publicado sobre GM (DORNFELD et al., 2012).

Como visto, grande parte dos estudos procuram identificar os ganhos ambientais resultantes das práticas de PE. Nahmens (2009) compara a geração de resíduos antes e após a

realização de eventos Kaizen em etapas de um projeto de construção civil. Os índices de geração de resíduos são reduzidos significativamente após a realização destes eventos.

Novamente a questão de resíduos é imperativa dentre o enfoque ambiental e segundo Nahmens (2009), os ganhos ambientais são resultados naturais desta prática de PE. Contudo, outros aspectos e impactos ambientais não são consideradas pela autora.

Analisando também a contribuição em uma lógica inversa na construção civil, Song e Liang (2011) constataram que as práticas de redução de resíduos sob a perspectiva ambiental facilitaram a eliminação de alguns desperdícios almejada pelas práticas de PE na empresa estudada.

Uma abordagem diferente aplicada no setor da construção foi desenvolvida por Wu e Low (2012). Os autores identificaram que as práticas de PE em fábricas de concreto em Singapura contribuíram para a redução de emissões de CO₂.

Segundo Wu e Low (2012), a gestão do *layout* e da entrega, baseadas nos princípios da melhoria contínua, do suprimento JIT e a força de trabalho enxuta são os principais contribuintes da PE para a redução das emissões na fase de produção do ciclo de vida do produto. Wu e Low (2012) afirmam que existe um potencial natural da PE para a redução de emissões de CO₂, contudo, os autores ressaltam que este objetivo deve ser preconizado pelas práticas de PE e com isso, a eficácia para estes resultados pode ser maximizada.

Qiu e Chen (2009), em uma dissertação conjunta de mestrado desenvolveram um método para avaliar os resultados de ordem ambientais obtidos pela PE. O método de avaliação visualiza a produção e os resultados ambientais e os compara com o desempenho dos estados atuais (antes da implementação da PE) e futuros (após a implementação da PE).

Uma outra abordagem que também afirma que a incorporação da sustentabilidade ambiental representa um avanço da PE é apresentado por Miller, Pawloski e Standridge (2010) que realizaram um estudo de caso com uma abordagem quantitativa com o uso de eventos discretos de simulação e otimização para verificar o desempenho operacional decorrente do uso de práticas de PE e de sustentabilidade ambiental em conjunto.

Neste caso, os autores afirmam que as práticas de PE corroboram para os ganhos de sustentabilidade ambiental e que a relação inversa também ocorre de forma natural.

Moreira, Alves e Souza (2010) desenvolveram um estudo teórico sobre os princípios da PE e de Ecoeficiência, procurando relacioná-los a partir de uma amostra de trabalhos científicos

publicados. Esta amostra, composta de 20 (vinte) artigos foi estudada nesta seção. Estes autores ainda propuseram uma abordagem do Diagrama de Ishikawa relacionando 6 (seis) desperdícios⁷ com 3 (três) aspectos ambientais da manufatura: consumo de energia; consumo de materiais; e emissão de poluentes.

Moreira, Alves e Souza (2010) apresentaram uma discussão teórica a respeito das possíveis relações entre os desperdícios altamente evitados pela PE e os aspectos ambientais, que por sua vez geram significativos impactos ambientais na produção. Contudo esta proposta é intuitiva e não empírica, além de não apresentar possibilidades de relações com as práticas que podem prevenir e/ou controlar os aspectos ambientais mencionados. Esta relação proposta por Moreira, Alves e Souza (2010) é apresentada no Quadro 10.

Quadro 10 – Relação entre desperdícios da PE e aspectos ambientais

Desperdício segundo teoria da PE	Aspecto Ambiental
Superprodução	- mais equipamentos, trabalhadores e espaço - mais extração de matéria-prima - mais poluição
Estoque desnecessário	- mais embalagens e consumo de materiais - risco de acidentes e produtos obsoletos - maior espaço para armazenamento
Transporte e movimentação desnecessária	- necessidades especiais para materiais perigosos - maior consumo de energia - riscos potenciais nos produtos
Defeito	- retrabalho - perda de recursos - produtos não recicláveis (não recuperáveis)
Espera	- espaço ocupado - desperdício de energia durante o tempo de inatividade - maior risco de danificação de materiais
Processamentos inadequados	- consumo extra de materiais - perda de energia - mais poluição

Fonte: Moreira, Alves e Souza (2010)

Na mesma linha de raciocínio, Pampanelli, Found e Bernardes (2011) propuseram a aplicação de eventos *Kaizen* considerando os objetivos de sustentabilidade ambiental como prioridades. Por meio de um estudo de caso, o artigo relata os resultados iniciais de aplicação do modelo em uma grande corporação internacional de engenharia. O modelo é capaz de reduzir uma média de 30% de utilização de material e produção de resíduos e desta forma, observa-se o grande foco voltado ao resíduo.

⁷Moreira et al. (2010) citam seis desperdícios clássicos a serem evitados pela PE. Os autores abordam o transporte e a movimentação desnecessária como apenas um desperdício. Na presente pesquisa adotou-se sete desperdícios conforme apontam Hines e Taylor (2000), Womack e Jones (2004) e Liker (2005). Desta forma, na presente pesquisa os dois desperdícios agrupados por Moreira et al. (2010) são tratados de forma separada.

Em Puvanasvaran et al. (2011), os resultados da pesquisa mostram que as empresas que adotam ao menos uma prática de PE e procura seguir os seus princípios tem benefícios diretos em relação ao atendimento dos requisitos da norma ISO 14001. Com isso, o exercício da filosofia da PE facilita consideravelmente o processo de certificação ISO 14001.

Um outro estudo do tipo *survey* é apresentado por Yang, Hong e Modi (2011). O estudo explora as relações entre a PE, a gestão ambiental e o desempenho dos negócios das empresas. Os resultados sugerem que as práticas de PE estão positivamente relacionados às práticas de gestão ambiental, mas as práticas de gestão ambiental são negativamente relacionados com o desempenho financeiro. No entanto, a melhoria do desempenho ambiental reduz substancialmente o impacto negativo das práticas de PE. As conclusões dos autores ficam inconsistentes ao final do estudo, o que talvez possa ser explicado pelo fato de os pesquisadores utilizarem variáveis manifestas para medirem a variável latente de PE, mas por outro lado, a variável latente de Gestão Ambiental não é desdobrada em variáveis manifestas, comprometendo e limitando as análises quantitativas realizadas.

Mashaei, Lennartson e Abbestam (2011) adotam os princípios da GM e a PE, mais especificamente do JIT visando encontrar a relação ideal de equilíbrio entre o número mínimo de *pallets* para garantir o tempo de entre segundo os preceitos JIT e o menor consumo de energia segundo os preceitos da GM. Segundo os autores existe um *tradeoff* representado pelo aumento de tempo das entregas quando se reduz o número de *pallets*.

Novamente a sustentabilidade ambiental é citada como uma evolução da PE rumo ao atendimento das necessidades dos *stakeholders* por Bashkite e Karaulova (2012). A proposta dos autores neste artigo foi uma maneira gráfica para facilitar a compreensão da dos princípios *Green* e da PE de forma conjunta.

Para Sobral, Jabbour e Jabbour (2013), em termos de reforço de recursos e de eficiência, as práticas de PE mais utilizadas são JIT, MFV, gestão visual de indicadores, e treinamento de funcionários. Estas práticas podem contribuir significativamente para a redução da geração de resíduos e para a prevenção à poluição. Não é explicitado qual forma de poluição é prevenida neste trabalho, além de algumas variáveis ambientais não serem consideradas no estudo, limitando as análises e conclusões, conforme reforçam os autores da pesquisa.

Os trabalhos publicados em português analisados nesta seção foram apresentados por Ferreira et al. (2011), Carrilo (2012), Rizzo (2012) e Jabbour et al. (2013). Ferreira et al. (2012), revisam a literatura e caracterizam os principais achados frente aos temas PE e Gestão

Ambiental. O trabalho teórico se concentra em analisar quais trabalhos tratam da relação entre o tema Gestão Ambiental e a PE. O tema Gestão Ambiental não é muito bem definido pelos autores, ou seja, não se menciona qual estratégia, ferramenta, sistema ou prática de gestão ambiental é analisada. Todas as obras analisadas por Ferreira et al. (2012) foram estudadas nesta seção.

Outro estudo brasileiro foi realizado por Carrillo (2012). Nesta dissertação de mestrado a autora analisou os aspectos ambientais em uma linha de equipamentos eletrônicos de uma empresa, que seguia os conceitos de PE. A empresa analisada possuía a certificação ISO 14001 e o principal aspecto ambiental estudado por Carrillo (2012) foi a geração de resíduos provenientes de defeitos na produção e também de sacolas, caixas de embalagens, papel e cartuchos. Outros aspectos ambientais secundários identificados pela autora foi o consumo de água e energia e as emissões atmosféricas. Com isso, Carrillo (2012) sugeriu à empresa uma prática mista de *Housekeeping* com 6 R (reduzir, reutilizar, recuperar, redesenhar, reconstruir, reciclar) para gerenciar e reduzir estes aspectos ambientais dentro da filosofia enxuta da empresa.

Para Carrillo (2012), a aplicação de metodologias enxutas desde a perspectiva de produção e ambiente permite obter ganhos de eficiência e sustentabilidade para as empresas, obtendo assim, uma gestão ambiental que cumpra com as regulamentações e um nível alto de competitividade.

A dissertação desenvolvida por Rizzo (2012) foi o único trabalho de toda esta revisão que adotou o conceito de P+L especificamente. A proposta de Rizzo (2012) consistiu em integrar os conceitos de P+L e de PE por meio de uma abordagem sistêmica na eliminação de NAV. Para a autora, a principal similaridade entre a PE e a P+L consiste na redução de desperdícios, que sob a ótica da PE representam as NAV e sob a ótica da P+L, os resíduos gerados pelos processos produtivos. A autora propôs uma abordagem conceitual com possíveis similaridades entre as práticas de P+L e a PE, conforme mostra o Quadro 11.

As principais diferenças entre a PE e a P+L destacadas por Rizzo (2012) se concentram na questão financeira ou econômica, especificamente na mensuração de custos, pois sob a abordagem da PE, esta medida é facilmente identificada e gerenciada, contudo, pelo prisma da P+L, mensurar economicamente os impactos ambientais requer uma série de medidas de valoração ambiental que as empresas dificilmente praticam.

Com isso, é possível verificar a existência de relações de *tradeoffs*, em que ganha-se na dimensão ambiental, mas perde-se no aspecto econômico é um dos principais desafios para esta integração e/ou vice-versa.

Quadro 11 - Similaridades teóricas entre P+L e PE

Práticas		Convergência
P+L	PE	
Gestão de materiais, energia e resíduos	<i>Kanban</i>	Os indicadores de redução de inventário apresentados no <i>Kanban</i> , podem contribuir para redução de deterioração e obsolescência de materiais utilizados na produção
Gestão de materiais, energia e resíduos	JIT	Produzir o necessário pode evitar a acumulação e estoques desnecessários evitando diversos impactos ambientais associados
Gestão de riscos ambientais	Manufatura Celular	A redução de movimentação desnecessária pode contribuir para a redução de riscos ambientais associados a falhas, defeitos, quebras e perdas durante o transporte
Identificação e gerenciamento de aspectos ambientais	MFV	O MFV pode contribuir para a identificação e portanto, para o gerenciamento dos aspectos ambientais, visando prevenir os impactos ambientais em suas fontes geradoras
Redução do consumo de energia	TPM	Com a manutenção preventiva, reduz-se o número e o tempo de paradas das máquinas, evitando consumo excessivo de energia com a restauração além de aumentar a eficiência energética das máquinas e equipamentos
<i>Housekeeping</i>	5S	A limpeza e organização dos ambientes produtivos permitem maior acurácia na identificação das causas e fontes geradoras de impactos ambientais bem como no emprego de alternativas de P+L.
Melhoria contínua	<i>Kaizen</i>	As auditorias de <i>Kaizen</i> podem ser complementares às auditorias ambientais se os objetivos de desempenho ambiental forem incorporados às metas de melhoria contínua almejadas pelos eventos <i>Kaizen</i>

Fonte: Adaptado e Simons e Mason (2003) e Rizzo (2012).

O modelo conceitual de integração de Rizzo (2012) consiste em uma Matriz $m \times n$, onde $m = 6$ e representa 6 (seis) princípios de P+L: redução de desperdício; produção não poluente; eficiência energética; ambiente de trabalho seguro; produtos ambientalmente menos impactantes; e embalagens ambientalmente corretas. E $n = 5$ e representa 5 (cinco) princípios de PE: valor para o cliente; eliminação de perdas; fluxo de valor contínuo; JIT; e melhoria contínua.

Rizzo (2012) atribuiu uma escala de 1 a 5, em que 1 representa nenhuma e 5 representa muito forte e construiu uma matriz que resultou em vetores correlacionando os princípios de P+L e PE elencados pela autora. Posteriormente a pesquisadora realizou um estudo de caso em que a proposta foi apresentada para um gerente de produção de uma empresa manufatureira. Segundo Rizzo (2012), em suas entrevistas a autora conseguiu identificar uma possibilidade de aceitação positiva frente à integração por ela proposta.

Duas dissertações brasileiras tratam diretamente dos constructos PE e P+L. Queiroz (2015) propôs recomendações para a implantação da PE considerando os propósitos da P+L e Cobra (2015) propôs diretrizes para a integração entre PE e P+L. Estes dois estudos contribuíram para reforçar a lacuna identificada para a realização desta pesquisa.

Como suas conclusões finais, Rizzo (2012) afirma que a integração da P+L e da PE, numa perspectiva *lean-cleaner*, como a autora propõe, é uma alternativa viável e recomendável para as empresas. Como sugestões a autora cita a aplicação de metodologias na prática.

Em Jabbour et al. (2013), os principais resultados indicam que a PE se relaciona positivamente à gestão ambiental, mas o poder de determinação de PE em gestão ambiental tende a ser considerado entre fraco e moderado. As práticas ou constructos de gestão ambiental adotadas pelos autores não permitiram identificar qual estratégia, sistema ou ferramenta ambiental é medida na análise quantitativa deste estudo, pois são práticas genéricas como Política Ambiental, Treinamento Ambiental, 3R, Novos produtos e processos, seleção de fornecedores, SGA e comunicação. Segundo Jabbour et al. (2013), devido a falta de inclusão de algumas variáveis em seu estudo, a afirmação de que ser *Lean* é ser *Green* pode ter sido enviesada.

Dües, Tan e Lim, (2013) afirmam que a PE é uma forma de catálise para resultados ambientalmente favoráveis, contudo, reforçam que as ferramentas de PE por si só, não possuem eficiência ambiental ou ecoeficiência, pois não estão programadas para esta finalidade.

Johansson e Sundin (2014) defendem que a perspectiva da PE visa maximizar o uso de recursos e materiais pois esta prática agrega valor ao cliente. A pesquisa dos autores se concentra na relação entre o desenvolvimento de produto enxuto e o desenvolvimento de produto *green*. Johansson e Sundin (2014) afirmam que há grande potencial para benefícios mútuos entre as duas maneiras de desenvolvimento de produtos, contudo, os dois constructos apresentam substanciais conflitos que se concentram em objetivos e focos, construção e geração de valor, estrutura do processo, medidas de desempenho e ferramentas e técnicas usadas.

Ainda segundo Johansson e Sundin (2014), estas relações de *tradeoffs* são fortemente acentuadas devido ao fato de os conceitos de PE e de práticas de sustentabilidade ambiental serem criados, gerenciados e promovidos isoladamente. Para os pesquisadores, as sinergias seriam reforçadas e as contrariedades superadas com o advento da integração. Esta afirmação corrobora com a proposta da pesquisa sobre a integração da P+L à PE.

Pampanelli, Found e Bernardes (2014) enfatizaram a importância do *Kaizen* para a promoção da sustentabilidade ambiental nas empresas, pois esta prática da PE tem significativo potencial de mobilização e envolvimento dos funcionários frente a um específico objetivo. O modelo *Lean & Green Model* proposto por Pampanelli, Found e Bernardes (2014) consiste na integração dos conceitos de *Green Thinking* e de *Lean Thinking*. A pesquisa consiste basicamente na aplicação, por meio de uma pesquisa-ação, do *Kaizen* para melhorar o desempenho ambiental nos fluxos de massa e energia em células produtivas com maturidade em PE e em práticas ambientais.

Em Pampanelli, Found e Bernardes (2014) não foram exploradas as sinergias e dificuldades para a integração entre outras práticas de PE e outras práticas de P+L e, segundo os próprios autores, a pesquisa não se enquadra em abordagens de práticas puras de PE, de P+L ou de Ecoeficiência. O modelo proposto apresentou ganhos substanciais em termos de redução do consumo de energia e de massa nas células produtivas e o *Kaizen* se mostrou como uma ferramenta importante para a melhoria do desempenho ambiental na manufatura. Os autores sugerem que a transição da PE para a manufatura sustentável é por si só uma estratégia de melhoria contínua.

Esta transição também é descrita e predita por Jayal, Badurdeen e Jawahir (2010), conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 – Valor agregado aos *stakeholders* conforme a evolução da manufatura

Fonte: Adaptado de Jayal, Badurdeen e Jawahir (2010).

O Quadro 12 apresenta uma síntese de todas estas referências analisadas nesta seção.

Quadro 12 - Síntese da revisão bibliográfica entre a PE e práticas de sustentabilidade ambiental em processos produtivos

Continua...

Fonte	Ano	Objetivo de pesquisa	Método de Pesquisa	Ferramenta/Método/Técnica/Estratégia/Sistema Ambiental	Tipo de trabalho	Nível de aplicação	Propõe a Integração?	Estuda a P+L?
Maxwell, Rothenberg e Schenk ⁸	1993	Identificar a relação entre as práticas de PE e seus ganhos ambientais	—	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Graedel e Allenby	1995	Livro sobre Ecologia Industrial	—	Ecologia Industrial	Livro	Superficial	Não	Sim, como parte da Ecologia Industrial
Wallace	1995	Livro sobre Política Ambiental e Inovação Industrial	—	Políticas Ambientais	Livro	Superficial	Não	Não
Florida	1996	Investigar a relação entre práticas de produção avançada e abordagens de estratégias de manufatura ambientalmente consciente	<i>Survey</i>	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Detalhado	O autor sugere a integração como forma de estimular a manufatura ambientalmente consciente	Não
Maxwell et al.	1998	Identificar a relação entre a PE a sua contribuição para o SGA	Estudo de caso	SGA ISO 14001	Artigo	Geral	Não	Não
Rothenberg	1999	Verificar as relações entre o constructo <i>Lean e Green</i> e se as práticas enxutas contribuem para o desempenho ambiental	Estudo de caso e <i>survey</i>	Sustentabilidade Ambiental	Tese	Detalhado	Não	Não especificamente, mas relaciona o tema no que diz respeito à prevenção à poluição
Klassen	2000	Identificar se a prática de JIT contribui para a prevenção à poluição	Estudos de caso	Prevenção à Poluição	Artigo	Detalhado	Não	Não especificamente, mas relaciona o tema no que diz respeito à prevenção à poluição

⁸*apud* King e Lenox (2001) e *apud* Florida (1996).

Continua...

Fonte	Ano	Objetivo de pesquisa	Método de Pesquisa	Ferramenta/Método/Técnica/Estratégia/Sistema Ambiental	Tipo de trabalho	Nível de aplicação	Propõe a Integração?	Estuda a P+L?
King e Lenox	2001	Identificar se algumas práticas de PE contribuem para a prevenção a poluição	<i>Survey</i>	Prevenção à poluição	Artigo	Detalhado	Não	Não especificamente, mas relaciona o tema no que diz respeito à prevenção à poluição
Rothenberg, Pil e Maxwell	2001	Identificar se as práticas de PE contribuem para a melhoria do desempenho ambiental das empresas	<i>Survey</i>	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Detalhado	Não	Não especificamente, mas pesquisa partes no que diz respeito à prevenção à poluição
EPA	2003	Evidenciar as potencialidades que as práticas de PE possuem para a prevenção à poluição	—	Prevenção à poluição	Guia	Geral	Não	Não
Rothenberg	2003	Discutir a influência da cultura da PE no desempenho ambiental	Estudo de caso	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Simons e Mason	2003	Discutir a importância da GSC e cadeia de suprimentos enxuta para o futuro das organizações	Revisão Bibliográfica	<i>Green Supply Chain Management</i>	Artigo	Geral	Não	Não
Larson e Greenwood	2004	Explorar as sinergias entre a produção enxuta e as iniciativas de sustentabilidade ambiental	Revisão Bibliográfica	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Simpson e Power	2005	Investigar a relação entre um fornecedor e o nível de atividade de gestão ambiental da empresa a estrutura da relação cliente-fornecedora fabricação.	Estudos de caso múltiplos	Gestão Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Karp	2005	Apresentar os resultados das práticas ambientais e de PE de uma cadeia de suprimentos verde	Estudo de caso	<i>Green Supply Chain Management</i>	Artigo	Geral	Não	Não

Continua...

Fonte	Ano	Objetivo de pesquisa	Método de Pesquisa	Ferramenta/Método/Técnica/Estratégia/Sistema Ambiental	Tipo de trabalho	Nível de aplicação	Propõe a Integração?	Estuda a P+L?
Tice, Ahouse e Larson	2005	Apresentar relações de sinergias e antagonismos entre a PE e o SGA e discutir sobre possibilidades de estratégias para sua integração	Revisão Bibliográfica	SGA ISO 14001	Artigo	Detalhado	Discutem as potencialidades	Não
Vais et al.	2006	Identificar os resultados ambientais e econômicos de práticas de PE e de prevenção à poluição em empresas industriais da Romênia	Estudo de caso	Prevenção à poluição (3R)	Artigo	Detalhado	Não	Não
Lapinski, Horman e Riley	2006	Identificar a presença de valores e resíduos, usado princípios da PE, no projeto de uma fábrica de motores Toyota (<i>Facilities Division of Toyota Motor Sales</i>)	Estudo de caso	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Venkat e Wakeland	2006	Investigar o desempenho ambiental da Cadeia de Suprimentos <i>Lean</i> usando a emissão de CO ₂ como indicador de desempenho	Simulação	Emissões de CO ₂	Artigo	Geral	Não	Não
Kainuma e Tawara	2006	Propor alternativas para o fim de vida dos produtos dentro do escopo da PE	Simulação e estudo de caso	Fim de vida do produto (reutilização e reciclagem)	Artigo	Detalhado	Não	Não
Dakov e Novkov	2007	Relacionar os indicadores de PE com as dimensões econômica, ambiental e social	Revisão Bibliográfica	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Superficial	Não	Não
Pojasek	2008	Discutir sobre a concepção dos resíduos de ordem ambiental como um desperdício	Revisão Bibliográfica	SGA ISO 14001	Artigo	Detalhado	Não	Não

Continua...

Fonte	Ano	Objetivo de pesquisa	Método de Pesquisa	Ferramenta/Método/Técnica/Estratégia/Sistema Ambiental	Tipo de trabalho	Nível de aplicação	Propõe a Integração?	Estuda a P+L?
Glover et al.	2008	Identificar os resultados de sustentabilidade alcançados com a utilização de eventos <i>Kaizen</i>	<i>Survey</i>	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Superficial	Não	Não
Bergmillere McCright	2009	Identificar os resultados de desempenho ambiental em empresas praticantes de PE	<i>Survey</i>	<i>Green Manufacturing</i>	Artigo	Geral	Não	Não
Nahmens	2009	Identificar os ganhos ambientais decorrentes das práticas de PE em um projeto de construção civil	Estudo de caso	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Mollenkopf et al.	2009	Examinar a relação entre <i>Green, Lean</i> e Global <i>Supply Chain</i> na literatura	Revisão Bibliográfica	<i>Green Supply Chain Management</i>	Artigo	Geral	Não	Não
Qiu e Chen	2009	O objetivo da tese foi desenvolver um método de avaliação de impactos ambientais antes e depois da implementação da PE	Estudo de caso	Prevenção à poluição	Tese	Detalhado	Não	Não
Biggs	2009	Discutir sobre a relação entre a PE e a sustentabilidade ambiental	Pesquisa-ação	Sustentabilidade Ambiental	Tese	Geral	Não	Não
Miller, Pawloski e Standridge	2010	Identificar o desempenho operacional com o uso de práticas de PE e de sustentabilidade ambiental adotadas em conjunto	Estudo de caso	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Moreira, Alves e Sousa	2010	Identificar as contribuições da PE para a redução dos impactos ambientais em um ambiente de manufatura	Revisão Bibliográfica	Ecoeficiência	Artigo	Geral	Não	Não

Continua...

Fonte	Ano	Objetivo de pesquisa	Método de Pesquisa	Ferramenta/Método/Técnica/Estratégia/Sistema Ambiental	Tipo de trabalho	Nível de aplicação	Propõe a Integração?	Estuda a P+L?
Puvanasvaran et al.	2011	Examinar as características dos princípios da PE na norma ISO 14001 e propor ligações entre os princípios da PE e da ISO 14001	<i>Survey</i>	SGA ISO 14001	Artigo	Detalhado	Não	Não
Yang, Hong e Modi	2011	O estudo explora as relações entre as práticas de PE, de gestão ambiental e o desempenho dos negócios	<i>Survey</i>	Gestão Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Pampanelli, Found e Bernardes	2011	Propor um modelo de <i>Kaizen</i> que considere as práticas de PE e de sustentabilidade ambiental de forma conjunta	Estudo de caso	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Mashaei, Lennartson e Abbestam	2011	Proporcionar o tempo de ciclo desejado para a produção de peças específicas (JIT), bem como para manter o consumo de energia mínima para a unidade de acionamento do sistema (GM)	Estudos de caso e Modelagem Matemática	<i>Green Manufacturing</i>	Artigo	Detalhada	Não	Não
Parveen, Kumar e Narasimha Rao	2011	Analisar as ferramentas de <i>Green Supply Chain</i> com as práticas de PE	Revisão Bibliográfica	<i>Green Supply Chain Management</i>	Artigo	Geral	Não	Não
Song e Liang	2011	Descrever a implementação das práticas de PE na construção e suas implicações ambientais na perspectiva do contratante	Estudo de caso	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Superficial	Não	Não
Ferreira et al.	2012	Identificar o estado da artedliteratura sobre os temas PEe <i>Green</i>	Revisão Bibliográfica	Gestão Ambiental	Artigo	Superficial	Não	Não

Continua...

Fonte	Ano	Objetivo de pesquisa	Método de Pesquisa	Ferramenta/Método/Técnica/Estratégia/Sistema Ambiental	Tipo de trabalho	Nível de aplicação	Propõe a Integração?	Estuda a P+L?
Carrillo	2012	Analisar aspectos ambientais em uma linha de produção de equipamentos eletrônicos, integrando conceitos da produção enxuta e ambiente enxuto	Estudo de caso	SGA ISO 14001	Dissertação	Geral	Não	Não
Dornfeld et al.	2012	Livro sobre <i>Green Manufacturing</i>		<i>Green Manufacturing</i>	Livro	Superficial	Não	Não
Rizzo	2012	Criar um modelo conceitual para a integração de princípios de PE e P+L	Estudo de caso	Produção mais Limpa	Dissertação	Geral	Sim	Sim
Wu e Low	2012	Identificar a contribuição das práticas de PE para o gerenciamento do indicador emissões de CO ₂	Estudos de caso múltiplos	Emissões de CO ₂	Artigo	Geral	Não	Não
Bashkite e Karaulova	2012	Propor modelo para minimização de resíduos na produção com base na filosofia <i>Lean</i>	Revisão Bibliográfica	Sustentabilidade Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Jabbour et al.	2013	Verificar se as práticas de Produção Enxuta estão se relacionando positivamente com a adoção de práticas de gestão ambiental em empresas brasileiras do setor automotivo	<i>Survey</i>	Gestão Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não
Sobral, Jabbour e Jabbour	2013	Identificar como adoção de PE traz benefícios ambientais e descrever como gestores de PE enxergam a gestão ambiental no cotidiano de uma unidade de produção	Estudo de caso	Gestão Ambiental	Artigo	Geral	Não	Não

Conclusão.

