

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

THYAGO DE MELO DUARTE BORGES

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESCALA PARA
MEDIÇÃO DE PRÁTICAS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA
(P+L)

SÃO CARLOS – SP

2020

THYAGO DE MELO DUARTE BORGES

DESENVOLVIMENTO DE UMA ESCALA PARA MEDIÇÃO DE PRÁTICAS DA
PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), para obtenção do título de doutor em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Miller Devós Ganga

SÃO CARLOS-SP

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado do candidato Thyago de Melo Duarte Borges, realizada em 15/05/2020.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Gilberto Miller Devos Ganga (UFSCar)

Prof. Dr. Moacir Godinho Filho (UFSCar)

Prof. Dr. Luis Antonio de Santa Eulalia (USHERBROOKE)

Prof. Dr. Vinicius Picanço Rodrigues (Insper)

Prof. Dr. Aldo Roberto Ornetto (USP)

Prof. Dr. José Augusto de Oliveira (UNESP)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Dedico este trabalho a minha mãe, meu pai, minhas irmãs e minhas sobrinhas que tanto me amam e respeitam.

Dedico às vítimas do Covid19 e às pessoas que perderam seus entes queridos e familiares,

Dedico aos profissionais da Saúde que estão lutando no *front* de batalha dessa pandemia triste e silenciosa,

Dedico à Ciência, questionada, esquecida e pouco valorizada no país. Ela é a nossa arma e esperança nesse momento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Universo por possibilitar minha existência e assim desfrutar as alegrias e tristezas de estar vivo. Meu muito obrigado aos meus pais, Maria Suerli de Melo Duarte Borges e Francisco Borges Neto, por sempre me apoiarem nos meus objetivos de vida, incluindo a minha carreira acadêmica. Sem o apoio deles não teria conseguido conquistar tudo o que venho conquistando. E as minhas irmãs Rafaela Duarte Borges e Raquel Duarte Borges pelo companheirismo e amor. Gostaria também de incluir aqui as minhas sobrinhas que amo tanto, Maria Luiza e Ana Júlia.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Gilberto Miller Dévos Ganga por ter me aceitado enquanto orientando e por ter me guiado nesta jornada de construção de uma tese, suas orientações foram de fundamental importância para a finalização desta pesquisa. Ressalto a importância da participação da Prof.^a Dra. Ivete Delai e do Prof. Dr. Moacir Godinho Filho neste trabalho, os quais foram fundamentais no desenvolvimento da revisão sistemática da literatura e de outros itens desta pesquisa.

Agradeço ao PFLA (*Programme des futurs leaders dans les Amériques*) por ter me proporcionado uma bolsa para realizar parte da minha pesquisa no Canadá em parceria com a *Université de Sherbrooke*. E com isso, agradeço imensamente ao Prof. Dr. Luis Antônio de Santa-Eulália por ter aceitado me orientar durante a minha estadia neste país, suas contribuições e apoio foram fundamentais.

Fica aqui também o meu agradecimento a Universidade Federal Rural do Semi-Arido (UFERSA), Universidade a qual tenho o prazer de ser um dos professores do curso de Engenharia de Produção. Essa instituição possibilitou o meu afastamento das minhas atividades de docência para que eu pudesse me dedicar inteiramente a minha pesquisa de doutorado.

Meu muito obrigado a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por possibilitar a expansão e consolidação da Pós-Graduação do Brasil. Contribuindo assim com o crescimento da ciência no nosso país.

Agradeço também aos demais membros da banca, Prof. Dr. Vinícius Rodrigues Picanço, Prof. Dr. Aldo Roberto Ometto e Prof. Dr. José Augusto de Oliveira, por terem aceitado participar deste momento tão importante da minha vida pessoal e acadêmica. Suas contribuições serão de extrema relevância para a finalização deste trabalho.

Por fim, não menos importante, agradeço a todos os meus colegas de pós-graduação que me acompanharam e me apoiaram durante esta jornada. Companheiros e companheiras que nunca esquecerei.

Somos Todos Ambiente. Somos Todos Terra.

(Berenice Gehlen Adams)

RESUMO

O aumento da produção e do consumo de bens materiais tem sido uma das características da sociedade moderna. Este aumento, quando realizado de forma ineficiente, resulta em sérios impactos ambientais negativos ao planeta. Destaca-se, neste contexto, o papel das empresas, uma vez que se configuram como um dos principais agentes responsáveis pelo aumento de tais impactos. Uma alternativa para tratar tal problemática é a adoção de práticas de Produção mais Limpa (P+L), uma estratégia que objetiva reduzir os impactos ambientais investigando a origem de suas causas e propondo práticas que eliminem ou reduzam a geração desses impactos. Para que essas empresas possam gerenciar de forma adequada essas práticas é necessário que verifiquem e mensurem o nível de implantação destas, utilizando para tanto de um instrumento (escala) que permita essa medição. Nesse contexto, o objetivo central desta tese consiste no desenvolvimento de uma escala que possa mensurar o nível de implantação das práticas de P+L nas empresas. A abordagem metodológica utilizada para tal fim é mista, utilizando assim as etapas necessárias para a construção de uma escala, as quais: especificação dos domínios teóricos e definição operacional dos constructos, geração de itens, validação de face, pré-teste e purificação da escala, análise de confiabilidade e validade da escala. Com essa abordagem metodológica foi possível obter uma escala multidimensional da Produção mais Limpa com 25 itens. A escala foi validada em termos de validade de conteúdo, confiabilidade de constructo, validação convergente e validação discriminante. Esta pesquisa é relevante em termos teóricos pois preenche um gap da literatura ao desenvolver uma escala seguindo procedimentos científicos rigorosos e robustos. Relevância também apontada em termos práticos, pois a partir do desempenho individual de cada empresa é possível extrair informações que orientem ações preventivas e/ou corretivas para a melhoria das ações ambientais dessas organizações. Assim como é possível a utilização dessa escala como uma ferramenta de benchmarking entre empresas do mesmo setor e de setores distintos.

Palavras-Chave: Produção mais Limpa. Práticas. Medição. Medidas. Desenvolvimento de escala.

ABSTRACT

The increase in materials production and consumption is one of the characteristics of the modern society. This increase, when performed inefficiently, results in the negative environmental impacts on the planet. In this context, it is important to highlight the activities from the industries. Since they are considered as one of the main agents responsible for the increase of such impacts. An alternative to solve this problem is the adoption of the Cleaner Production (CP), a strategy that aims to reduce the environmental impacts by investigating the origin of its causes and proposing practices that eliminate or reduce the generation of these impacts. In order for these companies properly manage these practices, it is necessary that they check and measure the level of implementation of such practices, using for that purpose an instrument (scale) which allows this measurement. In this context, the objective of this thesis is the development of a scale which measure the level of CP practices implementation. The methodological approach used for this objective was mixed, which included the steps necessary to develop a scale : specification of theoretical domains and operational definition of constructs, generation of items, face validation, pre-test and scale purification, reliability and validity analysis of the scale. With this methodological approach, it was possible to create a scale with 08 constructs and 25 practices. This model was validated in terms of construct reliability, convergent validity and discriminant validity. In theoretical terms, this research is relevant because it fills a gap in the literature by developing a scale that measures CP practices in the companies. In practical terms, this research is also relevant because each company can analyse its own performance and extract informations to guide the company's environmental management. It also possible the utilization of this scale as a bechmarking tool between companies from the same sector or from differents ones.

Keywords : Cleaner production. Practices. Measures. Measurement. Scale Development.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação entre as etapas de construção da escala e os métodos de pesquisa.....	21
Figura 2 - Características da P+L.....	29
Figura 3 - Relação entre a P+L e outros conceitos ambientais	35
Figura 4 - Características das práticas de Modificação de Produto	37
Figura 5 - Características das práticas de Substituição dos materiais de entrada	38
Figura 6 - Figura 6 - Características das práticas de Modificação de Tecnologia	39
Figura 7 - Características das Práticas de Reciclagem Interna (Chão-de-Fábrica)	40
Figura 8 - Características das práticas de Boas práticas de Produção.....	41
Figura 9 - Níveis de atuação da P+L.....	42
Figura 10 - Modelo de escala diferencial semântica	49
Figura 11 - Etapas da Revisão Sistemática	62
Figura 12 - Palavras-Chave utilizadas na revisão sistemática	63
Figura 13 - Esquema da Análise de Conteúdo	68
Figura 14 - Etapas da Implantação da P+L.....	80
Figura 15 - Etapas da construção da Escala (Artigo)	103
Figura 16 - Modelo Teórico - Conceitual da Escala	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das Etapas (AFE)	55
Tabela 2 – Resumo das Etapas (AFC)	58
Tabela 3 - Distribuição das cargas nos fatores extraídos	115
Tabela 4 - Resumo dos dados Empíricos (AFE).....	116
Tabela 5 - Validade Convergente e Confiabilidade dos constructos	119
Tabela 6 - Validade discriminante: critério das cargas cruzadas	121
Tabela 7 - Validade discriminante: critério de <i>Fornell-Larcker</i>	122
Tabela 8 - Resumo dos Dados Empíricos (AFC).....	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições de P+L	26
Quadro 2 - Práticas de Fim-de-Tubo x Práticas de P+L	29
Quadro 3 - Critérios de seleção dos itens	47
Quadro 4 - Primeira Classificação (Categorias pré-definidas)	64
Quadro 5 - Segunda Classificação (Categorias pós-definidas)	66
Quadro 6 - Práticas de Modificação do Produto.....	69
Quadro 7 - Práticas de Substituição de Materiais de Entrada.....	70
Quadro 8 - Práticas de modificação de Tecnologia.....	72
Quadro 9 - Práticas de Reciclagem Interna e Externa	74
Quadro 10 - Redução no consumo de energia.....	75
Quadro 11 - Práticas de redução no consumo de água	76
Quadro 12 - Aspectos Gerais de Gestão.....	77
Quadro 13 - Práticas relacionadas à cadeia de suprimentos.....	78
Quadro 14 – Práticas relacionadas àTreinamento e conscientização de funcionários.....	79
Quadro 15 - Etapas do processo de implantação da P+L.....	83
Quadro 16 - Constructos do processo de avaliação da implantação da P+L.....	85
Quadro 17 - Barreiras Organizacionais	88
Quadro 18 - Barreiras Econômicas e Financeiras.....	90
Quadro 19 - Barreiras técnicas, sociais e governamentais	91
Quadro 20 - Práticas de P+L (terceira versão da escala)	109
Quadro 21– Escala Final Validada	126

LISTA DE SIGLAS

AFE – Análise Fatorial Exploratória

AFC – Análise Fatorial Confirmatória

P+L – Produção Mais Limpa

UNEP – *United Nations Environmental Programme*

UNIDO – United Nations Industrial Development Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DE PESQUISA	18
1.3 <i>RELEASE</i> METODOLÓGICO & ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2 REFERENCIAL TEÓRICO PRELIMINAR	24
2.1 PRODUÇÃO MAIS LIMPA	24
2.1.1 <i>Surgimento da Produção mais Limpa, conceitos e princípios</i>	24
2.1.2 <i>A relação da Produção mais Limpa com outros conceitos ambientais</i>	31
2.1.3 <i>Classificação das práticas de produção mais Limpa</i>	35
2.1.4 <i>Implantação da Produção mais Limpa</i>	41
2.1.5 <i>Benefícios da aplicação da Produção mais Limpa</i>	43
2.2 DESENVOLVIMENTO DE ESCALAS EM GESTÃO DE OPERAÇÕES	44
2.2.1 <i>Domínio de Conteúdo</i>	46
2.2.2 <i>Seleção dos Itens</i>	46
2.2.3 <i>Validação dos itens a partir dos especialistas</i>	49
2.2.4 <i>Primeira Versão da Escala</i>	50
2.2.5 <i>Validação Empírica – Análise Fatorial Exploratória</i>	50
2.2.6 <i>Validação Empírica – Análise Fatorial Confirmatória</i>	55
3 PRÁTICAS, IMPLANTAÇÃO E MENSURAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	60
3.1 INTRODUÇÃO	60
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	61
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	67
3.3.1 <i>Quais as práticas de Produção mais Limpa implantadas pelas empresas e descritas pela literatura (QP1)?</i>	68
3.3.2 <i>Como essas práticas são implantadas (QP2)?</i>	79
3.3.3 <i>Como a literatura descreve a avaliação da implantação da P+L (QP3)?</i>	84
3.3.4 <i>Aspectos que influenciam a utilização da P+L pelas empresas</i>	85
3.4 CONCLUSÕES	94
3.4.1 <i>Questões de Pesquisas</i>	94
3.4.2 <i>Aspectos que influenciam a adoção da P+L pelas empresas</i>	96
3.4.3 <i>Sugestões de Pesquisas Futuras</i>	97
4 CONSTRUÇÃO DE UMA ESCALA PARA MENSURAR O NÍVEL DE IMPLANTAÇÃO DAS PRÁTICAS DE P+L	99

4.1 INTRODUÇÃO.....	99
4.2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	100
4.3 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA PARA MEDIÇÃO DE PRÁTICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA.....	103
4.3.1 Especificação dos domínios teóricos e definição operacional dos constructos.....	104
4.3.2 Geração de Itens.....	105
4.3.3 Validade de face (Painel de Especialistas).....	106
4.3.5 DISCUSSÃO	122
4.4 Conclusão	132
REFERÊNCIAS	138
APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO (PESQUISADORES).....	168
APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTE (PESQUISADORES)	170
APÊNDICE C – CARTA DE APRESENTAÇÃO (GESTORES)	173
APÊNDICE D – CARACTERIZAÇÃO DO RESPONDENTE (GESTORES).....	175

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo da história, o ser humano tem sido o agente causador dos impactos ambientais negativos que vêm ocorrendo no planeta. Segundo o *United Nations Environment programme* - UNEP (2020), a biodiversidade do planeta tem sido reduzida a taxas alarmantes devido a atividades antrópicas as quais destroem, degradam e invadem os habitats naturais. Sendo as indústrias uma das principais responsáveis por essa destruição.

Corroborando com este fato, o UNEP (2020) argumenta que o crescimento da atividade industrial, a urbanização, e o desenvolvimento da agricultura e pecuária intensiva vêm aumentando os níveis de poluição do ar, da água e do solo.

A produção e o consumo em massa oriundos da indústria têm causado uma utilização ineficiente dos recursos naturais, gerando assim, uma grande quantidade de impactos ambientais negativos (AGUILAR *et al.*, 2017). Esse fato é corroborado a partir de estudos como os de Chen *et al.* (2017), o qual afirmam que a escassez de água e energia, juntamente com a poluição causada pelas indústrias de manufatura estão se tornando uma problemática cada vez mais recorrente.

Os impactos ambientais negativos conjecturam pressões institucionais que “forçam” as empresas a estabelecerem uma agenda ambiental em consonância com as estratégias financeiras e operacionais, tornando assim uma questão primordial na competitividade do mercado global (NTABE *et al.*, 2015). Nesse contexto, Yusup *et al.* (2014a) destacam que as principais etapas que causam impactos ambientais durante o ciclo de vida do produto são a extração da matéria-prima e disposição final dos produtos.

A busca por produtos e serviços que reduzam de forma contínua os danos ambientais vem crescendo e isso faz com que as empresas, de variados tamanhos e setores, estejam atentas às inovações, para que assim possam incorporá-las em seus processos produtivos e administrativos a fim de atender as exigências do mercado (SANTOS *et al.*, 2020).

A partir da conscientização dos impactos causados por suas atividades, inúmeras organizações têm dedicado esforços no redesenho de seus processos e produtos com o objetivo de torná-los mais sustentáveis (RAMOS *et al.*, 2018). Santos *et al.* (2020) argumentam que na atualidade tanto a sociedade como o mercado estão conscientes da importância das questões

ambientais e como essa conscientização também pode proporcionar benefícios econômicos e sociais.

Porém essa conscientização nem sempre existiu. Em um primeiro momento os países industrializados ignoraram os impactos ambientais negativos que suas indústrias causavam ao meio ambiente. Em seguida, houve a tentativa de tornar esses impactos menos visíveis a sociedade. Em um terceiro estágio, as empresas começaram a controlar a poluição e os desperdícios causados por suas atividades. Após isto, as empresas começaram a evitar a geração da poluição e do desperdício na fonte, destacando-se nesse contexto a Produção mais Limpa (P+L) (UNEP, 1994). Embora a discussão da P+L ainda esteja bastante presente na atualidade, outras estratégias têm sido discutidas, como por exemplo, a Economia Circular.

A P+L é considerada como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada aplicada a produção, processos e serviços cujo objetivo é aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas (UNEP, 1990a). Dentre as demais estratégias ambientais, a P+L busca a utilização eficiente de recursos naturais, a inovação dos processos organizacionais e a minimização dos desperdícios de produção pelas empresas (GUIMARÃES *et al.*, 2018; RANTALA *et al.*, 2018).

O conceito de P+L está relacionado a uma melhor utilização de energia e materiais e substituição de produtos tóxicos por aqueles menos tóxicos (HENS *et al.*, 2018). Yang *et al.* (2020) afirmam que ao longo das últimas décadas a P+L tem sido usada globalmente por várias empresas como uma importante estratégia que auxilia na redução do consumo de energia, água e na redução das emissões de gases de efeito estufa. Cong e Shi (2019) alegam que para atingir o desenvolvimento sustentável as empresas precisam aplicar as práticas de P+L.

É importante ressaltar que a estratégia da P+L utiliza de ferramentas que proporcionam benefícios sociais, ambientais e econômicos para as atividades das organizações. As práticas de P+L aumentam a competitividade das empresas, reduzem custos e melhoram a qualidade de vida das pessoas, em termos local, regional e global (SANTOS *et al.*, 2020).

Como mencionado anteriormente, a temática da Produção mais Limpa continua relevante para a atualidade. São várias as pesquisas que relacionam essa estratégia com outros temas de pesquisa, os quais: prestação de serviços (SANTOS *et al.*, 2020), indústria da construção (OFEK; PORTNOV, 2020), Eco-Inovação (LATUPEIRISSA; ADHARIANI, 2020), tamanho da empresa e negócios familiares (GRAAFLAND, 2020), criatividade e identidade de marca (ZAMEER *et al.*, 2019), tecnologia simbiótica (WANG *et al.*, 2020), *e-commerce* (LU *et al.*, 2020), ferramentas de otimização e design de processo (FAN *et al.*, 2020).

Sousa-Zomer *et al.* (2018) destacam inclusive a CP como uma abordagem antecedente para a mudança de paradigma relativo à Economia Circular.

É importante ressaltar que ao implantar a P+L as empresas buscam atingir três objetivos principais: o uso eficiente dos recursos naturais; a minimização dos resíduos, emissões e impactos; e a redução dos riscos as pessoas, conforme ressaltado por Hens *et al.* (2018), Staniskis e Stasiskiene (2003), Hamed e Mahgary (2004), Staniskis (2011), UNEP (1994) e USEPA (1992).

A literatura enfatiza cinco dimensões de práticas que representam a P+L, a saber: a modificação de produtos, a modificação de tecnologia, a substituição dos materiais de entrada, a reciclagem no próprio chão-de-fábrica, e as boas práticas de produção, conforme apontado em Berkel (1994), UNEP (1994), Huq *et al.* (1999), Shi *et al.* (2008) e Kurtagie *et al.* (2016). Nesta tese, denominaremos estas dimensões de “constructos”, e as práticas que a perfazem como medidas ou itens.

Para uma melhor gestão da P+L nas empresas é preciso que seja compreendido quais destas práticas vêm sendo implantadas pelas organizações, assim como mensurar o estágio de implantação das mesmas. Neste contexto, um dos métodos de mensuração consiste na utilização de escalas. Corroborando com esta afirmação, Devellis (2003) ressalta as técnicas de mensuração estão geralmente relacionadas à construção de escalas. Para este autor, as escalas consistem em uma coleção de itens que revelam a variação de níveis teóricos dos constructos os quais não são perceptíveis pela observação direta. Este é o contexto de desenvolvimento desta pesquisa: o desenvolvimento de uma escala para medir a Produção mais Limpa (P+L).

A construção desse instrumento proporciona uma série de contribuições, sendo elas teóricas e práticas. A principal contribuição teórica consiste no desenvolvimento de uma escala multidimensional que mensura a adoção das práticas de P+L nas empresas. Suprindo assim um *gap* da literatura, como poderá ser verificado na próxima seção. Em termos práticos, a utilização da escala pelas empresas servirá como um instrumento de diagnóstico o qual apontará quais são os tipos de práticas de P+L mais adotadas.

A partir desse diagnóstico, as empresas poderão estabelecer estratégias que visam implantar as práticas menos adotadas. Com a implantação das práticas de P+L, as empresas poderão se beneficiar com a redução dos poluentes e emissões gerados pelo seu processo produtivo, redução dos custos relacionados aos passivos ambientais, melhoria na eficiência da produção e melhoria da sua imagem perante seus clientes e a sociedade.

Com a percepção desses benefícios, existe uma possibilidade maior dessas organizações se tornarem mais engajadas com a sustentabilidade de suas operações, impulsionando assim

uma melhoria contínua dessas práticas. Destaca-se também a possibilidade de utilização da escala como uma ferramenta de Benchmarking para comparar as práticas utilizadas entre empresas do mesmo setor e de setores distintos. De acordo com a sua característica multifacetada, essa escala poderá ser aplicada não só em um contexto interno das empresas mas também em um contexto que envolve outros elos da cadeia de suprimentos, já que o instrumento contém práticas que abordam a interação com esses atores. Proporcionando uma maior disseminação da P+L pelas empresas.

Ressalta-se que a utilização da escala não se restringe apenas ao ambiente empresarial. Órgãos governamentais, local e nacional, assim como instituições do terceiro setor poderão utilizar essa ferramenta como um dos métodos de divulgação da P+L para a sociedade, assim como utiliza-la como base para a criação de manuais, regulamentações ou até mesmo leis que visam facilitar a implantação da P+L.