Fonte	Ano	Objetivo de pesquisa	Método de Pesquisa	Ferramenta/Método/Técnica/Estratégia/Sistema Ambiental	Tipo de trabalho	Nível de aplicação	Propõe a Integração?	Estuda a P+L?
Sara et al.	2013a e 2013b	Para ajudar a entender os papéis de gestão enxuta e da cadeia de suprimentos enxuta no que diz respeito à melhoria do desempenho ambiental, um modelo conceitual propõe que a magnitude das práticas ambientais na relação estudada	Survey	Green Supply Chain Management	Artigo	Detalhado	Não	Não
EPA	2013	Guia sobre benefícios ambientais auferidos pelas práticas de PE	—	Prevenção à poluição	Guia	Geral	Não	Não
Dües, Tan e Lim	2013	Investigar como as práticas de PE influenciam a GSC	Revisão Bibliográfica	Green Supply Chain Management	Artigo	Detalhado	Não	Não
Manzan	2013				Dissertação			
EPA	2014	Guia sobre benefícios ambientais auferidos pelas práticas de PE no setor de construção naval	—	Prevenção à poluição	Guia	Geral	Não	Não
Carvalho; Azevedo; Cruz-Machado	2014	Explorar os paradigmas das cadeias de suprimentos enxuta, ágil, resiliente e verde	Revisão Bibliográfica	Green Supply Chain Management	Artigo	Geral	Não	Não
Queiroz	2015	Recomendações para a implantação da PE considerando os propósitos da P+L	Estudo de caso	Produção mais Limpa	Dissertação	Geral	Sim	Sim
Cobra	2015	Propor diretrizes para a integração entre PE e P+L	Dissertação	Geral	Sim	Geral	Sim	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2 Conclusões sobre a Revisão Bibliográfica Sistemática

A competitividade entre as empresas aumenta a necessidade de reposta rápida e adequada às exigências do mercado. Para responder a estas demandas as organizações buscam continuamente aumentar a qualidade de seus produtos e reduzir os custos, os tempos e, recentemente, os impactos ambientais causados por seus produtos e processos.

Entretanto, existe um paradoxo para as organizações, na medida em que se focarem apenas nas questões de produtividade sem considerar a variável ambiental, pode ocasionar o aumento dos impactos ambientais. Assim, é fundamental que os objetivos econômicos estejam alinhados ao desempenho ambiental das organizações, e a PE pode ser uma solução para o alinhamento destes objetivos (GAMBI et al., 2010).

Segundo a revisão bibliográfica realizada nesta pesquisa foi possível identificar que dentre os estudos avaliados que pesquisam a relação entre os princípios, ferramentas, objetivos e resultados direcionados à PE e à sustentabilidade ambiental são em grande parte teóricos. Poucos estudos empíricos e com maior profundidade se propuseram a avaliar a relação existente entre determinada ferramenta, instrumento ou prática da PE e ferramentas, sistemas e estratégias de sustentabilidade ambiental em manufatura.

Um exemplo simples e que mostra uma contradição importante entre PE e alguma prática de Sustentabilidade ambiental consiste na troca do Chumbo pelo Estanho para o processo de soldagem de equipamentos eletroeletrônicos visando atender à diretiva *Restriction of Hazardous Substances* (RoHS). A solda que utiliza o estanho é mais cara inicialmente, já que seria uma introdução de novo insumo em um mercado já consolidado. Além disso, os procedimentos seriam diferentes, podendo causar maiores desperdícios e maior resistência dos funcionários durante uma fase de transição.

Sob a perspectiva da PE, esta mudança não agregaria valor e não seria interessante. Contudo, sob a ótica ambiental, a substituição do Chumbo pelo Estanho seria favorável, uma vez que a primeira substância é mais prejudicial ao Meio Ambiente e à saúde humana, haja vista a sua restrição pela diretiva RoHS.

Este exemplo de substâncias tóxicas de perigosas é um clássico usado para referenciar um caso de contradição entre a PE e os princípios de Sustentabilidade Ambiental (DORNFELD, et al. 2012). Segundo Rothenberg, Pil e Maxwell (2001), o uso de materiais e substâncias perigosas é uma prática usual da PE adotada pelo foco na qualidade e na redução de custos do

produto final. Neste sentido, a perspectiva da P+L se representaria como um significativo *tradeoff*.

Outro ponto a ser considerado é apontado se refere ao abastecimento e suprimento da produção. Venkat e Wakeland (2006) sugerem dois importantes *tradeoffs* na entrega seguindo os preceitos da PE. Embora a PE pregue a redução das movimentações, ao trabalhar com estoques reduzidos, ocorre significativo aumento do número de viagens decorrente da redução de estoques e o aumento das distâncias das viagens consequente da fidelização de fornecedores, que por sua vez, aumentam as emissões atmosféricas provenientes da queima de combustível.

Ainda sob a perspectiva de redução de estoques, King e Lenox (2001) afirmam que esta ação pode aumentar a geração de resíduos de forma substancial. Outro ponto convergente que também apresenta um possível *tradeoff* observa-se pela política de entrega JIT, que ao prontificar todo suprimento necessário para eventuais demandas de produção, acaba-se gerando resíduos quando estes insumos não são utilizados.

Bashkite e Karaulova (2012) afirmam que as práticas de PE não têm como objetivos primários a redução de emissões de CO₂ e de outros poluentes, com isso, procurar identificar estes possíveis ganhos sob a perspectiva enxuta não é uma ação eficaz. Dües, Tan e Lim, (2013) reforçam esta ideia ao afirmarem que são dois paradigmas diferentes que tratam o termo “desperdício” (*waste*) de formas semelhantes, porém com perspectivas e objetivos distintos.

Os propósitos dos meios de produção da PE e da P+L para o atendimento às necessidades dos clientes são diferentes. Sob a ótica da PE, o cliente requer menores custos com reduzido tempo de entrega (CARVALHO; CURZ-MACHADO, 2014; MOLENKOPF et al., 2009, YANG; HONG; MODI, 2011; BASHKITE; KARALOUVA, 2012). Por outro lado, sob os preceitos da P+L, o produto deve ser entregue com o mínimo de impactos ambientais durante sua produção. Esta ideia contextualiza uma das hipóteses desta pesquisa se concentra na dependência de fatores externos para a integração da P+L à PE.

O projeto de produto segundo os princípios da PE não considera o fim de vida e as possibilidades antes do descarte do produto final. Neste caso são considerados somente aumento da qualidade e redução de custos (KAINUMA; TAWARA, 2006). A P+L visa modificações no produto visando redução dos impactos ambientais durante sua produção e facilidades para a reutilização e reciclagem interna dos produtos ao final de seu ciclo de vida.

Bashkite e Karaulova (2012) consideram que grande parte destes *tradeoffs* advém da falta de capacitação e informação sobre os princípios de sustentabilidade aos funcionários e

tomadores de decisão nas empresas, que por outro lado, dentro da realidade da PE já ocorrem de forma mais consciente e amadurecida.

Outro ponto de discussão apontado na literatura é sobre a cadeia de suprimentos. Enquanto existem correntes separadas de pesquisa sobre estratégias de produção e de cadeia de suprimentos, tais como ambientais, enxutas e globais, poucos autores abordaram a intersecção dessas iniciativas. Esta é problema segundo Mollenkopf, et al. (2010), porque as empresas podem estar perdendo as sinergias disponíveis através de uma melhor implementação simultânea e integrada.

Se analisadas de forma separada como é o que ocorre, os estudos podem não abordar importantes *tradeoffs* que podem surgir quando há incompatibilidades entre iniciativas estratégicas. Por exemplo, as estratégias *Lean* e *Green* são muitas vezes vistas como iniciativas compatíveis por causa de seu foco conjunto sobre a redução de resíduos. Quando as iniciativas *Lean* permitem apenas volumes de fluxos puxados através da cadeia de suprimentos, pode-se reduzir inventários, itens produzidos, transportados, embalados e manipulados, o que por sua vez, também minimiza os impactos ambientais negativos da cadeia de suprimentos. Contudo, as estratégias enxutas que empregam a entrega JIT com lotes pequenos pode exigir o aumento do transporte, embalagem e manipulação, o que pode contradizer abordagens de cunho ambientalmente sustentáveis (MOLLENKOPF et al., 2010).

Não foi encontrado nenhum trabalho que analisasse a relação entre a PE a e P+L. Segundo a revisão bibliográfica realizada nesta pesquisa foi possível identificar vários estudos que pesquisaram algumas relações entre alguns princípios, ferramentas, objetivos de sustentabilidade ambiental e a PE. Estes estudos são em grande parte teóricos.

De forma geral, os trabalhos encontrados na literatura direcionam a convergência dos conceitos de PE e de práticas de sustentabilidade ambiental em resultados de redução de resíduos e controle de poluição, conforme confirma Dües, Tan e Lim, (2013). Os “efeitos colaterais” assim denominados na literatura da PE que resultam em ganhos ambientais são provenientes especialmente de práticas voltadas a redução de desperdícios com foco na geração de valor e na redução de custos, que por sua vez, promove significativo acultramento enxuto nas empresas beneficiando a gestão de resíduos produtivos.

Muitos estudos propõem que ao praticar os princípios e objetivos da PE nos processos de manufatura, automaticamente já se coloca em prática a sustentabilidade ambiental. Outros

estudos até citam ambos como sinônimos. Esta constatação deve especialmente à contribuição significativa da PE para a redução de resíduos e desperdícios na produção.

Já os princípios de P+L preveem a redução de desperdício, perdas e incluem como prioridade a prevenção e minimização de impactos ambientais dentro do contexto das dimensões ambiental, econômica e social. Sob a perspectiva da PE durante os cálculos de eficiência produtiva, os impactos ambientais não são contabilizados. Esta realidade, dentre outras que serão mais bem discutidas ao longo do trabalho evidenciam que a PE não é sinônimo de sustentabilidade ambiental.

Nesta pesquisa, considerou-se coerente afirmar que a PE e Sustentabilidade Ambiental podem se complementar devido às suas diferentes naturezas, haja vista que os princípios de objetivos da PE são focados na redução de desperdícios e perdas sob o enfoque estritamente econômico. Contudo, os conceitos não são considerados como sinônimos e nem mesmo similares.

Em suma, não há definição das práticas de sustentabilidade ambiental e os ganhos de ordem ambiental na maioria são focados na redução do consumo de recursos, na minimização da geração de resíduos e na redução da poluição consequente destes dois primeiros aspectos ambientais. Por outro lado, grande parte dos aspectos e impactos ambientais dos processos de produção que são vislumbrados pela P+L não são considerados nestes trabalhos.

O que se verifica na grande maioria dos trabalhos é a busca por resultados ambientais decorrentes de práticas de PE o que não pode ser considerada uma integração. Como visto, tratam-se de efeitos colaterais que a PE aufere aos processos produtivos.

Contudo, os estudos mais detalhados recomendam a integração e não exploram a relação entre os constructos, o que é essencial para a proposta de meios e modelos para a integração da PE com a P+L.

A perspectiva de um modelo de produção enxuto e mais limpo se dá pela integração das práticas, uma vez que os departamentos ambientais ganharão familiaridade e proficiência com métodos e processos e ferramentas enxutas. Estas ferramentas e técnicas de PE por sua vez, pode ser considerada uma excelente plataforma para incorporar ferramentas de sustentabilidade ambiental tanto para produtos quanto para processos. Contudo, conforme afirma Pojasek (2008), se os princípios e práticas de sustentabilidade ambiental não estiverem fortemente consolidados em ambientes fabris enxutos, a eficiente filosofia da PE pode aumentar os problemas ambientais envolvidos com os processos produtivos.

4 ANÁLISES QUALITATIVAS

Este capítulo é dividido em duas seções principais. A primeira delas trata do estudo de caso empregado nesta pesquisa como um Pré-teste e a segunda retrata a análise cruzada dos casos estudados nesta pesquisa.

4.1 Pré-teste

Cabe ressaltar que um pré-teste é diferente de um piloto. O estudo de caso pré-teste tem caráter exploratório, sendo denominado por Yin (2015) como um “ensaio” formal que visa construir o planejamento do (s) estudo (s) de caso seguinte (s). Neste trabalho, o Pré-teste contribuiu, de forma paralela e complementar, com a revisão bibliográfica para delimitar o escopo da pesquisa.

4.1.1 Contextualização sobre o Pré-teste

Este estudo exploratório, denominado de Estudo de Caso Pré-Teste foi realizado dentro do âmbito do Grupo de Engenharia de Gestão do Ciclo de Vida (EGCV), do Departamento de Engenharia de Produção pertencente à Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP).

A parceria com a empresa pesquisada se iniciou logo após a conferência internacional “Ecoinovação para a Melhoria Ambiental de Produtos e Serviços: Experiências Espanholas e Brasileiras nos Setores Industrial, Urbano e Agrícola” realizada no ano de 2012 por meio de um projeto conjunto entre a Universidade Autônoma de Barcelona (UAB), USP e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), financiado pelo programa CAPES/DGU Edital nº 022/2011.

O projeto em parceria foi formalizado, por meio de um convênio acadêmico, no início de 2013 e tinha como proposta a implantação da P+L em uma célula produtiva da empresa e com isso, realizar uma análise exploratória sobre as perspectivas e barreiras para a integração da P+L com a PE durante esta fase de implantação. A implantação da P+L seguiu as etapas propostas por UNIDO e UNEP (1995) e CNTL (2003). Cada uma das fases propostas por estas duas metodologias foi implementada até o balanço de massa, em que as oportunidades de P+L seriam então propostas.

Contudo, após 13 (treze) meses de implantação da P+L em uma célula produtiva, a empresa sofreu mudanças na diretoria e em seu planejamento estratégico e rompeu o projeto. Segundo a responsável pelo projeto na empresa, os objetivos de ordem ambiental foram excluídos das prioridades da empresa no momento e o convênio acadêmico foi rescindido 1 (um) mês após a qualificação deste trabalho.

Foi possível identificar que o fenômeno da integração das práticas das P+L com as práticas da PE se daria complementarmente em duas grandes esferas da empresa. A primeira se concentra no âmbito estratégico, onde a proposta de integração deveria ser inserida; e a segunda é sustentada no escopo de Gestão de Operações, com foco especial nas relações entre as práticas de P+L e de PE.

A segunda esfera foi escolhida para a realização deste trabalho, por estar diretamente ligada à Gestão de Operações, que é a área do conhecimento da Engenharia de Produção em que se insere esta pesquisa de doutorado. Neste escopo, foi possível identificar pelo estudo de caso Pré-teste que há uma necessidade eminente de identificar como seriam as relações das práticas de P+L e da PE frente ao desempenho econômico, operacional e ambiental das empresas, uma vez que elas são adotadas e empregadas distintamente e isoladamente até o momento atual.

4.1.2 Caracterização do caso Pré-teste

O estudo de caso foi realizado em uma empresa do setor aeronáutico localizada no Estado de São Paulo com significativa maturidade em PE, demonstrada por publicações técnicas, mídias especializadas e pelo tempo de implantação das práticas (≥ 10 anos). Este estudo de caso será denominado nesta pesquisa de “Pré-teste”.

O estudo de caso consistiu em mais de 10 (dez) visitas *in loco* sendo realizadas análises de uma célula produtiva, treinamentos ambientais para os colaboradores do setor, análise de documentos, entrevistas com gestores, aplicação de questionários estruturados com funcionários da unidade analisada e por fim e não menos importante pela observação dos pesquisadores durante este processo de implantação parcial da P+L.

A Pré-teste atua no mercado há mais de 4 (quatro) décadas e atua no setor aeronáutico. É uma empresa brasileira de grande porte, com unidades espalhadas por diferentes países e gera

mais de 18000 (dezoito mil) empregos diretos e indiretos. A distribuição da receita desta empresa é apresentada na Figura 15.

Figura 15 – Distribuição da receita e da atuação da empresa Pré-teste

Fonte: Elaborado pelo autor.

O sistema geral de produção de aeronaves é composto pelos seguintes segmentos: fábricas integradoras; fábricas de motores; fábricas aniônicas; e fábricas de estruturas aeronáuticas (submontagens e subsistemas).

Este ramo da indústria de transformação investe massivamente em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), haja vista a complexidade do produto e dos processos de produção. Notoriamente as empresas deste setor são reconhecidas pelo minucioso processo de aprendizagem que seus funcionários participam e desenvolvem. Os produtos possuem ciclo de vida de 20 (vinte) a 30 (trinta) anos e geralmente são produzidos em séries reduzidas, assim o produto final possui alto valor agregado. A tecnologia empregada para a empresa é de alto valor agregado e é imprescindível para a produção industrial brasileira.

É uma empresa com foco em inovação e possui programas de formação e capacitação de seus profissionais. Este ramo exige a necessidade de certificações aos componentes, subprodutos e produtos finais. Os altos padrões de qualidade e as condições rigorosas firmadas para as relações de pós-venda conferem ao setor maior autonomia no mercado, pois estes padrões dificultam a entrada de novos concorrentes no mercado principal.

Os sistemas de gestão da qualidade, ambiental e de saúde e segurança do trabalho são certificados respectivamente pelas normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001. A maior parte, aproximadamente 90%, dos fornecedores da empresa Pré-teste é composta por organizações internacionais.

A Pré-teste possui um programa de excelência empresarial que tem como norte a melhoria contínua dos produtos e processos, sustentado pelos princípios e pela prática da PE. Este programa que aqui recebe o nome de Programa Alfa é composto por quatro pilares: cultura organizacional; desenvolvimento das pessoas; desenvolvimento da liderança; e eficiência empresarial. O programa Alfa é alicerçado pela adoção e condução periódica de eventos *Kaizen* realizados por grupos interdisciplinares. Esta conduta interna é conhecida no campo da Gestão de Operações como *Trade Studies*.

A Pré-teste se divide em células de melhoria contínua, conforme o fluxo de valor da organização. O desempenho das células é avaliado e, de acordo com sua evolução, são classificadas em diferentes níveis de maturidade em excelência. A empresa é gerenciada por células e o programa Alfa de excelência empresarial recorre à esta estratégia para alavancar os processos de melhoria contínua.

4.1.3 Análise do caso Pré-teste

Primeiramente foi selecionada uma célula produtiva dentre as 50 (cinquenta) células que a fábrica possui. Realizou-se esta estratégia de pesquisa visando possibilitar a coleta de dados suficientes para analisar as práticas de P+L e de PE. A seleção foi realizada em conjunto pela equipe de pesquisadores e os representantes da direção por parte da organização estudada.

A célula selecionada possui uma incidência significativa de aspectos e impactos ambientais decorrentes de seus processos produtivos, o que significa um cenário com muitas oportunidades para melhorias ambientais. Esta célula tem a pintura como maior parte de seus processos e, dentre estes, a fuselagem como principal subprocesso.

Foi ministrado um treinamento ambiental, abordando especificamente a estratégia P+L, aos funcionários deste setor em um evento interno realizado pela organização Pré-teste. Em seguida, realizou-se a formação de um Ecotime na empresa para representar e responder diretamente pelo projeto de implantação. Para responder multidisciplinarmente, conforme esperado pela integração proposta, esta equipe foi composta por colaboradores da gerência

geral, engenharia e *design*, saúde e segurança do trabalho, departamento ambiental, qualidade, especialistas de PE, dentre outras áreas.

A pré-avaliação foi realizada pelo acompanhamento contínuo da célula produtiva em análise, bem como análise de documentos e elaboração de fluxogramas dos processos produtivos. Seguindo o enfoque proposto pelo estudo, foram aplicados questionários como meios de diagnosticar os aspectos de gestão e cultura empresarial que mais impactariam na integração proposta.

Verificou-se que alguns resultados gerados pela PE contribuem positivamente com os objetivos propostos para a P+L. Observa-se que o foco em redução de desperdícios acarreta diretamente na diminuição da geração de resíduos sólidos, de efluentes líquidos e das emissões gasosas. Contudo estas atividades são focadas estritamente na redução de custos.

Os indicadores ambientais apresentados na gestão à vista da empresa abordam alguns requisitos do SGA e também de saúde e segurança ocupacional da empresa. Não há gerenciamento contínuo e sistemático do uso de produtos e insumos bem como da geração de resíduos, efluentes e emissões para cada processo produtivo.

As ferramentas MFV, *Kaizen* e JIT utilizadas pela empresa Pré-teste não consideram aspectos e impactos ambientais como parte de seus escopos de análises, como há de se esperar já que a PE não tem este enfoque. Estes são meios muito utilizados pelas empresas na maior parte dos processos produtivos, e desta forma devem ser considerados pontos importantes para a consideração da questão ambiental.

O JIT observado na célula de pintura foi observado como uma barreira para a implantação da P+L. Visando atender prioritariamente o planejamento do JIT, os insumos de produção utilizadas pela célula devem ocorrer mesmo que estes não sejam utilizados totalmente pela etapa do processo. Como resultado frequente, tem-se a preparação destes insumos sem seu uso e, portanto, a geração de resíduos de forma desnecessária.

A visão de desempenho da produção ainda é fortemente focada na gestão de custos gerais da produção. Obviamente que as práticas e ferramentas da PE buscam identificar os principais geradores de custos e desperdícios, mas desde que estes afetem diretamente o custo da produção.

É possível notar um contrassenso entre variáveis que sugerem o conhecimento dos funcionários para a geração de resíduos por processos e para o consumo de recursos e custos de tratamento para cada processo produtivo. Esta evidência mostra o comprometimento dos

funcionários para a minimização da geração de desperdícios fortemente buscada pela PE, sobretudo para a redução de custos. Contudo, não há uma preparação e incentivo para os funcionários identificarem a fonte geradora destes desperdícios sob o enfoque ambiental, ou seja, visando prevenir impactos ambientais, especialmente para aqueles que possuem valores financeiros intangíveis.

Por outro lado, para que seja possível identificar a causa-raiz, seguindo os princípios da P+L, a empresa precisa identificar os aspectos ambientais em suas fontes geradoras para que seja possível prevenir os impactos ambientais de seus processos produtivos.

Para isso a empresa deve medir de forma estratificada e individual o uso e consumo de recursos como matéria prima, energia, água, insumos e componentes em cada um dos processos produtivos. Deste modo, o conhecimento dos processos produtivos pelos operadores deve acompanhar ser acompanhado pelos conhecimentos dos princípios e práticas de P+L propostas pelo planejamento integrado entre a PE e a P+L.

4.1.4 Conclusões sobre o caso Pré-teste

A principal constatação deste estudo considerado como um ensaio para a delimitação do escopo desta pesquisa é que não há como propor um modelo de integração entre a P+L e a PE sem o conhecimento prévio e empiricamente demonstrado das relações entre as práticas de ambas.

Além disso, constatou-se que não há como operacionalizar a integração sem que haja comprometimento da direção e sem que esta proposta esteja estabelecida no planejamento estratégico da empresa.

O risco para a empresa Pré-teste em iniciar a implantação de um modelo integrado é muito grande em termos operacionais, técnicos e econômicos. Esta evidência pode ser generalizada à outras empresas e de diferentes ramos industriais, uma vez que os riscos são inerentes e independentes do setor econômico e da tipologia produtiva.

Desta forma, torna-se essencial uma compreensão prática de como se comportariam as práticas da P+L e da PE perante o desempenho da empresa, uma vez que estas práticas são implantadas e gerencias isoladamente e distintamente no cenário atual.

4.2 Análise cruzada dos estudos de caso

Conforme apresentado nos métodos de pesquisa deste trabalho, esta seção tem como objetivo apresentar e caracterizar os estudos de caso e analisar os constructos P+L e PE de formas isoladas e como elas são estruturadas à luz da compreensão de suas inter-relações em um cenário onde fossem integrados.

As análises foram elaboradas de forma cruzada, ou seja, as informações de cada caso foram contrapostas com as informações dos outros casos. Foram analisadas a gestão da P+L e da PE nas empresas e desta forma, foi possível explicar as relações entre as práticas analisadas pela etapa Quantitativa.

4.2.1 Apresentação e caracterização dos casos

Conforme explicado no método de pesquisa, a amostra de estudos de caso múltiplos foi composta por 6 (seis) estudos de caso: empresa A; empresa B; empresa C; empresa E; empresa F; e empresa G.

Todas as organizações pesquisadas são de grande porte e atuam no mercado internacional com exportações, importações e principalmente por serem empresas multinacionais com sedes estrangeiras. Todas empresas atuam em ramos industriais de grande complexidade na produção, exigindo altos padrões de qualidade de seus processos e produtos devido à forte concorrência do mercado e exigência internacional.

Percebe-se então a motivação pela busca e implantação da PE, uma vez que a manufatura exerce função central na estratégia das empresas e a geração de valor ao cliente, a redução de desperdícios e a qualidade são fatores que contribuem para suas colocações no cenário competitivo.

O Quadro 13 apresenta uma breve caracterização geral das empresas estudadas para melhor compreensão do contexto da P+L e da PE.

Quadro 13 – Caracterização geral das empresas

Empresa	Porte	Ramo industrial	Certificações de sistemas de gestão
A	Grande	Indústria química	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 9001: 2008 • ISO 14001: 2004 • OHSAS 18001:1999
B	Grande	Indústria química	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 9001:2008 • ISO TS 16949:2002 • ISO 14001: 2004 • VerificAr
C	Grande	<ul style="list-style-type: none"> - Setor automotivo - Tecnologia Industrial - Bens de Consumo e de Construção 	<ul style="list-style-type: none"> • ISO/TS 16949 • ISO 9001: 2008 • ISO 14001: 2004 • OHSAS 18001:1999
E	Grande	Sistemas elétricos	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 9001: 2008 • ISO 14001: 2004 • OHSAS 18001:1999
F	Grande	Setor automotivo	<ul style="list-style-type: none"> • ISO/TS 16949 • ISO 9001: 2008 • ISO 14001: 2004 • OHSAS 18001:1999
G	Grande	Setor automotivo	<ul style="list-style-type: none"> • ISO/TS 16949 • ISO 9001: 2008 • ISO 14001: 2004 • OHSAS 18001:1999

Fonte: Elaborado pelo autor.

São setores industriais com significativos impactos ambientais em seus processos produtivos e em seus produtos. Nota-se que a preocupação com a imagem de sustentabilidade corporativa é muito intensa por todos os casos estudados, pois são empresas com grande veiculação nas diversas mídias e seus produtos possuem grande visibilidade no mercado nacional e internacional.

Com isso, nota-se uma importante motivação para a adoção da P+L em seus processos produtivos, bem como a busca das certificações mencionadas no Quadro 13.

4.2.2 Análise cruzada da Produção mais Limpa nos casos

Esta seção se destina a analisar de forma cruzada intercasos as características principais da P+L, visando identificar como esta estratégia é gerida nas empresas.

Para cada constructo foram realizadas análises cruzadas por variáveis de análise que são dispostas nas colunas do Quadro 14. Além disso foram realizadas análises cruzadas com uma visão de integração entre os constructos perante os dados coletados nos estudos de caso.

Como pode-se observar no Quadro 14, as empresas implantaram as práticas de P+L em suas unidades para atender diretrizes de suas matrizes. Uma empresa em especial criou um

programa fundamentado pela abordagem preventiva de impactos ambientais em seus processos produtivos, o que contribuiu para a criação e disseminação do conceito de P+L no mundo.