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DE PESQUISA

A partir da criação de seu conceito no ano de 1989 pelo (UNEP), a P+L é tema de inúmeras pesquisas empíricas do tipo *survey* (ANDREWS *et al.*, 2002; DONIEC *et al.*, 2002; YUKSEL, 2008; ZENG *et al.*, 2010; SEVERO *et al.*, 2015; YUSUP *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016; BHUPENDRA; SANGLE, 2016a; BHUPENDRA; SANGLE, 2016b; GUIMARÃES *et al.*, 2017; SEVERO *et al.*, 2017; GUIMARÃES *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2019; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2020).

A pesquisa de Andrews *et al.* (2002) teve como objetivo investigar o nível de consciência e implantação da P+L em pequenas e médias empresas da Austrália. Este trabalho utilizou de 8 itens para representar o constructo da P+L. O trabalho de Doniec *et al.* (2002) verificou o nível de conhecimento das empresas de manufatura polonesas em relação aos princípios da P+L, assim como identificou algumas barreiras e estratégias no processo de implantação. A pesquisa utilizou 7 itens para representar a P+L.

Yuksel (2008) investigou as práticas de P+L em grandes empresas da Turquia, assim como analisou a percepção dessas empresas em relação a temas como gestão ambiental, tecnologias ambientais e desempenho ambiental. O constructo da P+L foi representando utilizando 25 itens, porém essas práticas não foram classificadas de acordo com as dimensões da UNEP.

A pesquisa de Zeng *et al.* (2010) investigou a relação entre a P+L e o desempenho financeiro e operacional da empresa, utilizando 11 itens para representar a P+L. Estes itens foram classificados em práticas de baixo custo e práticas de alto custo. Já Severo *et al.* (2015) realizaram uma análise da relação entre os conceitos da P+L, a sustentabilidade e o desempenho organizacional. Esta pesquisa utilizou apenas de 5 itens para representar o constructo da P+L.

Yusup *et al.* (2015) investigaram a implantação das práticas de P+L nas indústrias de manufatura da Malásia, utilizando para tanto de 26 itens. Essas práticas não foram classificadas de acordo com as dimensões UNEP. Oliveira *et al.*, (2016) analisaram como a utilização da ISO 14001 pelas empresas influenciava na implantação da P+L. A pesquisa utilizou de 7 itens para representar o constructo da P+L.

Bhupendra e Sangle (2016a) criaram um instrumento que analisa o desempenho das empresas verificando a utilização de estratégias de tecnologias mais limpas. Utilizaram, para tanto, 11 itens para representar o constructo da P+L. Já Bhupendra e Sangle (2016b) teve como objetivo identificar o quão as empresas da Índia estavam orientadas a aplicar práticas de prevenção a poluição, utilizando para isso 19 itens.

Guimarães *et al.* (2017) investigaram o quão o sucesso da implantação da P+L estava relacionado com direcionadores estratégicos e com a adoção de uma gestão de projeto madura pelas empresas. O constructo da P+L nessa pesquisa foi representado por apenas 4 itens. O trabalho de Severo *et al.* (2017) investigou a relação entre a utilização da P+L e a inovação sustentável de produto. A pesquisa utilizou de 5 itens para representar a P+L. Guimarães *et al.* (2018) analisaram a relação entre a P+L e os seguintes temas: orientação empreendedora da empresa, orientação voltada para o mercado, e gerenciamento do conhecimento. A pesquisa utilizou de 4 itens para representar a P+L.

Oliveira *et al.* (2019) investigaram o nível de implantação das práticas de P+L em indústrias brasileiras utilizando de 18 itens para representar o constructo da P+L. Esses itens foram classificados em três dimensões definidas pela UNEP (Processo de produção, design de produto, reciclagem e reuso. Oliveira Neto *et al.*, (2020) avaliaram o nível de implantação das práticas de P+L no setor têxtil brasileiro, utilizando para tal fim 31 itens. Porém, ressalta-se que esses itens não foram categorizados segundo as dimensões do UNEP.

Dentre as pesquisas citadas, apenas quatro, de fato, buscam mensurar o nível de implantação das práticas de P+L nas empresas (Yuksel, 2008; Yusup *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2019, Oliveira Neto *et al.*, 2020). Também não existe uma classificação clara das práticas de P+L nas dimensões da UNEP (Yuksel, 2008; Yusup *et al.*, 2015; Oliveira Neto *et al.*, 2020),

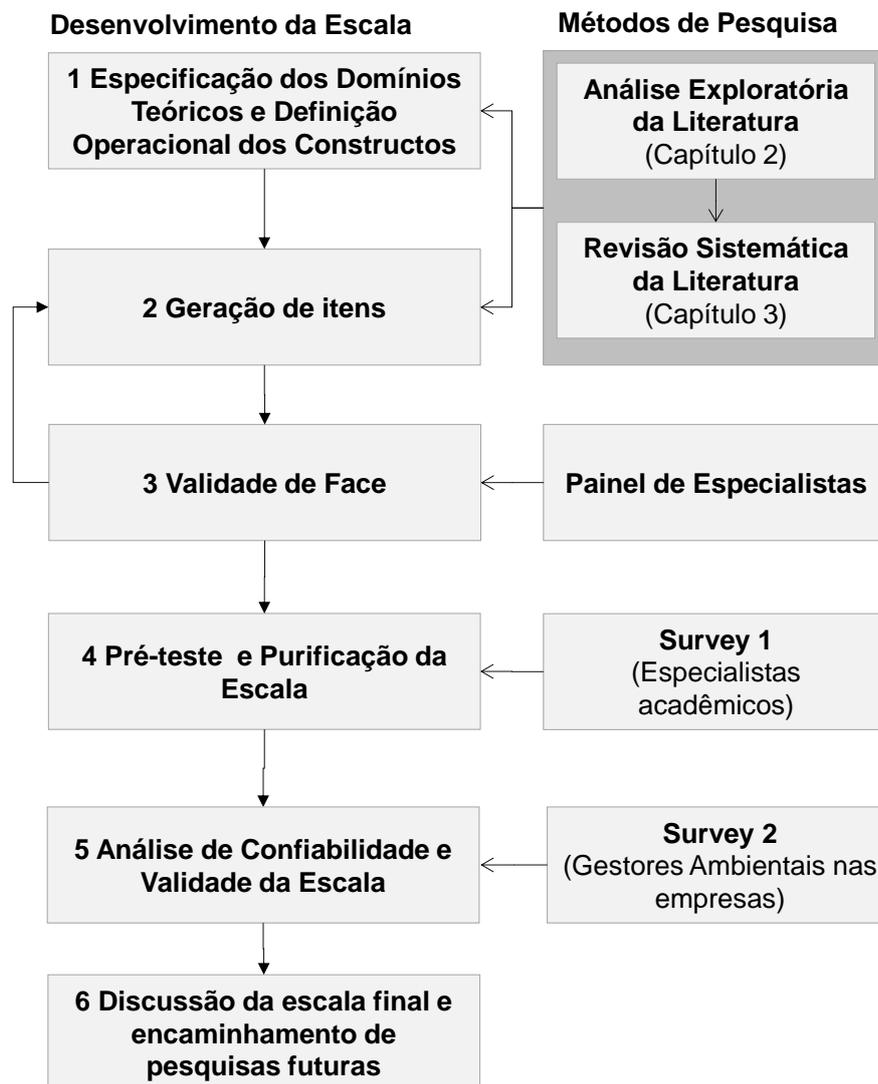
Ressalta-se que apenas a pesquisa de Oliveira *et al.*, (2019) que classifica as práticas de P+L em quatro dimensões definidas pelo UNEP.

Podemos destacar vários pontos deficitários na representação do constructo de P+L por essas pesquisas, como a baixa quantidade de itens, a falta de discriminação destes itens segundo as dimensões de P+L pelo UNEP, mas talvez o principal, tenha sido a não aplicação de um método rigoroso e sistemático no desenvolvimento de uma escala que consiga captar as dimensões da P+L e as respectivas práticas correspondentes. A partir deste *gap* de pesquisa, o objetivo central desta tese consistiu em desenvolver uma escala que mensure o nível de adoção das práticas de P+L nas empresas.

1.3 *RELEASE* METODOLÓGICO & ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para desenvolver a escala nós seguimos os passos descritos por Grant e Davis (1997), Ahire e Devaraj (2001), Netemeyer *et al.* (2003), Li *et al.* (2005), Malhotra (2006), DeVellis (2012). A Figura 1 ilustra os passos necessários para o desenvolvimento de uma escala e a relação com os métodos de pesquisa utilizados para tal fim.

Figura 1 - Relação entre as etapas de construção da escala e os métodos de pesquisa



Fonte: Proposto pelo autor.

O primeiro passo no desenvolvimento da escala foi compreender quais os conceitos fundamentais relacionados à Produção mais Limpa. Para tanto foi realizada uma análise exploratória da literatura que resultou no Capítulo 2, Referencial Teórico Preliminar. Por meio desta análise verificamos que a P+L compreende cinco dimensões fundamentais, a saber: Substituição dos materiais de entrada, Modificação de tecnologia e equipamentos, Boas práticas de produção, Modificação do produto e Gestão de Resíduos. O referencial teórico preliminar possibilitou estabelecer e compreender parâmetros importantes para a realização da revisão sistemática da literatura.

A partir da delimitação dos constructos foram definidos, caso possível, subdimensões destes. Antes de iniciar a Geração de Itens (Etapa 2) foi necessário realizar um levantamento sistemático da literatura (Capítulo 3) a fim de mapear o estado da arte das principais práticas de

P+L utilizadas pelas empresas, nas devidas dimensões supracitadas. Os procedimentos metodológicos utilizados na Revisão Sistemática da Literatura estão detalhados no próprio Capítulo 3.

A geração dos itens da escala foi possível a partir da seleção das práticas encontradas na revisão sistemática da literatura, assim como com o auxílio de especialistas. A Validade de Face (validade de conteúdo) dos itens gerados foi realizada por três conjuntos de especialistas, os quais foram denominados de especialistas acadêmicos internos a pesquisa, especialistas acadêmicos externos a pesquisa, e gestores de empresas. Detalhes destes procedimentos estão descritos no Capítulo 4.

Para o pré-teste da escala foi realizado uma *survey* com especialistas acadêmicos da área ambiental e de sustentabilidade. A lista com o *e-mail* dos pesquisadores foi proveniente dos artigos levantados na revisão sistemática de literatura. Foram enviadas cartas convite para estes pesquisadores. Após receber os questionários, aplicamos testes estatísticos para identificar e eliminar padrões de resposta suspeitos (*straight lining*, dados faltantes, etc.) e *outliers* multivariados. De posse dos questionários válidos executamos uma Análise Fatorial Exploratória (AFE) para purificar a escala. Utilizamos critérios como a avaliação das cargas dos itens e também uma análise do alfa de *cronbach*, caso o item fosse eliminado. Após a execução da AFE eliminamos alguns itens e reformulamos a escala para ser validada (Fase 5). Os detalhes do pré-teste, procedimentos de execução da *survey* e da AFE estão no Capítulo 4.

A análise de validade e confiabilidade da escala foi realizada por meio de uma segunda *survey* com gestores da área ambiental e de sustentabilidade. A lista com o e-mail dos gestores foi proveniente do LinkedIn. Foram enviadas cartas convite para estes gestores. Após receber os questionários, aplicamos testes estatísticos para identificar e eliminar padrões de resposta suspeitos (*straight lining*, dados faltantes, etc.) e *outliers* multivariados. De posse dos questionários válidos executamos uma Análise Fatorial Confirmatória (AFC) para validar a escala. Utilizados critérios estatísticos para mensurar a confiabilidade, a validade convergente e a validade discriminante. Os detalhes da validação da escala, procedimentos de execução da *survey* e da AFC estão no Capítulo 4. Para maiores detalhes consulte a carta de apresentação e o questionário no Apêndice A e B da Pesquisa. Os *softwares* usados nas Etapas 4 e 5 foram o SPSS e o SmartPLS.

Por fim, apresentamos a escala validada, os itens finais que a compuseram e discutimos limitações e propostas de trabalhos futuros (Capítulo 5).

É importante ressaltar que os Capítulos 3 e 4 foram estruturados como artigos científicos, prática cada vez mais adotada pelos Programas de Pós-Graduação, uma vez que

confere maior qualidade e confiabilidade de conteúdo e que contribui diretamente para a publicação dos resultados da tese em periódicos de seletiva política editorial. Em alguns momentos, o texto parecerá redundante. São os *trade-offs* deste modelo de estruturação de tese.

2 REFERENCIAL TEÓRICO PRELIMINAR

Esse capítulo tem como objetivo apresentar o referencial teórico preliminar a respeito da Produção mais Limpa e dos procedimentos para o desenvolvimento de escalas na área de gestão de operações.

2.1 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Um dos aspectos primordiais a serem analisados na melhoria do desempenho organizacional são os aspectos ambientais, constituindo, portanto, um dos pontos de análise dos gestores empresariais. O grande desafio desses profissionais consiste em reduzir os impactos ambientais negativos ao mesmo tempo em que mantém a competitividade diante do mercado. A utilização de práticas ambientais consiste de um método apropriado para alcançar tal objetivo. Nesta perspectiva, a estratégia da P+L demonstra-se eficiente, pois integra aspectos tecnológicos, econômicos e ambientais voltados para produtos e processos aumentando a eficiência na utilização da matéria-prima e reduzindo os desperdícios (GUIMARÃES *et al.*, 2013).

É com essa citação que se inicia a discussão de algumas características da P+L, as quais: o seu surgimento, seus conceitos e princípios, seus principais objetivos enquanto estratégia ambiental, como suas práticas podem ser classificadas, como a P+L é implantada e quais os principais benefícios de sua aplicação.

2.1.1 Surgimento da Produção mais Limpa, conceitos e princípios

A P+L começou a ganhar reconhecimento pelo mundo a partir do final dos anos 90 depois de resultados satisfatórios em termos ambientais e econômicos, demonstrados por projetos de várias empresas (SARK; SENA, 2017). Segundo a UNEP (2002a) a P+L foi criada no ano de 1989 pelo UNEP como uma estratégia ambiental, juntamente com outras estratégias similares.

Por este fato, a P+L é utilizada frequentemente como um conceito amplo e intercambiável com estratégias ambientais como prevenção a poluição (P2), ecoeficiência e manufatura verde, como destacada pelo UNEP (2006). A literatura apresenta algumas

definições de P+L, o Quadro 1 tem a função apresentar algumas dessas definições, relatar sua principal característica e apontar a literatura que desenvolveu cada conceito.

Quadro 1 - Definições de P+L

Conceitos	Aplicação	Característica principal	Literatura
Aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada aplicada a produção, processos e serviços com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas;	Produção/Processos/ Serviços	Estratégia ambiental	UNEP (1990a)
Utilização contínua de processos industriais e produtos que previnam a poluição do ar, água e terra, redução dos desperdícios na fonte, e minimização dos riscos a população humana e ao ambiente;	Processos Industriais/Produtos	Método que utiliza de forma contínua processos e produtos	UNEP (1994)
Estratégia utilizada pelas empresas para se atingir uma melhoria ambiental contínua. As práticas da produção mais limpa incluem mudanças na gestão ou em procedimentos operacionais que aumentam a eficiência no uso de matéria-prima, energia e água a partir da reciclagem de desperdícios e a instalação de tecnologias limpas;	Gestão/ Procedimentos Operacionais	Estratégia Ambiental	Hirschhorn (1997)
Estratégia preventiva para minimizar o impacto da produção e produtos no ambiente. Os principais atores são as empresas, as quais controlam os processos de produção;	Produção/ Produtos	Estratégia preventiva	Fresner (1998)
Aplicação contínua de uma estratégia integrada aplicada a processos, produtos e serviços com o objetivo de proporcionar benefícios econômicos, sociais, a saúde, a segurança e ao ambiente;	Processos/Produtos/ Serviços	Estratégia integrada	UNEP (1998)
Desenvolvimento nos processos industriais e nos produtos com o objetivo de reduzir a maior quantidade de desperdícios, minimizando os riscos para o ambiente e tornando eficiente o uso de recursos e matéria-prima;	Processos Industriais/Produtos	Método que desenvolve de forma mais eficiente processos e produtos	Hillary e Thorsen (1999)
Utiliza de forma eficiente a energia e recursos para eliminar matérias primas tóxicas e reduzir tanto a quantidade quanto a toxicidade de todas as emissões e resíduos antes que estes deixem o processo de produção;	Energia/Recursos	Método que utiliza a energia e os recursos de forma eficiente	Kjaerheim (2004)
Iniciativa preventiva de proteção ambiental específica de cada empresa. Essa iniciativa tem como objetivo minimizar os desperdícios e emissões e maximizar a produção do produto;	Produção/Produto	Iniciativa preventiva específica de cada empresa	Yaacoub e Fresner (2006)
Abordagem sistemática organizada de atividades de produção, as quais possuem efeitos positivos no ambiente. Essas atividades objetivam reduzir a utilização de recursos, melhorar a eficiência ecológica e redução da poluição na fonte, para que haja o aumento da proteção ambiental e a redução dos riscos aos organismos vivos;	Atividades de Produção	Atividades de produção organizadas de forma sistemática	Glavic e Lukman (2007)
Harmonioso design de produtos e do processo de produção que faz uso do ciclo ecológico natural, o qual utiliza dos recursos disponíveis de forma eficiente e que procura utilizar a menor quantidade possível de substâncias perigosas no processo de produção;	Produtos/Processo de Produção	Design de produtos e processos	Zeng <i>et al.</i> (2010)

Conceitos	Aplicação	Característica principal	Literatura
Ações que permitem as empresas se qualificarem como sujeitos que utilizam de maneira eficiente a matéria-prima e a energia durante o processo de produção, visando aumentar a produtividade, e consequentemente o desempenho organizacional;	Matéria-Prima/Energia	Ações que utilizam de maneira eficiente os recursos	Severo <i>et al.</i> (2015)
A P+L é caracterizada como um novo método de produção o qual objetiva a redução do uso de recursos, energia, emissões e desperdícios, para tanto, adapta a percepção dos consumidores em relação aos produtos verdes;	Recursos/Energia/ Emissões/ Desperdícios	Método de Produção	Shrouf e Miragliotta (2015)
Tecnologias e práticas mais limpas que possuem como objetivo a modificação física dos componentes da empresa (matéria-prima, processos e produtos) com o intuito a redução dos impactos e emissões, assim como a modificação da cultura corporativa e das atitudes das pessoas;	Componentes Físicos/ Cultura Corporativa	Tecnologias e práticas mais limpas	Sark e Sena (2017)
Métodos utilizados para redução da produção e o uso de recursos materiais, redução de emissões de resíduos e poluentes e o desenvolvimento de produtos que podem ser facilmente reciclados;	Produção/Recursos Materiais/ Emissões/Produtos	Conjuntos de métodos com objetivos específicos	Guimarães, Severo e Vieira (2017)
São ferramentas que objetivam alcançar a eficiência do processo de produção, da utilização dos recursos de produção e da geração dos desperdícios causados pela indústria;	Processo de Produção/ Recursos de Produção	Ferramentas	Severo, Guimarães e Dorion (2017)
Novo método de inovação que incorpora melhorias significativas nos métodos e processos de gestão. Tais inovações priorizam a sustentabilidade ambiental com o propósito de minimizar os impactos das atividades econômicas, a redução da geração de resíduos, a redução do consumo de recursos naturais ou a utilização de fontes alternativas de energia;	Métodos e Processos de Gestão	Método de inovação	Rantala <i>et al.</i> (2018)
A produção mais limpa é uma estratégia ambiental preventiva que possui como objetivo reduzir os desperdícios e emissões e maximizar o <i>output</i> dos produtos.	Aplicada a produtos	Estratégia	Yin <i>et al.</i> (2020)

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da análise do Quadro 1, percebe-se que as definições de P+L retratam algumas características comuns. Verifica-se, portanto, que a P+L está voltada para processos, produtos e serviços com o objetivo da utilização, de forma mais eficiente possível, dos recursos. Com isso, as empresas conseguem reduzir os desperdícios em suas fontes geradoras, reduzir e/ou eliminar a poluição, e minimizar os riscos as pessoas e ao ambiente.

É importante ressaltar, a partir da análise das citações no Quadro 1, que os autores definem a P+L a partir de diferentes perspectivas, considerando a P+L como: uma estratégia ambiental, conjunto de métodos, conjunto de ferramentas, uma forma de design de produtos e processos, ações com objetivos incomuns, atividades de produção. Ressalta-se que a literatura relaciona, de maneira mais enfática, a P+L com os processos de manufatura do que com os processos de serviços.