Há neste sentido, a evidência de que as práticas de P+L são implantadas nas empresas pode determinação de suas matrizes dentro de outros programas mais abrangentes de Gestão Ambiental, que por sua vez, visam o cumprimento de requisitos legais. Desta forma, a P+L nas organizações é composta e gerenciada por projetos com metas específicas desdobradas de objetivos estabelecidos no planejamento estratégico de sustentabilidade corporativo.

Para isso as metas globais são distribuídas para as filiais e plantas das empresas que possuem equipes específicas de *Staff* para gerenciar os projetos e seus indicadores de desempenho. Estas equipes ou departamentos assumem, em um primeiro momento, a posição de clientes internos dos resultados ambientais dentro das empresas para depois transmitirem seus resultados às matrizes.

Os projetos são focados principalmente em tecnologias novas com melhoria de desempenho ambiental e econômico. A geração de resíduos e o consumo de recursos, em sua maioria energia elétrica, água e matéria-prima, é o foco principal dos projetos. Contudo, há preocupação para aspectos e impactos ambientais menos tangíveis como emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE) e de toxicidade de produtos.

A aprovação e então implementação dos projetos fica condicionada à viabilidade econômica ou ao retorno financeiro para a empresa.

Quadro 14 – Características da Produção mais Limpa

							Continua...
Empresa	Implantação da P+L	Gestão da P+L	Clientes internos da P+L	Clientes externos da P+L	Motivações para a P+L	Aceitação da P+L entre os níveis hierárquicos	Visão da P+L no plano estratégico (desdobramento estratégico)
A	- criou um programa que estimulou a origem da P+L - existe há 40 anos	- programa isolado de projetos internos com foco em <i>payback</i> econômico - equipe de <i>Staff</i> - objetivos dentro e fora da empresa (cliente externo) - metas globais de redução de impactos ambientais - controle dos projetos e resultados do programa na matriz (EUA) - não há sistematização	- engenharia de embalagens - engenharia de manufatura - foco em resíduos e emissões gasosas - departamento específicos (impactos ambientais significativos) - área de gestão de resíduos	- <i>Benchmarking</i> (mercado) - <i>Down Jones Sustainability Index</i> (acionistas)	- há incentivo para a adoção de projetos - reconhecimento na matriz por projeto selecionado - comunicação e divulgação internacional do projeto	- planos de emergência e pesquisas (projeto de revitalização) para identificação de melhorias quando há queda no engajamento	- programa global - dentro do plano estratégico de sustentabilidade, não dentro do plano estratégico da empresa
B	- adota o programa AR que é mais abrangente e tem as mesmas práticas no que se refere à produção	- realizada por um responsável dentro de cada fábrica - há um time de suporte - metas focadas em legislação e/ou requisitos da matriz	- departamento específicos (impactos ambientais significativos) - área de gestão de resíduos	- demanda dos clientes. A empresa fornece matéria-prima para uma vasta gama de produtos - regulamentações e legislações	- há classificação de plantas e remuneração variável em algumas fábricas. Esta prática não é regra para toda a empresa	- há participação do nível operacional na elaboração de metas - segundo metas estabelecidas	- atendimento ao programa AR (política) - proposta de objetivos globais
C	- diretrizes da matriz	- por <i>sites</i> ou plantas - por projetos paralelos - reunião anual de comitê para metas de redução de resíduos, emissões e redução de acidentes	- produção - matriz	- legislações	- programas anuais para premiação de projetos	- participação por projetos	- proposta de objetivos globais

Conclusão.

Empresa	Implantação da P+L	Gestão da P+L	Clientes internos da P+L	Clientes externos da P+L	Motivações para a P+L	Aceitação da P+L entre os níveis hierárquicos	Visão da P+L no plano estratégico (desdobramento estratégico)
E	- diretrizes da matriz	- por projetos com foco em <i>Zero Waste</i>	- produção - matriz	- suporte às normas certificadoras - regulamentações e legislações ambientais	- prêmios para sugestões e implantações de melhorias	- participação por projetos	- proposta de objetivos globais
F	- diretrizes da matriz	- por projetos de melhoria com departamento de apoio - <i>workshops</i> anuais para apresentação de resultados de projetos implantados	- produção - matriz	- suporte às normas certificadoras - regulamentações e legislações ambientais	- metas globais de redução de impactos ambientais - metas globais de economia com custos ambientais	- participação por projetos - há resistência à mudanças - há necessidade de medidas <i>Top down</i>	- proposta de objetivos globais
G	- diretrizes da matriz	- por projetos com foco em redução de impactos ambientais que tragam possíveis retornos econômicos - há análise da viabilidade ambiental em compras e em novos projetos da empresa - metas globais distribuídas para as plantas por meio de um programa específico	- produção - matriz	- suporte às normas certificadoras - regulamentações e legislações ambientais	- porcentagem do retorno financeiro obtido com o projeto - remuneração extra por projeto de sucesso - programa anual de reconhecimento	- processo <i>Top down</i>	- proposta de objetivos globais

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados advindos dos projetos de P+L contribuem para o cumprimento de requisitos normativos, como por exemplo os de Sistema de Gestão Integrado ou mais especificamente da norma ISO 14001, além de atender às legislações ambientais das filiais e das matrizes das organizações. Há também a busca destes resultados para a valorização da imagem da empresa perante o mercado de ações e perante à cadeia de valor em que se inserem as empresas.

Em geral as motivações para a criação, implementação, gerenciamento e melhoria dos projetos de P+L se dá por campanhas de reconhecimento e divulgações dos resultados e das melhores práticas no contexto corporativo. Este tipo de reconhecimento ocorre por meio de eventos anuais promovidos pelas empresas onde as boas práticas, os resultados e as equipes envolvidas são divulgados para toda a empresa.

Formas de remuneração variável ou de premiação financeira são atreladas ao retorno econômico ou *payback* dos projetos de P+L implementados. São adotados valores fixos ou relativos ao retorno que estes projetos apresentam. Aliados às metas desdobradas, estas duas formas de motivação são passadas em um processo *Top Down* garantindo melhor aceitação e compromisso dos colaboradores com a proposta e realização de melhorias ambientais por meio dos projetos de P+L.

Neste contexto há o desdobramento do planejamento estratégico específico para a questão da empresa perante suas práticas de sustentabilidade ambiental.

4.2.3 Análise cruzada da Produção Enxuta nos casos

Esta seção se destina a analisar de forma cruzada intercasos as características principais da PE, visando identificar como esta estratégia é gerida nas empresas.

A implantação das práticas da PE nestas empresas ocorreu de forma global logo que a PE atingiu grande repercussão no mundo, por volta da década de 90. Com exceção de uma empresa analisada, todas possuem um modelo de excelência operacional baseado nos princípios e pilares da filosofia *Lean*.

A gestão da PE nas filiais é realizada por equipes especialistas que são responsáveis pelo desdobramento dos objetivos estratégicos corporativos em metas para cada planta. As práticas foram e estão instauradas nos ambientais produtivos das empresas.

A relação cliente-fornecedor instaurada principalmente pelo *layout* celular produtivo, pela busca por células semiautônomas e pela gestão de processos coloca as próprias células de manufatura na posição de clientes internos das práticas de PE. Em outras palavras, há demanda interna na empresa pelos resultados de eficiência operacional e redução de desperdícios.

Em geral existem programas de auditorias e certificações internas das células o que promove competitividade entre as células e setores das empresas em busca de eficiência operacional e de redução de desperdícios. Neste caso, a medição é realizada por meio de *Key Performance Indicators* (KPIs) relativos por processos e produtos. Ou seja, os ganhos operacionais e produtivos são medidos por unidades de produção.

Por consequência, estes indicadores de desempenho são convertidos em eficiência e eficácia operacional e são repassados ao produto que por sua vez são demandados pelos clientes das empresas, especialmente em relação à qualidade em sua abordagem de valor, ou seja, pela relação custo-benefício dos produtos.

O Quadro 15 sintetiza as evidências de PE analisadas nas empresas.

Quadro 15 – Características da Produção Enxuta

							Continua...
Empresa	Implantação da PE	Gestão da PE	Clientes internos da PE	Clientes externos da PE	Motivações para a PE	Aceitação da PE entre os níveis hierárquicos	Visão da PE no plano estratégico (desdobramento estratégico)
A	<ul style="list-style-type: none"> - implantação global - há programa de implantação em todas as unidades da empresa - tem um sistema próprio baseado na filosofia <i>Lean</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - há uma equipe por cada uma das plantas da empresa no país - há desdobramentos dos objetivos em metas para cada planta - especialistas específicos por plantas para implantação das práticas - foi e está instaurada na manufatura - há programa de auditoria e certificação interna - medição por processos e produtos 	<ul style="list-style-type: none"> - gerentes de sites, diretor de manufatura e gerentes de processos - área de negócios devido à redução de custos 	<ul style="list-style-type: none"> - demanda dos clientes externos diretos, especialmente automotivos 	<ul style="list-style-type: none"> - certificações dos setores de manufatura - estabelecimento de 3(três) níveis de maturidade de células produtivas - premiação e comunicação interna e externa 	<ul style="list-style-type: none"> - há harmonia, consenso e comprometimento entre os níveis estratégico, tático e operacional 	<ul style="list-style-type: none"> - proposta do CEO - diretoria executa auditoria - há apoio e envolvimento da diretoria geral de operações
B	<ul style="list-style-type: none"> - implantação por solicitação da matriz como base do programa de excelência operacional 	<ul style="list-style-type: none"> - há equipe de multiplicação das práticas - todas as unidades são gerenciadas - todos os colaboradores são treinados - há gestor (representante da PE) em cada departamento - medição por processos e produtos 	<ul style="list-style-type: none"> - manufatura - células cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - motivações para treinamentos - há reconhecimento para boas práticas 	<ul style="list-style-type: none"> - há dificuldade de aceitação na média liderança 	<ul style="list-style-type: none"> - processo <i>Top down</i>
C	<ul style="list-style-type: none"> - implantada na década de 90 - tem um sistema próprio baseado na filosofia <i>Lean</i> - baseado no TPS por meio de visitas na Toyota 	<ul style="list-style-type: none"> - tem uma área líder mundial - <i>workshops</i> trimestrais em todas as cadeias de agregação de valor da empresa - medição por processos e produtos 	<ul style="list-style-type: none"> - cadeias de agregação de valor (<i>upstream</i> até o fornecedor) 	<ul style="list-style-type: none"> - cliente 	<ul style="list-style-type: none"> - metas específicas por unidade de produto em cadeias de agregação de valor - programas de formação humana 	<ul style="list-style-type: none"> - há harmonia, consenso e comprometimento entre os níveis estratégico, tático e operacional 	<ul style="list-style-type: none"> - partiu da presidência global

							Conclusão.
Empresa	Implantação da PE	Gestão da PE	Clientes internos da PE	Clientes externos da PE	Motivações para a PE	Aceitação da PE entre os níveis hierárquicos	Visão da PE no plano estratégico (desdobramento estratégico)
E	- em 2000 - iniciativa corporativa - tem um sistema próprio baseado na filosofia <i>Lean</i>	- gestão por conjuntos de plantas (América Latina) - desdobramento, implementação e padronização por plantas - modelo global de avaliação de desempenho - metas mundiais	- manufatura - células cliente	- cliente	- redução de custos - reconhecimento (celebração) por resultados de eventos <i>Kaizen</i> - remuneração variável para metas de melhoria contínuas gerais	- há harmonia, consenso e comprometimento entre os níveis estratégico, tático e operacional - há necessidades esporádicas de estímulos para evitar retrocessos	- iniciativa corporativa
F	- implantação por solicitação da matriz	- medição por produtos - práticas são realizadas necessariamente na produção	- manufatura – redução de custos	- cliente	- participação nos resultados ligada à produtividade	- há harmonia, consenso e comprometimento entre os níveis estratégico, tático e operacional	- iniciativa corporativa
G	- em 1999 - iniciativa corporativa - tem um sistema próprio baseado na filosofia <i>Lean</i>	- medição por produtos - práticas são realizadas necessariamente na produção	- manufatura - células cliente	- cliente	- participação nos resultados ligada à produtividade - reconhecimento (celebração) por resultados de eventos	- há harmonia, consenso e comprometimento entre os níveis estratégico, tático e operacional	- iniciativa corporativa

Fonte: Elaborado pelo autor.

As ações de observações contínuas e sistemáticas dos processos e do trabalho, conhecidas como *Gemba Walk* permitem aproximação das metas de redução de desperdícios à realidade dos processos desenvolvidos em todos os âmbitos da empresa.

A motivação acaba sendo refletida também pela remuneração variável advinda do aumento da receita que por sua vez foi conquistada pelo aumento da eficiência operacional.

Por isso, em geral há harmonia, consenso e comprometimento entre os níveis estratégico, tático e operacional, uma vez que o processo de desdobramento de metas, embora seja realizado em um processo *Top Down* natural, acaba por ser mais tangível e buscado pelos diversos níveis organizacionais.

Há em alguns momentos a necessidade de intervenções das equipes gerentes da PE nas empresas em adotar medidas para estímulos para evitar retrocessos.

4.2.4 *Análise cruzadas das relações entre a Produção mais Limpa e Produção Enxuta nos casos*

Esta seção se destina a analisar de forma cruzada intercasos as características principais observadas nas relações entre a P+L e a PE. A P+L e a PE foram implementadas por razões diferentes. Enquanto a PE objetiva o aumento da eficiência operacional e a redução de desperdícios visando ao aumento da qualidade e redução de custos para o fornecimento de seus clientes, a P+L visa o cumprimento de metas específicas em cumprimento aos requisitos legais. Há também o foco em projetos de P+L que oferecem o retorno econômico concomitantemente ao potencial de melhoria de desempenho ambiental que eles promovem.

De forma geral, a condução de práticas específicas de PE contribui para a redução do consumo de matéria-prima, de insumos, de energia elétrica e de água e também na geração de resíduos, contribuindo desta maneira para o cumprimento de metas ambientais das empresas. Desta forma, as práticas de PE acabam sendo utilizadas, devido à sua forte disseminação em ambientes enxutos de produção, em projetos de P+L.

O Quadro 16 apresenta de forma sucinta estas características.

Quadro 16 – Características entre a Produção mais Limpa e a Produção Enxuta

Empresa	Relações entre P+L e PE	Equipes	Capacitação	Medição/ Indicadores
A	<ul style="list-style-type: none"> - são sistemas diferentes, mas podem ser integrados e complementares - quando há exclusões de etapas dos processos visando ganhos ambientais, há redução de desperdícios - a aplicação do pensamento enxuto reduz a geração de resíduos - a TPM aumenta a vida útil dos equipamentos e reduz o consumo de energia, de água e de insumos - a PE reduz o consumo de recursos e a geração de resíduos 	- distintas	- distinta	<ul style="list-style-type: none"> - distinta - independente, mas há inclusão de alguns objetivos EHS na medição da PE
B	<ul style="list-style-type: none"> - há ganhos de redução de desperdício e de geração de resíduos com o uso de práticas de PE 	- distintas	- distinta	<ul style="list-style-type: none"> - distintos - independentes
C	<ul style="list-style-type: none"> - há ganhos ambientais indiretos ou “colaterais” por meio das práticas de PE - são estratégias paralelas e não coincidentes 	- distintas	- distinta	<ul style="list-style-type: none"> - distintos - independentes
E	<ul style="list-style-type: none"> - há ganhos de redução de desperdício e de geração de resíduos com o uso de práticas de PE - há redução de consumo de energia decorrente de práticas de PE 	- distintas	- distinta	<ul style="list-style-type: none"> - distintos - independentes
F	<ul style="list-style-type: none"> - perdas e retrabalhos evitados pelas práticas de PE contribuem para a redução de impactos ambientais - há ganhos de redução de desperdício e de geração de resíduos com o uso de práticas de PE 	- momentos distintos	- distinta	<ul style="list-style-type: none"> - distintos - independentes
G	<ul style="list-style-type: none"> - perdas e retrabalhos evitados pelas práticas de PE contribuem para a redução de impactos ambientais - há ganhos de redução de desperdício e de geração de resíduos com o uso de práticas de PE 	- distintas	- distinta	<ul style="list-style-type: none"> - distintos - independentes

Fonte: Elaborado pelo autor.

As equipes de gestão da PE e da P+L são diferentes nas empresas. Contudo, o corpo operacional é mesmo. Neste sentido, eles se defrontam com metas e trabalhos diferentes para cumprirem em suas rotinas, dependendo do foco vigente.

Os treinamentos e capacitações ocorrem de formas diferentes. A PE é disseminada dentro de cultura organizacional permitindo a sua adoção como uma filosofia de produção. Os grupos de trabalho e a filosofia de trabalho semiautônoma são pontos fortes da cultura da PE e que fazem com que a gestão e a medição do desempenho sejam proativas, sistemáticas e contínuas.

Os problemas e as oportunidades de melhorias são identificados em tempo real durante as rotinas de trabalho pelo próprio corpo funcional, contando ainda com o apoio das práticas do

Gemba Walk pelas células de produção. Desta forma, as propostas de soluções ocorrem efetivamente e rapidamente, tendo o corpo funcional maior autonomia de empregar-las e executá-las, que consequentemente gera resultados eficazes e mais rápidos.

Já a P+L é realizada por projetos isolados que são repassados ao corpo operacional. O corpo funcional tem pouca autonomia na gestão e medição do seu desempenho. A identificação de problemas ocorre, especialmente, quando há o vislumbre de retorno econômico em suas soluções. Mesmo assim, quando as oportunidades são identificadas, faz-se necessária a elaboração e submissão de projetos às equipes de *Staff*, que por sua vez, precisam avaliar as propostas e/ou projetos, submeterem à departamentos superiores e, com a aprovação e taxa de *payback* financeiro comprovada, inicia-se a implantação, acarretando em um significativo intervalo de tempo entre a identificação do problema e/ou oportunidade e a efetivação da solução, quando ocorre.

Os KPIs e suas medições são realizadas de formas separadas e independentes. A intersecção da medição do desempenho de práticas de PE e de P+L ocorre, de forma absolutamente indireta, quando o foco é redução de consumo de energia, água, matéria-prima e recursos e também na geração de resíduos.

No entanto, foi possível identificar que os gestores entrevistados demonstraram grande interesse pela integração entre as práticas, a gestão e a medição da PE e da P+L. Eles acreditam que esta integração seria um importante degrau para o desempenho sustentável da empresa. Como nota-se, há grande preocupação das empresas em integrar as práticas de PE e de P+L, com exceção de uma empresa. Nesta exceção o que se observou é que a PE e a P+L são geridas por departamentos totalmente distanciados, no que tange à gestão global da empresa. Além disso, observou-se que há pouco conhecimento das práticas de PE pelo departamento responsável pela P+L e vice-versa.

Já nas demais empresas observa-se um cruzamento, mesmo que indireto entre os departamentos e responsáveis pela PE e pela P+L. Nota-se ainda que os responsáveis por cada departamento possuem conhecimento, mesmo que superficial, das práticas de PE, para o departamento ambiental, e das práticas de P+L, para o departamento de PE.

O Quadro 17 sintetiza as perspectivas identificadas nos estudos de caso.

Quadro 17 – Perspectivas e barreiras entre Produção mais Limpa e Produção Enxuta

Empresa	Preocupação explícita da empresa em integrar	Perspectivas	Barreiras
A	Sim	<ul style="list-style-type: none"> - visão mais crítica - sistematização - intervenção governamental - integração e customização de indicadores - demanda do cliente - estabelecimento de metas e reconhecimento - mesma importância da P+L como tem a PE 	<ul style="list-style-type: none"> - visão do cliente - falta de conhecimento - falta de consciência para o estabelecimento de objetivos - em situações de <i>trade-offs</i> será priorizado o aspecto financeiro
B	Não	<ul style="list-style-type: none"> - aderência entre as práticas - sistematização 	<ul style="list-style-type: none"> - visão do cliente - mudança cultural na empresa - mudança de paradigma - fornecedores mais próximos
C	Sim	<ul style="list-style-type: none"> - consideram como o <i>link</i> para o futuro da medição do desempenho produtivo da empresa - primeiro foco em resíduos (projeto piloto) 	<ul style="list-style-type: none"> - visão do cliente - mudança cultural na empresa - falta de ligação e/ou conexão
E	Sim	<ul style="list-style-type: none"> - a PE pode levar à resultados ambientalmente sustentáveis em conformidade com a P+L - há perspectiva de que as práticas sejam conciliáveis e sinérgicas - há perspectiva de que os <i>trade-offs</i> possam ser equilibrados por uma questão cultural 	<ul style="list-style-type: none"> - visão do cliente - conciliação de objetivos - inclusão no planejamento - custos
F	Sim	<ul style="list-style-type: none"> - há perspectiva de que os <i>trade-offs</i> possam ser equilibrados por uma questão cultural - incorporação da cultura e no dia-a-dia da empresa 	<ul style="list-style-type: none"> - visão do cliente - falta de conhecimento - conciliação de objetivos - mudança cultural na empresa - mudança cultural na sociedade
G	Sim	<ul style="list-style-type: none"> - há perspectiva de que os <i>trade-offs</i> possam ser equilibrados por uma questão cultural - incorporação da cultura e no dia-a-dia da empresa 	<ul style="list-style-type: none"> - visão do cliente - falta de conhecimento - conciliação de objetivos - mudança cultural na empresa - mudança cultural na sociedade

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verificou-se, segundo expectativas das empresas, que a integração entre as práticas de PE e de P+L deve ocorrer para que as empresas tenham sustentabilidade no mercado atual e futuro. Como elas ainda não implementadas e gerenciadas de formas distintas e separadas, não foi possível avaliar os conflitos e *tradeoffs* decorrentes de sua integração. Contudo, segundo unanimidade dos entrevistados, não haveriam problemas ou barreiras de ordem técnica entre as práticas, uma vez que os especialistas acreditam haver significativa aderência entre elas.

Neste sentido, a perspectiva é que os objetivos e resultados entre a P+L e a PE sejam aderidos ao mesmo propósito e que sejam sistematizadas dentro do mesmo sistema e/ou contexto de produção. Assim, as possíveis barreiras ou *tradeoffs* de ordem técnica seriam transferidos para um contexto cultural, que por sua vez pode ser trabalhado com capacitação, engajamento ou *Empowerment*, o que por sua vez será facilmente disseminado devido à cultura enxuta das empresas.

Em relação à questão econômica, em alguns momentos a falta ou baixa expectativa de *payback* pode representar um obstáculo para as práticas de P+L dentro da cultura da PE, pois as empresas, neste contexto, se baseiam na demanda do cliente para a produção puxada pela eficiência produtiva, que, portanto, se foca principalmente em redução de custos. Com isso, observa-se que a demanda do cliente representa um importante gargalo no processo de integração entre as práticas de P+L e de PE.

No contexto organizacional, a expectativa é de que toda a empresa ganhe com esta integração, desde o âmbito econômico com a otimização de recursos financeiros, humanos e estruturais, quando para a melhoria operacional e da imagem da empresa como um todo. Contudo, a falta de conhecimento de como integrar se mostra como principal barreira organizacional para a integração das práticas de P+L e de PE.

É preciso que o planejamento, os objetivos, a gestão e a medição do desempenho, nesta ordem de sequência, sejam conciliados e sistematizados dentro do mesmo sistema e/ou contexto.

5 ANÁLISES QUANTITATIVAS – RELAÇÕES ENTRE PE, P+L E O DESEMPENHO DAS EMPRESAS

Este Capítulo se divide em duas grandes seções. A primeira consiste nas análises preliminares das variáveis (análises univariada) e a segunda seção consiste na técnica multivariada empregada na pesquisa.

5.1 Análises Preliminares

Nesta seção serão apresentados inicialmente os perfis dos respondentes e das empresas pesquisadas, pois estas informações podem contribuir para a análise multivariada, uma vez que características dos casos podem influenciar o fenômeno pesquisado.

5.1.1 Caracterização da amostra

A primeira característica a ser analisada é a função do respondente dentro da empresa, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 – Função do respondente na empresa
Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior parte da amostra é composta por colaboradores que ocupam cargos de gestão e possuem conhecimento sobre as práticas de PE, uma vez que ocupam cargos de liderança e/ou

execução destas práticas nas empresas. Esta característica é um indicador de confiabilidade para as respostas atribuídas ao instrumento de coleta de dados.

O tempo de atuação do respondente na empresa é apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Tempo de atuação do respondente na empresa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que grande parte dos respondentes ocupam seus cargos na empresa há em até 5 (cinco) anos, o que condiz com a atual realidade dinâmica das empresas em relação aos seus gestores.

Contudo, pode considerar que a amostra total de respondentes atua na empresa o tempo suficiente para ter propriedade de seus processos e práticas e então responder satisfatoriamente ao questionário.

O porte da empresa pode ser visto pela Figura 18.

Figura 18 – Porte da empresa

Fonte: Elaborado pelo autor.

A maior parte das empresas estudadas é de grande porte, condizendo à adoção das práticas de PE e de P+L. Esta característica já era prevista uma vez que este porte de empresa tem maiores condições de investimentos e sistemas e estratégias de gestão.

O tempo de atuação das empresas no mercado é apresentado pela Figura 19.

Figura 19 – Tempo da empresa no mercado

Fonte: Elaborado pelo autor.

A amostra é composta, em sua maioria, por empresas que já atuam no mercado há muito tempo, indicando considerável maturidade no mercado, o que também indica confiabilidade na gestão de seus processos, uma vez que permanece competitiva no mercado atual.

Outra característica importante para ao perfil das empresas é suas participações no mercado exterior. Esta informação é detalhada pela Figura 20.

Figura 20 – Percentual de exportação no faturamento

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que em sua maioria, as empresas participam de alguma forma no mercado internacional, obtendo parte de seus faturamentos por meio de exportação. Outra informação que pode influenciar as práticas de PE e de P+L se refere à tipologia majoritária de produção adotada pelas empresas. Esta informação pode ser vista pela Figura 21.

Figura 21 – Tipologia produtiva principal

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na produção sob encomenda, ou *Make to Order* (MTO), a venda antecede à produção, ou seja, a produção é iniciada depois que o pedido do cliente foi fechado (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1996). Neste tipo de produção, o cliente pode demandar um produto inédito ou diferente de pedidos anteriores, o que de certa forma acaba sendo um desafio para as práticas de PE, uma vez que dificulta a padronização dos processos. Por outro lado, esta tipologia favorece a redução de estoques.

Já a produção para estoque ou *Make to Stock* (MTS) a produção se baseia em previsões de vendas para darem início à manufatura propriamente dita fechada (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1996). Com isso, o pedido de cliente é rapidamente atendido, mediante a retirada do produto acabado do estoque. Possui a vantagem de oferecer *um lead time* muito reduzido, sendo adequado para a gestão de produtos com demanda bastante previsível.

Na montagem sob encomenda ou *Assembly to Order* (ATO), os produtos ou partes deles são produzidos previamente e armazenados visando uma previsão futura de demanda pelo cliente (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1996). Com isso, o pedido de cliente inicia o término da montagem do produto mediante a utilização dos componentes já produzidos.

Como era de se esperar, a menor taxa de tipologia na amostra é para *Engineer to Order* ETO, uma vez que este tipo de produção representa um grande desafio para a cultura da PE. As

topologias mais adotadas pela amostra desta pesquisa apresentam características de produção puxada, que é um dos princípios da PE.

Por fim, a tipologia ETP ou Engenharia sob encomenda, etapas do projeto do produto são também executadas após a venda do produto (KRAJEWSKI; RITZMAN, 1996). Trata-se de uma extensão da MTO, uma vez que se baseia na encomenda para iniciar a manufatura.