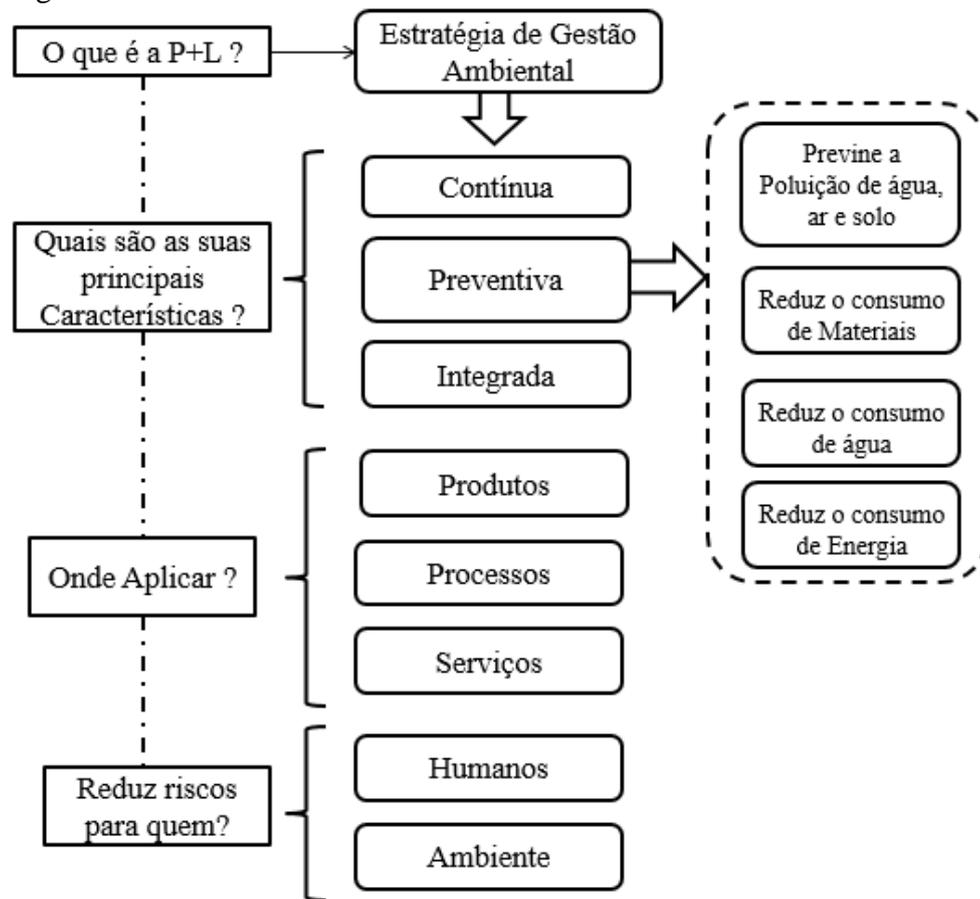
Esta tese de doutoramento utiliza como base a definição de P+L do UNEP (1990a), ou seja, “aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada aplicada a produção, processos e serviços com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas”.

Apesar de ser uma citação antiga e existir definições mais recentes, como a de Yin *et al.* (2020), essa escolha é justificada pois entende-se ser a definição mais completa e a mais utilizada pela literatura, a exemplo dos trabalhos de Oliveira Neto, Shibao e Filho (2016), Li *et al.* (2016), Vieira e Amaral (2016), Yusup *et al.* (2015), Bai *et al.* (2015b), Silva *et al.* (2017), Hoof e Lyon (2013), Yuksel (2008).

É importante destacar que a escolha da definição do UNEP (1990a) também teve como critério o fato deste conceito enfatizar que a P+L é uma estratégia ambiental, e não a simples aplicação de práticas isoladas, a necessidade de ser uma estratégia integrada as outras estratégias da empresa e ser aplicada de forma contínua. Apesar da definição do UNEP (1990a) não destacar os benefícios sociais, como realizado pela citação da UNEP (1998), a definição de 1990 explora a questão do aumento da eficiência da produção como um dos benefícios da P+L, fato este buscado por todo tipo de empresa.

Tendo como base a definição do UNEP (1990a) e demais definições de P+L, a Figura 2 ilustra as principais características dessa estratégia.

Figura 2 - Características da P+L



Fonte: Adaptada do UNEP

A *United States Protection Agency* - USEPA (1998) defende que essa estratégia tem como prioridade a eliminação e/ou redução dos desperdícios e emissões gerados na fonte ao invés de apenas gerenciar sua disposição, estratégia conhecida como fim-de-tubo (*end-of-pipe*). O conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2003) demonstra as principais diferenças entre as estratégias ambientais preventivas (P+L) das estratégias ambientais corretivas (Fim-de-tubo), como descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Práticas de Fim-de-Tubo x Práticas de P+L

Fim-de-tubo	P+L
Como tratar os resíduos e as emissões existentes?	De onde vêm os resíduos e as emissões existentes?
Objetiva a reação;	Objetiva a ação;
Implica em custos adicionais;	Um dos principais benefícios é a redução dos custos;
Os resíduos, efluentes e as emissões são limitados a partir de filtros e unidades de tratamento, como tecnologias de reparo e armazenagem de resíduos;	Prevenção da geração de resíduos, efluentes e emissões na fonte, o que evita processos e materiais potencialmente tóxicos;
A proteção ambiental foi introduzida depois que os produtos e processos foram desenvolvidos;	A proteção ambiental é um item integrante do <i>design</i> do produto e da engenharia de processo;
Os problemas ambientais são resolvidos a partir de um ponto de vista tecnológico;	Resolvem-se os problemas ambientais em todos os níveis e envolvendo a todos;
Proteção ambiental é um assunto para especialistas competentes, que são trazidos de fora e aumentam o consumo de materiais e energia;	Proteção ambiental é tarefa de todos, pois é uma inovação desenvolvida dentro da empresa que reduz o consumo de material e energia;

Fim-de-tubo	P+L
Complexidade dos processos e os riscos são aumentados;	Os riscos são reduzidos e a transparência é aumentada;
Proteção ambiental focada no cumprimento de prescrições legais. É o resultado de um paradigma de produção que data de um tempo em que os problemas ambientais ainda não eram conhecidos.	É uma abordagem que cria técnicas e tecnologias de produção para o desenvolvimento sustentável.

Fonte: CEBDS (2003).

A partir do Quadro 2 percebe-se que a P+L está preocupada em analisar primeiramente as razões pelas quais os resíduos foram gerados, seus principais impactos ambientais negativos e seus principais riscos ao meio ambiente e as pessoas. A partir de então, propor soluções que reduzam e/ou eliminem tais impactos, o que pode necessitar uma total modificação de produtos, processos e tecnologias. Ou seja, a P+L preocupa-se primeiramente em atuar na causa-raiz, modificando os aspectos ambientais, para que assim os impactos ambientais sejam reduzidos.

Para a redução da geração de resíduos é preciso, primeiramente, entender onde e que tipo de resíduos estão sendo gerados, assim como entender os motivos de sua geração. Os autores defendem que os insumos mais investigados consistem na utilização e desperdício de água, energia e resíduos químicos (OZTURK *et al.*, 2016).

A P+L possui alguns objetivos principais a serem atingidos, também denominados de macro objetivos, a saber: minimização dos resíduos, emissões e impactos; eficiência na utilização dos recursos; e redução dos riscos as pessoas, citado por: UNEP (1990a), Hens *et al.* (2018), Staniskis e Stasiskiene (2003), Hamed e Mahgary (2004), Staniskis (2011), Li *et al.* (2011), Howgrave-Graham e Van Berkel (2007), Kjaerheim (2004), Fresner (1998), Van Hoof (2014), Frijns e Van (1999), Hillary e Thorsen (1999), Huq *et al.* (1999); Jia *et al.*, 2006; Silvestre e Silva Neto (2014), Bai *et al.* (2015b).

Staniskis (2011) e Li *et al.* (2011) citam que dentre esses objetivos, a utilização eficiente dos recursos tende a ser o mais almejado pelas empresas a partir da redução do consumo de água e energia. Bai *et al.* (2015b) ressaltam que o consumo desregulado desses insumos é o principal responsável pela maior quantidade de emissão de CO₂ na atmosfera.

Uma das pesquisas que comprovam essa afirmação é o estudo de Chen *et al.* (2017) quando enfatizam que a escassez de água e os problemas relacionados a poluição causados pelas indústrias de manufatura estão se tornando uma problemática bastante séria. Portanto, esses autores ressaltam que esse tipo de indústria está sendo forçada a adotar práticas de redução do consumo de água e energia, assim como a utilização de tecnologias que melhor controlem a poluição.

2.1.2 A relação da Produção mais Limpa com outros conceitos ambientais

Como visto na seção anterior, a P+L é uma estratégia ambiental ampla que possui uma estreita relação com outros conceitos ambientais. Segundo Van Berkel (2013), a P+L pode ser considerada como uma estratégia que possui um denominador comum com as demais abordagens preventivas.

Portanto, o objetivo dessa seção consiste em descrever como a P+L está inserida nas definições e objetivos de outras estratégias ambientais. Apesar de termos ciência da existência de várias ferramentas e estratégias ambientais, esse referencial teórico preliminar fará um recorte em seis estratégias, as quais: Prevenção a Poluição, Eco-Eficiência, Eco-Design, Abordagens utilizadas para a avaliação dos impactos ambientais, Ecologia Industrial e Economia Circular.

Prevenção a Poluição

A Prevenção a Poluição (P2) tem como objetivo a eliminação dos desperdícios na sua fonte de geração, para que isto ocorra é preciso realizar alterações nos processos, encorajando o uso de materiais não-tóxicos. Esse argumento tem sua origem no fato de que a geração de poluentes pode ser reduzida ou eliminada com o aumento da eficiência da utilização de matéria-prima, energia, água e outros recursos (REHMAN; SHRIVASTAVA, 2013; CAGNO et al. 2005).

Freeman et al. (1992) define a P2 como o uso de materiais, processos, ou práticas que reduzem ou eliminam a criação de poluentes ou desperdícios na fonte. Para Shrivastava (1995) as soluções relacionadas a essa estratégia procuram conservar os recursos naturais a partir de uma utilização mais eficiente. Hart (1995) complementa afirmando que as práticas de P2 auxiliam na redução de vários custos da empresa ao passo que melhoram a eficiência dos processos de produção, proporcionam uma melhor utilização dos materiais, assim como a criação de um ambiente de trabalho seguro para os trabalhadores. Bhupendra e Sangle (2016) complementam a discussão ao afirmarem que os objetivos da P2 são muito mais amplos do que as práticas relacionadas ao controle da poluição.

A partir das definições postas anteriormente, é natural a comparação da P2 com as práticas de P+L. Porém, é preciso apontar algumas distinções entre essas duas estratégias. A P+L pode ser considerada mais abrangente que a P2, ou seja, suas práticas não se limitam apenas a redução da geração dos poluentes na fonte. Também são consideradas práticas de P+L atividades relacionadas a logística, reciclagem e reuso no chão de fábrica. Práticas estas que não são consideradas de P2 (FERNANDES, 2001).

Eco-Eficiência

O segundo conceito a ser apresentado é o da Eco-Eficiência. Segundo Van Berkel (2013), esse termo possui uma forte sobreposição com a P+L. A partir de uma definição mais clássica da Eco-Eficiência, realizada pelo *World Business Council for Sustainable Development* - (WBCSD, 1996), pode-se confirmar essa relação.

A Eco-Eficiência é atingida com a entrega de produtos e serviços com preços competitivos os quais satisfazem as necessidades humanas ao mesmo tempo que proporcionam qualidade de vida, enquanto progressivamente reduzem os impactos ambientais e a intensidade de recursos durante o ciclo de vida, para um nível pelo menos alinhado com a capacidade da terra. São sete os componentes identificados com a Eco-Eficiência, os quais: redução da intensidade de materiais e serviços, redução da utilização de energia na produção de materiais serviços, redução na dispersão de tóxicos, aumento dos materiais recicláveis, maximização da utilização de recursos renováveis, aumento da durabilidade do produto (WBCSD, 1996). Segundo Heras-Saizarbitorial (2020), a Eco-Eficiência pode ser considerada uma prática relevante para a sustentabilidade corporativa pois seu conceito está relacionado a fatores ambientais e econômicos.

Analisando os sete componentes da Eco-Eficiência, percebe-se que para sua implantação será preciso aplicar práticas relacionadas a P+L (modificação de produto, substituição de materiais de entrada, modificação de tecnologia, boas práticas de produção, reciclagem no chão-de-fábrica). A P+L e a Eco-Eficiência são conceitos complementares, em que a Eco-Eficiência encontra-se mais focada na estratégia de negócios (criação de valor) e a P+L nos aspectos mais operacionais (produção) (VAN BERKEL, 2013).

Ecodesign

O Ecodesign, também denominado de Design para a Sustentabilidade, é considerado como um método de desenvolver produtos, ou remodelá-los, com o objetivo de gerar menos poluição durante todo o ciclo de vida. Para tanto, é preciso investigar os impactos ambientais ocorridos durante todo o processo de produção, utilização pelos usuários finais e durante as fases de pós-uso do produto. Esse método pode ser utilizado para identificar os estágios do ciclo de vida do produto que precisam de mais esforços para redução dos impactos ambientais (HERTWICH et al., 1997; RAZ et al., 2013; PAZOKI; SAMARGHANDI, 2020).

Consiste de uma abordagem que tem como objetivo desenvolver um produto que gere o mínimo de desperdício possível, tenha fácil retorno e reutilização. Para que isto ocorra, é crucial a avaliação dos impactos ambientais ocorridos nas seguintes etapas: processos produtivos, embalagens utilizadas, logística, fases de uso do produto e disposição final. Essas etapas são relevantes pois influenciam diretamente nos materiais e substâncias utilizadas nos produtos, sua durabilidade e possibilidades de desmontagem (LOISEAU et al. 2016).

Raz et al. (2013) afirmam que o produto pode ser elaborado com a meta de se atingir três objetivos: menor necessidade de energia e materiais durante o seu processo produtivo; utilizar procedimentos que torne o produto fácil de ser reciclado e atualizado; utilizar materiais que sejam menos tóxicos, o que torna a manipulação do produto mais segura. Zheng et al. (2019) afirmam que existe uma tendência das empresas em adotarem o ecodesign como estratégia pois as regulamentações ambientais estão se tornando mais restritas, o que torna os produtos mais recicláveis e ambientalmente amigáveis.

Abordagens utilizadas para avaliação dos impactos ambientais

Para a aplicação das práticas de P+L, é preciso primeiramente compreender quais são as etapas do produto que mais geram impactos ambientais. Com isso, é possível ter um entendimento de quando e quais práticas selecionar.

A aplicação do conceito de P+L na prática exige a utilização de uma ferramenta denominada de *Life Cycle Assessment* (LCA). Essa ferramenta verifica todos os encargos ambientais gerais e o consumo de recursos associados a produtos, processos e serviços ao longo do seu ciclo de vida, do berço ao túmulo. A LCA tem sido utilizado para comparar produtos, possibilidades de melhorias do produto, assim como comparar cenários utilizando como critério a menor geração de desperdícios (GHEEWALA, 2003).

Existe uma série de abordagens que visam avaliar os impactos ambientais, as quais, dentre outras: *Strategic Environmental Assessment* (SEA), *Sustainability Impact Assessment* (SIA), *Life Cycle Greenhouse gas Assessment* (LCGGA), *Water Footprint Analysis* (WFA), *Material Flow Accounting* (MFA) (HENS et al. 2018; CHARMONDUSIT et al. 2016).

Esses métodos de avaliação de impacto, descritos acima, são fundamentais na aplicação da P+L. Eles permitem identificar a contribuição da P+L na prevenção ou mitigação dos impactos previsíveis e apontar lacunas no estágio atual do conhecimento nessa área (HENS et al. 2018).

Ecologia Industrial e Economia Circular

A Ecologia Industrial (EI) pode ser considerada como uma abordagem do sistema industrial que tem como principal objetivo transformar atividades industriais em processos cíclicos, tendo como base modelos de ecossistemas naturais. Nesta perspectiva, a EI caracteriza-se como um subsistema que necessita dos recursos e serviços fornecidos pela biosfera. Para que isso ocorra é necessário o planejamento de sistemas industriais que considerem o fechamento de *loops* de materiais e energia, eficiência energética e desmaterialização (BRUEL et al. 2018).

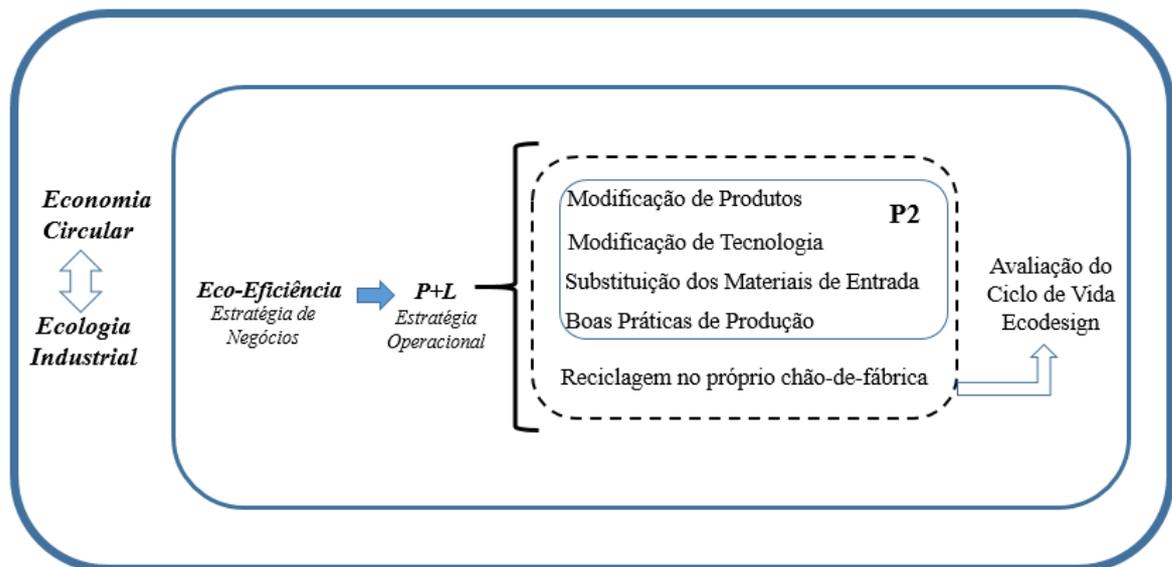
Uma característica importante da EI consiste na criação de uma rede cooperativa que objetiva a troca de materiais, energia, água e/ou *by-products*. Essa troca pode ocorrer dentro no chão de fábrica de uma empresa, na empresa como um todo, entre empresas que encontram-se geograficamente próximas (Eco-Parks), e entre empresas que se localizam em uma região mais ampla (BALDASSARRE et al., 2019; PAZOKI; SAMARGHANDI, 2020). Baldassarre et al. (2019) complementam que ao utilizar conceitos relacionados ao esgotamento de recursos e gerenciamento de resíduos e poluição, a EI acaba desempenhando um papel fundamental no processo de transição para uma sociedade mais sustentável.

Baldassare et al. (2019) afirmam que um desdobramento importante originado da EI foi o conceito da Economia Circular (EC). Sauvé et al. (2016) argumentam que a EC surgiu como um modelo de produção e consumo de produtos e serviços que possui como objetivo principal se contrapor ao modelo linear, hegemônico na sociedade atual. Para Murray et al. (2017) essa contraposição se materializa na adoção de modelos de produção de *closed-loop* os quais buscam otimizar o uso de recursos naturais, redução da poluição e desperdício, garantindo com isso o bom funcionamento dos ecossistemas e o bem-estar humano.

A EC concentra-se não apenas na utilização eficiente dos recursos e taxa de transferência de materiais, mas também fechando os ciclos dos fluxos de materiais de uma perspectiva linear para uma perspectiva circular. Com isso, é possível assumir uma postura mais congruente com o processo de transição para uma economia ecológica (LOISEAU ET AL., 2016).

Portanto, para que a sociedade consiga desenvolver uma economia circular, tendo como base os princípios da Ecologia Industrial, é necessário que sejam desenvolvidas estratégias de negócios pautas na Eco-Eficiência. Para se atingir a Eco-Eficiência, uma estratégia operacional adequada é a Produção mais Limpa, em que suas principais práticas são aquelas voltadas para a Prevenção a Poluição. Um dos métodos de implantação da P+L é a partir da utilização de ferramentas como a LCA e o Ecodesign. A figura 3 representa a relação entre os conceitos definidos nesta seção.

Figura 3 - Relação entre a P+L e outros conceitos ambientais



Fonte: Elaborado pelo Autor

2.1.3 Classificação das práticas de produção mais Limpa

Em relação a sua classificação, a P+L apresenta cinco grandes áreas: modificação do produto (*product modification*), substituição dos materiais de entrada (*input substitution*), modificação de tecnologia (*technology modification*), reciclagem no próprio chão de fábrica (*on-site recycling*), e boas práticas de produção (*good housekeeping*) (BERKEL, 2007; BERKEL *et al.*, 1997; GUO *et al.*, 2006; HOO *et al.*, 1991; HENRIQUES; CATARINO, 2015; HUQ *et al.*, 1999; MARTIN; RIGOLA, 2002; KURTAGIE *et al.*, 2016; SCHNITZER, 1995; SILVESTRE; SILVA NETO, 2014; SHI *et al.*, 2008; UNEP, 1994; USEPA, 1988; USEPA,

1992; UNEP, 2002a). Ressalta-se que existem outras classificações das práticas de P+L na literatura. Como por exemplo a classificação da UNEP (1994), a qual classifica a atuação da P+L em cinco dimensões: Modificação do Produto, Modificação do Processo (Boas Práticas de Produção, Substituição de Matéria-Prima, Modificação de Tecnologia), Reciclagem Interna, Reciclagem Externa (Estruturas, Materiais), Ciclos Biogênicos. Nota-se que essa classificação não difere muito da classificação apresentada anteriormente.

As práticas classificadas na categoria modificação de produto são aquelas que modificam as características dos produtos, como o formato e composição do material. Assim como práticas que aumentam o tempo de vida útil do produto, redução do número de componentes, viabilização do retorno do produto, substituição de componentes críticos, utilização de procedimentos que facilitam a reparação do produto ou sua remanufatura, sempre com o objetivo de tornar o produto menos poluente (VAN BERKEL; 1995; HOO *et al.*, 1991; HUQ *et al.*, 1999, USEPA, 1988, USEPA, 1992, UNEP, 1994). Consideram-se também as modificações relacionadas às embalagens nessa categoria (HUQ *et al.*, 1999; USEPA, 1988).