Para pré-avaliar o conhecimento e utilização das práticas de P+L e de PE pelas empresas analisados, foram propostas questões iniciais no questionário para os respondentes. Os resultados podem ser vistos pela Figura 22.

Figura 22 – Utilização das práticas de Produção mais Limpa e Produção Enxuta.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que há maior adoção das práticas de PE do que de P+L. Contudo, cabe ressaltar que mesmo as empresas que afirmaram não utilizar nenhuma das práticas, acabam utilizando em grande parte algumas práticas de PE e de P+L, pois elas foram analisadas individualmente e de acordo com o elenco das práticas, estas foram tiveram seus níveis de adoção medidos e conferidos. Desta forma, todos os 208 (duzentos e oito casos) foram considerados aptos para a análise multivariada por atenderem satisfatoriamente à estas análises prévias.

Para possibilitar o conhecimento das variáveis e de seus comportamentos individuais, faz-se necessário sua apresentação inicial com análises univariadas e descritivas. A apresentação das variáveis latentes e das variáveis manifestas das práticas de P+L para são apresentadas na Tabela 4.

Cabe ressaltar que estas variáveis representam questões sobre o uso das práticas de P+L pelas empresas, em que 1 indica que a empresa discorda totalmente que adota prática e 7 indica que a empresa concorda totalmente que adota a prática.

Tabela 4 – Apresentação das variáveis e estatísticas descritivas das práticas de Produção mais Limpa

Continua...

Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
Projeto do Produto							
Substituição de materiais tóxicos e/ou poluentes no projeto	proddesign1	6	7	1.65	2.72	-1.14	0.62
Modificações no projeto do produto para melhorias ambientais	proddesign2	6	7	1.45	2.09	-1.15	1.01
Capacitação para desenvolvimento de produtos mais limpos	proddesign3	5	7	1.64	2.68	-0.60	-0.53
Processos Produtivos							
Limpeza e organização do ambiente produtivo e/ou chão de fábrica	prodprocess1	7	7	1.20	1.43	-1.53	2.31
Gerenciamento de matéria-prima, insumos, etc. de estoques	prodprocess2	6	7	1.23	1.52	-1.55	2.32
Manutenção periódica de equipamentos	prodprocess3	6	7	1.27	1.61	-1.24	1.19
Aperfeiçoamento e padronização de equipamentos	prodprocess4	6	7	1.26	1.58	-1.06	1.13
Padronização de instruções de trabalho	prodprocess5	6	7	1.33	1.77	-1.45	1.70
Separação de rejeitos e resíduos	prodprocess6	7	7	1.11	1.23	-1.98	4.91
Mecanismos para coleta de rejeitos e resíduos	prodprocess7	6	7	1.39	1.92	-1.38	1.50
Capacitação para processos de produção mais limpos	prodprocess8	6	7	1.56	2.42	-0.93	0.32
Substituição de materiais tóxicos e/ou poluentes nos processos	prodprocess9	6	7	1.33	1.77	-1.00	0.75
Controle dos processos produtivos	prodprocess10	7	7	0.99	0.99	-1.95	5.44
Modificações nos processos produtivos	prodprocess11	6	7	1.02	1.03	-1.76	4.44
Mudanças tecnológicas nos processos produtivos	prodprocess12	6	7	1.12	1.25	-1.33	2.18

Conclusão.

Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
Reutilização (reutilização no mesmo processo produtivo)							
Reutilização de rejeitos e resíduos	reuse1	5	6	1.91	3.66	-0.53	-0.75
Reutilização de água	reuse2	5	7	2.16	4.66	-0.58	-1.09
Aproveitamento de energia	reuse3	4	1	2.06	4.24	0.15	-1.28
Reciclagem interna (reutilização em outro processo produtivo da empresa)							
Reutilização de rejeitos e resíduos	internalrecy1	4	4	1.94	3.75	-0.27	-1.00
Reutilização de água	internalrecy2	5	7	2.22	4.91	-0.38	-1.27
Aproveitamento de energia	internalrecy3	3	1	2.05	4.19	0.23	-1.25
Reciclagem Externa							
Destinação de resíduos e rejeitos para outras empresas	externalrecy1	7	7	1.29	1.68	-2.28	5.64
Tratamento de resíduos e rejeitos	externalrecy2	6	7	1.77	3.14	-1.23	0.60
Descarte de resíduos e rejeitos	externalrecy3	6	7	2.08	4.34	-0.66	-0.92

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelos resultados das análises descritivas é possível identificar que as empresas adotam em grande parte as práticas de P+L. Nota-se que existe maior ênfase em práticas relacionadas aos processos produtivos e que práticas relacionadas à Reutilização e Reciclagem Interna são as menos adotadas.

Além disso, apesar de apresentares valores medianos significativos, as práticas de Projeto de Produto apresentaram significativa variância (altos valores de desvio-padrão e de variância). Cinco variáveis manifestas relacionadas às práticas de P+L aplicadas em Processos Produtivos apresentaram elevados índices de curtose, indicando não normalidade na distribuição destas variáveis na amostra.

Outra variável que apresentou este comportamento foi a destinação de resíduos para outras empresas, que apesar de não fazer parte do rol de práticas de P+L, foi analisada com o intuito de identificar-se a destinação dos resíduos das empresas.

Em suma, observa-se que há maior adoção de práticas de P+L relacionadas aos processos produtivos das empresas. De forma univariada, as variáveis relacionadas à adoção de práticas de P+L apresentam resultados positivos e, em grande parte, apresentam resultados de variância normal.

Cabe destaque as variáveis relacionadas à Reutilização, que consiste na reutilização no mesmo processo produtivo e à Reciclagem interna, que consiste na reutilização em outro processo produtivo da empresa. Estas apresentaram resultados mais próximos à neutralidade, embora medianamente possam ser considerados como práticas adotadas pelas empresas.

O próximo passo será analisar descritivamente as práticas de PE adotadas pelas empresas, conforme apresenta a Tabela 5.

Cabe ressaltar que estas variáveis representam questões sobre o uso das práticas de PE pelas empresas, em que 1 indica que a empresa discorda totalmente que adota prática e 7 indica que a empresa concorda totalmente que adota a prática.

Tabela 5 - Apresentação das variáveis e estatísticas descritivas das práticas de Produção Enxuta

Continua...

Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
Feedback do fornecedor							
Contato frequente com os fornecedores	suppfeed1	7	7	1.25	1.56	-1.44	1.59
Visitas frequentes na empresa pelos fornecedores	suppfeed2	6	6	1.52	2.31	-0.84	-0.02
Visitas frequentes da empresa nos fornecedores	suppfeed3	6	6	1.58	2.50	-0.80	-0.14
Retorno aos fornecedores sobre a qualidade e a entrega	suppfeed4	6	7	1.39	1.94	-1.57	2.48
Estabelecimento de relacionamento duradouro com fornecedores	suppfeed5	6	7	1.42	2.00	-1.07	0.63
Entrega <i>Just in Time</i> dos fornecedores							
Envolvimento dos fornecedores no desenvolvimento do produto	suppjit1	5	7	1.65	2.72	-0.54	-0.54
Entrega JIT dos fornecedores-chave para a empresa	suppjit2	5	7	2.02	4.08	-0.34	-1.17
Programa formal de certificação de fornecedores	suppjit3	6	7	1.93	3.73	-1.01	-0.20
Desenvolvimento de Fornecedores							
Compromisso contratual e anual dos fornecedores para redução de custos	suppdvt1	5	7	1.90	3.60	-0.39	-0.89
Localização próxima à empresa dos fornecedores-chave	suppdvt2	4	4	1.63	2.66	-0.24	-0.62
Canal de comunicação claro e direto com os fornecedores-chave	suppdvt3	6	7	1.59	2.54	-0.86	-0.08
Esforço contínuo para redução do número de fornecedores	suppdvt4	5	5	1.66	2.77	-0.51	-0.42
Gerenciamento dos estoques realizado pelos fornecedores-chave	suppdvt5	3	1	1.87	3.49	0.33	-1.08
Avaliação dos fornecedores com base no custo total e não por preço unitário	suppdvt6	4	4	1.64	2.70	-0.32	-0.58

Continua...

Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
Envolvimento do cliente							
Contato frequente com o cliente	cutinv1	7	7	1.40	1.96	-1.57	2.07
Visitas frequentes dos clientes na empresa	cutinv2	6	7	1.74	3.02	-0.82	-0.31
Retorno do cliente sobre o desempenho da qualidade	cutinv3	7	7	1.37	1.87	-1.52	1.83
Envolvimento dos clientes na oferta de produtos atuais e futuros	cutinv4	6	7	1.50	2.26	-1.12	0.73
Informação compartilha da empresa com o cliente sobre demandas	cutinv5	6	7	1.55	2.39	-1.00	0.54
Realização frequente de pesquisa de satisfação com o cliente	cutinv6	6	7	1.67	2.79	-1.18	0.55
Produção Puxada							
Produção puxada pela expedição de produtos acabados	pull1	5	7	2.03	4.11	-0.42	-1.02
Produção de uma estação é puxada pela próxima estação	pull2	5	7	1.97	3.86	-0.58	-0.83
Sistema de produção totalmente ou exclusivamente puxado	pull3	4	7	2.04	4.16	-0.13	-1.20
Uso de <i>Kanbans</i> e cartas de controle para controle da produção	pull4	5	7	2.09	4.35	-0.42	-1.14
Fluxo Contínuo							
Classificação dos produtos em grupos de acordo com processos similares	flow1	5	7	1.71	2.94	-0.68	-0.30
Classificação dos produtos em grupos de acordo com a programação (sequenciamento) similares	flow2	5	7	1.67	2.79	-0.78	-0.07
Agrupamento de produtos para produzir em fluxo contínuo uma família de produtos	flow3	6	7	1.76	3.09	-0.92	0.03
Determinação do <i>layout</i> da fábrica pela família de produtos	flow4	6	7	1.83	3.35	-0.80	-0.33
Ritmo de produção programa de acordo com a demanda do cliente	flow5	6	7	1.75	3.07	-0.93	0.02

Continua...

Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
Setup							
Esforço dos colaboradores para redução do <i>setup</i>	setup1	6	7	1.61	2.60	-0.80	-0.26
Trabalho da fábrica com baixo tempo de <i>setup</i>	setup2	5	7	1.74	3.02	-0.50	-0.59
Equipamentos da fábrica atuam com baixo tempo de <i>setup</i>	setup3	5	5	1.64	2.69	-0.37	-0.60
Controle Estatístico do Processo							
Equipamentos e processos sob controle da qualidade	spc1	6	7	1.64	2.70	-1.05	0.31
Uso extensivo de técnicas estatísticas para reduzir a variabilidade de processos	spc2	5	7	1.91	3.65	-0.77	-0.47
Uso de painéis visuais com gráficos e cartas de controle que ilustram taxa de defeitos são usados como ferramentas no chão de fábrica	spc3	6	7	1.93	3.74	-0.99	-0.19
Uso do diagrama de espinha de peixe para identificar as causas de problemas em qualidade	spc4	6	7	1.77	3.14	-1.23	0.60
Há estudos de capacidade de processo antes de lançar um novo produto	spc5	6	7	1.78	3.16	-0.92	-0.22
Envolvimento dos funcionários							
Importância dos colaboradores na formação de equipes para solução de problemas	empinv1	6	7	1.61	2.60	-1.19	0.72
Estímulo aos colaboradores de chão de fábrica em programas de sugestões de melhorias	empinv2	6	7	1.65	2.73	-1.26	0.66
Esforços dos colaboradores de chão de fábrica para melhoria dos produtos e processos	empinv3	6	7	1.71	2.92	-0.82	-0.18
Treinamentos multifuncionais para os colaboradores de chão de fábrica	empinv4	6	7	1.53	2.35	-0.64	-0.48

								Conclusão.
Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose	
Manutenção Produtiva Total (TPM)								
Dedicação de considerável parcela de cada dia para planejar atividades relacionadas à manutenção dos equipamentos	tpm1	5	5	1.67	2.80	-0.44	-0.66	
Realização de manutenção regularmente manutenção regularmente de todos os equipamentos da empresa	tpm2	6	7	1.58	2.48	-0.79	-0.11	
Manutenção de registros de todas as atividades de manutenção realizadas nos equipamentos	tpm3	6	7	1.64	2.69	-0.85	0.02	
Disponibilização e compartilhamento entre os colaboradores de chão de fábrica com registros de todas as atividades de manutenção realizadas nos equipamentos	tpm4	5	5	1.77	3.14	-0.38	-0.73	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Pelos resultados das análises descritivas é possível identificar que as empresas adotam em grande parte as práticas de PE. Cabe lembrar, conforme se apresenta no Método de Pesquisa, que a seção referente às práticas de PE do instrumento de coleta de dados (questionário) foi baseada no trabalho de Shah e Ward (2007), que foi uma publicação refinada de sua primeira versão Shah e Ward (2003). Com isso, observa-se mais confiabilidade e adequação deste instrumento que já foi previamente e amplamente testado cientificamente.

Nota-se que as variáveis de PE apresentam normalidade acentuada, com exceção da variável Retorno aos fornecedores sobre a qualidade e a entrega, que apresentou um valor de curtose maior do que 2,00.

De forma univariada, a amostra de variáveis de PE se apresenta bem distribuída, sendo possível verificar que as empresas da amostra adotam em elevados graus todas as práticas de PE analisadas nesta pesquisa.

Cabe destacar apenas que as variáveis relacionadas ao Desenvolvimento de Fornecedores apresentaram, em média, valores próximos à 5,00 e à 4,00, chegando próximos à neutralidade. Contudo, ainda podem ser consideradas como bem praticadas pela amostra de empresas estudada.

Na sequência da apresentação das variáveis descritivas e univariadas, serão apresentadas as variáveis relacionadas à medição de desempenho das empresas. A Tabela 6 sumariza estes valores.

É importante mencionar que estas variáveis representam questões sobre o desempenho das empresas, em que 1 indica que a empresa discorda totalmente que houve aumento do desempenho e 7 indica que a empresa concorda totalmente que houve aumento do desempenho.

Tabela 6 - Apresentação das variáveis e estatísticas descritivas das medidas de desempenho das empresas

Continua...

Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
Desempenho Ambiental do Produto							
Durabilidade dos produtos	envperfproduct1	5	4	1.36	1.84	-0.65	0.59
Reciclabilidade dos produtos	envperfproduct2	5	4	1.46	2.14	-0.54	0.15
Consumo de energia dos produtos	envperfproduct3	5	5	1.54	2.37	-0.40	-0.34
Utilização de materiais tóxicos e/ou poluentes no produto	envperfproduct4	6	6	1.48	2.20	-0.84	0.35
Desempenho Ambiental do Processo							
Emissões atmosféricas dos processos produtivos	envperfproc1	5	4	1.48	2.19	-0.63	0.03
Geração de águas residuais pelos processos produtivos	envperfproc2	5	4	1.29	1.67	-0.29	-0.12
Geração de resíduos sólidos pelos processos produtivos	envperfproc3	5	4	1.38	1.90	-0.31	-0.34
Consumo de materiais tóxicos e/ou poluentes pelos processos	envperfproc4	5	6	1.31	1.70	-0.43	-0.37
Consumo de energia elétrica pelos processos	envperfproc5	5	4	1.42	2.01	-0.33	-0.22
Consumo de água pelos processos	envperfproc6	5	4	1.36	1.84	-0.32	0.15
Consumo de matéria-prima pelos processos	envperfproc7	4	4	1.22	1.49	-0.44	0.46
Frequência de acidentes ambientais nos processos produtivos	envperfproc8	6	7	1.33	1.76	-1.21	1.44
Desempenho Operacional							
Produtos entregues no prazo	operperf1	6	6	1.32	1.73	-1.02	1.09
Níveis de estoque na empresa	operperf2	4	4	1.53	2.34	-0.39	-0.36
Satisfação dos clientes	operperf3	5.5	6	1.17	1.37	-0.86	1.24

Conclusão.

Variáveis	Código das Variáveis	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Assimetria	Curtose
Taxa de rejeitos	operperf4	5	6	1.29	1.66	-0.71	0.45
Qualidade dos produtos	operperf5	6	6	1.14	1.29	-0.78	0.69
Utilização da capacidade produtiva	operperf6	5	5	1.50	2.24	-0.56	-0.23
Desempenho Econômico							
Custo de compras	economicperf1	4	4	1.34	1.80	-0.17	-0.25
Custo de consumo de energia elétrica	economicperf2	4	5	1.61	2.60	-0.14	-0.81
Taxas de tratamento de resíduos	economicperf3	4	4	1.48	2.20	0.12	-0.32
Taxas de disposição de resíduos	economicperf4	4	4	1.45	2.11	-0.08	-0.28
Multas por acidentes ambientais	economicperf5	7	7	1.47	2.16	-0.86	-0.44
Desempenho dos Investimentos							
Valores de investimentos da empresa	investperf1	3	3	1.34	1.80	0.54	0.40
Custos operacionais da empresa	investperf2	4	5	1.39	1.94	-0.18	-0.63
Custos com treinamentos	investperf3	4	4	1.32	1.74	0.32	0.17
Custos de materiais sustentáveis	investperf4	4	4	1.21	1.47	0.49	1.12

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como visto, tanto as variáveis relacionadas ao desempenho ambiental, econômico e operacional apresentaram comportamento próximo à normalidade. Os valores medianos, de forma geral não foram elevados e em algumas das variáveis, especialmente às relacionadas ao desempenho econômico, foram próximas à 4,00. Contudo, é importante destacar que as empresas apresentaram forte resistência em informar resultados e indicadores de desempenho, uma vez que esta ação poderia representar conflitos internos e externos às empresas.

Neste sentido, cabe então focar as análises na proporcionalidade entre as variáveis e no comportamento geral de suas variâncias e covariâncias. Assim, torna-se possível identificar o comportamento padrão entre elas e então analisar o desempenho das empresas.

5.2 Análise Multivariada

Esta Seção apresenta os resultados obtido pelas técnicas de análise multivariadas, conforme mencionado no Capítulo 2, foi elaborada pela técnica PLS com o uso do software SmartPLS versão 2.0.

5.2.1 Modelo estrutural

O modelo elaborado foi o reflexivo e para a fase exploratória adotou-se ciclos iterativos de análises dos valores iniciais AVE, Alfa de Cronbach e Confiabilidade Composta confrontando-os com os critérios.

No primeiro ciclo a variável reciclagem externa 3, que representa o descarte de rejeitos e resíduos da produção da empresa teve carga de 0,262, o que representa um *score* muito baixo. As variáveis de reciclagem externa 1 e 2, que representam respectivamente a destinação de resíduos para empresas terceirizadas e a o tratamento de resíduos dentro da própria empresa apresentarem cargas significativas de 0,720 e 0,836 respectivamente. Contudo, a variável latente de reciclagem externa apresentou uma carga de 0,372, sendo então excluída do modelo.

No segundo ciclo iterativo, não houve diferença estatisticamente significativa entre as variáveis latentes Reuso e Reciclagem Interna. A primeira se refere à reutilização de rejeitos e resíduos nos mesmos processos produtivos, enquanto que a segunda se refere à reutilização de rejeitos e resíduos em outros processos produtivos da própria empresa, o que indica que não

houver sensibilidade suficiente para a distinção das variáveis e atribuição de pesos pelos respondentes. Desta forma, estas duas variáveis latentes foram agrupadas em uma só.

Mesmo assim a variável latente ainda não apresentou carga significativa (0,612) para representar a P+L. Além disso, o valor de AVE da variável latente P+L ficou como 0,430, o que não é estatisticamente significativo para sua representação no modelo. Desta forma, o reuso e reciclagem interna foram excluídas do modelo.

No terceiro ciclo de iterações, a variável latente de Projeto de Produto e Processos de Produção apresentaram cargas de 0,792 e 0,983 respectivamente em relação às suas representações perante o constructo P+L. Já as variáveis manifestas Projeto de Produto 1 e Projeto de Produto 2, que indicam respectivamente a substituição de materiais tóxicos e modificações no produto visando melhorias ambientais apresentaram cargas individuais de 0,592 e 0,676 respectivamente, indicando baixa significância estatística.

Contudo, visando seguir a regra de manter 3 (três) variáveis manifestas no mínimo para cada variável latente (Hair et al., 2009), optou-se por mantê-las no modelo de variáveis que compuseram o constructo P+L.

No quarto ciclo de iterações foi iniciada a modelagem estatística do constructo Desempenho. As variáveis manifestas investperf1 e investperf4 apresentaram cargas individuais baixas (0,133 e 0,257), não apresentando representatividade para o modelo de Desempenho. As outras duas variáveis investperf2 e investperf3 são muito próximas de retorno econômico e então foram incorporadas à variável latente de Desempenho Econômico.

No quinto ciclo de iterações, notou-se que as variáveis Investperf3, EconomicPerf3, EconomicPerf4 e EconomicPerf5 apresentaram cargas baixas e foram excluídas do modelo. Já no próximo ciclo as variáveis manifestas OperPerf1 e OperPerf6 apresentaram cargas baixas e foram excluídas do modelo. Seguindo para o ciclo 7 de iterações, observou-se que a variável EnvPerfProduct1 apresentou carga de 0,159, a variável EnvPerfProc8 apresentou carga 0,612 e a variável OperPerf5 apresentou carga 0,620. Sendo assim, estas três variáveis também foram descartadas do modelo.

Embora a variável EnvPerfProduct2, que representa a reciclabilidade dos produtos tenham apresentado uma carga muito baixa, optou-se por mantê-la no modelo, pois ela, somada à mais 2 (duas) variáveis respondem à regra mínima de manter 3 (três) variáveis manifestas para cada variável latente.

No oitavo ciclo de iterações obteve-se um modelo que estatisticamente melhor representou a relação entre as práticas de P+L e o desempenho das empresas. Na 9ª modelagem inseriu-se a PE e suas variáveis latentes e manifestas. Neste momento todas as variáveis foram estatisticamente significativas. Na 10ª modelagem inseriu-se as variáveis referentes ao constructo de motivações para a adoção de P+L. Visando atender a validade nomológica e a validade de expressão, optou-se por excluir este constructo da pesquisa, uma vez que os resultados encontrados não permitiram uma explicação coerente.

Então, após 10 (dez) ciclos iterativos de análises, obteve-se um modelo estrutural, que estatisticamente e segundo os critérios estabelecidos, melhor se apresentou para explicar os constructos analisados. O modelo final obtido é apresentado pela Figura 23.

As variáveis de PE foram mantidas pois apresentaram valores estatisticamente significativos dentro do modelo analisado. Uma plausível explicação para esta alta taxa de significância estatística das variáveis de PE e para a não necessidade de aplicação de ciclos iterativos, deve-se ao fato de que estas variáveis terem sido testadas em pesquisas publicadas com altos fatores de impacto, indicando que já houve um processo de refinamento por meio de iterações (SHAH; WARD, 2003; SHAH; WARD, 2007).

Figura 23 – Modelo de Equações Estruturais entre as práticas de P+L e PE e o Desempenho da empresa

Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo estrutural entre as práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho da empresa ilustrado na Figura 23 apresenta as variáveis latentes de segunda ordem, ou seja, apresenta as práticas de P+L e de PE. Lembrando que estas variáveis são compostas pelas variáveis manifestas ou observáveis. O modelo estrutural completo (com as variáveis manifestas) pode ser visto no APÊNDICE E – Modelo estrutural completo. Deste modelo é possível extrair-se os seguintes apontamentos principais:

- Há forte relação entre as práticas de PE e de P+L; e
- Há influência das práticas de PE nas práticas da P+L para o desempenho ambiental, operacional e econômico das empresas.

Este foi o modelo que melhor representou estatisticamente a relação das práticas de P+L e o desempenho das empresas. Contudo, nota-se que a carga entre o constructo P+L e o constructo desempenho é baixa, com o valor de coeficiente de caminho de 0,263, sendo que o recomendado por Hair et al (2009) e Garson (2016) é que os valores sejam iguais ou superiores à 0,500 para serem estatisticamente significativos.

É importante ressaltar que o desempenho global da empresa não pode ser refletido somente pelas práticas de P+L e de PE. Existem fatores macroeconômicos e outros microeconômicos, especialmente no espaço de tempo de coleta da pesquisa, que afetam significativamente o desempenho da empresa.

Além disso, outras práticas, sistemas e estratégias da empresa influenciam diretamente o desempenho das empresas. Observa-se ainda que as empresas demonstram certa resistência em apresentar dados relacionados aos seus desempenhos. Sendo assim, os valores absolutos das cargas em relação ao desempenho da empresa foram limitados, mas como meio de contornar esta dificuldade para as análises, foram consideradas as contribuições relativas das práticas de P+L e PE para o desempenho das empresas.

Como pode-se observar, há forte relação entre as práticas de PE e as práticas específicas de P+L. Dentro deste modelo, somente práticas de P+L relacionadas aos processos produtivos foram influenciadas pelas práticas de PE no desempenho das empresas. Nota-se ainda uma baixa carga entre a relação das práticas de P+L e de PE e o desempenho empresarial.

Os resultados dos critérios estatísticos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores de critérios estatísticos do modelo final

Variável Latente	AVE ($\geq 0,50$)	Confiabilidade Composta ($\geq 0,70$)	R ² ($\geq 0,50$)	Alfa de Cronbach ($\geq 0,70$)
Produção mais Limpa	0,605	0,944	0,655	0,934
Fluxo contínuo	0,685	0,916	0,558	0,885
Envolvimento do cliente	0,671	0,924	0,525	0,901
Desempenho Econômico	0,669	0,858	0,559	0,753
Envolvimento dos colaboradores	0,772	0,931	0,606	0,902
Desempenho Ambiental dos processos	0,635	0,924	0,889	0,903
Entrega <i>Just in time</i>	0,686	0,867	0,746	0,770
Produção Enxuta	0,451	0,973		0,972
Desempenho Operacional	0,517	0,756	0,489	0,540
Desempenho	0,447	0,910	0,064	0,890
Processos Produtivos (P+L)	0,605	0,944	1,000	0,934
Produção Puxada	0,721	0,912	0,527	0,870
<i>Setup</i>	0,831	0,937	0,575	0,898
Controle Estatístico do Processo	0,707	0,923	0,790	0,896
Desenvolvimento de Fornecedores	0,548	0,878	0,696	0,834
<i>Feedback</i> para os fornecedores	0,753	0,938	0,729	0,918
TPM	0,770	0,930	0,706	0,900

Fonte: Elaborado pelo autor.

O constructo PE e desempenho apresentaram valores de AVE abaixo de 5,00. Contudo a diferença para este valor foi bem próxima ao limite mínimo, conforme mostra a Tabela 7. É importante destacar que a MEE é realizada por ciclos iterativos com foco no alcance dos critérios estatísticos para a produção do modelo estrutural final. Com isso, em relação aos demais critérios, apenas o constructo desempenho ainda se mostrou abaixo do critério mínimo para R².

Cabe lembrar que este constructo é de difícil medição nas empresas, ainda mais em se tratando de opiniões de especialistas, uma vez que estes apresentam resistência em divulgar informações relacionadas ao desempenho das empresas em que trabalham.

Como estratégia para minimizar esta limitação de estudo, utiliza-se a análise da distribuição, variância e covariância, procurando identificar o comportamento padrão e proporcional destas variáveis específicas com as demais variáveis do estudo.

Validade discriminante

A Validade discriminante procura evidenciar o quanto cada variável manifesta corresponde à sua variável latente e não à outra variável latente. Para identificar a validade discriminante adotou-se o critério de Fornell-Larcker.