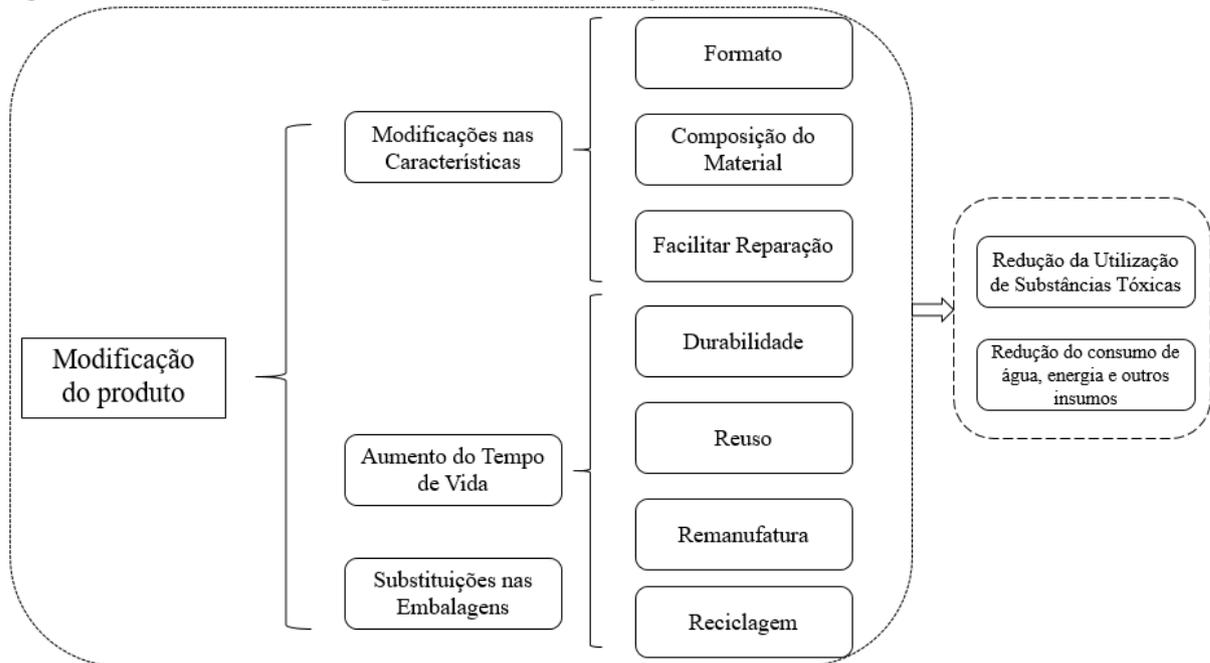
Guo *et al.* (2006) reforçam essa definição ao afirmarem que as práticas de modificação do produto referem-se a mudanças na qualidade/quantidade/variedade do produto final a partir da modificação do padrão de qualidade, da composição do produto e da durabilidade. Guo *et al.* (2006) ainda ressaltam que parte do produto, ou o produto inteiro, pode ser modificado com o intuito de aumentar os lucros e reduzir os desperdícios.

O objetivo de modificar o produto está relacionado à redução do seu impacto ambiental durante o seu uso e após o seu consumo, isso envolve aumentar sua vida útil, utilizar embalagens biodegradáveis, facilitar a sua desmontagem, reciclagem e reuso (KURTAGIE *et al.* 2016).

As mudanças no produto causam impactos tanto a montante quanto a jusante do seu ciclo de vida, como: redução da utilização de substâncias tóxicas, redução do uso de energia, água e outros materiais durante o seu processo de fabricação, aumento da produtividade e redução dos riscos ambientais (UNEP, 2002a).

O UNEP (2002a) ainda cita que as práticas relacionadas à modificação do produto devem estar atreladas a uma estratégia de negócios a qual requer estudos de marketing e da cadeia de suprimentos. A Figura 4 ilustra as principais características das práticas de modificação do produto.

Figura 4 - Características das práticas de Modificação de Produto



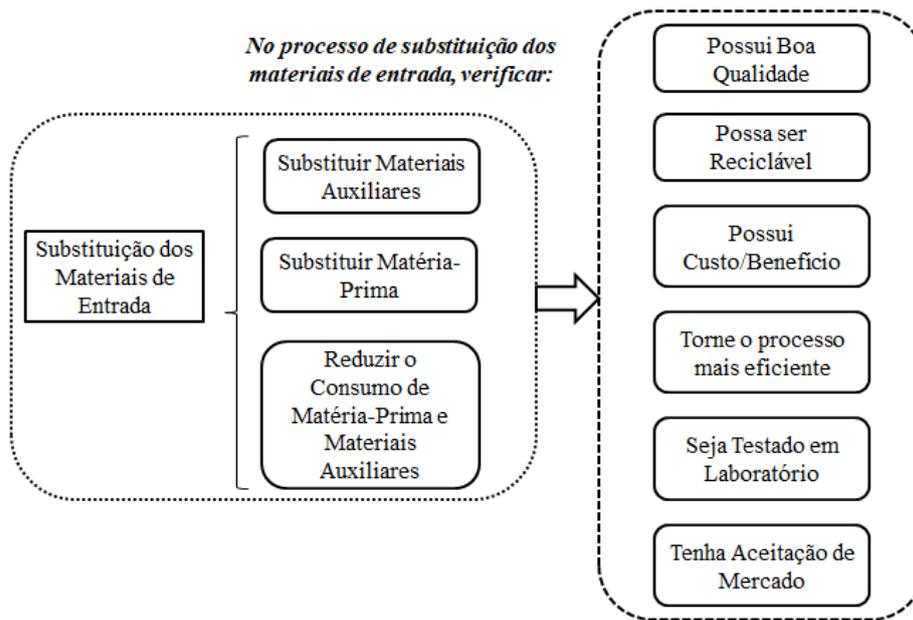
Fonte: Elaborado pelo autor.

Já as práticas classificadas na categoria de substituição dos materiais de entrada referem-se à redução do consumo e/ou substituição de matéria-prima e materiais auxiliares (como lubrificantes e colas), utilizados no início do processo de produção e que causem impactos ambientais negativos (UNEP, 1994).

Isso pode incluir substituição de matérias-primas e materiais tóxicos que obrigam o trabalhador a utilizar equipamentos de proteção individual (EPI), substituição de solventes orgânicos por aquosos, substituição de produtos químicos por petroquímicos, escolha de matérias-primas com menor teor de impurezas, dentre outras possibilidades (GUO *et al.*, 2006). No processo de escolha desses materiais analisa-se também o seu tempo de vida útil (GUO *et al.*, 2006; HOO *et al.*, 1991; USEPA, 1992; UNEP, 1994). Kurtagie *et al.* (2016) ressaltam a importância de selecionar materiais com boa qualidade e que possam ser reciclados.

A matéria-prima pode ser substituída se melhores opções existirem em termos de custos, eficiência do processo e se esses materiais reduzirem os riscos à saúde e segurança das pessoas. É importante que as opções de substituição sejam testadas experimentalmente, utilizando protótipos e pilotos, certificando-se assim que essas mudanças não prejudiquem a qualidade do produto e que sejam aceitas pelo mercado (UNEP, 2002a). A Figura 5 ilustra o que é preciso verificar ao se substituir as matérias-primas e materiais auxiliares, assim como demonstra que ao substituir uma matéria-prima é possível atingir os três macros objetivos da P+L.

Figura 5 - Características das práticas de Substituição dos materiais de entrada



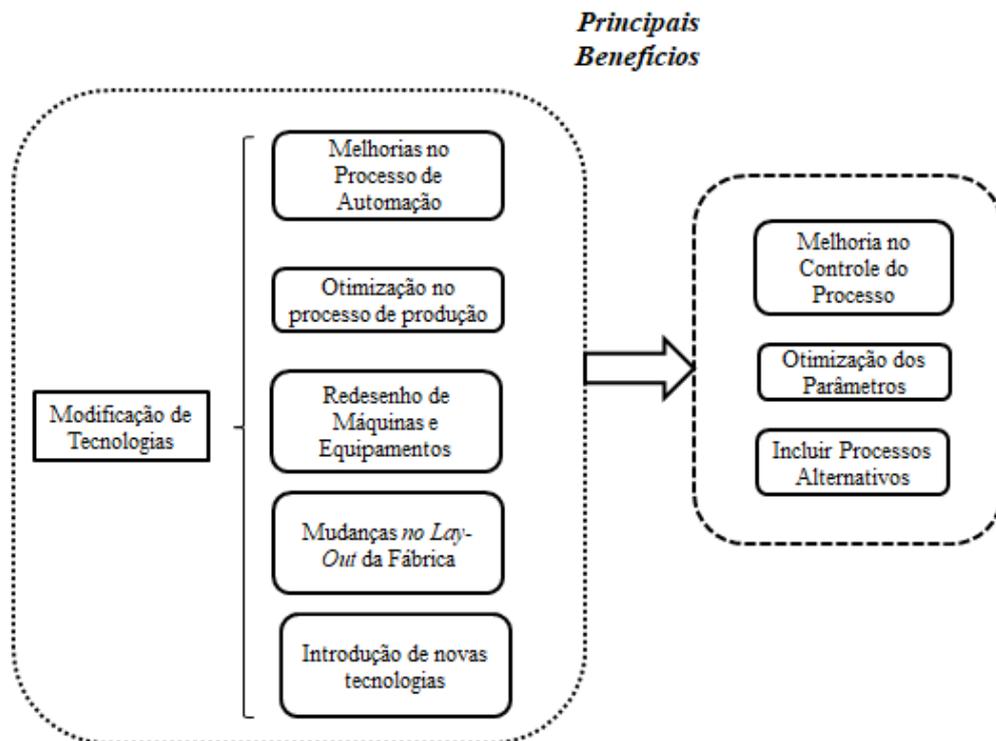
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Modificação de tecnologia é a categoria que menciona as práticas que estão relacionadas às melhorias no processo de automação, otimização do processo de produção, redesenho de equipamentos, instalação de equipamentos de monitoramento, melhoria no processo de controle, otimização dos parâmetros do processo, introdução de processos alternativos e substituição de processos com o objetivo de reduzir os desperdícios e emissões (VAN BERKEL, 1995; GUO *et al.*, 2006; HOO *et al.*, 1991; KURTAGIE *et al.*, 2016; USEPA, 1992; USEPA, 1988; UNEP, 1994). Percebe-se nesta citação que as práticas de modificação de tecnologia são práticas que interferem nos aspectos mais técnicos do processo de produção.

O CNTL (2003) cita como opções de modificação de tecnologia: a substituição de processos termoquímicos por processos mecânicos, o uso de fluxos contracorrente, as tecnologias que realizam a segregação de resíduos e de efluentes e a utilização de calor residual.

Essas práticas podem exigir pequenas modificações que necessitam de baixo investimento ou de grandes modificações que exigem uma grande quantia de investimento (UNEP, 2002a). A adoção e transferência de novas tecnologias podem reduzir o consumo de recursos e minimizar os impactos, assim como aumentar a produtividade (GUO *et al.*, 2006; UNEP, 2002a). A Figura 6 detalha as práticas relacionadas a modificação de tecnologias e sua relação com os macros objetivos da P+L.

Figura 6 - Características das práticas de Modificação de Tecnologia

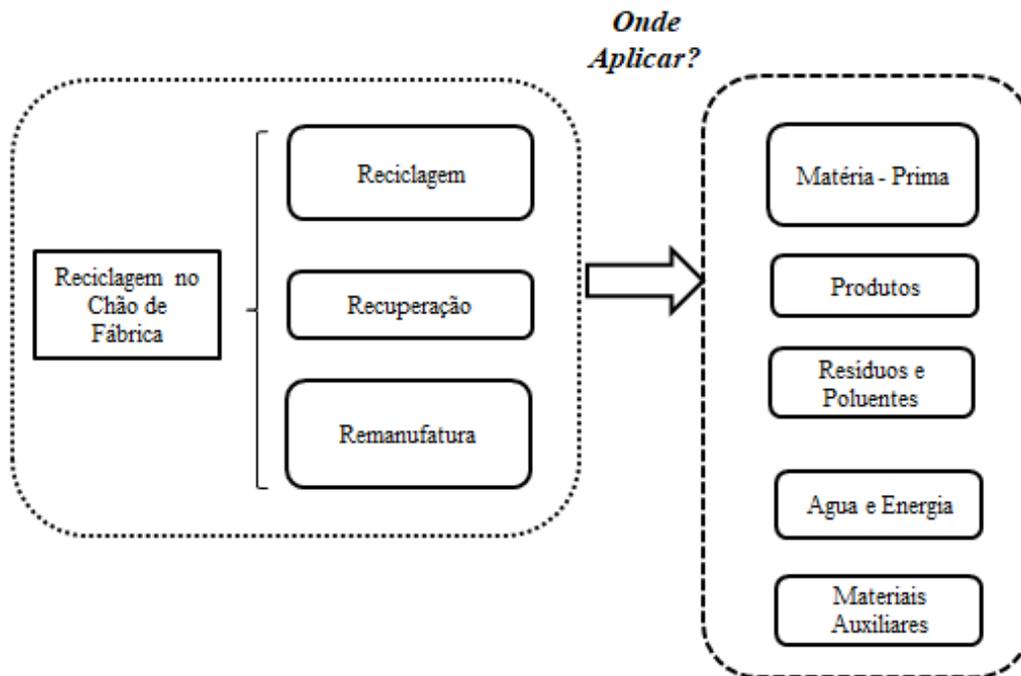


Fonte: Elaborado pelo autor.

Já as práticas da categoria “reciclagem no chão de fábrica” (reciclagem interna) relacionam a reutilização, recuperação e reciclagem dos resíduos, poluentes, matéria-prima, água e energia no mesmo local no qual foram gerados (USEPA, 1988; UNEP, 1994). Isso também inclui a reutilização de matéria-prima e recuperação de materiais (VAN BERKEL 1995; HOO *et al.*, 1991; USEPA, 1992; USEPA, 1988; UNEP, 1994). Guo *et al.* (2006) afirmam que essas práticas estão relacionadas ao retorno, como matéria-prima, do material que foi desperdiçado a origem do processo de produção.

Ressalta-se que as práticas de reutilização são aquelas que fazem o reuso dos resíduos gerado no mesmo processo no qual foram gerados e/ou em outros processos produtivos da empresa. Para a reutilização, não é necessário que o resíduo passe por um processo de tratamento. Diferentemente das práticas de reciclagem em que os resíduos precisam passar por um processo de tratamento para serem reinseridos nos processos. As práticas de reutilização devem receber prioridade em relação as práticas de reciclagem (UNEP, 1994, GUO et al. 2006). A Figura 7 sintetiza os objetivos desse tipo de prática.

Figura 7 - Características das Práticas de Reciclagem Interna (Chão-de-Fábrica)



Fonte: Elaborado pelo autor.

As boas práticas de produção referem-se às modificações nos procedimentos operacionais, nos aspectos relacionados à manutenção e aspectos gerenciais com o objetivo de eliminar o desperdício e a geração de emissões, também está incluída a melhoria das instruções aos trabalhadores e treinamentos relacionados aos aspectos ambientais (VAN BERKEL, 1995; HOO *et al.*, 1991; USEPA, 1992; UNEP, 1994).

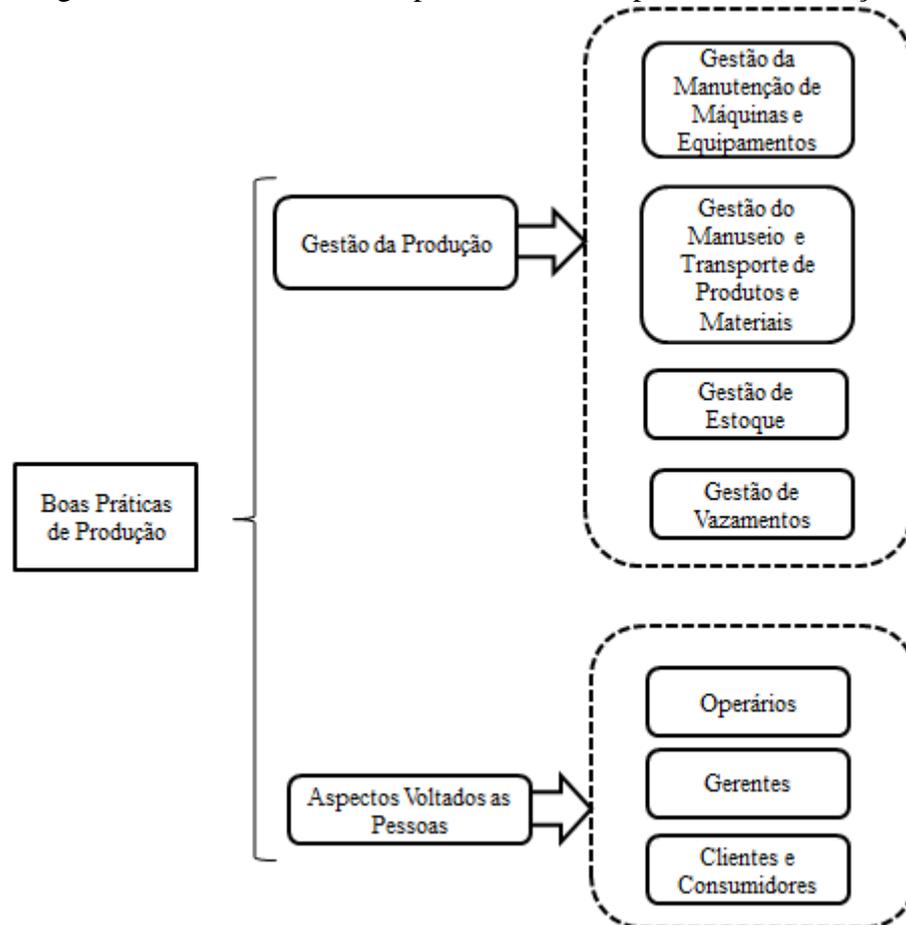
Guo *et al.* (2006) afirmam que as boas práticas de produção podem ser implantadas em várias áreas da empresa com um custo relativamente baixo. Esses autores citam como exemplo as melhorias no manuseio de materiais e práticas relacionadas a melhoria da gestão do estoque, o que pode ocasionar a redução de perdas de matéria-prima.

As boas práticas de produção envolvem práticas como: reparo de vazamentos; melhoria de manutenção de máquinas e equipamentos; melhor organização da produção; redução da frequência de lavagem de máquinas e equipamentos, melhoria da movimentação de produtos; gestão de estoque; desligar máquinas e equipamentos quando estes não estão em uso (KURTAGIE *et al.*, 2016; UNEP, 2002a).

O UNEP (2002a) complementa afirmando que a melhoria das práticas e métodos de trabalho e a manutenção adequada de máquinas e equipamentos podem produzir benefícios

expressivos em termos de eficiência de recursos. A Figura 8 ilustra os tipos de práticas relacionadas às boas práticas de produção.

Figura 8 - Características das práticas de Boas práticas de Produção



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1.4 Implantação da Produção mais Limpa

A partir do ano de 1994, o UNEP e UNIDO (*United Nation Industrial Organizartion*) começaram a criar centros nacionais de produção mais limpa, principalmente nos países em desenvolvimento. A função destes centros consiste em difundir as práticas da P+L entre empresas e governos, treinar profissionais na área de P+L, implantar tecnologias que objetivem a redução dos desperdícios, prestar assistência a empresas, dentre outras funções (UNEP, 2006).

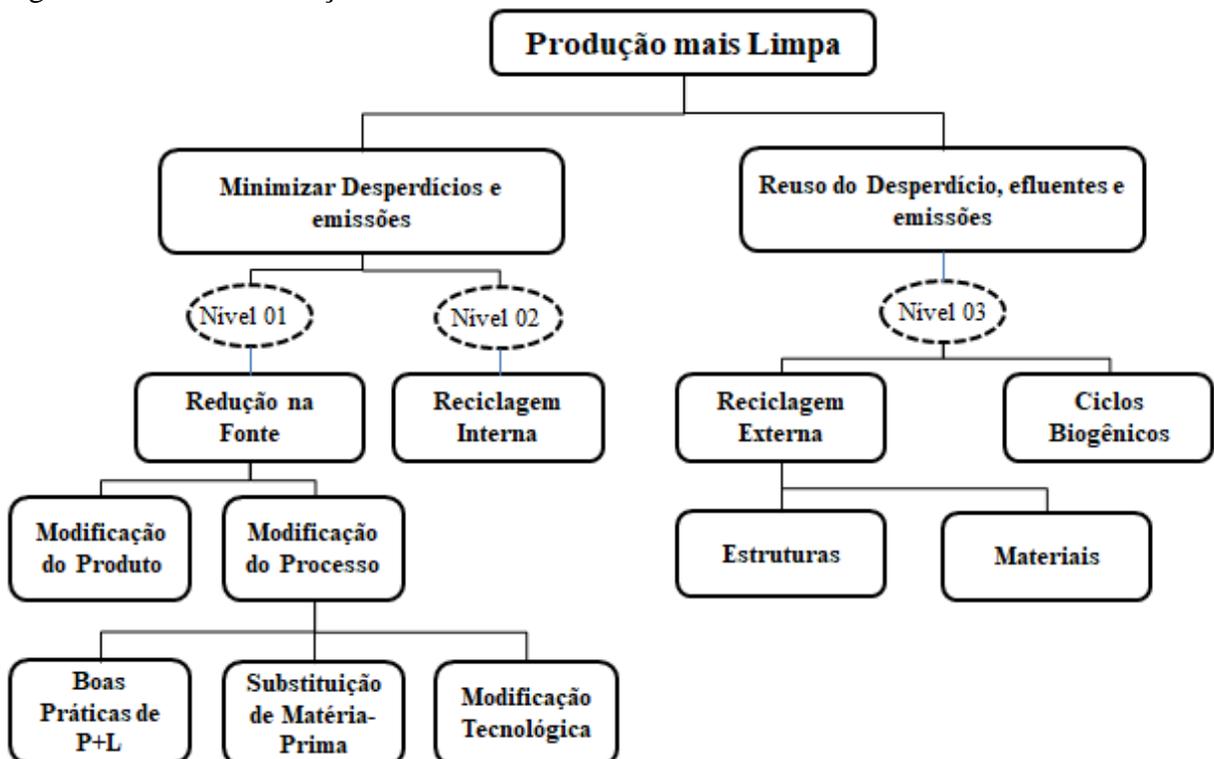
No Brasil o centro responsável por difundir as práticas da P+L é o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), sob responsabilidade do SENAI – RS. Segundo o CNTL (2003),

para a implantação da P+L é preciso que se estabeleça uma hierarquia de ações, as quais podem ser empregadas em alguns níveis de atuação.

Existem duas possibilidades (hierarquias) no processo de implantação da P+L segundo o CNTL (2003) e a UNEP (2004). Entre essas duas opções, a empresa poderá seguir o caminho da minimização de desperdícios e emissões. Para essa estratégia a empresa poderá aplicar práticas relacionadas ao nível 01 (redução na fonte) podendo modificar o produto e/ou o processo (boas práticas de produção, substituição de matéria-prima, modificação de tecnologia). Assim como práticas relacionadas ao nível 02, reciclagem interna.

Caso a empresa opte pela estratégia do reuso do desperdício, efluentes e emissões estará utilizando as práticas de nível 3. A reciclagem externa consiste na recuperação de materiais e estruturas e sua reintegração ao ciclo econômico (reciclagem de papel, aparas, vidros) e/ou a reintegração aos ciclos biogênicos (compostagem). O CNTL (2003) e a UNEP (2004) ressaltam que as práticas relacionadas a minimização dos desperdícios e emissões com ênfase na redução na fonte devem receber prioridade em relação as demais práticas. A Figura 9 apresenta esses níveis de atuação da P+L.

Figura 9 - Níveis de atuação da P+L



Fonte: Elaborado a partir do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (2003) e UNEP (2004).

Dentre as práticas relacionadas a P+L é importante que as empresas investiguem quais destas necessitam de menores investimentos. As opções de P+L que não proporcionam custos ou custos reduzidos devem ser primeiramente implantadas. Práticas estas geralmente relacionadas a categoria de boas práticas de produção. Tais práticas possuem um retorno de investimento e melhoria nos aspectos ambientais de curto prazo. Entre as opções que geram maiores custos estão as modificações nos parâmetros das operações e o *redesign* dos produtos e equipamentos, assim como o investimento em novas tecnologias (RAHIM; RAMAN, 2017).

É preciso investir na utilização eficiente dos insumos e controle da utilização de recursos naturais, tendo em vista que essas práticas proporcionarão para as empresas um melhor controle da geração de seus resíduos e na fabricação de produtos mais sustentáveis e inovadores (SEVERO *et al.*, 2017).

No processo de aplicação da estratégia da P+L alguns *stakeholders* são fundamentais, destacando-se governos e consumidores. O governo aplica ações coercitivas, incluindo a divulgação de normas ambientais e promoção de instrumentos de mercado, como aplicação de multas para as empresas pela poluição. Já os consumidores pressionam as empresas por processos e produtos mais sustentáveis (MURINO-LUNA *et al.*, 2011).

Ainda em relação ao papel do governo, alguns países, como a China, vêm formulando regulações governamentais que obrigam suas empresas a utilizarem práticas de P+L. Este fato é relatado pelo artigo desenvolvido por Bai *et al.* (2015b) em que os autores descrevem as características de um sistema obrigatório de auditorias em P+L promovido pelo governo chinês nas empresas que mais poluem.

A aplicação da P+L vai além da simples utilização de tecnologias ou mudanças de processos. É preciso existir uma política e uma estratégia das empresas voltadas para a preservação ambiental, ou seja, que a P+L seja incorporada da cultura da organização (VIEIRA; AMARAL, 2016).

2.1.5 Benefícios da aplicação da Produção mais Limpa

Uma das principais vantagens da utilização da P+L é a melhoria na eficiência da utilização dos insumos de produção, o que inclui, principalmente, a otimização do consumo de matéria-prima, água e energia. Reduzindo, com isso, as emissões de poluentes e os desperdícios de recursos. Além disso, essa estratégia ambiental reduz de forma proativa os custos de

conservação ambiental e os custos de produção (WASSERMAN *et al.*, 2017; YUSUP *et al.*, 2014a).

A redução no consumo e/ou a reutilização da água reduz significativamente os custos que as empresas possuem no tratamento desse insumo. Assim como a redução no consumo de energia pode reduzir drasticamente as emissões de CO₂ para a atmosfera (CASTILLO-VERGARA *et al.*, 2015; RAHIM; RAMAN, 2017). A redução desses insumos podem ser feitas a partir da aplicação de boas práticas de produção (*good housekeeping*). Portanto, a utilização das práticas de P+L pelas empresas são fundamentais na redução do consumo de água e energia. Práticas estas, que não necessariamente, necessitam de grandes investimentos tecnológicos e financeiros (GONG *et al.*, 2017).

As práticas de P+L proporcionam uma motivação constante para as empresas no sentido da redução dos desperdícios gerados pelo processo produtivo, como também a reutilização, reciclagem e remanufatura dos seus resíduos e produtos. Essa estratégia incentiva as empresas a analisarem todos os impactos ambientais ocorridos ao longo do ciclo de vida dos produtos e serviços para que propostas de melhorias sejam escolhidas e aplicadas, gerando redução dos impactos ambientais, redução de custos e melhoria na imagem da empresa perante a sociedade (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Após esse panorama em relação a P+L, a segunda seção deste referencial teórico básico tem como objetivo descrever o processo de construção de escalas nas pesquisas de gestão de operações.

2.2 DESENVOLVIMENTO DE ESCALAS EM GESTÃO DE OPERAÇÕES

Uma das mais importantes tarefas enfrentadas pelos pesquisadores é a construção de uma técnica de mensuração que colete informações as quais revelem aspectos válidos do ambiente a ser estudado. Tais técnicas de mensuração estão geralmente relacionadas à construção de escalas (ALEXANDER *et al.*, 1978). Escalas consistem em uma coleção de itens que revelam a variação de níveis teóricos dos constructos os quais não são perceptíveis pela observação direta (DEVELLIS, 2003).

Em comparação com outros temas de pesquisa, a mensuração de variáveis é um fenômeno recente nas pesquisas de gestão de produção e operações. Muitas pesquisas empíricas nessa área têm sido exploratórias em sua natureza e vem empregando métodos oriundos de

outras áreas como psicologia, sociologia e marketing. Técnicas exploratórias têm sido usadas para construir escalas e acessar propriedades de mensuração (KOUFTEROS, 1999).

A utilização de instrumentos de mensuração para a medição de variáveis latentes nas pesquisas empíricas de manufatura tem sido cada vez mais utilizados (FORZA, 2002; JOHSON; MORGAN, 2016). Para tal mensuração, pesquisadores têm utilizado de escalas de múltiplos itens em que os respondentes recebem mais de dois itens para serem indicadores alternativos da mesma variável latente ou constructo (KOUFTEROS, 1999).

Dentre outros métodos utilizados pela literatura para construir uma escala, um dos caminhos mais recorrentes utilizados pelas pesquisas na área de gestão de operações utiliza as seguintes etapas: domínio de conteúdo, seleção dos itens, validação dos itens a partir de especialistas, primeira versão da escala, validação empírica (pré-teste) a partir da aplicação de uma AFE, segunda versão da escala, validação empírica a partir de uma AFC, e assim a criação da versão final da escala (GRANT; DAVIS, 1997; AHIRE; DEVARAJ, 2001; NETEMEYER *et al.*, 2003; LI *et al.*, 2005; MALHOTRA, 2006; DEVELLIS, 2012).

2.2.1 Domínio de Conteúdo

A primeira etapa do processo de construção de uma escala é definir o domínio de conteúdo, como citado por Grant e Davis (1997), Ahire e Devaraj (2001), Stratman (2002), Koste *et al.* (2004), Hinkin (1998), DeVellis (2012), Li *et al.* (2005), Cloninger e Oviatt (2006), Churchill Jr. (1979), Spector (1988), Malhotra (2006), Ntemeyer *et al.* (2003), Obermiller e Spangenberg (1998), Sraph *et al.* (1989), Sakakibara *et al.* (1993), Flynn *et al.* (1994), Ward *et al.* (1994), Black e Porter (1996), Ahire *et al.* (1996), Hensley (1999), Worthington e Whittaker (2006), Froehle e Roth (2004) e Rossiter (2002).

Para a criação do domínio de conteúdo é preciso seguir algumas fases. A primeira fase consiste em justificar a criação da escala dentro do tema que se está pesquisando. Isto deve ser realizado a partir de uma revisão da literatura da área para que assim seja possível responder questões como: a criação de uma escala realmente é necessária? Essa escala apresenta vantagens teóricas e empíricas em relação às escalas já existentes? (NTEMEYER *et al.*, 2003)

A segunda fase desta etapa consiste em elaborar um modelo conceitual teórico que possa traduzir o objetivo da criação da escala, conforme ressaltado por DeVellis (2012), Li *et al.* (2005) e Ntemeyer *et al.* (2003). Nesta perspectiva, autores como Maxwell (2013), McDavid e Hawthorn (2006) e Worthington e Whittaker (2006) defendem que um modelo conceitual teórico é constituído por um diagrama que representa a relação entre os constructos e o fenômeno que estes representam.

McDavid e Hawthorn (2006) apontam que o modelo deve conter as perguntas de pesquisa, as hipóteses e a teoria a qual o modelo pretende expressar. Grant e Davis (1997) e Ahire e Devaraj (2001) alegam que a construção desse modelo deverá ser guiada a partir de uma revisão da literatura e/ou com o auxílio de especialistas.

No desenvolvimento do modelo conceitual teórico é importante que se caracterize cada constructo a ser mensurado. Segundo Hopkins (1998) constructo constitui-se de um conceito ou ideia que não pode ser observado diretamente. Rossiter (2002) defende que para cada constructo é preciso especificar primeiramente qual o atributo, ou seja, qual o conceito que se pretende mensurar; qual o objeto foco; e sob qual perspectiva o constructo será mensurado, indicando quem será o respondente (gerentes, supervisores, operários).

2.2.2 Seleção dos Itens

A segunda etapa do processo de construção de uma escala é a geração de itens, os quais irão representar os constructos definidos anteriormente, como mencionado por Grant e Davis (1997), Ahire e Devaraj (2001), Stratman (2002), Koste, Malhotra e Sharma (2004), Hinkin (1998), Li *et al.* (2005), Cloninger e Oviatt (2006), Malhotra (2006), Ntemeyer *et al.* (2003), Obermiller e Spangenberg (1998), Sraph *et al.* (1989), Sakakibara *et al.* (1993), Flynn *et al.* (1994), Ward *et al.* (1994), Black e Porter (1996) e Ahire e Devaraj (2001). Para a seleção dos itens o pesquisador deverá fazer uso de uma revisão sistemática da literatura conforme ressaltado por Ntemeyer *et al.* (2003), Froehle e Roth (2004), Stratman (2002), Li *et al.* (2005), Malhotra (2006) e Obermiller e Spangenberg (1998).

Dependendo das características da pesquisa, além da revisão da literatura, também é possível utilizar outros critérios para selecionar os itens, como ilustrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios de seleção dos itens

Seleção dos itens da Escala	Literatura
Utilizar e/ou adaptar itens utilizados em pesquisas com o mesmo tema	Ntemeyer <i>et al.</i> (2003); Froehle e Roth (2004)
Realizar entrevista com especialistas	Stratman (2002); Li <i>et al.</i> (2005); Malhotra (2006); Ntemeyer <i>et al.</i> (2003); Obermiller e Spangenberg (1998);
Criar itens a partir da técnica de <i>brainstorming</i>	Koste <i>et al.</i> (2004); Obermiller e Spangenberg (1998)
Realizar entrevistas com alguns membros da população foco da pesquisa	Hardesty e Bearden (2004); Haynes <i>et al.</i> (1995); Flynn <i>et al.</i> , 1994; Rossiter (2002)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a geração dos itens, Johson e Morgan (2016), Ntemeyer *et al.* (2003) e Devellis (2012) sugerem ainda que o pesquisador realize uma primeira avaliação dos itens selecionados, considerando os seguintes critérios:

- a) Verificar se os itens realmente se encaixam nos conceitos de cada constructo;
- b) Verificar se os itens estão logicamente relacionados com a proposta da escala;
- c) Escrever os itens de forma precisa e objetiva;
- d) Utilizar palavras que sejam de fácil entendimento pelo respondente;
- e) Evitar palavras com duplo sentido;
- f) Evitar sentenças muito longas;
- g) Evitar palavras muito técnicas, palavras que não são frequentemente usadas, gírias, coloquialismos, jargões e abreviações.

Feito isto, a próxima fase consiste na escolha do tipo de escala que melhor se encaixe nos objetivos da pesquisa. Segundo Matsui (2007), uma escala pode ser construída para mensurar variáveis de diferentes categorias, podendo representar áreas organizacionais, gestão

de recursos humanos, gestão da qualidade, sistema de informação voltado à produção, desenvolvimento de tecnologias e estratégia de manufatura. Ainda segundo o mesmo autor, uma escala bastante utilizada pela literatura é a escala diferencial semântica.

Diferencial Semântico (DS) trata-se de um referencial teórico o qual possui como objetivo a discussão da formação do significado e das atitudes dos indivíduos em relação a um determinado objeto (OSGOOD; COLS, 1957). Esse termo foi criado por Osgood, Suci e Tannenbaum no ano de 1957, possibilitando a medição da reação das pessoas quando estas estão expostas a palavras e conceitos a partir de escalas bipolares, as quais são definidas por adjetivos antônimos em seus extremos (PASQUALI, 1990a). O DS tem como objetivo registrar, quantificar e comparar propriedades inerentes a um ou mais conceitos (PASQUALI, 1990a).

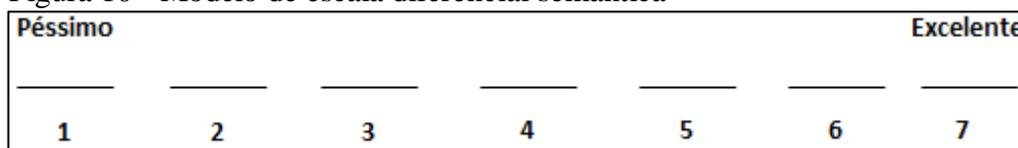
O DS é utilizado quando existe a necessidade de avaliar a efetividade e a qualidade de conceitos, proporcionando um método que quantifica o significado de atitudes, opiniões, percepções, imagem social, personalidades, preferências e interesses das pessoas e/ou pacientes (PEREIRA, 1986). O Diferencial semântico é bastante utilizado para investigar diferentes pontos de vistas (PALU *et al.*, 2017).

É preciso que o instrumento de medição do DS consiga ser representado a partir de uma escala a qual reflita as características de um determinado grupo de respondentes (BECHER, 2016). Cada conceito a ser avaliado é seguido por uma escala de avaliação e classificação a qual é desenhado entre dois adjetivos antagônicos, cada intervalo é representado por uma magnitude, implicitamente ou explicitamente expressada por um *quantifier*, os quais expressam o grau do significado das respostas (OSGOOD; SUCI; TANNENBAUN, 1957). O *quantifier* central representa a origem da escala e possui valor neutro (OSGOOD *et al.* 1957).

Os passos envolvidos nesse método incluem a definição dos conceitos a serem avaliados; a descrição, a partir de adjetivos, das propriedades do conceito avaliado; e a avaliação pelos respondentes de um conceito específico a partir de uma escala semântica (PEREIRA, 1986). Esse conceito avaliado pode ser expresso por uma palavra, frase, ou figura e possui um significado psicológico variável de acordo com o grupo que está avaliando (PEREIRA, 1986).

A escala diferencial semântica usualmente consiste de sete ou cinco pontos e contempla em cada polo, adjetivos antagônicos, a partir do qual os sujeitos avaliam os conceitos, verificando o que mais expressa seus sentimentos. Uma extremidade é considerada positiva e a outra negativa, utilizando, por exemplo, os adjetivos péssimo e excelente (PEREIRA, 1986; DING; NG, 2008). A Figura 10 ilustra um possível modelo da escala diferencial semântica.

Figura 10 - Modelo de escala diferencial semântica



Fonte: Adaptado de Osgood *et al.* (1957) e Pereira (1986).

Os conceitos a serem mensurados são representados por adjetivos que vão de uma esfera negativa, representada na Figura 10 pela palavra “péssimo”, até uma esfera positiva, representada pela palavra “excelente”. As magnitudes são expressas pela numeração que inicia no 1 até o 7, o qual também pode ser expressa pela numeração do -3 ao 3 (OSGOOD *et al.*, 1986).

Esses adjetivos são escolhidos de acordo com o problema de pesquisa a ser estudado. Sendo assim, não existe um padrão a ser seguido, as escalas e os conceitos utilizados em um estudo podem variar de acordo com o propósito de cada pesquisa (REPETTO e SOUZA, 1999). A escala diferencial semântica tem sido utilizada nas ciências sociais e humanas, assim como no campo da saúde (BRINGSÉN; ANDERSSON; EJLERTSSON, 2009; REPETTO; SOUZA, 1999). Porém, pode-se encontrar uma variedade de pesquisas nas áreas de marketing, desenvolvimento de produtos, engenharia e ergonomia que utilizam esse método (HSIAO; CHEN, 2006; LINARES; PAGE, 2007; NEKOLAICHUK *et al.*, 1999).

Segundo Ntemeyer *et al.* (2003), a lógica de respostas para alguns itens da escala pode ser invertida, em que o nível 1 indicaria o adjetivo “excelente” e o 7 o adjetivo “péssimo”. Segundo esses autores, isso faz com que o respondente tenha mais cuidado em responder cada item. Pauulhus (1991) argumenta que é preciso informar aos respondentes que a sua participação será realizada de forma anônima para que as respostas aos itens não sejam influenciadas por aspectos culturais e sociais do respondente.

2.2.3 Validação dos itens a partir dos especialistas

Selecionado os itens e o tipo de escala é preciso validar essa estrutura a partir da avaliação de especialistas. Segundo Grant e Davis (1997), a validação de conteúdo é um fator crucial no desenvolvimento do instrumento, pois é possível verifica se os itens mensuram adequadamente o domínio de conteúdo pesquisado. Para Nham *et al.* (2002), a validação de

conteúdo por especialistas deve ser aplicada depois da fase de geração dos itens e antes da validação empírica, a ser realizada a partir do método *survey*.

Grant e Davis (1997), Devellis (2012), Li *et al.* (2005), Cloninger e Oviatt (2006), Sraph *et al.* (1989), Hensley (1999), Worthington e Whittaker (2006) e Rossiter (2002) sugerem a participação desses especialistas a partir de entrevistas semiestruturadas em que os itens da escala são apresentados e com isso a verificação de aspectos como importância de cada item para a escala, clareza, objetividade e redundância.

2.2.4 Primeira Versão da Escala

Após a seleção dos itens e validação destes pelos especialistas, a próxima etapa da construção da escala consiste na definição da primeira versão do instrumento de coleta de dados que servirá para testar a escala de forma empírica, como sugerido por Sraph *et al.* (1989), Sakakibara *et al.* (1993), Flynn *et al.* (1994), Ward *et al.* (1994), Black e Porter (1996), Ahire e Devaraj (2001) e Hensley (1999).

Os autores supracitados reforçam que nesta primeira versão será necessário decidir questões como características da população a qual a escala será aplicada, quais os tipos de empresa que serão escolhidas, quais setores estas empresas pertencem, se serão utilizadas empresas de serviços, manufatura ou uma mistura dos dois e, com isso, a escolha do tamanho da amostra.

Feito isto é preciso decidir o tamanho do questionário, e com isso, decidir de fato quais itens farão parte do instrumento. De acordo com Sraph *et al.* (1989) o tamanho do questionário tem um impacto direto na taxa de resposta. Autores como Yuksel (2008) e Yusup *et al.* (2015) sugerem que o questionário deve ser dividido em três partes. A primeira refere-se à caracterização das empresas, a segunda as assertivas a serem mensuradas e a terceira a caracterização do respondente.

2.2.5 Validação Empírica – Análise Fatorial Exploratória

A quinta etapa tem como objetivo aplicar um teste piloto do instrumento com uma amostra da população do estudo como sugerido por Koste *et al.* (2004), Ntemeyer *et al.* (2003), Sraph *et al.* (1989), Flynn *et al.* (1994), Ward *et al.* (1994), Black e Porter (1996), Ahire *et al.* (1996), Rossiter (2002).

O objetivo do teste piloto consiste em verificar a experiência dos respondentes no processo de responder as perguntas do questionário, determinando aspectos como: relevância da linguagem utilizada, se alguma palavra ou expressão é ofensiva, se os itens estão claros, se algumas questões relevantes foram omitidas pelo pesquisador (JOHNSON; MORGAN, 2016). O teste piloto também informa ao pesquisador o tempo necessário para responder o questionário e se a maneira como a pesquisa foi elaborada está confusa para os respondentes (JOHNSON; MORGAN, 2016).

Com os dados coletados, Johnson e Morgan (2016) sugerem que seja realizada uma análise estatística a respeito da qualidade do pré-teste. Segundo os autores essas primeiras análises devem ser descritivas. Johnson e Morgan (2016), DeVellis (2012) e Hair *et al.* (2009) sugerem as seguintes análises:

- a) Frequência de respostas de cada ponto da escala: esses autores consideram essa análise relevante, pois é possível verificar se os respondentes estão utilizando todos os pontos da escala, ou seja, se existe uma distribuição das respostas entre os pontos da escala. Caso isso não ocorra, é preciso rever o tamanho da escala ou revisar aqueles itens que menos apresentaram uma distribuição equilibrada;
- b) Média: uma média alta entre os valores das respostas ou muito baixa indicará que as respostas estão concentradas nos extremos da escala, o ideal é que a média se encontre no meio da escala, como sugerido por DeVellis (2012);
- c) Desvio padrão: para os autores é desejável que o desvio padrão seja alto, isso indicará que os respondentes utilizaram todos os pontos possíveis da escala. Segundo Hair *et al.* (2009) esta análise é importante pois verifica se há uma variação nas respostas, caso contrário, existirá um padrão de respostas suspeito.

Após as análises descritivas é necessário realizar as análises multifatoriais. Hair *et al.* (2009) argumentam que dependendo do tipo de pesquisa, estas análises podem ser de dois tipos: análise fatorial exploratória e análise fatorial confirmatória. A seguir será realizada um resumo da aplicação da AFE.