Segundo Hair et al. (2009), o critério de Fornell-Larcker diz que ao estabelecer-se uma matriz de correlação entre os componentes de cada variável latente com todas as outras variáveis da amostra, as variáveis latentes devem ter cargas de correlação maiores entre elas próprias do que os valores das correlações delas com as suas variáveis manifestas ou variáveis manifestas correspondentes à outras variáveis latentes.

Em outras palavras, este tipo de teste chamado de Análise de Cargas Cruzadas deve formar uma matriz em que os valores abaixo da diagonal sejam menores dos que os valores apresentados na própria diagonal. A Tabela 8 apresenta a Análise de Cargas Cruzadas seguindo o critério de Fornell-Larcker.

Tabela 8 – Validade Discriminante (Análise de cargas cruzadas)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. Produção mais Limpa	0.769																
2. Fluxo Contínuo	0.557	0.828															
3. Envolvimento do cliente	0.588	0.438	0.819														
4. Desempenho Econômico	0.063	0.073	0.013	0.818													
5. Envolvimento dos colaboradores	0.691	0.434	0.480	0.106	0.879												
6. Desempenho Econ. Processos	0.262	0.180	0.059	0.543	0.200	0.797											
7. Entrega <i>Just in time</i>	0.690	0.592	0.567	0.088	0.599	0.177	0.828										
8. Produção Enxuta	0.815	0.747	0.725	0.124	0.778	0.218	<u>0.864</u>	0.672									
9. Desempenho Operacional	0.292	0.325	0.262	0.467	0.359	0.519	0.275	0.378	0.719								
10. Desempenho	0.263	0.216	0.104	0.747	0.247	0.943	0.208	0.269	0.699	0.669							
11. Processos produtivos (P+L)	<u>1.000</u>	0.556	0.587	0.062	0.690	0.262	0.689	<u>0.814</u>	0.291	0.263	0.769						
12. Produção Puxada	0.542	0.724	0.428	0.140	0.452	0.125	0.589	<u>0.726</u>	0.315	0.194	0.541	0.849					
13. <i>Set up</i>	0.622	0.579	0.416	0.180	0.649	0.297	0.544	<u>0.758</u>	0.333	0.327	0.621	0.566	0.912				
14. Controle estatístico do Processo	0.739	0.642	0.551	0.132	0.756	0.182	0.742	<u>0.889</u>	0.358	0.241	0.738	0.580	0.684	0.841			
15. Desenvolvimento de fornecedores	0.622	0.573	0.586	0.076	0.545	0.152	0.824	<u>0.834</u>	0.238	0.180	0.621	0.538	0.571	0.673	0.740		
16. <i>Feedback</i> para os fornecedores	0.718	0.530	0.693	0.089	0.610	0.188	0.783	<u>0.854</u>	0.293	0.220	0.717	0.516	0.542	0.699	0.730	0.868	
17. TPM	0.745	0.539	0.532	0.131	0.716	0.223	0.713	<u>0.840</u>	0.286	0.253	0.744	0.557	0.644	0.760	0.638	0.642	0.877

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na análise de Cargas Cruzadas verificou-se 3 (três) problemas de adequação das variáveis latentes às suas respectivas variáveis manifestas que estão sublinhados na Tabela 8:

- P+L e processos produtivos – observa-se que na primeira coluna a correlação entre a variável “Processos Produtivos da P+L” e a variável “P+L” apresentou um *score* de 1,000, que é superior ao *score* de 0,769 que é resultante da correlação entre a variável “P+L” e ela mesma. Contudo, este valor era esperado pois a variável latente “Processos Produtivos”, que é um constructo secundário, é a única variável do constructo primário “P+L”;

- Entrega JIT e PE – observa-se de 7ª coluna que a correlação entre as variáveis latentes “PE” e “Entrega JIT” apresenta *score* superior ao da correlação da variável “Entrega JIT” com ela mesma.

- PE e variáveis latentes de segunda ordem – A variável “PE” é um constructo ou variável latente de primeira ordem. Ela é ainda composta de variáveis latentes de segunda ordem que por sua vez, são compostas por variáveis manifestas. Observou-se neste caso que não há discriminação significativa entre a variável latente de primeira ordem “PE” e algumas de suas variáveis latentes de segunda ordem.

Estes dois últimos problemas representariam uma grande limitação ao estudo se este se propusesse a discriminar o quanto cada variável latente de segunda ordem representa a variável latente de primeira ordem de PE. Contudo, este não é o propósito deste trabalho que se foca nas relações entre os constructos PE e P+L e suas relações com o desempenho das empresas. Por isso, a validade discriminante foi considerada satisfatória para esta pesquisa.

5.2.2 Testes de hipóteses

Ainda com base na análise do modelo estrutural obtido, cabe avaliar os valores dos coeficientes de caminho, que podem ser interpretados como coeficientes beta padronizados de regressões de mínimos quadrados. Segundo Hair et al. (2009), nesta análise deve-se atentar para o sinal, a magnitude e a significância destes coeficientes. Sinais opostos ao da relação teórica presumida não suportam as hipóteses formuladas na pesquisa. Já a magnitude dos coeficientes indica a força da relação entre duas variáveis latentes. Para indicar significativo suporte às hipóteses do estudo, deve-se adotar o valor mínimo de confiança de $p < 0,05$. Esta análise é apresentada pela Figura 24.

Figura 24 – *Bootstrapping* aplicado ao modelo final

Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Hair et al. (2009) e Garson (2016), os valores de t superiores a 1,96 são significativos ao nível de 0,05, o que também é o caso para todos os valores de t apresentados no modelo estrutural da Figura 24. Garson (2016) destaca que os resultados de cálculo também podem ser definidos como valores de p para obter os níveis de probabilidade com base no emprego da técnica de *Bootstrapping*.

Ainda segundo Garson (2006), já que os processos são aleatórios e incorporados ao algoritmo de *Bootstrapping*, os valores exatos de t relatados irão variar pouco a cada execução de *Bootstrapping* e alterações no número de amostras também causará modestas mudanças nos valores de t , significando alto poder de informação e confiança à esta técnica. Os valores relacionados às hipóteses elencadas nesta pesquisa são mais bem detalhados na Tabela 9.

Tabela 9 – Teste de hipóteses pelo método de Coeficientes de Caminhos (*Path Coefficients*)

Hipótese	Amostra original	Média das subamostras (n=500)	Desvio-padrão	t de Student	Valor de p (p<0,05)
PE → P+L	0.809	0.810	0.027	30.024	0.000
P+L → Desempenho Global	0.254	0.260	0.105	2.409	0.016
Desempenho Global → Desempenho Ambiental de processos	0.943	0.943	0.008	113.538	0.000
Desempenho Global → Desempenho Econômico	0.748	0.747	0.043	17.437	0.000
Desempenho Global → Desempenho Operacional	0.699	0.702	0.049	14.238	0.000

Fonte: Elaborado pelo autor.

As 1^a, a 3^a, a 4^a e a 5^a linhas representam as hipóteses em teste nesta pesquisa. A 2^a linha representa um caminho estrutural de ligação entre a combinação das práticas de PE e P+L com o Desempenho Global da empresa, que por sua vez, é estratificado em Desempenho Ambiental de Processos, Desempenho Econômico e Desempenho Operacional.

Os valores na 2^a coluna mostram os coeficientes de caminhos obtidos na amostra original de pesquisa e na 3^a coluna pode-se ver os valores dos coeficientes de caminhos para 500 (quinhentas) diferentes subamostras aleatorizadas pela técnica de *Bootstrapping*. Nota-se que os valores dos coeficientes de caminhos basicamente não são alterados pelo uso da técnica, com baixos valores de desvio-padrão, o que indica que as hipóteses se mantêm em todas as subamostras.

De acordo com os valores de *t* de *Student* obtidos na Tabela 9, foi possível confirmar estatisticamente as hipóteses do estudo, uma vez que quanto maiores forem os valores de *t*, sendo aceitos ao mínimo >1,96, menores são as chances de se rejeitar a hipótese à uma faixa de confiança de $p < 0,05$, ou seja, com mais de 95% de confiança.

Desta forma conclui-se que:

- HA – As práticas de PE se relacionam de forma positiva com as práticas de P+L;
- HB– A combinação entre as práticas de PE e as práticas de P+L contribuem para a melhoria do desempenho ambiental da empresa;
- HC– A combinação entre as práticas de PE e as práticas de P+L contribuem para a melhoria do desempenho operacional da empresa; e
- HD – A combinação entre as práticas de PE e as práticas de P+L contribuem para a melhoria do desempenho econômico da empresa.

Após serem testadas quantitativamente, estas hipóteses serão discutidas, de forma triangulada, no Capítulo 6.

5.2.3 Teste do tamanho do efeito (*effect size*)

Ainda com base no teste de hipóteses apresentados, os caminhos do modelo teórico devem ser também analisados segundo os tamanhos dos efeitos de cada caminho, assim de se identificar quais deles contribuem mais para a explicação do modelo estrutural final obtido. Os valores dos tamanhos do efeito (f^2) são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Teste do tamanho do efeito das hipóteses

Hipótese	Amostra original	Média das amostras	Desvio Padrão	f^2	Valor de p
Produção Enxuta -> Produção mais Limpa	1.897	1.967	0.382	4.971	0.000
Produção mais Limpa -> Desempenho	0.069	0.089	0.067	1.031	0.303
Desempenho → Desempenho Ambiental de Processos	8.019	8.212	1.330	6.031	0.000
Desempenho → Desempenho Econômico	1.268	1.316	0.330	3.847	0.000
Desempenho → Desempenho Operacional	0.956	1.021	0.281	3.400	0.001

Fonte: Elaborado pelo autor.

O procedimento foi o mesmo aplicado à técnica de *Bootstrapping*, contando com uma subamostragem aleatória de 500 (quinhentas) subamostras.

Segundo Hair et al. (2009), valores de f^2 entre 0.02 e 0.15, entre 0.15 e 0.35, e acima de 0.35 indicam que uma variável latente exógena tem um efeito respectivamente pequeno, médio ou grande sobre uma variável latente endógena.

Com isso, à uma taxa de confiança de mais 95%, com $p < 0,05$, pode-se considerar que as hipóteses HA, HB, HC e HD apresentam um efeito muito grande no modelo estrutural final obtido. Cabe destacar que o caminho intermediário no modelo, apresentado na 2ª linha da Tabela 10 apresentou um valor significativo de f^2 , contudo a taxa de confiança foi superior ao valor mínimo de “ p ” estabelecido, sendo $p = 0.303$. Contudo, este é um caminho intermediário no modelo e não representa em si, uma hipótese do estudo.

6 TRIANGULAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS E DISCUSSÃO

Este capítulo é estruturado com base nas hipóteses testadas que sumarizam os principais resultados da pesquisa. As discussões foram fundamentadas na triangulação entre o método de estudos de casos múltiplos e a *survey*. Desta forma, o MEE obtido na etapa quantitativa respondeu “o que” e “quanto” sobre as relações entre as práticas de PE e de P+L e seus impactos no desempenho da empresa. Já a compreensão desta relação, ou seja, o “como” foi resultado da etapa qualitativa da pesquisa.

6.1 Relações entre as práticas de Produção mais Limpa e as práticas de Produção Enxuta

Há forte sinergia entre as práticas de P+L e de PE. Todas apresentaram resultados estatisticamente significativos conforme pesos atribuídos por 208 (duzentos e oito) especialistas de PE de empresas diferentes e conforme análises mais aprofundadas em 6 (seis) estudos de caso diferentes.

Esta afirmação vai ao encontro de alguns estudos, que sugerem sinergias entre as práticas de PE a práticas específicas ambientais. Dentre estas pesquisas pode-se destacar: Wu e Low (2012); Bashkite e Karaulova (2012); Jabbour et al. (2013), EPA (2013); dentre outros analisados neste trabalho.

No entanto, de forma correlacionada e confrontada com o desempenho das empresas, algumas das práticas de P+L não apresentaram influências positivas significativas e, portanto, foram excluídas do modelo estrutural. Visando atender à validade nomológica e de expressão da pesquisa, é possível identificar justificativas para a exclusão destas variáveis.

Alguns autores previam algumas formas de antagonismos ou *tradeoffs* entre as práticas de PE e os objetivos ambientais das empresas. Ainda que sob outro escopo ou enfoque, podem ser citados Kainuma e Tawara (2006), Venkat e Wakeland (2006), Pojasek (2008), Dornfeld, et al. 2012, Bashkite e Karaulova (2012), Dües, Tan e Lim, (2013), dentre outros apresentados na revisão bibliográfica desta tese.

A reciclagem externa não é foco da P+L e por isso foi excluída do presente estudo. Esta variável foi apresentada com o intuito exclusivo de identificar informações acerca desta prática nas empresas e como elas lidam com seus resíduos e rejeitos não reutilizáveis e/ou recicláveis.

E neste contexto, ainda que não que seja o foco principal deste tese, cabe destacar uma crítica específica à estrutura dos níveis de aplicação atual da P+L proposto por UNIDO/ UNEP

(2004). Conforme observa-se na Figura 11, o Nível 3 de aplicação da P+L é dividido em Reciclagem Externa e Ciclos Biogênicos.

Ambas as práticas não são consideradas dentro do escopo da P+L. A destinação final para a absorção e recuperação natural na Biosfera é uma prática que deve ser totalmente evitada, do ponto de vista de desempenho ambiental. Assim, os ciclos biogênicos não se encaixam nem em medidas de tratamento ou reativas, muito menos em práticas preventivas como é o caso do foco da P+L.

Uma outra hipótese seria o desenvolvimento de produtos, insumos e componentes que facilitem a absorção e recuperação ambiental, ou seja, dentro da capacidade de suporte e que de certa forma possibilitem a resiliência ambiental, como é o caso dos biodegradáveis, oxibiodegradáveis, etc. Neste caso, este seria um nível avançado para o padrão atual da P+L e estaria apto a ocupar um nível anterior ao Nível 1 de aplicação da P+L no atual modelo proposto pelo UNEP.

Dentro do âmbito de fim de tubo, nota-se que o tratamento ainda é a medida mais adotada pelas organizações, que pode ser explicada pela legislação vigente e/ou pelo fato de o tratamento no site ainda ser mais barato do que a terceirização.

As práticas de Reuso e de Reciclagem Interna também apresentaram baixa aderência ao modelo estrutural identificado e analisado. De fato, a reutilização no mesmo processo produtivo e a reutilização em outros processos produtivos ainda geram inseguranças em relação à algumas especificidades, como por exemplo a qualidade e outros requisitos do cliente. Por isso pode-se explicar a baixa adesão à estas práticas de P+L em ambientes de PE.

Identifica-se um grande desafio para a melhoria ambiental dos processos produtivos como um todo e, especificamente para este estudo, uma barreira para a integração das práticas de P+L e de PE. Contudo, não se considera este apontamento como um *tradeoff*, uma vez que a principal causa da resistência à esta mudança se concentra no âmbito cultural e de capacitação da empresa. Portanto, este obstáculo pode ser superado pode ser mudado por meio de treinamentos e mudança cultura na empresa, especialmente do corpo funcional e operacional.

Umas das práticas mais importantes da P+L, no que tange ao desempenho ambiental da empresa, refere-se à mudanças e adaptações no desenvolvimento e nos projetos de produtos. No entanto, neste modelo estruturado observou-se pouca aderência das práticas de Projeto de Produto estabelecidas pela P+L e então elas não foram consideradas no modelo final.

Desta forma, tornou-se incoerente avaliar-se o desempenho ambiental em relação aos produtos, o que acarretou na exclusão de variáveis que foram inseridas para avaliar-se o desempenho ambiental dos produtos das empresas. A durabilidade dos produtos (EnvPerfProduct1) é um requisito gerido pela P+L com uma visão do ciclo de vida do produto e deve ser planejada no projeto do produto. Como em ambientes de PE foi observado que esta etapa tem mudanças limitadas, este desempenho não pôde ser observado.

Embora a variável EnvPerfProduct2, que representa a reciclabilidade dos produtos tenham apresentado uma carga muito baixa, optou-se por mantê-la no modelo, pois ela, somada à mais 2 (duas) variáveis respondem à regra mínima de manter 3 (três) variáveis manifestas para cada variável latente.

Neste apontamento observa-se que a reciclagem e a reutilização são grandes barreiras (*tradeoffs*) para a integração entre as práticas de P+L e de PE. De fato, o projeto de produto em ambientes de PE recebe forte influência do cliente e as mudanças nesta etapa ficam limitadas. Este é um dos principais fatores determinantes para a baixa adoção destas práticas de P+L.

Dentro do modelo final obtido, foi possível identificar quais as práticas de PE mais contribuíram para as práticas de P+L. Contudo, antes de analisá-las, é importante destacar que esta análise não tem o objetivo de identificar as relações par a par entre cada prática de PE e cada prática de P+L⁹.

Esta análise se foca no modelo conceitual proposto, onde observa-se a contribuição de cada prática de PE para o constructo geral da P+L e assim, de forma combinada, como estes dois constructos impactam no desempenho da empresa.

A Tabela 11 sintetiza as contribuições, em ordem decrescente, das práticas de PE para o constructo de P+L.

⁹ O constructo de P+L ficou limitado às práticas de Processos Produtivos.

Tabela 11 - Contribuições das práticas de Produção Enxuta para a Produção mais Limpa

Prática de Produção Enxuta	Contribuição para o modelo
TPM	0.889
Controle Estatístico do Processo	0.889
Entrega JIT	0.864
Feedback aos fornecedores	0.854
Desenvolvimento do Fornecedor	0.834
Envolvimento dos colaboradores	0.778
Setup	0.758
Fluxo Contínuo	0.747
Produção Puxada	0.726
Envolvimento do cliente	0.725

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todas as práticas de PE apresentaram resultados de coeficientes de caminhos superiores à 0.50. Desta forma, considera-se que todas as práticas de PE se relacionam positivamente com as práticas de processos produtivos de P+L e contribuem para a maximização do desempenho da empresa de forma combinada.

No entanto, é possível identificar que as práticas de PE que mais contribuem para a P+L são práticas de controle nos processos produtivos e relacionadas aos fornecedores das empresas. Estes seriam pontos chave na inserção de melhorias ambientais dentro de ambientes de PE.

Logo em seguida observa-se que o envolvimento dos colaboradores, representando os trabalhos de grupo semiautônomos também é um ponto estratégico a ser trabalho por treinamentos e capacitações de P+L, pois estes têm maior autonomia e responsabilidades pela condução dos trabalhos e podem servir para a melhoria dos controles ambientais dos processos produtivos.

Já as práticas voltadas ao aumento da eficiência produtiva, tais como *Setup*, Fluxo Contínuo e Produção Puxada apresentam cargas mais baixas. Embora ainda sejam bem contribuintes para o modelo, pode-se perceber que haveria então um ponto delicado para a integração com as práticas de P+L, pois o ritmo da produção com foco no *Takt Time* e no *Lead*

Time podem apresentar um *tradeoff* para esta integração, uma vez que a entrega do produto pode ser comprometida com as adequações ambientais necessárias nos processos produtivos.

Por fim, observa-se que o envolvimento do cliente é a prática que menos contribui para o modelo estrutural. Este é um ponto crucial para a viabilidade da integração das práticas de P+L com as práticas de PE, sendo considerada como uma das principais perspectivas para que esta integração se torne realidade nas empresas.

Percebe-se que a implantação, gestão e medição das práticas de PE e de P+L são realizadas de formas individuais e paralelas nas empresas, como haveria de se esperar, pois não há integração em nenhuma das empresas estudadas, tanto quantitativamente como qualitativamente.

O que se pode verificar com base na *survey* e nos estudos de casos múltiplos realizados, é que a principal barreira para a integração entre as práticas de P+L e as práticas de PE é o fator econômico. Este por sua vez, é fortemente influenciado pela demanda do cliente. Neste caso, a barreira e a principal perspectiva são totalmente e diretamente ligadas.

Neste sentido, observa-se que o principal *input* para que seja possível a realização do produto (integração das práticas) é a demanda do cliente, conforme sugere a Figura 25.

Figura 25 – Perspectiva para a integração

Fonte: Elaborado pelo autor.

No âmbito técnico, segundo o modelo estrutural formado e segundo evidências empíricas obtidas nos estudos de caso, não haveriam *tradeoffs* para a integração das práticas de PE e as práticas de P+L. Eventuais conflitos seriam tratados de forma sistemática com mudança cultural e capacitação, orientando os colaboradores na equalização dos pontos ótimo para e melhoria global da produção.

6.2 Impactos no Desempenho Ambiental

Como visto na revisão bibliográfica desta tese, existem alguns principais aspectos ambientais das indústrias que são prevenidos e/ou gerenciados pelas práticas de P+L para a sustentabilidade ambiental dos processos e produtos das empresas.

Assim, com base nos resultados obtidos pela triangulação das etapas quantitativa e qualitativa desta pesquisa, identificou-se quais destes aspectos ambientais seriam prevenidos e/ou gerenciados pelas práticas de PE da maneira natural como as empresas as conduzem. O Quadro 18 apresenta os principais aspectos ambientais que são naturalmente¹⁰ evitados pelas práticas de PE.

Quadro 18 – Aspectos ambientais gerenciados pelas práticas de Produção Enxuta

Aspecto Ambiental	Práticas de PE
Geração de resíduos sólidos em processos produtivos	++
Geração de resíduos sólidos em produtos (ex. embalagens)	--
Consumo de matéria-prima	++
Consumo de água	++
Consumo de energia elétrica	++
Emissões atmosféricas	--
Descarga de efluentes (líquidos)	--
Uso de materiais tóxicos e/ou perigosos em processos produtivos	--
Uso de materiais tóxicos e/ou perigosos em produtos	--
Consumo de combustível	+-
Emissão de ruídos	--
Emissão de odores	--

Legenda: (++) alta aderência (--) baixa aderência (+-) aderência moderada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que as práticas de PE possuem grande potencial para a prevenção e o gerenciamento de aspectos ambientais relacionados ao consumo de matéria-prima, de água e de energia e à geração de resíduos sólidos nos processos produtivos. Estes aspectos ambientais tangíveis são evitados em ambientes de PE, pois independentemente dos impactos ambientais que eles causam, representam desperdícios altamente visados pelas práticas de PE. Contudo, os

¹⁰ Neste caso, considera-se naturalmente a PE na forma como ela é gerenciada nas empresas, ou seja, sem o foco ambiental.

aspectos ambientais menos tangíveis e muitas vezes ambientalmente mais impactantes não são focados pelas práticas de PE.

À despeito do que vários estudos apontam que a PE é sinal de sustentabilidade ambiental nas operações das empresas, ou seja, afirmam que *Lean é Green*, este trabalho identificou que esta máxima não é totalmente verdadeira. Há fortes evidências de que requisitos ambientais muito importantes não são atendidos pelas práticas e resultados de PE, o que permite concluir que as práticas de PE possuem significativo potencial para à maximização do desempenho ambiental das empresas, mas ainda de forma limitada nos moldes como ela é gerenciada nas empresas.

Contudo, é preciso ressaltar que esta conclusão se deve ao fato de que a PE não almeja como objetivo principal a prevenção e/ou redução de impactos ambientais em seus princípios e práticas. São notórias a eficiência e a eficácia operacional promovidas pela cultura e pelas práticas de PE nas empresas. Há também de se considerar o grande desempenho ambiental, no que tange ao consumo de recursos, insumos, matéria-prima, energia elétrica e água e à geração de resíduos, que a cultura e as práticas de PE auferem às empresas.

Neste sentido, observa-se que há significativo potencial para a PE se tornar uma importante estratégia para a melhoria do desempenho ambiental das empresas, como por grande exemplo pela sua integração com a P+L. Para que isso ocorra de forma ampla e ambientalmente sustentável, é preciso que as práticas e o processo de aculturação da PE considerem e planeje o desempenho ambiental em suas prioridades.

Por sua vez, como visto, o valor gerado pela cultura enxuta e pelas práticas de PE é o valor demandado pelo cliente. Neste sentido, é de extrema importância que o valor ambiental seja requerido pelo cliente para que o efeito em cadeia seja disseminado.

Ambos, P+L e PE são implantados por ordem das matrizes das empresas estudadas nos casos, o que pode ser replicado à maior das empresas analisadas também pela survey. Uma diferença significativa se concentra no foco principal de suas implementações. Enquanto a PE objetiva a redução de desperdícios visando a eficiência produtiva e a redução de custos como um produto interno para a empresa, ou seja, aumento da receita, a P+L é implementada visando dois produtos principais: um interno; e um externo. O interno se concentra no potencial de retorno econômico que esta estratégia ambiental oferece aos projetos implementados. Já o produto externo é a conformidade legal, regulamentar ou normativa.

Há capacitação dos colaboradores em relação às práticas de PE visando que as células produtivas busquem se tornarem semiautônomas, o que gera maior desempenho de seus indicadores. Por outro lado, na P+L há limitação da atuação dos funcionários à proposta, aprovação da diretoria e implementação de projetos isolados e descontínuos.

6.3 Impactos no Desempenho Econômico

Em termos de Desempenho Econômico, o que mais foi influenciado pela combinação das práticas de PE e as práticas de P+L foram: o custo de compras de materiais da empresa; o custo de consumo de energia da empresa; e os custos operacionais da empresa.

De fato, com a corroboração das práticas visando a redução de desperdícios e do consumo dos materiais, há uma redução significativa nos custos relacionados às compras e também em investimentos de custos operacionais.

Em relação à questão econômica, em alguns momentos a falta ou baixa expectativa de *payback* pode representar um obstáculo para as práticas de P+L dentro da cultura da PE, pois as empresas, neste contexto, se baseiam na demanda do cliente para a produção puxada pela eficiência produtiva. Neste sentido, torna-se imperativo que a demanda do cliente inclua melhorias ambientais nos processos produtivos e nos produtos para que as empresas com PE passem a buscar a maximização do desempenho ambiental como um todo em suas unidades.

Neste sentido, dentro do modelo proposto, observou-se relações pontuais a respeito da contribuição combinada das práticas de PE e de P+L para o desempenho econômico. O que se verifica é que as práticas de P+L ainda são vistas como barreiras econômicas para as empresas, pois ainda são consideradas como custos e não como investimentos.

Como as empresas implantam, gerem e medem de forma isolada e paralela as práticas de PE e de P+L, observa-se a ênfase dada às práticas de P+L como custos. A implantação das práticas de P+L ficam sujeitas a aprovações do retorno econômico ou *payback* por equipes de *Staff*. Sendo assim, mudanças nos projetos de produtos e nos processos produtivos são totalmente enxergadas como medidas para maximização do retorno financeiro das práticas.

6.4 Impactos no Desempenho Operacional

As variáveis relacionadas ao Desempenho Operacional das empresas mais influenciadas pela combinação das práticas de PE e de P+L foram: os níveis de estoque da empresa; a satisfação dos clientes; e a taxa de rejeitos em nossos processos produtivos.

O estoque e a taxa de rejeitos se explicam pelo fato de que materiais podem deteriorar e perder sua validade se mantidos por muito tempo em estoques e devido ao grande foco nos desperdícios e na geração de resíduos, há que se focar na minimização das taxas de rejeitos.

A satisfação do cliente se mostrou diretamente influenciada pela adoção combinada das práticas de PE e de P+L. A satisfação do cliente é vista como um dos principais requisitos em relação à qualidade dos processos e produtos da empresa.

Contudo, notou-se que a Qualidade é uma grande barreira para a adoção das práticas de P+L em ambientes de PE. A variável OperPerf5 representa a Qualidade dos produtos. Ela apresentou uma carga baixa, o que indica que as práticas de P+L ainda são vistas como um *tradeoff* para a qualidade do produto, dentro da visão de um ambiente fabril de PE, apresentando-se assim como um importante desafio para a inserção da P+L na cultura enxuta.