O principal objetivo da AFE é a redução da quantidade de variáveis observadas (indicadores) em um número menor de fatores. Fatores são considerados fenômenos que não são possíveis de se verificar diretamente, por isso a necessidade de se escolher indicadores que juntos possam representar esses fenômenos. Portanto, a função de uma AFE é explorar quais variáveis observáveis estão mais relacionadas, e com isso, agrupá-las em um determinado fator (TABACHINICK; FIDELL, 2007).

Antes de iniciar as análises da AFE é preciso que alguns requisitos sejam observados, verificando assim se é possível aplicar esta técnica. Primeiramente é necessário verificar a adequabilidade da base de dados, isso inclui o nível de mensuração das variáveis, o tamanho da amostra, a razão entre o número de casos e quantidade de variáveis e o padrão de correlação entre as variáveis. Ressalta-se que correlação significa o grau de relação estatística entre duas variáveis, ou seja, o nível de dependência entre elas (DEVELLIS, 2012; HAIR *et al.* 2009).

Segundo Hair *et al.* (2009) é necessário que as variáveis sejam discretas ou contínuas, que o tamanho da amostra seja de no mínimo de 100 casos e a razão entre o número de casos e a quantidade de variáveis deve exceder cinco para um. Para verificar o padrão de correlação entre as variáveis um método bastante utilizado é o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Esse teste verifica a matriz de correlação entre as variáveis, quanto maior for a correlação entre as variáveis maior é a probabilidade dessas variáveis se agruparem em um fator (HAIR *et al.*, 2009).

Segundo Lorenzo-Seva (2011) e Timmerman e Kiers (2011) esse método também é conhecido como adequação da amostra e se refere a um teste estatístico que indica a proporção de variância dos itens que é explicada por um constructo. Hair *et al.* (2005) relata que o KMO varia entre 0 e 1. Hutcheson e Sofroniou (1999) utiliza dos seguintes critérios para interpretar o KMO:

- a) $KMO < 0,5$ - inaceitável;
- b) $0,5 \leq KMO < 0,7$ - medíocre;
- c) $0,7 \leq KMO < 0,8$ - bom;
- d) $0,8 \leq KMO < 0,9$ - Excelente.

Juntamente com o teste KMO outro teste utilizado pela literatura é o da esfericidade de Barlett. Esse método tem como objetivo avaliar em que medida a matriz de co-variância é igual a uma matriz identidade. Ressalta-se que uma matriz identidade configura-se quando todos os valores da diagonal da matriz possuem o valor 1, e os valores fora da diagonal possuem o valor 0 ou próximo a 0. Isso implica que a variância entre as variáveis é nula ou muito baixa. Com isso, seria impossível aplicar uma análise fatorial (TABACHNICK; FIDELL, 2007).

A partir da verificação da matriz de co-variância é possível fornecer uma significância estatística que a matriz de correlação apresenta correlações significativas entre algumas de suas variáveis. É considerado estatisticamente significativo o $p < 0,05$, ou seja, indica que a matriz é possível extrair fatores da matriz (HAIR *et al.*, 2009).

Outra medida importante que também verifica a correlação entre as variáveis e, portanto, verifica se é possível aplicar análise fatorial, é a medida de adequação da amostra (MSA). Essa análise é realizada a partir da verificação da matriz anti-imagem, a qual apresenta as correlações parciais entre as variáveis após a análise fatorial. As MSA de cada variável estão contidas na diagonal da matriz e os demais valores são correlações parciais entre variáveis. Com isso, é possível verificar o grau em que os fatores explicam um ao outro nos resultados (TABACHNICK; FIDELL, 2007).

Esse indicador pode variar entre 0 e 1, em que o índice 1 representa que cada variável consegue ser perfeitamente prevista pelas demais variáveis. Os valores acima de 0,80 são considerados muito bons, entre 0,70 e 0,80 medianos, entre 0,60 e 0,70 medíocre, entre 0,50 e 0,60 ruim, e abaixo de 0,50 inaceitáveis (HAIR *et al.*, 2009). Realizadas essas análises é preciso que os fatores sejam extraídos. Para Johson e Morgan (2016) a extração de fatores se refere ao método em que os fatores são identificados.

Dentre as várias técnicas de extração de fatores (fatores principais, componentes principais, fatoração por imagem, fatoração por verossimilhança máxima, fatoração alfa, mínimos quadrados não ponderados, mínimos quadrados), o método de fatores principais (AF) e o de componentes principais (ACP) são os mais utilizados. Ambas as técnicas produzem combinações lineares de variáveis as quais capturam o máximo de variância das variáveis observáveis. A principal diferença entre esses dois métodos consiste que na ACP todas as variâncias são utilizadas (variância única de cada variável, variância comum entre as variáveis – comunalidades, variância relacionada ao erro), já na AF apenas a variância compartilhada é utilizada (JOHSON; MORGAN, 2016; HAIR *et al.*, 2009; TABACHNICK; FIDELL, 2007).

Tabachnick e Fidell (2007) complementam afirmando que a escolha da ACP é sugerida quando o pesquisador pretende apenas obter um resumo empírico do conjunto de dados, já a AF é sugerida quando o interesse está em obter uma solução teórica não contaminada por variabilidade de erro.

Escolhido o método de extração de fatores, é preciso decidir o número de fatores que será extraído. Existe uma série de técnicas que apontam a quantidade de fatores a serem extraídos (raízes latentes, critério a priori, critério de percentagem de variância, critério do teste *scree*, heterogeneidade dos respondentes). Segundo Hair *et al.* (2008) a técnica mais comumente utilizada é o critério da raiz latente.

No critério da raiz latente, também conhecido como critério de autovalores, apenas os fatores que possuem autovalores maiores que 1 são considerados significativos, excluindo, portanto, os demais. Ou seja, se um fator apresentar um autovalor baixo ele está contribuindo

pouco para explicar as variâncias nas variáveis, podendo assim, ser ignorado como redundante em relação a fatores considerados mais importantes (TABACHINICK; FIDELL, 2007; HAIR et al., 2009).

O próximo passo consiste em determinar o tipo de rotação de fatores. Para Schawb (2007), esse método matemático se refere a rotação dos eixos no espaço geométrico. Para o autor, isso faz com que seja mais fácil determinar quais variáveis serão carregadas em quais fatores. Abdi (2003) complementa afirmando que o principal objetivo da rotação de fatores é encontrar uma solução mais simples e que seja mais fácil de interpretar. Já DeVellis (2012) defende que essa técnica é utilizada para melhorar a interpretação a respeito de quais itens melhor se relacionam com cada constructo.

Existem dois tipos de rotação, a ortogonal e a oblíqua. A rotação ortogonal é considerada a mais simples, em que os eixos são mantidos em 90°. Caso os eixos não sejam mantidos com essa angulação, a rotação denomina-se de oblíqua. A rotação oblíqua é considerada mais realista pois considera que os fatores inerentes possuem correlações entre si (HAIR et al., 2009).

Segundo Hair et al. (2009) os métodos ortogonais mais utilizados são QUARTIMAX, VARIMAX e EQUIMAX. Ainda para os mesmos autores, os métodos utilizados nas rotações oblíquas são limitados nos pacotes estatísticos, em que os principais métodos são o OBLIMIN e PROMAX fornecido pelos softwares SPSS e SAS.

A próxima etapa consiste na avaliação da confiabilidade da estrutura fatorial anteriormente estabelecida. Quando a pesquisa a ser desenvolvida é caracterizada como corte transversal, ou seja, as medições são realizadas em apenas um momento no tempo, é sugerido a utilização do índice de consistência interna a partir do Alfa de *Cronbach*, como defendido por Johnson e Morgan (2016).

O Alfa de *Cronbach* avalia o grau em que os itens de uma determinada matriz de dados apresentam correlações entre si. Em uma perspectiva mais prática, esse indicador mede a correlação entre as respostas dos respondentes de um determinado questionário, apresentando, com isso, uma correlação média entre as perguntas (variáveis observáveis). Ou seja, as variáveis utilizadas para medir um constructo apresentam resultados semelhantes. Essa técnica informa da necessidade de aumentar o número de itens do instrumento ou da necessidade de retirar itens. (PASQUALI, 2009; HAIR et al., 2009; AERA et al., 2014; MORGAN; JOHNSON, 2016).

Segundo Hair et al. (2009), a interpretação dos valores do Alfa (α) segue a seguinte interpretação:

- a) Alfa de *Cronbach* $< 0,50$: inaceitável;
- b) Alfa de *Cronbach* $> 0,50$: pobre;

- c) Alfa de *Cronbach* > 0,60: questionável;
- d) Alfa de *Cronbach* > 0,70: aceitável;
- e) Alfa de *Cronbach* > 0,80: bom;
- f) Alfa de *Cronbach* > 0,90: excelente.

A Tabela 1 apresenta o resumo das etapas utilizadas na realização de uma AFE.

Tabela 1 - Resumo das Etapas (AFE)

Etapas	Crítérios	Escolhas
Verificar a adequabilidade da base de Dados	Nível de Mensuração das variáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Discretas • Contínuas
	Tamanho da Amostra	Mínimo de 100 Casos
	Número de Casos / Número de Variáveis	Razão maior que 5:1
	Padrão de Correlação entre as variáveis: <ul style="list-style-type: none"> • KMO • Esfericidade de Barlett • MAS 	<ul style="list-style-type: none"> • $0,8 \leq KMO \leq 0,9$ • P-value < 0,05 • MAS > 0,8
Escolha do Método de Extração dos Fatores	ACP	Todas as Variâncias são consideradas
	AF <ul style="list-style-type: none"> • Raízes Latentes, • Critério a Priori, • Critério de Percentagem de Variância, • Critério do Teste <i>scree</i>, • Heterogeneidade dos Respondentes 	Considera-se apenas as comunalidades Raízes Latentes como o critério mais utilizado
Número de Fatores a serem extraídos	Rotação Ortogonal	Não há correlação entre os fatores (QUARTIMAX, VARIMAX, EQUIMAX)
	Rotação Oblíqua	Há correlação entre os Fatores (OBLIMIN, PROMAX)
Confiabilidade da Estrutural Fatorial	Alfa de Cronbach	Alfa de <i>Cronbach</i> > 0,90: excelente

Fonte: Elaborado pelo autor

2.2.6 Validação Empírica – Análise Fatorial Confirmatória

Após a realização do teste piloto e realizada as devidas modificações necessárias no instrumento, tem-se a segunda versão do questionário e com isso a segunda validação empírica a partir da aplicação de uma AFC. Segundo Hair *et al.* (2009), a AFC faz parte de uma técnica mais ampla denominada de Modelagem de Equações Estruturais – *Structural Equation Modeling* (SEM).

Na utilização da SEM, o fenômeno que se deseja mensurar não é observável diretamente, sendo considerado como um constructo latente. Para tal mensuração é preciso utilizar de indicadores (variáveis observáveis) os quais representam o constructo latente. Portanto, a partir da combinação dos vários indicadores que compõem uma escala, é possível mensurar o fenômeno (HAIR *et al.*, 2009).

O termo SEM não se refere apenas a uma única técnica estatística, do contrário, envolve uma série de procedimentos. Basicamente este método envolve dois tipos de modelos: modelo estrutural e o modelo de mensuração. A AFC é utilizada no modelo de mensuração (KLINE, 2011).

Para Hair *et al.* (2011), Netemeyer *et al.* (2003) e Kline (2011), para que seja desenvolvido uma AFC é preciso verificar alguns pressupostos, os quais:

- a) Linearidade do modelo;
- b) Existência de relação entre as variáveis.
- c) Três indicadores por constructo;
- d) Correlações medianas a fortes entre as variáveis observáveis;
- e) Escala métrica com no mínimo 05 pontos;
- f) Não possuir multicolineariedade alta, para Hair *et al.* (2009) pode-se verificar tal pressuposto a partir da realização do VIF (*Variance Inflation Factor*), com valores abaixo de 5 indicando baixa multicolineariedade.

Comprovado tais pressupostos, é preciso que o modelo teórico seja especificado. Para Hair *et al.* (2009), especificar o modelo consiste em desenhar, de uma maneira formal, todas as hipóteses que devem estar contidas no modelo de mensuração.

Para tanto é preciso que alguns itens sejam compreendidos. Segundo Marôco 2010a e Kline (2011) os itens são: as variáveis manifestas (indicadores) são causadas pelas variáveis latentes (constructos); os erros de medida são justamente a parte da variância das variáveis manifestas que não são explicadas pelos seus respectivos constructos.

Esses modelos podem ser representados a partir de notações matemáticas e/ou com a construção de diagramas de caminho. Para Hair *et al.* (2009), a representação de modelos com a utilização dos diagramas é bastante utilizada pelos pesquisadores pois consiste de um método que facilita a compreensão das relações entre as variáveis a partir de recursos visuais.

Para Schumacker e Lomax (2004) e Hair *et al.* (2009) a modelagem de equações estruturais consiste basicamente em ajustar a matriz de covariância do modelo teórico (E) com a matriz de covariância amostral (S). Ou seja, é preciso que seja reduzido as diferenças entre

essas duas matrizes. Netemeyer *et al.* (2003) corroboram afirmando que o principal objetivo é testar se o modelo teórico está ajustado com os dados empíricos.

Porém, ressalta-se a existência de métodos que são baseados na SEM e não utilizam as matrizes de covariância como medida de ajustamento do modelo, como o método dos Mínimos Quadrados parciais – *Partial Least Squares* (PLS). Para Hair *et al.* (2011) este método está pautado na diferença entre os valores observados e os valores previsto pelo modelo teórico.

O PLS consiste de um método baseado em SEM, portanto esta função é apresentada como uma abordagem estatística alternativa para a modelagem de equações estruturais. Na PLS os constructos são representados de forma composta, baseando-se nos resultados de análise fatorial, não recriando as covariâncias entre os itens (HAIR *et al.*, 2009).

Assim como o SEM, o PLS também analisa de forma simultânea o modelo de mensuração e o estrutural, permitindo aos pesquisadores adotarem modelos mais complexos de pesquisa os quais contém tanto relações de moderação como de mediação (LEE *et al.* 2011).

Como o ajuste do modelo no método PLS não está baseado na discrepância entre as matrizes de covariância (S) e (E), essa técnica utiliza dos seguintes parâmetros para verificar a qualidade do modelo de mensuração: confiabilidade do constructo, validade convergente e validade discriminante (HAIR *et al.*, 2014). PLS tem sido usada recentemente para o desenvolvimento de escalas em Akter, D'ambra e Ray (2013), Chowdhury e Quaddusb (2017), Merza, Zarantonello e Grappic (2018) e Scalco *et al.* (2020).

Segundo Hair *et al.* (2009) é possível utilizar dois indicadores na verificação da confiabilidade do constructo, o alfa de Cronbach e a Confiabilidade Composta, sendo esta última a mais robusta. Para Hair *et al.* (2014) a Confiabilidade Composta é utilizada para averiguar se a amostra está livre de vieses e se as respostas, em sua totalidade, são confiáveis. Para esses autores para a obtenção de tal confiabilidade é preciso que os valores dessa medida chegam no mínimo 0,7 para todos os fatores.

A Validade Convergente está associada aos indicadores de uma variável latente específica. Esses itens devem compartilhar uma alta proporção de variância em comum, indicando que todos os indicadores de um fator se correlacionam positivamente. Esse tipo de validade confere se todos os indicadores de um fator se complementam para mensurar o seu fator em comum. Ou seja, verifica se os indicadores de um determinado fator realmente possuem relações significativas ao ponto de serem considerados como pertencentes ao mesmo fator (KLINE, 2011; HAIR *et al.*, 2009).

Segundo autores como Hair *et al.*, (2009), Tabanick e Fidell (2012), Marôco (2010a) e Kline (2011) algumas medidas indicam a validade convergente, dentre as quais:

- a) Valor das cargas fatoriais. As cargas fatoriais das variáveis observadas em relação a seus respectivos fatores devem ser significantes. Hair *et al.*, (2009) indicam que uma carga significativa deve ser acima de 0,7;
- b) Valor do percentual médio de Variância Extraída de um conjunto de itens. Hair *et al.* (2009), Kline (2011), Fornell e Larcker (1981), Henseler *et al.* (2009) alegam que uma variância média extraída inferior a 0,5 indica uma maior porção de erros nos itens do que variância explicada pelo fator. Hair *et al.* (2009) completam afirmando que a variância média extraída deve ser extraída para cada fator;

Os constructos pertencentes a um determinado modelo precisam ser diferentes uns dos outros. Portanto, a validade discriminante consiste no grau em que um constructo se difere dos demais, ou seja o grau em que uma medida não se correlaciona com outras medidas das quais deveriam divergir (HAIR *et al.*,2009). Kline (2011) afirma que uma validade discriminante alta indica que um determinado constructo é único e consegue capturar fenômenos que outros constructos não capturam.

A validade discriminante é obtida quando não existe a presença de cargas cruzadas. Uma carga cruzada acontece quando variáveis observáveis possuem cargas fatoriais elevadas em mais de um fator. Significando, com isso, que os fatores não são suficientemente diferentes, não havendo validade discriminante (HAIR *et al.*, 2009; KLINE, 2011; NETEMEYER *et al.* 2003)

Outra medida importante para validação discriminante de um modelo é a comparação entre a raiz quadrada da variância média extraída de cada constructo com as respectivas correlações entre esses constructos. A raiz quadrada da variância média extraída de cada constructo precisa ser maior que as correlações. Esse critério é conhecido como critério de *Fornell-Larcker*. (HAIR *et al.*, 2009). A tabela 2 apresenta o resumo dos procedimentos utilizados na realização de uma AFC utilizando a técnica de PLS.

Tabela 2 – Resumo das Etapas (AFC)

Etapa	Critérios
Pressupostos para Aplicação da AFC	a) Linearidade do modelo; b) Existência de relação entre as variáveis. c) Três indicadores por constructo; d) Correlações medianas a fortes entre as variáveis observáveis; e) Escala métrica com no mínimo 05 pontos; f) Não possuir multicolineariedade alta Alfa de Conbranch > 0,7
Confiabilidade do Modelo	Confiabilidade Composta > 0,7

	Cargas Fatoriais > 0,7
Validade Convergente	AVE > 0,5
	Não haver Cargas Cruzadas
Validade Discriminante	Raiz-quadrada das AVE's superior as correlações entre os fatores – Critério de Fornell Lacker

Fonte – Elaborado pelo Autor

3 PRÁTICAS, IMPLANTAÇÃO E MENSURAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

3.1 INTRODUÇÃO

A P+L consiste de uma estratégia que objetiva minimizar os impactos ambientais negativos gerados pelas operações industriais. Essa estratégia reduz o consumo dos recursos naturais e energia, inerentes ao processo de produção, reduzindo assim sistematicamente a poluição e os desperdícios (GUIMARÃES *et al.*, 2018). O programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP, 1990a) descreve a P+L como uma estratégia ambiental integrada aplicada de forma contínua a produção, processos e serviços com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e reduzir os riscos ao ambiente e aos humanos.

Neste mesmo contexto, o conceito da P+L está relacionado ao melhor uso do consumo de energia e materiais e a substituição de produtos tóxicos por produtos menos tóxicos, ou não tóxicos (HENS *et al.*, 2018). Ao longo de algumas décadas, a P+L tem sido utilizada por muitas empresas como uma importante estratégia na melhoria da eficiência do consumo de energia e a redução das emissões de CO₂ (GONG *et al.*, 2017; YANG *et al.*, 2020).

As práticas associadas com a P+L influenciam positivamente a sustentabilidade ambiental, assim como a melhoria do desempenho organizacional das empresas. A estratégia da P+L auxilia no aumento da capacidade de produção e sua flexibilidade, proporcionando melhorias nos aspectos de saúde e segurança dos trabalhadores (CARVALHO FILHO *et al.*, 2019; SEVERO *et al.*, 2017). Além disso, a P+L se constitui de um tema de pesquisa relevante e um conceito chave no processo de desenvolvimento industrial sustentável (CONG e SHI, 2019).

É importante ressaltar que durante o processo de implantação da P+L, as empresas devem buscar atingir três objetivos principais, os quais: utilizar os recursos naturais de forma eficiente; minimizar desperdícios, emissões e impactos; e reduzir os riscos aos seres humanos, como citado pelas pesquisas de Hens *et al.* (2018), Hamed e Mahgary (2004), Unep (1994) e USEPA (1992).

Dada a importância da P+L, as empresas necessitam gerenciar as práticas relacionadas a essa estratégia de forma eficiente. Para isso, essas organizações precisam conhecer essas práticas, como implanta-las, e como mensurar o nível de implantação. Algumas pesquisas descreveram e mensuraram essas práticas (YUKEL, 2008; YUSUP *et al.*, 2015), e relataram o processo de implantação (ESQUER *et al.*, 2016; HUANG *et al.*, 2013; LI *et al.*, 2016). Porém,

não foram identificadas pesquisas que conduziram uma revisão mais aprofundada considerando esses aspectos.

Revisões sistemáticas em P+L tem sido realizadas ao longo dos anos, algumas já se encontram datadas, como a pesquisa conduzida por Freeman *et al.*, (1992). Outros estudos enfatizam apenas alguns aspectos do processo de implantação, como as barreiras (VIEIRA; AMARAL, 2016), abordam a utilização de ferramentas da qualidade nesse contexto (SILVA *et al.*, 2013), discutem a evolução da P+L (HENS *et al.*, 2018), analisam os benefícios e dificuldades enfrentados no processo de implantação da P+L (Matos *et al.*, 2018), analisam a heterogeneidade espacial e evolução temporal da P+L e visualização da rede internacional de colaboração (WEI; SHI, 2019).