Não obstante, foi possível verificar que há influência positiva da combinação das práticas de PE e de P+L para o desempenho operacional. O que se verifica é que as práticas de P+L ainda são adotadas sob a forma de projetos isolados e não sistematicamente como as práticas de PE são implantadas, geridas e medidas. Neste sentido há que se considerar que se as práticas de P+L fossem implantadas, gerenciadas e medidas de forma sistemática e complementarmente às práticas de PE, o desempenho operacional das empresas seria maximizado.

7 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo investigar e analisar quais são e como são as relações das práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho das empresas. As práticas de PE e de P+L são implantadas, gerenciadas e medidas de formas distintas e paralelas nas empresas. Desta forma, procurou-se atribuir diferentes formas de medição às variáveis destes constructos para se identificar e compreender suas relações.

Foi possível pela aplicação do método quantitativo proposto responder “quais” são as principais relações entre as práticas de PE e de P+L e seus impactos no desempenho da empresa e em que grau (quanto) elas ocorrem. Da mesma forma, o método qualitativo possibilitou compreender “como” estas relações ocorrem e também quais são as perspectivas para que estas práticas sejam integradas. Desta forma conclui-se que:

Há forte sinergia entre as práticas de P+L e de PE demonstrada por resultados mutuamente benéficos para ambos os constructos. É possível então concluir que as práticas de P+L e de PE podem ser implementadas e gerenciadas de forma conjunta e complementar, visando a eficiência do processo de gerenciamento de suas práticas e a maximização do desempenho conjunto. Para isso, as práticas devem ser medidas também de forma integrada.

Há influência positiva da combinação entre as práticas de P+L e de PE no desempenho ambiental, econômico e operacional da empresa, indicando que os resultados esperados por ambas são alcançados e/ou melhorados pelo emprego de suas práticas de forma combinada e complementar.

Contudo, cabe reforçar que há forte influência das práticas de PE no desempenho ambiental no que tange aos impactos ambientais relacionados ao consumo de recursos (recursos naturais, energia, água, insumos, matérias primas, etc.) e na geração de resíduos (vista como desperdício).

São impactos ambientais considerados mais tangíveis, ou seja, podem ser mais facilmente visualizados e medidos, especialmente com relação aos seus custos e/ou ao aspecto econômico. Aspectos e impactos ambientais menos tangíveis não sofrem influência direta das práticas de PE, uma vez que estes não são objetivados pela PE. Contudo, é notória a capacidade operacional para e melhoria do desempenho da empresa quando as práticas de PE são planejadas e empregadas.

7.1 Contribuições Práticas

De forma geral as práticas de PE são mais facilmente implementadas, disseminadas e gerenciadas nas empresas do que as práticas de P+L. Neste sentido, observa-se que adoção de práticas de P+L em ambientes de PE tende a ser maximizada, visando a melhoria dos ganhos ambientais por meio da eficiência operacional sem, contudo, abrir mão do retorno econômico esperado.

Espera-se demonstrar para as empresas que as práticas de P+L não oferecem *tradeoffs* de ordem técnica e operacional e que o desempenho ambiental tem muito a ser desenvolvido sob a ótica da cultura e enxuta das empresas.

Por fim, espera-se ainda reforçar à toda a cadeia de geração de valor das empresas que o valor ambiental deve ser demandado e/ou puxado para que seja disseminado em toda a cadeia, afim de que os impactos ambientais venham a ser considerados como futuros desperdícios dentro da perspectiva de uma produção mais limpa e enxuta.

7.2 Contribuições Teóricas

Este trabalho contribui para cobrir uma lacuna importante na literatura, pois embora vários estudos apontem as potencialidades de sustentabilidade ambiental das práticas de PE, não se verificou ainda um trabalho empírico que tenha explorado as relações entre as práticas e seus impactos no desempenho da empresa. Utilizando-se de uma das principais estratégias ambiental de produção, a P+L, este trabalho aponta as principais variáveis ambientais contempladas e as principais variáveis ambientais não contempladas pelas práticas de PE sugerindo, por meio da compreensão da gestão e medição da P+L e da PE nas empresas, como maximizar o ganho ambiental, operacional e econômico com uma abordagem integrada das práticas.

Há a tese de que a PE, da forma como é gerenciada, não pode ser totalmente considerada como uma cultura de produção ambientalmente sustentável. Ela apresenta limitações em relação aos seus objetivos, que por sua vez são demandados pelos clientes. O que se concluir neste sentido é que há forte contribuição da PE para o desempenho ambiental das empresas, mas que este depende de uma gestão integrada com as práticas de P+L e que ainda, haja planejamento e foco em melhorias ambientais.

Conclui-se também que as práticas de P+L não são obstáculos de ordem técnica e operacional para as práticas e cultura de PE. É possível conciliá-las e sistematizá-las de forma harmoniosa ao ponto de que os possíveis *tradeoffs* sejam equalizados com mudança cultural e capacitação na empresa.

Já com relação ao aspecto econômico, este se mostra como um dos principais *tradeoffs* para a integração das práticas de P+L às práticas de PE. Para que esta barreira seja superada, deve haver a demanda do cliente para as melhorias ambientais nos processos e produtos das empresas. Assim, a empresa visualizará a entrega do valor ambiental como um investimento para a geração de valor econômico interno.

7.3 Limitações do Trabalho

Esta pesquisa teve, principalmente, uma abordagem descritiva do estudo da relação entre as práticas de PE e de P+L e os impactos desse relacionamento no desempenho ambiental, econômico e operacional da empresa. Entretanto, para investigar os mecanismos que explicam as relações encontradas nesse estudo é necessário complementá-la utilizando outras técnicas de análises estatísticas não empregadas neste trabalho.

Em relação ao método de estudos de caso múltiplos, a principal limitação se deve à falta de conhecimento dos gestores empresariais em relação aos benefícios, às barreiras e aos *tradeoffs* da gestão integrada das práticas de P+L e da PE, o que por sua vez, dificultou a compreensão mais aprofundada deste fenômeno nesta pesquisa.

A pouca disponibilidade de documentos e informações sigilosas também pode ser apontada como uma limitação para o aprofundamento do pesquisador sobre as formas de gestão e medição das práticas de P+L e de PE nas empresas.

Em relação à pesquisa *survey*, uma vez que não há intervenção do pesquisador, existem subjetividades na compreensão das questões pelos especialistas das indústrias, o que limita o grau de realidade e fidedignidade dos pesos atribuídos às variáveis, especialmente nas questões que mediram o desempenho da empresa, que são características críticas das empresas e que os gestores podem não se sentir totalmente à vontade em responderem.

De forma geral, a identificação das variáveis, a medição dos pesos atribuídos e a compreensão da gestão das práticas de P+L e de PE foram realizadas por meio de observações e principalmente pelas opiniões de especialistas de PE das indústrias brasileiras. Com isso,

torna-se complexa a identificação de reais *tradeoffs* que eventualmente possam ocorrer entre as práticas de P+L e de PE se fossem implementadas e gerenciadas de forma conjunta.

Desta forma, seria necessária a aplicação de outros métodos empíricos de pesquisa tais como modelagens, simulações computacionais e pesquisas operacionais, uma vez que partir para a prática real desta integração pode representar riscos operacionais e econômicos às empresas.

De forma geral, verifica-se a necessidade se pesquisas empíricas que possam “experimental” ou “mensurar”, ainda que no âmbito da simulação, modelagem e pesquisa operacional, os *tradeoffs* da integração das práticas de P+L às de PE.

Cabe destacar que a aplicação de estudos de caso depois da elaboração do modelo estrutural quantitativo obtido poderia fornecer resultados mais aprofundados e específicos, uma vez que os estudos de casos múltiplos desta pesquisa foram realizados simultaneamente e paralelamente à etapa *survey*. Por fim, recomenda-se que futuras pesquisas repliquem este modelo em outros países, visando assim comparações em diferentes cenários e realidades.

Com estas propostas futuras, acredita-se ser possível alcançar resultados mais concretos e adequados para a consolidação de um modelo de integração das práticas de P+L às práticas de PE, tanto no âmbito operacional como no âmbito tático e estratégico das empresas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H.; GIANNETTI, B.F.; HUISINGH, D. Cleaner Production initiatives and challenges for a sustainable world: an introduction to this special volume. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 1-10, 2013.
- APPOLLONI, A.; SUN, H.; JIA, F.; LI, X. Green Procurement in the private sector: a state of the art review between 1996 and 2013. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 122-133, 2014.
- ASIF, M.; SEARCY, C.; ZUTSHI, A.; AHMAD, N. An integrated management systems approach to corporate sustainability. **European Business Review**, v. 23, n. 4, p. 353-367, 2011.
- BABBIE, E. **Métodos de Pesquisa Survey**. 2 ed. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2003.
- BALKAU, F.; SONNEMANN, G. Managing sustainability performance through the value-chain. **Corporate Governance**, v. 10, n. 1, p. 46-58, 2010.
- BAMBER, C.; SHARP, J.; HILDES, M., The role of the maintenance organization in an integrated management system. **Managerial Auditing Journal**, v. 17, n.2, p. 20-25, 2002.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BHASIN, S.; BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 17, n. 1, p. 56-72, 2006.
- BASHKITE, V.; KARAULOVA, T. Integration of Green Thinking into Lean fundamentals by theory of inventive problems-solving tools. **Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium**, v. 23, n. 1, p. 345-350, 2012.
- BATENBURG, R.; VERSENDAAL, J. Maturity matters: performance determinants of the procurement business function. In: **Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems**. Galway, Ireland, 2008.
- BECKMERHAGEN, I.A.; BERG, H.; KARAPETROVIC, S.; WILLBORN, W. Integration of management systems: focus on safety in the nuclear industry. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 2, n. 20, p. 209-227, 2003.
- BERGMILLER, G. G. **Lean manufacturers transcendence to green manufacturing: Correlating the diffusion of lean and green manufacturing systems**. 2006. 295 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Filosofia) – Departamento de Engenharia Industrial e Sistemas de Gestão. Escola de Engenharia, Universidade do Sul da Flórida.
- BERGMILLER, G. G. McCRIGHT, P. R. Lean Manufacturers' Transcendence to Green Manufacturing. In: **Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference**, 2009.
- BERNARDO, M.; CASADEUS, M.; KARAPETROVIC, S.; HERAS, I. How integrated are environmental, quality and other standardized management systems? An empirical study. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 8, p. 742-750, 2009.
- BENBASAT, I., Goldstein, D.K. and Mead, M., The case research strategy in studies of information systems. **MIS Quarterly**, v. 11, n. 3, p. 369-86, 1987.
- BERNARDES, R. O caso Embraer – privatização e transformação da gestão empresarial: dos imperativos tecnológicos à focalização no mercado. **Cadernos de Gestão Tecnológica**. São Paulo: CYTED: PGT/USP, 2000.

- BESSERIS, G. J.; KREMMYDAS, A. T. Concurrent multi-response optimization of austenitic stainless steel surface roughness driven by embedded lean and green indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 293-305, 2014.
- BHANDARI, R.; TRUDEWIND, C. A.; ZAPP, P. Life cycle assessment of hydrogen production via electrolysis – a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 151-163, 2014.
- BHANDARI, K.; ADVANI, M.; PARIDA, P.; GANGOPADHYAY, S. Consideration of access and egress trips in carbon footprint estimation of public transport trips: case study of Delhi. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 234-240, 2014.
- BHUIYAN, N.; BAGHEL, A. An overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management Decision**, v. 43 n.5, p.761-771, 2005.
- BHUIYAN, N.; BAGHEL, A.; WILSON, J. A Sustainable continuous improvement methodology at an aerospace company. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 55, n. 8, p. 671-87, 2006.
- BIAZZO, S. PANIZZOLO, R. The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 11, n. 1, p. 6-15, 2000.
- BIOLCHINI, J. C. A.; MIAN, P. G.; NATALI, A. C. C.; CONTE, T. U.; TRAVASSOS, G. H. Scientific research ontology to support systematic review in software engineering. **Advanced Engineering Informatics**, v.21, n.2, p.133-151, 2007.
- BIGGS, C. **Exploration of the integration of Lean and environmental improvement**. 2009. 391 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências Aplicadas) -Escola de Ciências Aplicadas, Universidade de Cranfield.
- BOGUE, R. Sustainable manufacturing: a critical discipline for the 21st century. **Assembly Automation**, v. 34, n. 2, 2014.
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- BROWN, A.; AMUNDSON, J.; BADURDEEN, F. Sustainable value stream mapping (Sus-VSM) in different manufacturing system configurations: application case studies. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 164-179, 2014.
- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.
- BRYMAN, A. Integrating quantitative and qualitative research: how is it done? **Qualitative Research**, v. 6, n. 1, p. 97–113, 2006.
- CAETANO, M.; ARAÚJO, J. B.; AMARAL, D. C. A Framework for the Application of Eco-efficiency to the Technology Development Process. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 7, n. 2, 2012.
- CAGNO, E.; TRUCCO, P.; TARDINI, L. Cleaner production and profitability: an analysis of 134 pollution prevention (P2) project reports, **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 6, p. 593-605, 2005.
- CALIA, R. C. A. **Difusão da Produção mais Limpa: O impacto do Seis Sigma no desempenho ambiental sob o recorte analítico de redes**. 2007. 164 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

- CALIA, R. C.; GUERRINI, F. M.; CASTRO, M. The impact of Six Sigma in the performance of a Pollution Prevention program. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 15, p. 1303-1310, 2009.
- CARR, W. Philosophy, methodology and action research. **Journal of Philosophy of Education**, v. 40, n. 4, p. 421-435, 2006.
- CARRILLO, J. C. L. **Estudo de Aspectos Ambientais em Produção Enxuta**. 2012. 136 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Fabricação. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.
- CARVALHO, H. AZEVEDO, S.; CRUZ-MACHADO, V. Trade-offs among lean, agile, resilient and green paradigms in supply chain management: A case study approach. **Lecture Notes in Electrical Engineering**, v. 242, n. 2, p. 953-968, 2014.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A.; HO, L. L. **Levantamento Tipo Survey**. In: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2ªed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A.; SOUSA, R. **O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção**. In: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2ªed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2ª Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- _____. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Revista Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.
- CELLURA, M.; ROCCA, V. L.; LONGO, S.; MISTRETTA, M. Energy and environmental impacts of energy related products (ErP): a case study of biomass-fuelled systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 359-370, 2014.
- CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. Implementação da Programas de Produção mais Limpa. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. SENAI-RS/UNIDO/UNEP. Porto Alegre, 2003.
- CLASSIFICAÇÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ECONÔMICAS. **Coordenação das Estatísticas Econômicas e Classificações**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/classificacoes/cnae2.0/cnae2.0.pdf>. Acesso em 10 jan 2014.
- CHAVAN, M. An appraisal of environment management systems: a competitive advantage for small businesses. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 16, n. 5, p. 444-463, 2005.
- CHEN, W., WARREN, K.A., DUAN, N. Incorporating cleanerproduction analysis into environmental impact assessment inChina. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 19, n. 5–6, p. 457– 476, 1999.
- CHARINI, A. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 226-233, 2014.
- CHOONG, C. C.; McKAY, A. Sustainability in the Malaysian palm oil industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 258-264, 2014.

CLUNE, S. J.; LOCKREY, S. Developing environmental sustainability strategies, the Double Diamond method of LCA and design thinking: a case study from aged care. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 67-82, 2014.

CNUMAD. CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. Centro de Documentação e Informação Coordenação de Publicações. Brasília. 1995.

COHEN, J. Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. Revised Edition. New York: Academic Press, Inc., 1977.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Produção e Consumo Sustentável: casos de sucesso**. Disponível em <http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/casos-de-sucesso/listagem-geral/>. Acesso em 10 nov. 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS. **A Indústria Brasileira no Caminho da Sustentabilidade**. Brasília: CNI, 2012.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática : aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**. Anais. 2011.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for Operations Management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. p. 220-240, 2002.

CORAZZA, R. I. Gestão ambiental e mudanças da estrutura organizacional. **Revista de Administração de Empresas - RAE**, São Paulo: FGV-EAESP, v. 2, n. 2, 2003.

CORUM, A.; VAYVAY, Ö.; BAYRAKTAR, E. The impact of remanufacturing on total inventory cost and order variance. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 442-452, 2014.

COSTA, M. I. L.; SILVA, E. R.; MATTOS, U. A. O. 20 anos de Ecoeficiência no Brasil: de estratégia de negócios a princípio de Política Pública. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 1, p. 3-28, 2012.

CRESWELL, J.W.: **Research design - qualitative & quantitative approaches**, London :Sage, 1994.

DIRECTIVE 2008/1/EC of the European Parliament and of the Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control.

DAKOV, I.; NOVKOV, S. Assessment of the Lean Production effect on the Sustainable industrial enterprise development. **Verslas: Teorija ir Praktika**, v. 8, n. 4, p. 183-188, 2007.

DHINGRA, R.; KRESS, R.; UPRETI, G. Does lean mean green? **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 1-7, 2014

DHINGRA, R.; DAS, S. Life cycle energy and environmental evaluation of downsized vs. lightweight material automotive engines. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 347-358, 2014.

DORNFELD, A. D. **Green manufacturing: fundamentals and applications**. Berkeley: Springer. 2012.

DORNFELD, D.; YUAN, C.; DIAS, N.; ZHANG, T.; VIJAYARAGHAVAN, A. **Introduction to Green Manufacturing**. In: DORNFELD, A. D. Green manufacturing: fundamentals and applications. Berkeley: Springer. 2012.

DÜES, C. M. TAN, K. T. LIM, M. Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 93-100, 2013.

ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC. ESCAP. **Eco-efficiency Indicators: Measuring Resource-use Efficiency and the Impact of Economic Activities on the Environment**. United Nations publication, 2009.

ELKINGTON, J. **Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of the 21st Century**. New Society Publishers, Stoney Creek, CT, 1998.

ENGLISH, M.; CASTELLUCCI, M.; MYNORS, D. J. Eco-efficiency of the cold rollformed product supply chain. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 177, n. 1, p. 626–629, 2006.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – UNITED STATES. EPA. **Pollution Prevention**. Disponível em <http://www.epa.gov/p2/>. Acesso em 10 fev 2014.

_____. **POLLUTION PREVENTION ACT OF 1990**. Disponível em <http://www.epw.senate.gov/PPA90.pdf>. Acesso em 10 fev 2014.

_____. **Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance** (2003). Disponível em <http://www.epa.gov/lean/environment/pdf/leanreport.pdf>. Acesso em 21 ago 2013.

_____. **Lean Manufacturing and Environment: Environmental Benefits and Shortcomings**. Disponível em <http://www.epa.gov/lean/environment/benefits.htm>. Acesso em 21 ago 2013.

_____. **Findings and recommendations on lean production and environmental management systems in the shipbuilding and ship repair sector**. Prepared by Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd., under subcontract to ICF Services Company, LLC, US EPA Contract No. 68-W-03-028. Disponível em <http://www.epa.gov/sectors/shipbuilding/ems.html>. Acesso em 01 out 2014.

ESPOSTO, K. F. **Elementos Estruturais para Gestão de Desempenho em ambientes de Produção Enxuta**. 2008. 244 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

FAWCETT, J.; GARITY, J. **Evaluating Research for Evidence-Based Nursing Practice**. F.A. Davis, 2008.

FAULKNER, W.; BADURDEEN, F. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 8-18, 2014.

FERREIRA, M. A.; SANTOS, R. O. J.; STEFANELLI, N. O.; JABBOUR, C. J. C. Há sinergia entre o sistema Lean manufacturing e a gestão ambiental? Mapeando o estado da arte. In: **Anais XIV Encontro Nacional de Gestão Empresarial e Meio Ambiente - ENGEMA**, São Paulo, 2012.

FISCHER, A. L. **A constituição do modelo competitivo de gestão de pessoas no Brasil: um estudo sobre as empresas consideradas exemplares**. 1998. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo. São Paulo.

- FLEURY, A. **Planejamento do Projeto de Pesquisa e Definição do Modelo Teórico**. In: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2ªed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- FIELD, A. Descobrindo a Estatística usando o SPSS. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- FLORIDA, R. Lean and Green: The Move to Environmentally Conscious Manufacturing. **California Management Review**, v. 39, n. 1, p. 80–105, 1996.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- FORZA, C. Surveys. In: Researching Operations Management, New York: Routledge – Taylor & Francis Group, 2009.
- FREITAS, F.; OLIVEIRA, M.; SACCOL, A. Z.; MOSCAROLA, J. O método de pesquisa survey. *Revista de Administração*, v. 35, n. 3, p. 105-112, 2000.
- FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, v. 6, p. 171-179, 1998.
- FROSH, R. A. Industrial Ecology: adapting technology for a sustainable world. **Environment: Science and Policy for Sustainable Development**, v. 37, n. 10, p. 17-37, 1995.
- FRONDEL, M.; HORBACH, J.; RENNINGS, K. End-of-pipe or cleaner production? An American comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. **Business Strategy and the Environment**, v. 6, p. 571- 584, 2007.
- FRYXELL, G. E.; SZETO, A. The influence of motivations for seeking ISO 14001 certification: an empirical study of ISO 14001 certified facilities in Hong Kong. **Journal of Environmental Management**, v. 65, p. 223–238, 2002.
- FRYXELL, G. E.; WING-HUNG, C. L.; CHUNG, S. S. Influence of motivations for seeking ISO 14001 certification on perceptions of EMS effectiveness in China. **Environmental Management**, v. 33, n. 2, p. 239-251, 2004.
- FUGATE, B. S.; STANK, T. P.; MENTZER, J. T. Linking improved knowledge management to operational and organizational performance. **Journal of Operations Management**, v. 27, n. 3, p. 247-264, 2009.
- FRASER, P.; MOULTRIE, J.; GREGORY, M. The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. In: **Engineering Management Conference**. IEMC'02. 2002.
- GALEAZZO, A.; FURLAN, A.; VINELLI, A. Lean and green in action: interdependencies and performance of pollution prevention projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 191-200, 2014.
- GALINA, R. **A contribuição da Tecnologia Industrial Básica (TIB) no processo de formação e acumulação das capacidades tecnológicas de empresas do setor metalmeccânico**. 2009. 242 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.
- GAMBI, L. N.; BEZERRA, D. K.; CASTRO, C. D. M.; EUGENIO, S. H. Impactos da aplicação dos conceitos e ferramentas da produção enxuta na busca por uma produção mais limpa: um estudo de caso numa indústria de bens de capital. In: **Anais XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos, SP, Brasil, 2010.

- GAMBI, L. N.; BOER, H.; GEROLAMO, M. C.; JORGENSEN, F.; CARPINETTI, L. C. R. The relationship between organizational culture and quality techniques, and its impact on operational performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 35, n. 10, p. 1460-1484, 2015.
- GARGIULO, F. R. Indústria de Construção Aeronáutica, o Caso da EMBRAER: História e Avaliação. 2008. P. 115. Dissertação (Mestrado) - Escola de Pós-Graduação em Economia. Fundação Getúlio Vargas. Rio da Janeiro.
- GARSON, G. D. **Partial Least Squares: Regression & Structural Equation Models**. North Carolina State University: David Garson and Statistical Associates Publishing, 2016.
- GHANI, J. A.; RIZAI, M.; HARON, C. H. C. Performance of green machining: a comparative study of turning ductile cast iron FCD700. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 289-292, 2014.
- GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S.H.; SILVA, I. R.; ALMEIDA, C. M. V. B. Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1106-1117, 2008.
- GIANNETTI, B. F.; BARRELLA, F. A.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B. Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente. **Revista Produção**, v. 17, p. 246-262, 2007.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- GILL, J.; JOHNSON, P. **Research methods for managers**. 3ª ed. London: SAGE Publications Ltd, 2002.
- GLASER, J.A. Corporate responsibility and the triple bottom line. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 8, n. 4, p. 225-228, 2006.
- GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). **Sustainability Reporting Guidelines 2000-2011 version 3.1**. Global Reporting Initiative, Amsterdam, The Netherlands, 2011. Disponível em: <https://www.globalreporting.org/resource/library/G3.1-Guidelines-Incl-Technical-Protocol.pdf>. Acesso em: 15jan. 2014.
- _____. - **Ciclo Preparatório para elaboração de relatórios de sustentabilidade**: manual para pequenas (e nem tão pequenas) organizações. Global Reporting Initiative, Amsterdam, The Netherlands, 2007.
- GLOVER, W. J.; VAN AKEN, E. M.; FARRIS, J. A.; DOOLEN, T. L.; WORLEY, J. M. Kaizen Event Follow-up Mechanisms and Global Sustainability: Preliminary results. **Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference**. 2008.
- GODINHO FILHO. **Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura**: configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados. 2004. 286 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2004.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura (PEGEMs): Elementos-Chave e Modelo Conceitual. **Gestão & Produção**, v. 12, n. 3, p. 333-345, 2005.

GOLOB, T. F., Structural Equation Modeling for Travel Behavior Research. **Transportation Reserch Part B: Methodological**, v. 37, n. 1, p. 1- 25, 2003.

GONZÁLEZ-BENITO, J.; GONZÁLEZ-BENITO, O. Operations management practices linked to the adoption of ISO 14001: an empirical analysis of Spanish manufacturers. **International Journal of Production Economics**, v. 113, n. 1, p. 60–73, 2008.

GOVINDAN, K.; SARKIS, J. JABBOUR, C. J. C.; ZHU, Q.; GENG, Y. Eco-efficiency based green supply chain management: Current status and opportunities. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, p. 293-298, 2014.

GOVINDAN, K.; AZEVEDO, S. G.; CARVALHO, H.; CRUZ-MACHADO, V. Impact of supply chain management practices on sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 212-225, 2014.

GRAEDEL, T. AND B. ALLENBY. **Industrial Ecology**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1995.

GUNGOR, A.; GUPTA, S. M. Issues in environmental conscious manufacturing and product recovery: a survey. **Computers & Industrial Engineering**, v. 36, n. 4, p. 811-853, 1999.

GUPTA, S.; VERMA, R.; VICTORINO, L. Empirical research published in production and operations management (1992-2005): trends and future research directions. **Production and Operations Management**, v. 15, n. 3, p. 432-448, 2006.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6ª Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAMMER, W. B. What is the Relationship Among Cleaner Production, Pollution Prevention, Waste Minimization and ISO 14000? In: The 1st Asian Conference on Cleaner Production in the Chemical Industry. **Anais**. Taipei, Taiwan, 1996.

HART, S. L. Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World. **Harvard Business Review**, v. 75, n. 1, 66, 1997.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. **Natural Capitalism**: creating the next industrial revolution. New York: Little Brown and Co, 1999.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our competitive edge** – competing through manufacturing. John Wiley Sons, 1984.

HAYES, R.; PISANO, G.P. Manufacturing strategy: at the intersection of two paradigm shifts, **Production and Operations Management**, v. 5, n. 1, p. 25-41, 1996.

HELMINEN, R. Developing tangible measures for eco-efficiency: the case of Finnish and Swedish pulp and paper industry. *Business strategy and the environment*, v. 9, n. 3, p. 196, 2000.

HELU, M.; VIJAYARAGHAVAN, A.; DORNFELD, D. Evaluating the relationship between use phase environmental impacts and manufacturing process precision. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 60, p. 49-52, 2011.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going lean**: A guide to implementation. Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK, 2000.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, v.24, n.10, p. 994-1011. 2004.