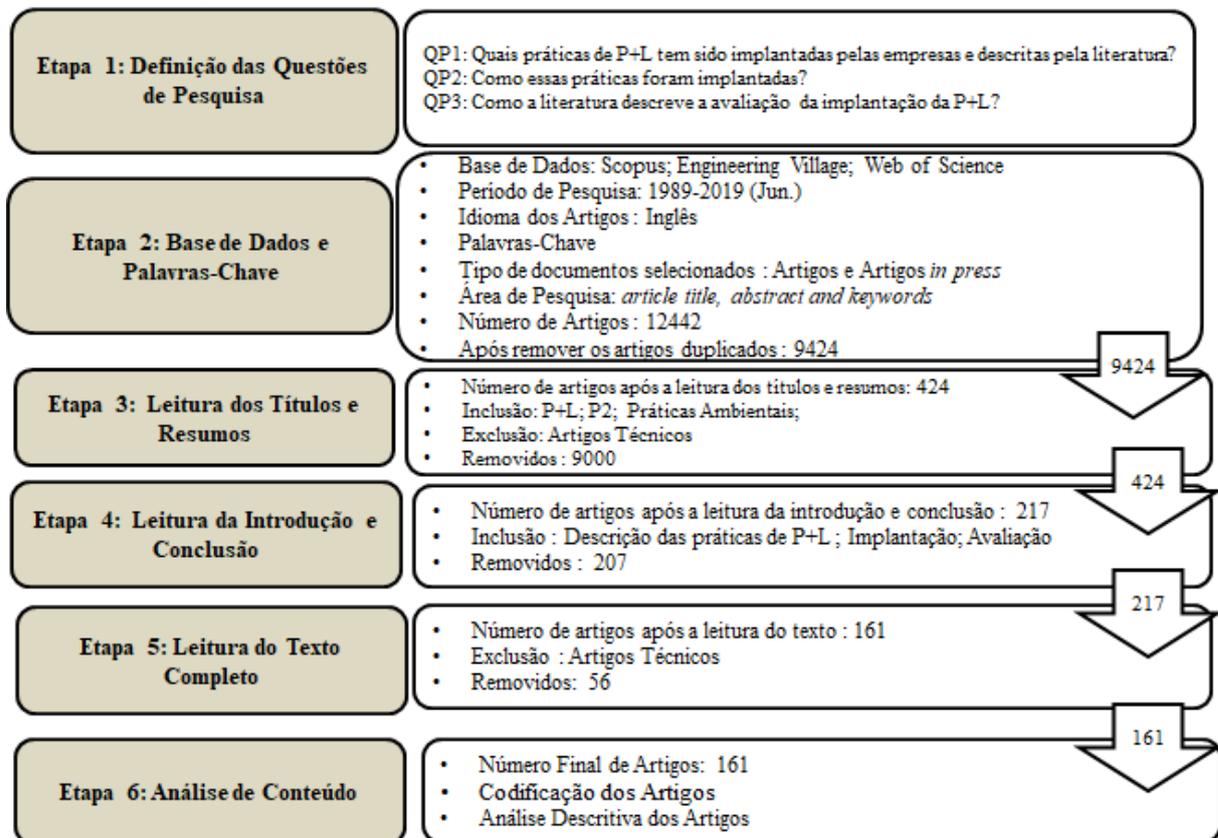
Nesse contexto, esse artigo tem como objetivo identificar as práticas de P+L, como essas práticas são implantadas e como são mensuradas. Para tanto, uma revisão sistemática da literatura foi realizada em que foram pesquisados artigos desde o ano de 1989 até 2019, mais especificamente até o mês de Junho de 2019, resultando em uma análise dos 30 anos de práticas de P+L.

O foco dessa revisão consistiu na seleção de artigos em língua inglesa e que foram publicados em *Journals*. Esse artigo encontra-se dividido em 5 seções. A Seção 2 descreve os procedimentos e etapas desta pesquisa. A Seção 3 apresenta os resultados da revisão. A Seção 4 aborda algumas discussões dos artigos. A Seção 5 apresenta as conclusões da pesquisa e descreve alguns *gaps* de literatura.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa revisão sistemática da literatura foi baseada em Tranfield *et al.* (2003) e suas etapas estão sumarizadas na Figura 11.

Figura 11 - Etapas da Revisão Sistemática



Fonte: Adaptado de Tranfield *et al.* (2003).

A primeira etapa consistiu na elaboração de questões norteadoras da revisão: (QP1) Quais práticas de P+L tem sido implantadas pelas empresas e descritas pela literatura? (QP2) Como essas práticas foram implantadas? (QP3) Como a literatura descreve a avaliação da implantação da P+L?

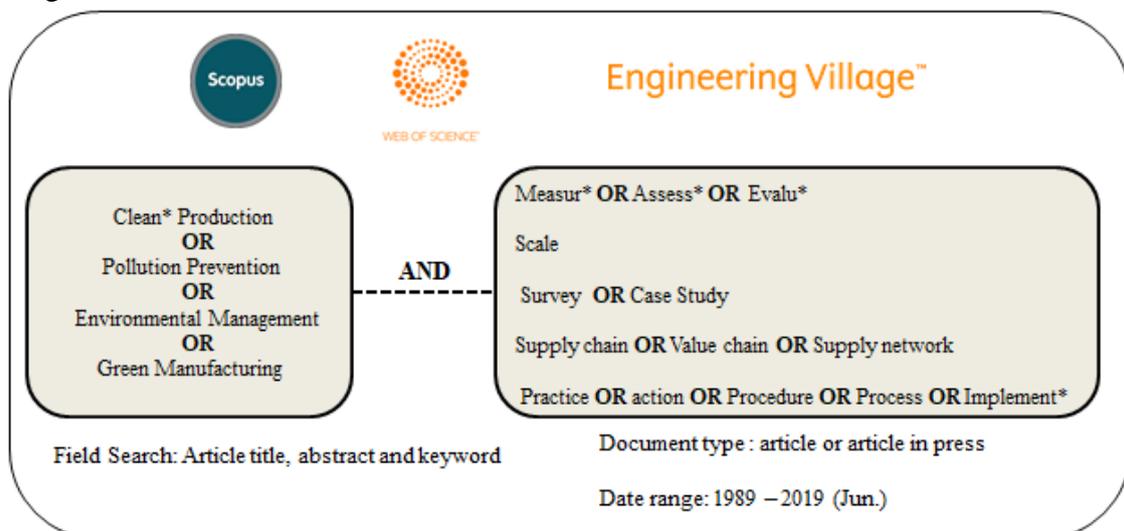
A segunda etapa consistiu em determinar as bases de dados para a realização das buscas. Foram selecionadas as bases *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering Village*, destaques na comunidade científica, por apresentar ampla variedade de artigos de diferentes periódicos com seletiva política editorial. O filtro temporal compreendeu o período de 1989, marco inicial do conceito de P+L pelo UNEP, até 2019 (até o mês de Junho). Foram selecionados apenas artigos em língua inglesa, assim como os artigos publicados em periódicos.

A partir de uma consulta exploratória nas bases de dados escolhidas, criou-se uma listagem extensa de palavras-chave com maior frequência de utilização nos artigos mais citados em P+L. Posteriormente foi consultado um especialista em P+L que reduziu a quantidade de *key-words* e também recomendou possíveis combinações destes termos nos campos de busca das bases de dados. Como um dos objetivos da sistemática consiste em verificar as práticas de

P+L implantadas pelas empresas, tivemos a preocupação de selecionar artigos que, apesar de não ter a P+L como foco principal, poderiam descrever a utilização de práticas de P+L. Isso aconteceu com os termos “*Pollution Prevention*”, “*Environmental Management*” e “*Green Manufacturing*”. A justificativa da utilização das palavras-chave “*Supply Chain*”, “*Value Chain*” e “*Supply Network*” justifica-se pois estamos verificando as práticas de P+L tanto interna como externas a empresa. Como acreditamos que a maioria das publicações que abordam questões como descrição das práticas, implantação e avaliação da P+L encontram-se em artigos empíricos, selecionamos as palavras-chave “*Survey*” e “*Case Study*”, termos bastante utilizados dentro da área de gestão.

A Figura 12 apresenta o modelo de palavras-chave utilizado.

Figura 12 - Palavras-Chave utilizadas na revisão sistemática



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os termos descritos na Figura 12 foram inseridos nos campos “*Article title, abstract and Keywords*” das bases de dados pesquisadas. Procedendo a busca nas bases de dados encontrou-se 12442 artigos. Com o uso da ferramenta *Mendeley* foram retirados os artigos duplicados, restando, 9424 documentos. A terceira etapa teve como objetivo selecionar os artigos a partir da leitura dos títulos e dos resumos. Foram selecionados os trabalhos os quais faziam menção a Produção mais Limpa, Prevenção a Poluição (P2) e práticas ambientais. Como critério de exclusão foram retirados os artigos técnicos, resultando em 424 artigos.

Na quarta etapa foi preciso avaliar as introduções e conclusões de cada artigo. Estas seções deveriam conter conteúdos relativos à utilização das práticas de P+L, contemplando os processos de implantação e avaliação. Após a execução destes filtros restaram 217 artigos. A

quinta etapa consistiu na leitura integral dessas pesquisas. Foram excluídos os artigos cuja descrição da implantação era pautada exclusivamente por características técnicas. Como ilustração cita-se um artigo da área de engenharia química que propôs uma nova tecnologia de processo que reduzisse os resíduos gerados pelo mesmo. As discussões desse artigo estavam pautadas apenas nas características da tecnologia em si e não nos aspectos de gestão. Após a execução desses filtros foram excluídos 56 trabalhos, totalizando 161 artigos.

Na sexta etapa foi realizado o procedimento de codificação. Optou-se por utilizar o método manual em detrimento aos métodos que utilizam *softwares* computacionais. Segundo Kirchner *et al.* (2017) os métodos de codificação que utilizam programas computacionais podem ser muito mecânicos ao lidarem com resultados importantes de cada pesquisa selecionada para uma revisão sistemática da literatura.

Após estabelecer quais seriam os problemas de pesquisa a serem investigados e a partir da leitura de textos clássicos sobre a P+L como UNEP (1990) e USEPA (1992), assim como demais artigos sobre o tema, foi possível estabelecer a primeira classificação. Essa classificação foi pautada a partir de códigos estabelecidos antes da leitura na íntegra dos artigos selecionados (Categorias pré-definidas). O Quadro 4 apresenta tal classificação.

Quadro 4 - Primeira Classificação (Categorias pré-definidas)

Dimensão	Subdimensão
Práticas de P+L Implantadas	Modificação do Produto
	Modificação de Tecnologia
	Substituição dos Materiais de Entrada
	Reciclagem no Chão-de-Fábrica
	Boas Práticas de Produção
Etapas da Implantação da P+L	Planejamento e Organização
	Pré-Avaliação
	Avaliação
	Opções de Implantação – Fase I
	Análise de Viabilidade
	Opções de Implantação – Fase II
	Avaliação Contínua da P+L
Avaliação da P+L	Governança Corporativa
	Verificação da Implantação das Práticas
	Benefícios da Implantação
	Avaliação

Fonte: Elaborado pelo Autor.

No processo de leitura dos artigos selecionados, outros itens de relevância foram surgindo como: os fatores críticos de sucesso a implantação da P+L; as pressões institucionais a implantação da P+L pelas empresas; barreiras a implantação; como a P+L vem sendo abordada em uma perspectiva de cadeia de suprimentos; quais as ferramentas e conceitos gerenciais estão sendo utilizadas no auxílio a implantação da P+L. Com isso, foi estabelecido uma segunda classificação, classificação com códigos pós-definidos. O Quadro 5 aborda tal classificação.

Quadro 5 - Segunda Classificação (Categorias pós-definidas)

Dimensão	Subdimensão
Fatores Críticos de Sucesso	Parceria Público-Privada
	Participação dos <i>Stakeholders</i>
	Inclusão da P+L no planejamento Estratégico
	Maturidade Tecnológica
	Gestão focada na melhoria de processos
Pressões Institucionais	Política e Governamental
	Econômica
	Social e Cultural
	Técnica
Barreiras a Implantação	Organizacionais
	Econômicas e Financeiras
	Técnicas
P+L e Cadeia de Suprimentos	Disseminação das práticas da P+L ao longo da cadeia de suprimentos
Utilização da P+L com outros conceitos e ferramentas de gestão	Análise do ciclo de vida, gestão da qualidade, melhoria contínua, sistemas integrados de gestão, segurança e saúde no trabalho, dentre outros

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Dando continuidade a etapa de análise de conteúdo, realizou-se o levantamento das principais características dos 161 artigos selecionados, com isso, foi possível obter uma visão geral dessas pesquisas. Sendo o período de pesquisa do ano de 1989 até o de 2019, com a última coleta de artigos no mês de Junho de 2019, a maior quantidade de artigos foi publicada entre os anos de 2014-2017 (34) e 2018-2019 (34), seguido pelas pesquisas publicadas entre os anos de 2006-2009 (24).

Em relação aos métodos de pesquisa tem-se a grande maioria de artigos empíricos (estudo de caso – 54% e *surveys* – 19%). O maior número desses artigos teve como objeto de estudos empresas de grande porte. Em termos de setor econômico dessas empresas, destaque para o maior número de pesquisas no setor de alimentos e bebidas, seguido dos setores têxtil e cerâmico. Este fato demonstra que a maioria dos artigos em P+L estão mais preocupados em realizar pesquisas empíricas a partir de dados de empresas que passaram ou pretendem passar por um processo de implantação da P+L.

Em relação aos periódicos, a maioria dos trabalhos em P+L estão concentrados no *Journal of cleaner production* (64%), uma vez que este periódico é referência nessa temática (VIEIRA; AMARAL, 2016). Em relação à origem, observa-se que os principais autores advêm, respectivamente, da China (16%), EUA (15%) e Brasil (14%).

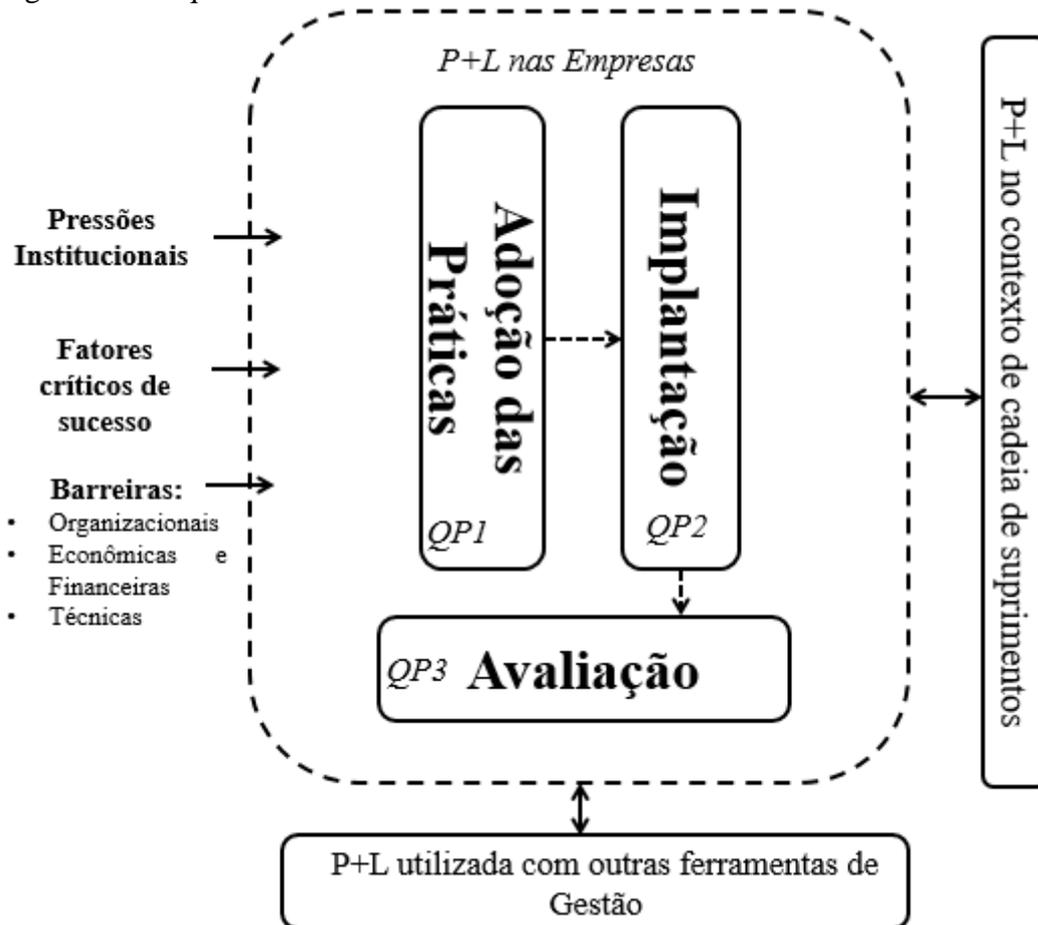
Em relação ao perfil das instituições dos autores foi observado que muitos artigos apresentavam autores filiados à mesma instituição ou composto por autores de diferentes instituições. Estas instituições variavam em sua natureza, a saber, universidades, empresas, órgãos públicos ou governamentais. A maior parte dos artigos publicados (57%) apresentaram filiações de apenas uma instituição. É esperado que a maior parte destas filiações sejam compostas por pesquisadores de universidades, dada a natureza científica dos periódicos. No entanto, destaca-se o engajamento de agentes governamentais e profissionais de empresas em estudos acerca da P+L. Outro ponto relevante é a integração entre universidade, governo e empresas, revelando evidências de uma agenda pública e privada interessados na disseminação das práticas de P+L.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As primeiras discussões estão relacionadas as três questões de pesquisas formuladas: quais as práticas de Produção mais Limpa implantadas pelas empresas e descritas pela literatura (QP1)? Como essas práticas são implantadas (QP2)? Como a literatura descreve a avaliação da implantação da Produção mais Limpa (QP3)?

Feito isto, serão analisados outros aspectos que influenciam a implantação da P+L pelas empresas, os quais: fatores críticos de sucesso, pressões institucionais, barreiras, relação com a cadeia de suprimentos e utilização da P+L com outros conceitos e ferramentas de gestão. A Figura 13 ilustra o modelo de análise deste trabalho.

Figura 13 - Esquema da Análise de Conteúdo



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.1 Quais as práticas de Produção mais Limpa implantadas pelas empresas e descritas pela literatura (QP1)?

Essa seção apresenta as práticas de P+L descritas como implantadas pelos artigos. As práticas foram classificadas nas categorias propostas pelo UNEP (1994) e pela USEPA (1992): modificação do produto, substituição dos materiais de entrada, mudança de tecnologia, reciclagem interna, boas práticas de produção.

3.3.1.1 Modificação do produto

As práticas classificadas na categoria de modificação do produto são aquelas que modificam as características do produto (BERKEL, 1994; HUQ *et al.*, 1999). Essas características podem estar relacionadas ao formato, composição do material, práticas

relacionadas ao aumento da vida útil do produto e modificações nas embalagens (BERKEL, 1994; HUQ *et al.*, 1999; USEPA, 1988; USEPA, 1992; UNEP, 1994).

O Quadro 6 apresenta as práticas relacionadas a modificação do produto. De acordo com a definição dessas práticas, as práticas de modificação do produto foram classificadas em duas categorias: modificação da estrutura do produto e modificação das embalagens.

Quadro 6 - Práticas de Modificação do Produto

Dimensão	Subdimensão	Referências
Modificação da Estrutura do Produto	Modificação dos produtos com o intuito de reduzir os impactos ambientais;	Gardstrom e Norrthon (1994); Ghorbannezhad <i>et al.</i> , (2011); Agwa-Ejon e Fore (2012); Berkel (2013); Henriques e Catarino (2015); Kurtagie <i>et al.</i> (2016); Oliveira <i>et al.</i> (2019); Dong <i>et al.</i> (2019)
	Possibilidades de reciclagem, recuperação e reuso dos produtos são consideradas durante o seu design;	Khan (2008); Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015); Silva <i>et al.</i> (2015); Kurtagié <i>et al.</i> (2016)
	Aumento a durabilidade do produto;	Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> , (2015); Kurtagie, Silajdzic e Vucijak (2016); Ramos <i>et al.</i> (2018)
	Avaliação dos impactos ambientais que podem ocorrer durante a utilização do produto pelos usuários;	Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015)
	Inclusão dos fornecedores no processo de desenvolvimento e design do produto;	Vickers (2000)
Modificação nas embalagens	Utilização de embalagens que possam ser recicláveis;	Al-Yousfi (2004); Yuksel (2008); Li and Luo (2013); Khan (2008); Barros <i>et al.</i> (2007); Molieri <i>et al.</i> (2013); Kurtagié <i>et al.</i> (2016); Ramos <i>et al.</i> (2018)
	Substituição das embalagens antigas que serviam para transportar os produtos, proporcionando a sua reutilização;	Giannetti <i>et al.</i> (2008); Oliveira <i>et al.</i> (2016)

Fonte: Elaborado pelo autor.

As práticas mais citadas como implantadas na categoria de Modificação da Estrutura do Produto foram: “Modificação dos produtos com o intuito de reduzir os impactos ambientais” e “Possibilidades de reciclagem, recuperação e reuso dos produtos são consideradas durante o seu design” e “Aumentar a durabilidade do produto”. Já na categoria de Modificação nas embalagens, destaque para a prática que relaciona a utilização de embalagens que podem ser recicladas.

3.3.1.2 Substituição dos Materiais de Entrada

As práticas classificadas na categoria de substituição dos materiais de entrada referem-se a redução do consumo e/ou substituição de matérias-primas e materiais auxiliares (como lubrificantes e colas) utilizados no processo de produção e que podem causar impactos ambientais negativos (GUO *et al.*, 2006; USEPA, 1992; UNEP, 1994).

Essa categoria de práticas é importante, pois é uma das principais responsáveis por reduzir os impactos ambientais causados pelas empresas. Gérrain e Lechón (2019) corroboram afirmando que a maioria dos impactos ambientais é causada a partir da extração de matérias-primas e durante o processo de manufatura desses materiais. Por isso, ainda para os mesmos autores, a importância de aumentar a eficiência na utilização desses materiais. O Quadro 7 apresenta as práticas relacionadas a substituição de materiais de entrada. Essas práticas foram classificadas em duas categorias: Substituição dos materiais e Redução dos Materiais.