- HILSON, G. Defining “cleaner production” and “pollution prevention” in the mining context. **Minerals Engineering**, v. 16, n. 4, p. 305-321, 2003.
- HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.
- HOUAISS A., VILLAR M. S.; FRANCO, F. M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva; 2001.
- HU, G.; WANG, L.; CHEN, Y.; BIDANDA, B. An oligopoly model to analyze the market and social welfare for green manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 94-103, 2014.
- INTERNATIONAL STANDARD INDUSTRIAL CLASSIFICATION OF ALL ECONOMIC ACTIVITIES. Department of Economic and Social Affairs. Statistics Division. Series M No. 4/Rev.4. 2008. Disponível em http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm_4rev4e.pdf. Acesso em 10 jan 2014.
- ISAKSSON, R.; GARGAVE, R. Measuring sustainable development using process models. **Managerial Auditing Journal**, v. 18, n. 8, p. 649-656, 2003.
- ISO 14001:2004. **Sistemas de gestão ambiental**: requisitos com orientações para uso. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2004.
- JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. J. C.; FREITAS, W. R. S.; TEIXEIRA, A. A. Lean and green? Evidências empíricas do setor automotivo brasileiro. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 3, p. 653-665, 2013.
- JAGGI, A. S.; SAWHNEY, R. S.; BALESTRASSI, P. P.; SIMONTON, J.; UPRETI, G. An experimental approach for developing radio frequency identification (RFID) ready packaging. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 371-381, 2014.
- JL, S.; CHERRY, C. R.; HAN, L. D.; JORDAN, D. A. Electric bike sharing: simulation of user demand and system availability. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 250-257, 2014.
- JIN, M.; GRANDA-MARULANDA, N. A.; DOWN, I. The impact of carbon policies on supply chain design and logistics of a major retailer. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 453, 461, 2014.
- JOHANSSON, G.; SUNDIN, E. Lean and Green Product Development - Two Sides of the Same Coin. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 104-121, 2014.
- JØRGENSEN, T. H.; REMMENA, A.; MELLADOB, M. D. Integrated management systems – three different levels of integration. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 8, p. 713-722, 2006.
- JØRGENSEN, T. H. Towards More Sustainable Management Systems: Through Life Cycle Management and Integration. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 10, p. 1071-1080. 2008.
- JOVANOVIĆ, V.; STEVANOVIĆ, B.; ŠEŠLIJA, D.; DUDIĆ, S.; TEŠIĆ, Z. Energy efficiency optimization of air supply system in a water bottle manufacturing system. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 306-317, 2014.
- JUPP, V. **The Sage dictionary of social research methods**. London: Sage Publications, 2006.

- KAINUMA, Y. TAWARA, N. A multiple attribute utility theory approach to lean and green supply chain management. **International Journal of Production Economics**, v. 101, p. 99-108, 2006.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. Transforming the Balanced Scorecard from Performance Measurement to Strategic Management: Part II. **Accounting Horizons**, v. 15, n. 2, p. 147–160, 2001.
- KARAPETROVIC, S.; WILLBORN, W. Integration of quality and environmental management systems. **The TQM Magazine**, v. 10, n. 3, p. 204-213, 1998.
- KARLSSON, C. (Ed.). **Researching Operations Management**. New York: Routledge, 2009.
- KARLSSON, C.; AHLSTROM, P. Assessing changes towards lean production. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 16, n.2,p. 24-41, 1996.
- KARP, H. Green Suppliers Network: Strengthening and Greening th eManufacturing Supply Base. **Environmental Quality Management**, v. 15, n. 2, p. 37-46, 2005.
- KELLENS, K. **Energy and Resource Efficient Manufacturing**: Unit process analysis and optimization. 2013. 249 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Mecânica. KU Leuven, Science, Engineering & Technology.
- KING, A. A.; LENOX, M. J. Lean and green? An empirical examination of the relationship between Lean Production and environmental performance. **Production and Operations Management**, v. 10, n.3, p. 244-256, 2001.
- KLASSEN, R. D. Just-in-time Manufacturing and Pollution Prevention Generate Mutual Benefits in the Furniture Industry. **Interfaces**, v. 30, n. 3, p. 95-106, 2000.
- KLINE, R. B. Principles and Practice of Structural Equation Modeling. 3. ed. New York: The Guilford Press, 2011.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Operations Management**: Strategy and Analysis. Addison: Wesley, 4 ed., 1996.
- KRISHNAMOHAN, K., HEART, S. Industrial ecology: a novel approach to holistic environmental management. **Ecology Environment and Conservation**, v. 5, n. 4, p. 385–390, 1999.
- KOCHAN, T.A.: Automotive industry looks for lean production. **Assembly Automation**,v.18, n.2, p. 132-137, 1998.
- KUMAR, A.; RHAMAN, S. RFID-enabled process reengineering of closed-loop supply chains in the healthcare industry of Singapore. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 382-394, 2014.
- KURDVE, M.; ZACKRISSON, M.; WIKTORSSON, M.; HARLIN, U. Lean and green integration into production system models – experiences from Swedish industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 180-190, 2014.
- LAGE-JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. Variations of the kanban system: Literature review and classification. **International Journal Production Economics**, v. 125, n. 1, p. 13-21, 2010.
- LAPINSKI, A. R.; HORMAN, M. J.; RILEY, D. R. Lean Processes for Sustainable Delivery. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 10, p. 1083-1091, 2006.

- LARSON, T.; GREENWOOD, R. Perfect complements: Synergies between lean production and eco-sustainability initiatives. **Environmental Quality Management**, v. 13, n. 4, p. 27-36, 2004.
- LEE, J. Y.; KANG, H. S.; NOH, S. D. MAS2: an integrated modeling and simulation-based life cycle evaluation approach for sustainable manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 146-163, 2014.
- LEVY, Y.; ELLIS, T.J. A system approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science Journal**, v.9, p.181-212, 2006.
- LEWIS, M. A. Lean Production and sustainable competitive advantage. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n 8, p. 959 – 978, 2000.
- LÉXICO LEAN. **Glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean**. São Paulo: Lean Institute Brasil, v. 1, 2003.
- LIKER, J. K. O modelo Toyota: **14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LIU, C.; YANG, J.; LIAN, J.; LI, W.; EVANS, S.; YIN, Y. Sustainable performance oriented operational decision-making of single machine systems with deterministic product arrival time. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 318-330, 2014.
- LONGO, S.; ANTONUCCI, V.; CELLURA, M.; FERRARO, M. Life cycle assessment of storage systems: the case study of a sodium/nickel chloride battery. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 337-346, 2014.
- LOSANO, R.; HUISINGH, D. Inter-linking issues and dimensions in sustainability reporting. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 2-3, p. 99-107, 2011.
- LUTTERS, D.; JOHNSON, M.; TOXOPEUS, M. E. PREEZ, N. D. Introducing the roadmap concept to inexperienced users: a case study. In: **International Conference on Competitive Manufacturing**. Anais. 2007.
- MALEKI, S.; SAWHNEY, R.; FARVARESH, H.; SEPEHRI, M. Energy efficient hybrid wired-cum-wireless sensor network design. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 408-418, 2014.
- MANZAN, R. **Busca da Produção mais Limpa por meio da Produção Enxuta: Estudo de casos múltiplos em indústrias de fundição**. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MARDOOKHY, M.; SAWHEY, R.; JI, S.; ZHU, X.; ZHOU, W. A study of energy efficiency in residential buildings in Knoxville, Tennessee. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 241-249, 2014.
- MARIMIN; DARMAWAN, M. A.; MACHFUD; PUTRA, M. P. I. F. Value chain analysis for green productivity improvement in the natural rubber supply chain: a case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 201-211, 2014.
- MARTÍNEZ-JURADO, P. J.; MOYANO-FUENTES, J. Lean Management, Supply Chain Management and Sustainability: A Literature Review. **Journal of Cleaner Production**. v. 85, p. 134-150, 2014.

MARTINS, R. A. **Abordagens Quantitativa e Qualitativa**. In: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2^aed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY(MIT). **The Innovation Bottom Line** - How Companies that see sustainability as both a necessity and an opportunity, and change their business models in response, are finding success. Research Report, 2013.

MASHAEI, M.; LENNARTSON, B.; ABBESTAM, G. Green and Lean Control of Cyclic Pallet System. In: **2011 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering Trieste**, Italy – August 24- 27, 2011.

MAXWELL, J.; ROTHENBERG, S.; SCHENCK, B. **Does Lean Mean Green?** The Implications of Lean Production for Environmental Management, Working Paper, MIT, Cambridge, MA, 1993.

MAXWELL, J., BRISCOE, F., SCHENK, B.; ROTHENBERG, S. Case Study: Honda of America Manufacturing, Inc.: Can Lean Production Practices Increase Environmental Performance? **Environmental Quality Management**, v. 8, n.1, p. 53-61, 1998.

MEADOWS, D., MEADOWS, D., RANDERS, J., & BEHRENS, W. **Limites do Crescimento**: Um Relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o Dilema da Humanidade. Perspectiva, São Paulo. Tradução Inês M. F. Litto, 1972.

MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Revista Produção**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.

MILLER, J. G., ROTH, A.V. A taxonomy of manufacturing strategies. **Management Science** v. 40, n. 3, p.285-304, 1994.

MILLER, G.; PAWLOSKI, J.; STANDRIDGE, C. A case study of lean, sustainable manufacturing. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 3, n. 1, p. 11-32, 2010.

MOLLENKOPF, D.; STOLZE, H.; TATE, L. W.; UELTSCHY, M. Green, lean, and global supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 40, n. 1-2, p. 14-41, 2010.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Applied Statistics and Probability for Engineers. 3. ed. USA: John Wiley & Sons, 2002.

MOREIRA, F.; ALVES, A. C.; SOUSA, R. M. Towards Eco-efficient Lean Production Systems. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 322, p. 100-108, 2010.

MOSTAFA, S.; DUMRAK, J.; SOLTAN, H. A framework for lean manufacturing implementation. **Production & Manufacturing Research: An Open Access Journal**, v.1, n.1, p. 44-64, 2013.

NAHMENS, I. From Lean to Green Constructions: a Natural extension. In: **2009 Construction and Research Congress**. 2009.

NAKANO, D. **Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. In: Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações, 2^aed. – Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

OCHOA, J. J. Reducing plan variations in delivering sustainable building projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 276-288, 2014.

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

OLIVEIRA, J. A. **Um estudo sobre a relação do Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 com a adoção de procedimentos de Produção mais Limpa em empresas industriais brasileiras**. 2011. 178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista.

OLIVEIRA, O. J. **Modelo de gestão para pequenas empresas de projeto de edifícios**. 2005. 262 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, O. J. Guidelines for the integration of certifiable management systems in industrial companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, n. 15, p. 124-133, 2013.

OLIVEIRA, J. A.; EWALD, M. R. **Sistemas de Gestão Ambiental como auxílio para processos industriais limpos**. In: Marco Antônio Silveira. (Org.). *Gestão da Sustentabilidade Organizacional: Inovação, aprendizagem e capital humano*. Campinas: Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, 2012, v. 2, p. 123-136.

OMETTO, A. R. **Avaliação do Ciclo de Vida do álcool etílico hidratado combustível pelos métodos EDIP, exergia e energia**. 2005. 209 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OQUIST, P. The epistemology of action research. **Acta Sociologica**, v. 21, n. 2, p. 143-163, 1978.

PAIVA, E. L. Manufacturing and marketing integration from a cumulative capabilities perspectives. **International Journal of Production Economics**, v. 126, n. 2, p. 379-86, 2010.

PAMPANELLI, A. B.; FOUND, P.; BERNDARDES, A. M. A Lean and Green Kaizen Model. In: **2011 POMS Annual Conference**. Reno, Nevada, U.S.A. April 29 to May 2, 2011.

PAMPANELLI, A. B.; FOUND, P.; BERNDARDES, A. M. A Lean & Green Model for a production cell. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 19-30, 2014.

PARVEEN, C. M.; KUMAR, A. R. P.; NARASIMHA RAO, T. V. V. L. Integration of Lean and Green Supply chain – Impact on Manufacturing Firms in Improving Environmental Efficiencies. In: **Green Technology and Environmental Conservation (GTEC 2011), 2011 International Conference on**. 2011.

PARRA-JIMÉNEZ, B.; RUBIO, S.; MOLINA, M-A. V. Key drivers in the behavior of potential consumers of remanufactured products: a study on laptops in Spain. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 488-496, 2014.

PECHT, M.; JAAI, R. A prognostics and health management roadmap for information and electronics-rich systems. **Microelectronics Reliability**, v. 50, n. 3, p. 317-323, 2010.

PESIC, M. A.; DAHLGAARD, J. J. Using the Balanced Scorecard and the European Foundation for Quality Management Excellence model as a combined roadmap for diagnosing and attaining excellence. **Total Quality Management & Business Excellence**, v. 24, n. 5-6, p. 652-663, 2013.

PHAM, D. T.; THOMAS, A. J. Fit manufacturing: a framework for sustainability. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 23, n. 1, p. 103-123, 2012.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K. L. Survey research methodology in management information systems: an assessment. **Journal of Methodology Systems**, v. 10, n. 2, p. 75-106, 1993.

PIRES, S. R.I. Managerial implications of the modular consortium model in a Brazilian automotive plant. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 18, n. 3, p.221-232, 1998.

POJASEK, R. B. Framing your lean-to-green effort. **Environmental Quality Management**, v. 18, n. 1, p. 85-93, 2008.

PORTER, M. E.; LINDE, C. V. D. Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n. 4, p. 97-118, 1995.

PORTER, M. E. What is strategy? **Harvard Business Review**, v. 74, n. 6, p. 61-78, 1996.

PORTER, M.E. **Competitive Strategy**. Free Press, New York, NY, 1980.

PRENDEVILLE, S.; O'CONNOR, F.; PALMER, L. Material selection for eco-innovation: SPICE model. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 31-40, 2014.

PUVANASVARAN, P.; TIAN, R. K. S.; SURESH, V.; MUHAMAD, M. R. Sustainability of International Standards Organisation 14001 Standards through Integration with Lean Principles. **American Journal of Applied Sciences**, v. 8, n. 11, p. 1182-1194, 2011.

PUVANASVARAN, P.; TIAN, R. K. S.; SURESH, V.; MUHAMAD, M. R. Lean principles adoption in environmental management system. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v 5, n. 2, p. 406-430, 2012.

QIU, X.; CHEN, X. **Evaluate the environmental impacts of implementing lean in production process of manufacturing industry**. 2009. 93 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia. CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Gothenburg, Sweden, 2009.

REBITZER, G.; BUXMANN, K. The role and implementation of LCA within life cycle management at Alcan. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 13-14, p. 1327-1335, 2005.

REYNOLDS, K. T. Cellular manufacturing and the concept of total quality. **Computers & Industrial Engineering**, v. 35, n. 1-2, p. 89-92, 1998.

RIZZO, G. P. V. **Produção Enxuta e Produção mais Limpa: Proposta Metodológica Integrada**. 2012. P. 114. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RIZZI, F.; FREY, M.; TESTA, F.; APPOLLONI, A. Environmental value chain in green SME networks: the threat of the Abilene paradox. **Journal of Cleaner Production**, v 85, p. 265-275, 2014.

ROTHENBERG, S. **Is Lean Green?** The Relationship Between Manufacturing Processes and Environmental Performance Within Different Regulatory Contexts. 1999. 200 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Filosofia). Escola Sloan de Gestão. Instituto de Tecnologia de Massachusets (MIT), Massachusetts.

- ROTHENBERG, S.; PIL, F. K.; MAXWELL, J. Lean, Green, and the quest for superior environmental performance. **Production and Operations Management Society**, v. 10, n. 3, p. 228-243, 2001.
- ROTHENBERG, S. Knowledge Content and Worker Participation in Environmental Management at NUMMI. **Journal of Management Studies**, v. 40, n.7, p. 1783-1802, 2003.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a Literature Review. **Management Research News**, v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004.
- RYERSON, M. S.; KIM, H. The impact of airline mergers and hub reorganization on aviation fuel consumption. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 395-407, 2014.
- SACHS, I. Desenvolvimento sustentável: desafio do século XXI. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2, p. 214-216, 2004.
- SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J.A. The Integration of six sigma and lean management. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.1, n.3, p. 249-274, 2010.
- SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 3ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- SANTOS, F. C. A. Integration of human resource management and competitive priorities of manufacturing strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 20, n. 5, p. 610-628, 2000.
- SARA, H.; VACHON, S.; KLASSEN, R. D.; GAVRONSKI, I. Lean management and supply management: their role in green practices and performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 39, p. 312-320, 2013a.
- _____. Reprint of Lean management and supply management: their role in green practices and performance, **Journal of Cleaner Production**, v. 56, n. 1, p. 86-93, 2013b.
- SARKIS, J.; HELMS, M.M.; HERVANI, A.A. Reverse logistics and social sustainability. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 17, n. 6, p. 337-354, 2010.
- SAUR, K. Life cycle management as a business strategy for sustainability. **Environmental Progress**, v. 22, n. 4, p. 237-240, 2003.
- SEADE. Fundação Sistema Nacional de Análise de Dados: Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento Regional. Disponível em https://www.seade.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1238&Itemid=48. Acesso em 25 fev. 2014.
- SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (2010). Aprenda com SEBRAE. Disponível em <http://www.sebrae.com.br>. Acesso em 21/10/14.
- SCHMIDHEINY, S. Eco-efficiency and sustainable development. **Risk Management**, v. 43, n. 7, p. 51, 1996.
- SHAH, R.; WARD, P. T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003.
- SHAH, R.; WARD, P. T. Defining and developing measures of lean production, v. 25, n. 4, p. 785-805, 2007.

SHAH, S. K.; CORLEY, K. G. Building better theory by bridging the quantitative- qualitative divide. **Journal of Management Studies**, v. 43, n. 8, p. 1821-1835, 2006.

SHARP, F.; LINDSEY, D.; DOLS, J.; COKER, J. The use and environmental impact of daylighting. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 462-471, 2014.

SHAW, D.; BLUNDELL, N. Analysing causes of avoidable waste in complex systems: a case study from the nuclear industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 41-50, 2014.

SIDIROPOULOS, E. Education for sustainability in business education programs: a question of value. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 472- 487, 2014.

SIMONS, D.; MASON, R. Lean and green: “doing more with less”. **ECR Journal**, v. 3, n. 1, p. 84-91, 2003.

SIMPSON, D. F.; POWER, D. F. Use the supply relationship to develop lean and green suppliers. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 10, n. 1, p. 60-68, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C. **Administração da Produção**. 1ª. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

SONG, L.; LIANG, D. Lean construction implementation and its implication on sustainability: a contractor’s case study. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 38, n. 3, p. 350-359, 2011.

SOBRAL, M. C.; JABBOUR, A. B. L.; JABBOUR, C. J. C. Green benefits from adopting Lean Manufacturing: a case study from the automotive sector. **Environment Quality Management**, v. 23, p. 65-72, 2013.

SPEAR, S.; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, v. 77, n. 5, p. 97-106, 1999.

STAMM, M. L. **Framework for the integration of an advanced manufacturing paradigm and methodologies in New Zealand manufacture-to-order SMEs**. 2011. 276 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Filosofia). Escola de Engenharia. Auckland University of Technology. Nova Zelândia.

STUMP, G. B. An integrated Framework for applying lean manufacturing and other strategies in mass customization environments. 2008. 128 p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências de Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia. University of Kentucky. Estados Unidos da América.

SUDDABAY, R. Editor's Comments: construct clarity in theories of Management and Organization. **Academy of Management Review**, v. 35, n. 3, p. 346-347, 2010.

SWAMIDASS, P.M., NEWELL, W.T. Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model. **Management Science**, v. 33, n. 4, p. 509-524, 1987.

SYNODINOS, N. E. The art of questionnaire construction: some important considerations for manufacturing studies. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 14, n.3, p. 221-237, 2003.

TATE, W.L.; ELLRAM, L.M.; KIRCHOFF, J.O.N.F. Corporate social responsibility reports: a thematic analysis related to supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, v. 46, n. 1, p. 19-44, 2010.

THIOLLENT, M. **Metodologia de pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2007.

_____. **Pesquisa-ação nas organizações**. 2ª ed. – São Paulo: Atlas, 2009.

THOMPSON, F.; PERRY, C. Generalizing results of an action research. Project in work place to other situations: principals e practices. **European Journal of Marketing**, v. 38. n. 3-4, p. 401-417, 2004.

TIAN, G.; CHU, J.; HU, H.; LI, H. Technology innovation system and its integrated structure for automotive components remanufacturing industry development in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 419-432, 2014.

TICE, J., AHOUSE, L., AND LARSON, T. Lean Production and EMSs: Aligning Environmental Management With Business Priorities. **Environmental Quality Management**, v. 15, n.2, p. 1-12. (2005),

TOYOTA SYSTEM. Disponível em <http://www.thetoyotasystem.com>. Acesso em 02 Abril 2014.

TURRIONI, J. B.; MELLO, H. P. **Pesquisa-ação na Engenharia de Produção**. In: Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. MIGUEL, P. A. C. (org.). Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

UHL, A.; GOLLENIA, L. A. **A Handbook of Business Transformation Management Methodology**. Farnham, Surrey, England ; Burlington, VT : Gower, 2012.

UNITED NATIONS. **Our Common Future**: Report of the World Commission on Environment and Development. Gro Harlem Brundtland: Oslo, 1987.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Manual on the Development of Cleaner Production Policies - Approaches and Instruments**. Guidelines for National Cleaner Production Centres and Programmes. Unido CP Programme: Viena, 2002.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability**. 2007.

_____. **Sustainable Consumption and Cleaner Production**: Global Status 2002. 2002.

_____. **ABC OF SCP**: Clarifying Concepts on Sustainable Consumption and Production. 2010.

_____. **Sustainable Consumption and Production Activities in Africa**: Regional Status Report (2002-2004). 2004.

_____. **Related Concepts**. Disponível em <http://www.unep.org/resourceefficiency/Business/CleanerSaferProduction/ResourceEfficientCleanerProduction/UnderstandingRECP/RelatedConcepts/tabid/78838/Default.aspx>. Acesso em 10 jan 2014.

_____. **Resource Efficient and Cleaner Production**. Disponível em <http://www.unep.fr/scp/cp/>. Acesso em 01 dez 2013.

UPRETI, G.; RAO, P. V.; SAWHNEY, R. S.; ATUAHENE, I.; DHINGRA, R. Increasing transport efficiency using simulation modeling in a dynamic modeling approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 433-441, 2014.

UTYIAMA, M. H. R.; GODINHO FILHO, M. A literatura a respeito da comparação entre a teoria das restrições e a manufatura enxuta: revisão, classificação e análise. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 3, p. 615-638, 2013.

- VAIS, A.; MIRON, V.; PEDERSON, M.; FOLKE, J. "Lean and Green" at Romaninan secondary tissue paper and board mill – putting theory into practice. **Resources Conservation & Recycling**, v. 46, n. 1, p. 44-74, 2006.
- VELLANI, C. L.; RIBEIRO, M. S. Sistema contábil para gestão da ecoeficiência empresarial. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 20, n. 49, p. 25-43, 2009.
- VELEVA, V.; ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: framework and methodology. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, p. 519-549, 2001.
- VENKATI, K.; WAKELAND, W. Is Lean Necessarily Green? **Proceedings of the 50th Annual Meeting of the ISSS**, ISSS 2006 Papers.
- VERRIER, B.; ROSE, B.; CAILLAUD, E.; REMITA, H. Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 83-93, 2014.
- VEZZENETTI, E.; VIOLANTE, M. G.; MARCOLIN, F. A benchmarking framework for product life cycle management(PLM) maturity models. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 71, n. 5-8, p. 899-818, 2014.
- VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, 2002.
- WACKER, J. G. A theory of formal conceptual definitions: developing theory-building measurement instruments. **Journal of Operations Management**, v. 22, n. 6, p. 629-650, 2004.
- WALLACE, D. **Environmental Policy and Industrial Innovation**: Strategies in Europe, the U.S. and Japan. Royal Institute of International Affairs, London: Earthscan Publications Ltd., 1995.
- WATH, S. B.; VAIDYA, A.; DUTT, P. S.; CHAKRABARTI, T. A roadmap for development of sustainable E-waste management system in India. **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 1, p. 19-32, 2010.
- WENZEL, H.; ALTING, L. Architecture of Life Cycle. In: Proceedings (Keynote) of the 1st CIRP Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering, Berlin: Germany, 2004.
- WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Production and Operations Management**, v. 15, n.12, p.6-20, 1995.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- _____. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdícios e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.
- WONG, C. Y.; BOON-ITT, S.; WONG, C. W. Y. The contingency effects of environmental uncertainty on the relationship between supply chain integration and operational performance. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 3, p. 604-615, 2011.
- WONG, W. P.; WONG, K. Y. Synergizing an ecosphere of lean for sustainable operations. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 51-66, 2014.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Eco-efficiency learning module**. Disponível em: <http://www.wbcsd.org/pages/EDocument/EDocumentDetails.aspx?ID=13593&NoSearchContextKey=true>. Acesso em: 21 nov. 2013.

_____. **Medir a Ecoeficiência**: um guia para comunicar o desempenho da empresa. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável. BCSD PORTUGAL, 2000.

WORLD BANK, 1998. **Base metal and iron ore mining**. In: Pollution Prevention and Abatement Handbook. World Bank Group, Washington, pp. 267–271.

WU, P.; LOW, S. P. Lean Management and Low Carbon Emissions in Precast Concrete Factories in Singapore. **Journal of Architectural Engineering**, v. 18, n. 2, p. 176-186, 2012.

WURSTHORN, S.; POGANIETZ, W. R.; SCHEBEK, L. Economic–environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitor efficiency. *Ecological Economics*, v. 70, n. 3, p. 487–496, 2011.

YANG, M. G.; HONG, P.; MODI, S. B. Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: An empirical study of manufacturing firms. **International Journal of Production Economics**, v. 129, n. 2, p. 251-261, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2015.

YUSUP, M. Z.; MAGMOOD, W. H. W.; SALLEH, M. R.; MUHAMAD, M. R. The Influence Factor for the Successful Implementation of Cleaner Production: A Review. **Journal Teknologi (Sciences & Engineering)**, v. 67, n. 1, p. 89-97, 2014.

ZANON, C. J. ALVES FILHO, A. G.; JABBOUR, C. J. C.; JABBOUR, A. B. S. Alignment of operations strategy: exploring the marketing interface. *Industrial Management & Data Systems*, v. 113, n. 2, p. 207-233, 2013.

ZANELLI, J. C. Pesquisa qualitativa em estudos de gestão de pessoas. **Estudos em Psicologia**, v. 7, p. 79-88, 2002.

ZHU, Q.; SARKIS, J.; LAI, K-H. Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices. **Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 19, p. 106-117, 2013.

ZHU, X.; GARCIA-DIAZ, A.; JIN, M.; ZHANG, Y. Vehicle fuel consumption minimization in routing over-dimensioned and overweight trucks in capacitated transportation networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 331-336, 2014.

ZUTSHI, A.; SOHAL, A. S. Integrated management system: The experiences of three Australian organizations. **Integrated Management System**, v. 16, n. 2, p. 211-223, 2005.

FOMENTO

Agradeço o importante apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para a realização desta pesquisa.

APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ESTUDO DE CASO

1. *Visão geral dos estudos de caso*

Serão realizados de 4 (quatro) a 10 (dez) estudos de caso, seguindo orientações de Eisenhart (1989), Cauchik Miguel (2007) e Yin (2015). Desta forma, pretende-se aumentar o grau de generalização (validade externa), sem, contudo, reduzir a profundidade das informações obtidas.

Os estudos de caso serão retrospectivos pois servirão para explorar implantações de práticas de PE e de P+L que já ocorreram. Eles serão empregados visando alcançar-se alguns dos objetivos específicos da pesquisa, indo de encontro à questão de pesquisa, às hipóteses propostas e ao objetivo geral do trabalho.

Os estudos de caso serão conduzidos por no mínimo 3 (três) instrumentos de coleta de dados, seguindo o princípio da triangulação estabelecido por Yin (2015). Para compor a amostra de pesquisa, as empresas devem atender aos seguintes critérios:

- ser do setor de manufatura;
- ter maturidade em P+L;
- ter maturidade em PE;
- apresentar interesse e disponibilidade para participar da pesquisa; e
- fornecer informações e dados solicitados pelo pesquisador.

2. *Questão de Pesquisa*

Como são as relações entre as práticas de P+L e de PE nas empresas?

3. *Objetivos dos estudos de caso*

Os estudos de caso terão uma função parcial no atendimento ao objetivo geral da pesquisa. Para isso, os estudos de caso serão empregados com os objetivos de:

- identificar quais são as relações entre as práticas de P+L e de PE; e
- compreender como são as relações de implantações de práticas de P+L em ambientes de PE.

4. Procedimentos operacionais dos estudos de caso

4.1 Estudo de caso piloto

Realização de um estudo de caso piloto para refinar o escopo de atuação da pesquisa.

4.2 Estudos de caso

Com base nas análises do estudo de caso piloto, será elaborado um roteiro de entrevista semiestruturado para a realização de no mínimo 4 (quatro) e no máximo 10 (dez) estudos de caso seguintes. Os instrumentos de coletas de dados aplicados nos estudos de caso serão:

- Visita *in loco* com observação de processos de produção;
- Análise de documentos;
- Realização de entrevistas semiestruturadas;
- Análise cruzada dos casos;
- Relatório das informações; e
- Análise confrontada com os dados quantitativos (pesquisa survey)

As unidades analisadas serão os gestores de PE e gestores de P+L. Serão entrevistados simultaneamente e juntos. Caso não seja possível realizar a pesquisa desta forma, as entrevistas serão realizadas separadamente.

4.3 Material

O pesquisador se deslocará até as unidades fabris das empresas e para a realização dos estudos de caso serão utilizados os seguintes materiais:

- Gravador de áudio digital para posterior transcrição das entrevistas;
- Notebook pessoal;
- Roteiro de entrevista impresso;
- Papel; e
- Caneta esferográfica.

4.4 Cronograma das visitas

O Quadro apresenta o cronograma de visitas e atividades para os estudos de caso.

Atividade	Mês de 2015					
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Contato por telefone						
Envio de carta de convite à pesquisa						
Estudo de caso A						
Estudo de caso B						
Estudo de caso C						
Estudo de caso D						
Estudo de caso E						
Estudo de caso F						
Estudo de caso G						
Estudo de caso H						
Transcrição e análise						
Redação						

4.5 Entrevistas

Como recomenda Yin (2015) e Cauchik Miguel (2012), os estudos de caso devem ser empregados para que o pesquisador possa responder questões do tipo “Como” e “Porquê”. As entrevistas terão duração de 2h00 a 2h30min. Para isso, o roteiro da entrevista semiestruturada foi dividido da seguinte maneira:

- Caracterização geral do respondente (SEBRAE, 2010);
- Caracterização geral da empresa (SEBRAE, 2010);
- Caracterização da PE da empresa (SHAH; WARD, 2007);
- Caracterização da P+L da empresa (UNEP, 2002);
- Relações entre PE e P+L
- Seção estruturada sobre PE (SHAH; WARD, 2007); e
- Seção estruturada sobre P+L (UNEP, 2002).

APÊNDICE B – CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO EM DE ESTUDO DE CASO

Ilmo (a). Sr(a).

São Carlos, 15 de Janeiro de 2015

Nós, pesquisadores da Escola de Engenharia de São Carlos/USP com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, estamos realizando uma pesquisa científica sobre a Produção mais Limpa e a Produção Enxuta.

Tendo em vista que vossa empresa é uma referência nestas práticas, vimos por meio desta solicitar sua colaboração no sentido de participar da referida pesquisa, cuja coleta de dados se dará a partir de três instrumentos principais: entrevista, visita *in loco* e análise de documentos pertinentes ao tema (que, obviamente, forem autorizadas por vossa empresa).

Ressaltamos que o seu objetivo principal é identificar boas práticas e principais dificuldades no desenvolvimento das atividades de Produção Mais Limpa e de Produção Enxuta. Assim, os nomes e as principais características de sua empresa serão mantidos em sigilo para garantir seu anonimato.

Comprometemo-nos a divulgar os resultados deste trabalho primeiramente as empresas participantes da pesquisa, para que possam avaliar as informações no relatório antes de qualquer publicação acadêmica e científica.

Contamos sinceramente com vossa compreensão e colaboração, pois a partir deste trabalho podemos, em conjunto, abstrair orientações para o meio industrial que muito pode ajudar nosso país. Forneceremos uma declaração de participação e de agradecimento pela visão social do gestor e da empresa colaboradora.

Pelo exposto, solicitamos a possibilidade de agendar uma visita entre fevereiro e março de 2015. Informamos que a entrevista não será longa e faremos o possível para não interferir em vossas atividades cotidianas.

Atenciosamente,

Me. José Augusto de Oliveira

Prof. Dr. Aldo R. Ometto

Prof. Dr. Kleber F. Esposto

APÊNDICE C – ROTEIRO DE ENTREVISTA

Instruções iniciais:

- O objetivo da pesquisa é identificar as relações entre as práticas de Produção Enxuta e as práticas de Produção mais Limpa;
- O áudio da entrevista será gravado;
- Se houver alguma informação questionada que possa ser apresentada por documentos ou por escrito, por favor avise;
- O respondente e a empresa não serão identificados, portanto fiquem a vontade em expressar sua sincera opinião;
- Precisaré ainda que responda um breve questionário estruturado no início de maio. Posso contar com seu apoio?

I.Caracterização geral do respondente

1. Nome:
2. Função e cargo atuais na empresa:
3. Formação:
4. Há quanto tempo trabalha na empresa?
5. Já atuou em outra área ou departamento na empresa? Se sim, quais?

II.Caracterização da Produção Enxuta

6. O que você compreende por PE?
7. Como a PE foi implantada e é gerenciada pela empresa?
8. Quais são as principais práticas de técnicas de PE adotadas pela empresa? Quais foram os principais benefícios e dificuldades?
9. Quais são as principais áreas que visam os ganhos da PE na empresa (clientes internos da PE)? Como isso ocorre?
10. A empresa adota práticas isoladas de PE na produção ou segue a PE como uma filosofia? Como?
11. Há alguma forma de estímulo ou motivação para os funcionários adotarem a filosofia da PE? Como é?

12. Como os níveis diretoria, gerência e operações entendem a PE? Como ocorre o processo *Top-down* dos objetivos da PE?

III. Caracterização da Produção mais Limpa

13. O que você compreende que seja P+L?

14. Como a P+L foi implantada e é gerenciada pela empresa?

15. Quais são as principais práticas de técnicas de P+L adotadas pela empresa? Quais foram os principais benefícios e dificuldades?

16. Quais são as principais áreas que visam os ganhos da P+L na empresa (clientes internos da PE)? Como isso ocorre?

17. A empresa adota práticas isoladas de P+L na produção ou segue a P+L como uma filosofia? Como?

18. Há alguma forma de estímulo ou motivação para os funcionários adotarem continuamente a P+L? Como é?

19. Como os níveis diretoria, gerência e operações entendem a P+L? Como ocorre o processo *Top-down* dos objetivos da P+L?

IV. Produção mais Limpa e Produção Enxuta

20. O que você acha da frase “Ao praticar *LeanManufacturing* a empresa é ambientalmente sustentável”?

21. As práticas de P+L e PE são implantadas e gerenciadas de forma integrada (equipes, recursos, indicadores, etc.)? Se sim, como e por que? Se não, por que? O que precisa ser feito para que ocorra esta integração?

22. Quais benefícios para a P+L ou de ordem ambiental foram obtidos com as práticas de PE? Como ocorreram?

23. Quais benefícios para a PE foram obtidos com as práticas de P+L ou ambientais? Como ocorreram?

24. Em sua opinião há possibilidade de integrar a implantação, o gerenciamento, as práticas, os objetivos e os resultados de PE com os de P+L? Explique. Se não, por que?

25. Os colaboradores de chão de fábrica recebem a mesma capacitação para propor e executar as práticas de P+L como recebem para propor e executar as práticas de PE? Por quê?

26. Houve algum *trade-off* ou conflito em relação aos objetivos da PE com a implantação de alguma prática de P+L?

- Se sim, quais foram e como foram os *trade-offs* e quais práticas os causaram?
- Se não, toda implantação foi naturalmente equilibrada? Como?

27. Houve algum *trade-off* ou conflito em relação aos objetivos da P+L com a implementação de alguma prática de PE?

- Se sim, quais foram e como foram os *trade-offs* e quais práticas os causaram?
- Se não, toda implantação foi naturalmente equilibrada? Como?

28. Qual a relação entre redução de impactos ambientais e aumento de produtividade com a redução de desperdícios “*Lean*” na empresa?

APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO APLICADO NA ETAPA *SURVEY*

Prezado (a).

Convidamos você a participar de nossa pesquisa.

O nosso objetivo é identificar as relações entre a Produção mais Limpa e a Produção Enxuta (Lean Production). Com isso, espera-se potencializar as contribuições delas para melhoria do desempenho ambiental e operacional das empresas.

As informações serão tratadas de forma agrupada e os resultados serão usados para fins acadêmicos, não sendo possível a identificação dos respondentes e das empresas. Portanto, fique à vontade em expressar sua opinião verdadeira.

Para cada resposta será doado o valor de R\$3,00 (três reais) para o Hospital do Câncer de Batatais - SP que está sendo construído na cidade para atender a região de Ribeirão Preto - SP.

Além disso, presentearemos os 50 (cinquenta) primeiros respondentes com 3 (três) volumes da série de livros Coleção Fábrica do Milênio. Para isso, os interessados em receber este brinde deverão seguir as orientações disponibilizadas após o término do questionário. Reforçamos que não será possível identificar qual foi o questionário de cada respondente e o sigilo de sua participação será mantido.

O tempo médio para responder o questionário é de 15 minutos. Agradecemos sua atenção e contamos com a sua participação em nossa pesquisa. Para responder o questionário visite:

https://qtrial2015az1.az1.qualtrics.com/SE/?SID=SV_3qRl4Zp2itSRcDr

Em caso de dúvidas e/ou sugestões, por favor contate:

José Augusto de Oliveira

Doutorando em Engenharia de Produção

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (USP)

Grupo Engenharia e Gestão do Ciclo de Vida

Núcleo de Manufatura Avançada

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8494490966978412>

LinkedIn: <https://br.linkedin.com/pub/josé-augusto-de-oliveira/b2/869/214>

✉ joseaugusto@sc.usp.br

Apresentamos de forma resumida o conceito de Produção mais Limpa para que seja possível apontar o uso desta estratégia pela empresa em que trabalha.

Produção mais Limpa (P+L) é uma estratégia produtiva e ambiental aplicada aos processos produtivos e produtos. A P+L tem como objetivo aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, insumos, água e energia e atua na fonte geradora dos impactos ambientais de forma a preveni-los.

Com relação ao conceito de P+L, sua empresa:

- ☐ Não utiliza
- ☐ Utiliza parcialmente com algumas práticas
- ☐ Utiliza plenamente

Apresentamos de forma resumida o conceito de Produção Enxuta ou Lean Production para que seja possível apontar seu uso pela empresa em que trabalha.

Produção Enxuta ou *Lean Production*: É um modelo de gestão que visa eliminar os desperdícios na cadeia produtiva e entregar para o cliente o que, quando, o quanto e como ele deseja, buscando sempre a perfeição por meio da melhoria contínua.

Com relação ao conceito de Produção Enxuta, sua empresa:

- ☐ Não utiliza
- ☐ Utiliza parcialmente com algumas práticas
- ☐ Utiliza plenamente

Nesta seção do questionário serão apresentadas questões para a consideração de diferentes perfis de respostas. Por favor assinale a alternativa que responda da melhor forma cada questão.

A. CARACTERIZAÇÃO DO RESPONDENTE

A.1 Qual a função dentro da empresa:

- ☐ Proprietário
- ☐ Diretor
- ☐ Gerente
- ☐ Supervisor
- ☐ Encarregado
- ☐ Técnico
- ☐ Outra: _____
- ☐ Não se aplica ou não desejo responder

A.2 Quanto tempo trabalha na empresa:

- ☐ Até 5 anos
- ☐ De 6 a 10 anos
- ☐ De 11 a 15 anos
- ☐ De 16 a 20 anos
- ☐ Acima de 21 anos
- ☐ Não se aplica ou não desejo responder

B. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

B.1 Porte da empresa:

- ☐ Até 9 empregados
- ☐ De 10 a 99 empregados
- ☐ De 100 a 499 empregados
- ☐ Mais de 500 empregados
- ☐ Não se aplica ou não desejo responder

B.2 Há quanto tempo a empresa atua no setor?

- ☐ Menos de 10 anos
- ☐ De 10 a 25 anos
- ☐ De 26 a 50 anos
- ☐ Acima de 50 anos
- ☐ Não se aplica ou não desejo responder

B.3 Porcentual do faturamento da organização proveniente do mercado externo (exportação):

- ☐ 0% (não exporta)
- ☐ De 0,1 a 24,9%
- ☐ De 25,0 a 49,9%
- ☐ De 50,0 a 74,9%

() Acima de 75,0%

() Não se aplica ou não desejo responder

B.4 Qual a tipologia produtiva principal adotada pela empresa?

() Produção para estoques (MTS)

() Produção sob encomenda (MTO)

() Montagem sob encomenda (ATO)

() Engenharia sob encomenda (ETO)

() Não se aplica ou não desejo responder

C. PRODUÇÃO MAIS LIMPA

As questões apresentadas a seguir representam práticas e/ou atividades de Produção mais Limpa. Por favor utilize a escala apresentada e assinale a alternativa que responda da melhor forma cada questão.

Discordo totalmente								Concordo totalmente
	1	2	3	4	5	6	7	

(Projeto do Produto)

C.1 Nossa empresa substitui materiais tóxicos e/ou poluentes no projeto do produto

C.2 Nossa empresa realiza modificações no projeto do produto visando melhorias/adequações ambientais

C.3 Nossa empresa capacita os colaboradores para o desenvolvimento de produtos mais limpos

(Processos produtivos)

C.4 Nossa empresa limpa e organiza os ambientes de produção/chão de fábrica

C.5 Nossa empresa gerencia sistematicamente os estoques (matéria prima/ insumos/ produtos finais)

C.6 Nossa empresa realiza manutenção de equipamentos periodicamente

C.7 Nossa empresa aperfeiçoa e padroniza os equipamentos do processo produtivo

C.8 Nossa empresa padroniza instruções de trabalho nos processos produtivos

- C.9 Nossa empresa separa rejeitos e resíduos dos processos produtivos
- C.10 Nossa empresa possui mecanismos para coleta de todos os tipos de rejeitos (incluindo respingos e rebarbas)
- C.11 Nossa empresa capacita os colaboradores para realizarem processos produtivos mais limpos
- C.12 Nossa empresa substitui materiais tóxicos e/ou poluentes nos processos produtivos
- C.13 Nossa empresa controla os processos produtivos
- C.14 Nossa empresa realiza modificações nos processos produtivos
- C.15 Nossa empresa realiza mudanças tecnológicas nos processos produtivos

(Reutilização)

- C.16 Nossa empresa reutiliza rejeitos e resíduos de um processo produtivo como subprodutos para o mesmo processo produtivo
- C.17 Nossa empresa reutiliza água usada em um processo produtivo como recurso para o mesmo processo produtivo
- C.18 Nossa empresa aproveita energia de um processo produtivo como recurso para o mesmo processo produtivo

(Reutilização/ reciclagem interna)

- C.19 Nossa empresa reutiliza rejeitos e resíduos de um processo produtivo como subprodutos para outros processos produtivos da empresa
- C.20 Nossa empresa reutiliza água usada em um processo produtivo como recurso para outros processos da empresa
- C.21 Nossa empresa aproveita energia de um processo produtivo como recurso para outros processos produtivos da empresa

(Reciclagem externa/ tratamento/ disposição)

- C.22 Nossa empresa destina resíduos e rejeitos para outras empresas reciclarem

C.23 Nossa empresa trata os rejeitos e resíduos de nossos processos produtivos

C.24 Nossa empresa descarta rejeitos e resíduos de nossos processos produtivos

D. LEAN PRODUCTION

As questões apresentadas a seguir representam práticas e/ou atividades de *Lean Production* (Produção Enxuta), por favor utilize a escala apresentada e assinale a alternativa que responda da melhor forma cada questão.

Feedback do fornecedor

D. 1 Nós temos contato frequente com nossos fornecedores

D. 2 Nossos fornecedores frequentemente visitam nossa empresa

D. 3 Nós frequentemente visitamos nossos fornecedores

D. 4 Nós damos retorno aos fornecedores sob o desempenho deles em qualidade e entregas

D. 5 Nós trabalhamos intensamente para estabelecer relacionamentos duradouros com nossos fornecedores

Entrega JIT pelos fornecedores

D. 6 Os fornecedores estão diretamente envolvidos no processo de desenvolvimento de novos produtos

D. 7 Nossos fornecedores-chave entregam em nossa empresa com base num programa Just in Time (JIT)

D. 8 Nós temos um programa formal de certificações de fornecedores

Desenvolvimento de Fornecedores

D. 9 Nossos fornecedores estão contratualmente compromissados em cada ano para a redução de custos

D. 10 Nossos fornecedores-chave estão localizados próximos à(s) nossa(s) empresa(s)

D. 11 Nós temos um canal de comunicação claro e direto com nossos fornecedores-chave

D. 12 Nós nos esforçamos para reduzir o número de fornecedores em cada categoria (ABC, por exemplo)

D. 13 Nossos fornecedores-chave gerenciam nossos estoques

D. 14 Avaliamos nossos fornecedores com base no custo total e não por preço unitário

Envolvimento do Cliente

D. 15 Nós temos contato frequente com nossos clientes

D. 16 Nossos clientes frequentemente visitam nossa empresa

D. 17 Nossos clientes nos dão retorno sobre o nosso desempenho em qualidade e entrega

D. 18 Nossos clientes são ativamente/ diretamente envolvidos na oferta de produtos atuais e futuros

D. 19 Nossos clientes compartilham informações de demanda atual e futura com algum departamento de nossa empresa

D. 20 Nós conduzimos regularmente pesquisas de satisfação com nossos clientes

Produção puxada

D. 21 A produção é “puxada” pela expedição de produtos acabados

D. 22 A produção nas estações de trabalho é “puxada” pela demanda atual da próxima estação

D. 23 Nosso sistema de produção é totalmente ou exclusivamente puxado

D. 24 Nós usamos Kanbans, quadros ou contenedores de cartões para controlar a produção

Fluxo contínuo

D. 25 Os produtos são classificados em grupos de acordo com necessidades de processamento similares

D. 26 Os produtos são classificados em grupos de acordo com necessidades de programação (sequenciamento) similares

D. 27 Os equipamentos são agrupados para produzir em fluxo contínuo uma família de produtos

D. 28 As famílias de produtos determinam o *layout* da fábrica

D. 29 O ritmo de produção está programado de acordo com a taxa de demanda dos clientes

Setup

D. 30 Nossos colaboradores se esforçam para reduzir o tempo de *setup*

D. 31 Nós trabalhamos com baixos tempos de setup em nossa fábrica

D. 32 Os equipamentos de nossa fábrica possuem baixo tempo de *setup*

Controle estatístico do processo

D. 33 Em nossa empresa, grande quantidade de equipamentos/ processos no chão de fábrica encontram-se sob controle (da qualidade)

D. 34 Nós utilizamos extensivamente técnicas estatísticas para reduzir a variabilidade de processos

D. 35 Em nossa empresa são utilizados painéis visuais com gráficos e cartas de controle que ilustram taxa de defeitos são usados como ferramentas no chão de fábrica

D. 36 Nós usamos diagrama de espinha de peixe para identificar as causas de problemas em qualidade

D. 37 Nós conduzimos estudos de capacidade de processo antes de lançar um novo produto

Envolvimento dos funcionários

D. 38 Os colaboradores de chão de fábrica são fundamentais para compor as equipes de solução de problemas

D. 39 Os colaboradores de chão de fábrica são estimulados a participarem de programas de sugestões de melhorias

D. 40 Os colaboradores de chão de fábrica conduzem os esforços de melhoria de produtos e processos

D. 41 Os colaboradores de chão de fábrica recebem treinamentos multifuncionais

Manutenção Produtiva Total

D. 42 Nós dedicamos uma considerável parcela de cada dia para planejar atividades relacionadas à manutenção dos equipamentos

D. 43 Nós realizamos manutenção regularmente em todos nossos equipamentos

D. 44 Nós mantemos excelentes registros de todas as atividades de manutenção realizadas nos equipamentos

D. 45 Nós disponibilizamos e compartilhamos entre os colaboradores de chão de fábrica excelentes registros de todas as atividades de manutenção realizadas nos equipamentos

E. DESEMPENHO AMBIENTAL, OPERACIONAL E ECONÔMICO

Em relação ao desempenho da empresa nos últimos anos, por favor utilize a escala apresentada e assinale a alternativa que responda da melhor forma cada questão.

Por favor, note que os argumentos da escala para estas questões foram modificados.

Discordo totalmente								Concordo totalmente
	1	2	3	4	5	6	7	

Ambiental – Produto

E. 1 A durabilidade de nossos produtos aumentou

E. 2 A capacidade de reciclagem (reciclabilidade) de nossos produtos aumentou

E. 3 O consumo de energia de nossos produtos reduziu

E. 4 A utilização de materiais tóxicos e/ou poluentes em nossos produtos reduziu

Ambiental – Processo

E. 5 As emissões atmosféricas de nossos processos produtivos reduziram

E. 6 A geração de águas residuais industriais de nossos processos produtivos reduziu

E. 7 A geração de resíduos sólidos de nossos processos produtivos reduziu

E. 8 O consumo de materiais e/ou substâncias tóxicas e/ou poluentes de nossos processos produtivos reduziu

E. 9 O consumo de energia elétrica por nossos processos produtivos reduziu

E. 10 O consumo de água por nossos processos produtivos reduziu

E. 11 O consumo de matéria prima por nossos processos produtivos reduziu

E. 12 A frequência de acidentes ambientais em nossos processos produtivos reduziu

Operacional

E. 13 A quantidade de produtos entregues no prazo por nossa empresa:

E. 14 Os níveis de estoque de nossa empresa reduziram

E. 15 A satisfação de nossos clientes:

E. 16 A taxa de rejeitos em nossos processos produtivos reduziu

E. 17 A Qualidade de nossos produtos:

E. 18 A utilização de nossa capacidade produtiva:

Econômico

E. 19 O custo de compras de materiais de nossa empresa reduziu

E. 20 O custo de consumo de energia de nossa empresa reduziu

E. 21 As taxas de tratamento de resíduos de nossa empresa reduziram

E. 22 As taxas de disposição de resíduos de nossa empresa reduziram

E. 23 As multas por acidentes ambientais de nossa empresa reduziram

Investimentos

E. 24 Os valores de investimentos em nossa empresa reduziram

E. 25 Os custos operacionais de nossa empresa reduziram

E. 26 Os custos com treinamentos de nossa empresa reduziram

E. 27 Os custos com compras de materiais ambientalmente sustentáveis de nossa empresa reduziram

F. MOTIVADORES

Em relação aos motivadores que levaram a empresa a adotar a Produção mais Limpa (P+L), por favor utilize a escala apresentada e assinale a alternativa que responda da melhor forma cada questão.

Por favor, note que os argumentos da escala para estas questões foram modificados.

Discordo totalmente								Concordo totalmente
	1	2	3	4	5	6	7	

Regulatória

F. 1 A P+L foi implantada visando atender às regulamentações ambientais do governo federal

F. 2 A P+L foi implantada visando atender às regulamentações ambientais regionais

F. 3 A P+L foi implantada visando atender às regulamentações de países internacionais para exportação

F. 4 A P+L foi implantada visando atender às exigências de produtos potencialmente conflitantes com leis (tais como Economia Circular, Responsabilidade Estendida ao Produtor, Saúde e Segurança Ocupacional, etc.)

Normativa

F. 5 A P+L foi implantada visando atender aos requisitos de empresas internacionais para exportação

F. 6 A P+L foi implantada visando atender aos requisitos ambientais do mercado interno

F. 7 A P+L foi implantada visando atender à conscientização ambiental de clientes brasileiros

F. 8 A P+L foi implantada em visando imagem ambientalmente responsável da empresa no mercado

F. 9 A P+L foi implantada devido ao seguimento acirrado da mídia no mercado de nossa empresa

F. 10A P+L foi implantada visando atender à conscientização ambiental pública (comunidade, ONGs, etc.)

F. 11A P+L foi implantada visando atender à política interna da matriz (em casos de multinacionais)

Fornecedores

- F. 12 A P+L foi implantada visando atender aos avanços de fornecedores no desenvolvimento de produtos
- F. 13 A P+L foi implantada visando o desenvolvimento de parceria ambiental com fornecedores
- F. 14 A P+L foi implantada visando acompanhar avanços de fornecedores no desenvolvimento de embalagens ambientalmente sustentáveis
- F. 15 A P+L foi implantada visando atender as exigências dos fornecedores para permanecerem no negócio (continuidade de negócios)

Econômicos

- F. 16 A P+L foi implantada visando atender a necessidade de redução de custos para destinação de materiais/substâncias tóxicas e poluentes
- F. 17 A P+L foi implantada visando atender a necessidade de redução do custo de consumo (matéria prima, energia, água, etc.)
- F. 18 A P+L foi implantada visando atender aos requisitos para obtenção de incentivo fiscal
- F. 19 A P+L foi implantada visando atender aos requisitos para a obtenção de recursos financeiros

APÊNDICE E – MODELO ESTRUTURAL COMPLETO

Figura 26 – Modelo estrutural completo da relação entre as práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho da empresa

Fonte: Elaborado pelo autor.

APÊNDICE F – BOOTSTRAPPING DO MODELO ESTRUTURAL COMPLETO

Figura 27 – Bootstrapping completo da relação entre as práticas de P+L e de PE e seus impactos no desempenho da empresa

Fonte: Elaborado pelo autor.

ANEXO A – DOAÇÃO AO HOSPITAL DO CÂNCER DE BATATAIS

**ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE DE APOIO AO
HOSPITAL DE CÂNCER DE BATATAIS - HCB**
Rua Prudente de Moraes nº 204 – Batatais-SP
CNPJ Nº 21.203.555/0001-00 I.E. Isenta

DECLARAÇÃO

DECLARO para os devidos fins que José Augusto de Oliveira, pesquisador de doutorado pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), efetuou a doação da quantia de R\$624,00 (seiscentos e vinte e quatro reais) à **ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE DE APOIO AO HOSPITAL DE CÂNCER DE BATATAIS - AHCB**, entidade sem fins lucrativos, devidamente inscrita no Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica – CNPJ sob o n.º 21.203.555/0001-00, com sede nesta cidade e Comarca da Estância Turística de Batatais/SP na Rua Prudente de Moraes, n.º 204, CEP 14.300-000, através de depósito em conta corrente da referida entidade (c.c. nº 8847-1, agência 6529-3 do Banco do Brasil) em concordância com o compromisso firmado com os 208 (duzentos e oito) respondentes da etapa *survey*, que foi parte de sua tese de doutorado.

Por ser verdade, firmo a presente.

Batatais, SP., 16 de maio de 2016

Ramon Gustavo de Oliveira
Primeiro Tesoureiro