Quadro 7 - Práticas de Substituição de Materiais de Entrada

Dimensão	Subdimensão	Referências
Substituição dos Materiais	Substituir matéria-prima utilizando como critério a redução da toxicidade e maior vida útil do material.	Enander <i>et al.</i> (1998); Berkel (1994); Schnitzer (1995); Ren (1998); Gheewala (2003); Cagno, Trucco e Tardini (2005); Siaminwe <i>et al.</i> , (2005);Barros <i>et al.</i> (2007); Ghorbannezhad <i>et al.</i> , (2011); Zhao <i>et al.</i> (2012); Berkel (2013); Yusup <i>et al.</i> , (2015); Kurtagie <i>et al.</i> (2016); Wasserman <i>et al.</i> (2017); Ramos <i>et al.</i> (2018); Pusporini e Vanany (2018); Oliveira <i>et al.</i> (2019)
	Substituir Matéria-Prima com o intuito de reduzir riscos aos trabalhadores;	Enander <i>et al.</i> (1998); Yuksel (2008)
	Utilizar matéria prima de melhor qualidade;	Kurtagie, Silajdzic e Vucijak (2016)
Redução dos Materiais	Redução no consumo de recursos naturais é considerado no processo de manufatura;	Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> , (2015)
	Redução no consumo de combustíveis	Azizi <i>et al.</i> (2018); Carmichael <i>et al.</i> (2019)
	Redução do consumo de Materiais Auxiliares	Azizi <i>et al.</i> (2018); Silva <i>et al.</i> (2018)
	Redução da utilização de químicos	Azizi <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nesta categoria destaca-se a prática de substituição das matérias-primas utilizadas no processo de produção utilizando como critério para tal substituição a redução da toxicidade desses materiais e um aumento na vida útil do material. Ressalta-se também a prática que substitui as matérias-primas considerando como critério a redução dos riscos aos trabalhadores.

3.3.1.3 Modificação da Tecnologia

As práticas de modificação de Tecnologia estão relacionadas a melhoria nos processos de automação, otimização dos processos de produção, assim como o redesenho de máquinas e equipamentos (UNEP, 1994). Alguns exemplos fornecidos pela UNEP (2006) incluem: instalação de turbinas de gás, modernização de sistemas de ar, racionalização dos sistemas de tubulação, instalação de dispositivos que coordenam e regulam os equipamentos.

Ao descrever a implantação de 28 práticas de P+L em uma indústria de magnésio refratário, Li *et al.* (2016) citam que as práticas relacionadas a modificação de tecnologia auxiliam na redução do consumo de energia, ao substituir uma matriz energética baseada em carvão por uma de gás natural, ao utilizar tecnologias de flotação, utilização de um controlador lógico programável nos equipamentos e substituição nas tecnologias de fusão.

Como apresentadas no Quadro 8, as práticas de modificação de tecnologia foram classificadas em três categorias: modificação no processo, modificação nos equipamentos e máquinas, modificação de tecnologia.

Quadro 8 - Práticas de modificação de Tecnologia

Dimensão	Subdimensão	Referências
Modificação no Processo	Melhoria das etapas do processo	Fore e Mahbow (2009); Fresner <i>et al.</i> (2010); Ghorbannezhad <i>et al.</i> (2011); Kupusovic <i>et al.</i> (2007); Siaminwe <i>et al.</i> (2005)
	Eliminação das etapas do processo que são consideradas obsoletas	Berkel (1994); Ren (1998); Schwartz e Mcbride (1997)
	Reformular/otimizar os parâmetros de manufatura dos processos	Berkel (1994); Cushing e Hawes-Davis (1999)
	Melhoria das técnicas de manufatura	Berkel (1994); Laforest <i>et al.</i> , (2013); Schwartz e Mcbride (1997)
	Melhoria dos procedimentos operacionais	Berkel (1994); Laforest <i>et al.</i> , (2013) Schwartz e Mcbride (1997)
	Utilização de procedimentos operacionais padrão	Berkel (1994); Oliveira <i>et al.</i> (2019)
Modificação de Equipamentos e Máquinas	Modificações nos Equipamentos	Agwa-Ejon e Fore (2012); Berkel (1994); Gombault e Versteeg (1999); Ghorbannezhad <i>et al.</i> (2011); Henriques e Catarino (2015); Kupusovic <i>et al.</i> (2007); Rathi (2003); Ren (1998); Schwartz e Mcbride (1997)
	Questões ambientais são consideradas na seleção dos equipamentos de manufatura	Li e Luo (2013); Wang e Yao (2010); Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015)
Modificação na Tecnologia	Modificação de tecnologias pelas empresas ou inclusão de novas tecnologias com o objetivo de reduzir os impactos ambientais	Azizi <i>et al.</i> (2018); Barros <i>et al.</i> (2007); Cagno <i>et al.</i> (2005); Gonçalves filho <i>et al.</i> (2018); Hilson (1999); Licis (1995); Kliopova e Staniskis (2006); Khan (2008); Oliveira <i>et al.</i> (2019); Pusporini e Vanany (2018); Ren (1998); Senayake <i>et al.</i> (2003); Siaminwe <i>et al.</i> (2005)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir da análise do Quadro 11, percebe-se que as práticas mais implantadas são aquelas voltadas para a modificação dos processos de produção e a modificação da tecnologia.

Li *et al.* (2016) ressaltam que os maiores benefícios dessas práticas estão relacionados à redução do consumo de água e energia.

3.3.1.4 Reciclagem Interna

As práticas classificadas como reciclagem interna estão relacionadas ao reuso, remanufatura e reciclagem dos materiais, desperdícios e poluentes no mesmo local no qual foram gerados (UNEP, 1994). Percebe-se por esta citação que a nomenclatura que classifica esse tipo de prática de P+L está mais relacionada ao termo “gestão de resíduos internos”, considera-se como interno as práticas realizadas dentro da empresa. Por enquanto, por uma questão de fidelidade ao termo da literatura, essas práticas serão denominadas de reciclagem interna.

Singh e Kumari (2019) e Islam e Bhat (2019) afirmam que a gestão de resíduos sólidos e a inclusão de materiais ambientalmente corretos no processo de manufatura é um desafio para as empresas. Tais autores afirmam da necessidade de se ter uma coleta e tratamento eficiente desses resíduos, assim como a escolha adequada dos materiais ambientalmente corretos.

É importante ressaltar a importância das práticas que consideram a reciclagem, remanufatura e reuso dos materiais ainda durante o processo de design dos produtos. Também é possível comprar e/ou vender os resíduos do processo de produção para outras empresas (*by-products*), as quais utilizarão como matéria-prima. Práticas identificadas como *off-site* práticas, ou práticas de âmbito externo a empresa.

Wasserman *et al.* (2017) apresentam uma série de práticas de P+L voltadas a reciclagem e recuperação de materiais, como a implantação de um sistema de tratamento das águas utilizadas no processo de produção, redução e reuso de PVC (*Polyvinyl Chloride*), assim como o reuso e reciclagem dos desperdícios gerado pelos processos de pintura, dentre outros.

O Quadro 9 apresenta as práticas classificadas como reciclagem interna. Essas práticas foram classificadas em duas categorias: práticas *on-site* e práticas *off-site*.

Quadro 9 - Práticas de Reciclagem Interna e Externa

Classificação	Práticas	Referências
On-site	Remanufatura e Reciclagem dos Materiais	Armenti <i>et al.</i> (2011); Berkel (1994); Berkel (2013); Cagno <i>et al.</i> (2005); Ren, (1998); Cushing e Hawes-Davis (1999); Giannetti <i>et al.</i> (2008); Gombault and Verstege (1999); Guo <i>et al.</i> (2006); Huang <i>et al.</i> (2013); Kliopova e Staniskis (2006); Laforest <i>et al.</i> (2013); Li <i>et al.</i> (2016); Pusporini e Vanany, (2018); Ramos <i>et al.</i> (2018); Siaminwe <i>et al.</i> (2005); Wasserman <i>et al.</i> (2017)
	Instalação de Equipamentos que recuperam materiais	Berkel (1994); Fresner <i>et al.</i> (2010); Silvestre <i>et al.</i> (2014)
	Reutilização de Pallets	Oliveira <i>et al.</i> , (2016) ; Ramos <i>et al.</i> , (2018)
	Coleta e distribuição de componentes que serão reciclados, remanufaturados e reutilizados	Yuksel (2008)
	Reciclagem de efluentes	Gonçalves filho <i>et al.</i> , (2018)
	Reutilização do CO ₂	Guo <i>et al.</i> (2006)
Off-site	Parceria de compra e/ou venda de resíduos com outras empresas	Oliveira <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3.1.5 Boas Práticas de Produção

As boas práticas de produção estão relacionadas às modificações nos procedimentos operacionais e aspectos gerenciais com o objetivo da redução e/ou eliminação dos desperdícios e emissões (UNEP, 1994). Essas práticas foram classificadas em três aspectos: gestão ambiental interna, cadeia de suprimentos, treinamento e conscientização de funcionários.

Várias pesquisas ressaltam a importância da implantação de práticas que objetivam reduzir o consumo de água e energia, como visto nas pesquisas de Armenti *et al.* (2011), Barros *et al.* (2007), Eras *et al.* (2014), Fresner *et al.* (2010), Gautam *et al.* (2008), Gianetti *et al.* (2008), Gheewala (2003), Hamed e El Mahgary (2004), Huang *et al.* (2013), Kliopova e

Staniskis (2006), Sage (2000), Senanayake *et al.* (2003), Shi *et al.* (2003), Wasserman *et al.* (2017) e Zilahy (2004). Por isso o aspecto relacionado à gestão ambiental interna foi dividido em duas partes: redução do consumo de energia e água, e aspectos gerais de gestão.

Um dos principais desafios enfrentado pelas empresas no século XXI é o aumento contínuo no consumo de energia e água (ISLAM; BHAT, 2019; KOOP *et al.*, 2019). O aumento do consumo de energia vem proporcionando o aumento dos níveis de CO₂, o que vem causando mudanças climáticas e ameaçando a saúde dos seres humanos (GAMBARDELLA *et al.*, 2019; ABBASIAN; SOURI, 2019; ROBAINA; FRANCISCO, 2019).

Existe uma séria de pesquisas que apontam práticas implantadas pelas empresas as quais resultaram na redução do consumo de energia. Wasseman *et al.* (2017) citam a aquisição de um equipamento que controla a temperatura das máquinas, proporcionando o aquecimento e esfriamento dessas máquinas de uma maneira controlada, reduzindo assim o consumo de energia; assim como a mudança de lâmpadas por outras que consomem menos energia. Huang *et al.* (2013) analisam a aplicação de 22 práticas de P+L que resultaram na redução do consumo de energia por produto na ordem de 4,3%. O Quadro 10 apresenta as práticas relacionadas a redução no consumo de energia.

Quadro 10 - Redução no consumo de energia

Práticas	Referências
Redução no consumo de combustíveis	Barros <i>et al.</i> (2007); Kliopova and Staniskis (2006); Yusup <i>et al.</i> (2015)
Desligar máquinas e equipamentos quando não estão em uso	Kurtage <i>et al.</i> (2016); Santos <i>et al.</i> (2016)
Considerar o consumo de forma eficiente nas decisões de capacidade	Yuksel (2008)
Modificação de contratos com fornecedores de energia	Zilahy (2004)
Medição, monitoramento e documentação das atividades que envolvem consumo de energia	Zilahy (2004)
Instalação de equipamentos que controlam e monitoram o consumo de energia	Gautam <i>et al.</i> , (2008); Yuksel (2008)
Utilização de iluminação natural quando possível	Khan (2008)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O Quadro 11 Apresenta as práticas relacionadas a redução no consumo de água nas empresas.

Quadro 11 - Práticas de redução no consumo de água

Práticas	Literatura
Redução no consumo de água a partir da reutilização das águas utilizadas durante o processo de produção	Cushing e Hawes-Davis (1999); Gautam <i>et al.</i> (2008); Kupusovic <i>et al.</i> (2007); Kurtagie <i>et al.</i> (2016); Khan, (2008); Reznik e Dinar (2019); Ren (1998); Silvestre e Silva Neto (2014); Taylor (2006); Wasserman <i>et al.</i> (2017)
Instalação de equipamentos que controlam o consumo de água nos processos produtivos	Wasserman <i>et al.</i> (2017); Huang <i>et al.</i> (2013)
Instalação de dispositivos que controlam o consumo de água nos banheiros	Wasserman <i>et al.</i> (2017); Huang <i>et al.</i> (2013)
Prevenir derramamentos e vazamentos	Berkel (1994); Kurtagie <i>et al.</i> , (2016)
Se possível, utilizar água da chuva	Santos <i>et al.</i> (2016); Wasserman <i>et al.</i> (2017)
Redução da frequência de limpeza de máquinas e equipamentos	Kurtagie <i>et al.</i> (2016)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já as práticas relacionadas aos “aspectos gerais de gestão” da gestão ambiental interna, é importante ressaltar práticas que controlam o estoque de produtos, evitando assim a compra desnecessária de matéria-prima; assim como a necessidade da implantação de um plano de manutenção de máquinas e equipamentos, objetivando assim a melhoria da eficiência das operações, como mencionado por Kupusovic *et al.* (2007).

Wasseman *et al.* (2017) ressaltam que durante o processo de planejamento do *lay-out* da fábrica é importante considerar questões como a redução da movimentação de pessoas e de máquinas e equipamentos, reduzindo o consumo de combustível necessário para movimentar tais equipamentos. O Quadro 12 apresenta as práticas classificadas nesta sub-dimensão.

Quadro 12 - Aspectos Gerais de Gestão

Práticas	Literatura
Controle do Inventário	Barros <i>et al.</i> (2007); Enander <i>et al.</i> (1998); Kupusovic <i>et al.</i> (2007); Mahgary (2004); Oliveira <i>et al.</i> (2019)
Aspectos ambientais são considerados durante a seleção do sistema de manufatura	Wasseman <i>et al.</i> (2017); Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015)
Manutenção de máquinas e equipamentos	Azizi <i>et al.</i> (2018); Cushing e Hawes-Davis (1999); Kurtagie <i>et al.</i> (2016); Oliveira <i>et al.</i> (2019); Santos <i>et al.</i> (2016)
Melhoria do Planejamento e controle da produção	Azizi <i>et al.</i> (2018); Berkel (1994); Kurtagie <i>et al.</i> (2016); Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015); Zadeh <i>et al.</i> (2018)
Avaliação contínua da implantação das práticas de P+L	Fore e Mahbow (2009)
Adoção do método de controle de estoque <i>first-in first-out</i>	Enande <i>et al.</i> (1998); Ghorbannezhad <i>et al.</i> (2011); Santos <i>et al.</i> (2016)
Consideração dos aspectos ambientais no planejamento do <i>lay-out</i>	Kurtagie <i>et al.</i> (2016); Huang <i>et al.</i> (2013); Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015)
Implantação e certificação de sistemas de gestão ambiental	Gao e Fan (2019)
Adoção de práticas de Manufatura enxuta (tecnologias, métodos e ferramentas)	Ramos <i>et al.</i> (2018)
Elaboração e implantação da padronização dos processos produtivos	Oliveira <i>et al.</i> (2019)
Redução, avaliação e controle dos gases de efeito estufa lançados para a atmosfera	Ramos <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação às práticas categorizadas na sub-dimensão cadeia de suprimentos, o Quadro 13 apresenta as seguintes práticas:

Quadro 13 - Práticas relacionadas à cadeia de suprimentos

Práticas	Literatura
Selecionar fornecedores utilizando como um dos critérios questões ambientais	Moss (2008); Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015)
Considerar aspectos ambientais no planejamento da logística	Yuksel (2008); Yusup <i>et al.</i> (2015)
Considerar aspectos relacionados a logística reversa e direta no planejamento do estoque	Yuksel (2008)
Evitar fornecedores que não oferecem garantia da origem e composição dos produtos	Oliveira e Alves (2007)
Avaliar os impactos ambientais ocasionados por toda a cadeia de suprimentos	Ramos <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Moss (2008) cita alguns critérios utilizados no processo de seleção de fornecedores: verificar se estes incentivam práticas que reduzem o consumo de água e energia; se utilizam práticas de reuso, reciclagem e remanufatura; se estes possuem ou estão em processo de implantação de algum sistema de gestão ambiental (ex: ISO 14001).

Em relação as práticas relacionadas ao treinamento e conscientização dos funcionários, é enfatizado práticas que treinam e motivam os funcionários da empresa a entenderem os princípios, conceitos e práticas relacionados a P+L, envolvendo assim tanto a alta gerência como os operários. Cushing *et al.* (1999) e Fore e Mahbow (2009) ressaltam a importância de treinar operários e gerentes em relação a todos os detalhes do processo de implantação da P+L nas empresas, o comprometimento da alta gerência e melhoria dos aspectos de comunicação entre os funcionários.

Cushing *et al.* (1999) e Fore e Mahbow (2009) ainda ressaltam a importância do envolvimento dos funcionários, proporcionando liberdade de decisão em relação aos aspectos do seu trabalho; e a inserção do programa de P+L na cultura da empresa.

O Quadro 14 apresenta as práticas relacionadas ao treinamento e conscientização de funcionários.

Quadro 14 – Práticas relacionadas à Treinamento e conscientização de funcionários

Práticas	Literatura
Avaliar o conhecimento em P+L dos funcionários e refletir tal conhecimento em bônus	Bhupendra e Sangle (2016); Ren (1998)
Promover a consciência ambiental entre operários e gerentes	Fore e Mahbow (2009); Zilahy (2004)
Melhorar as condições de trabalho dos funcionários	Li <i>et al.</i> (2016); Ren (1998)
Treinar e motivar os funcionários em relação a P+L	Bhupendra e Sangle (2016); Ciccozzi <i>et al.</i> (2003); Cushing e Haves-Davis (1999); Enander <i>et al.</i> (1988); Hammer (1999); Kupusovic <i>et al.</i> (2007); Vickers (2000); Ren (1998); Staniskis e Stasiskiene (2003); Wang <i>et al.</i> (1999); Yusup <i>et al.</i> (2015)
Incentivar a participação de clientes e consumidores em programas de reciclagem e educação ambiental	Yuksel (2008)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3.2 Como essas práticas são implantadas (QP2)?

Esta seção descreve o procedimento utilizado pela literatura na implantação da P+L, o qual envolve as seguintes etapas: Organização e Planejamento (*Planning and Organization*), Pré-avaliação (*Pre-Assessment*), Avaliação (*Assesment*), Opções de implantação – fase I (*Option Implementation - Phase I*), Análise de viabilidade (*Feasibility Analysis*), Opções de implantação – fase II (*Option implementation - Phase II*), e Melhoria Contínua (*Continuing CP*), conforme a Figura 13. Autores como Guo *et al.* (2003); Kuposovic *et al.*, (2007); Fore (2009) ressaltam que a empresa deve prover recursos para execução de todas as etapas. A figura 14 ilustra as etapas citadas pela literatura no processo de implantação da P+L.

Figura 14 - Etapas da Implantação da P+L



Fonte: Adaptado de Berkel (2007); Kliopova e Staniskis (2006); Fore e Mbohwa (2009).

A etapa de Organização e Planejamento envolve primeiramente comprometer a alta gerência na implantação da P+L. Autores como Stone (2006), Cushing *et al.* (1999) e Gombault e Versteeg (1999) ressaltam que a baixa absorção dos conceitos da P+L e de sua implantação pelas empresas está relacionado aos seguintes fatores: pouco comprometimento, principalmente da alta gerência; pouca participação dos membros internos, pouca comunicação, e incompatibilidade do projeto de P+L com a cultura organizacional da empresa. Com a alta gerência comprometida, é preciso que se escolha uma equipe multidisciplinar, formada por vários departamentos da empresa, a qual será responsável pela implantação, como abordado por Cushing *et al.* (1999), Shi *et al.* (2003), Pagan (2003), Fore e Mbohwa (2009), Huang *et al.* (2013).

Escolhida a equipe, é importante que estes sejam treinados em relação aos princípios, conceitos, práticas e benefícios da P+L. A maioria das pesquisas enfatizam a necessidade de treinar os *staffs* das diversas áreas as quais estes se encontram, para que assim estes entendam o conceito da P+L, seus benefícios e possam, eles mesmos, propor sugestões de melhorias,

como visto nas pesquisas de Hamer (1999), Sage (2000), Ren (1998), Kuposovic *et al.* (2007), Guo *et al.* (2006), Pagan (2003) e Cushing *et al.* (1999).

O treinamento em P+L deve considerar as seguintes análises: análise do processo de produção da empresa, verificação dos impactos ambientais e desperdícios desse processo, análise dos custos relacionados a esses impactos e desperdícios, e a partir dessas análises, priorizar as áreas que apresentaram os maiores impactos. Feito isto, é possível estabelecer hierarquias de implantação da P+L, incluindo assim a P+L na estratégia corporativa da empresa (HAMER, 1999; KUPOSOVIC *et al.*, 2007)

A etapa de Pré-Avaliação inicia-se com uma revisão dos principais processos de manufatura da empresa. Martin e Rigola (2002) demonstram a necessidade de revisar todos os processos de manufatura, definindo os processos a serem estudados, determinando os *inputs e outputs* desses processos, identificando o nível atual de reciclagem e reuso e identificando etapas que geram mais resíduos perigosos.

O processo de implantação da P+L pode ser diferente de acordo com as características de cada empresa, como: tamanho, o que envolve o número de funcionários e disponibilidade de investimento financeiro; a intensidade na utilização de materiais, a intensidade da utilização de energia nos processos de produção e o tipo de processo que está sendo executado (BERKEL, 1994; BERKEL, 2007; YOUNGBLOOD *et al.*, 2008).

Revisados todos os processos, é preciso escolher aqueles que receberão prioridade na implantação da P+L, geralmente, aqueles que mais causam impactos ambientais negativos, como visto nas pesquisas de Ghorbannezhad *et al.* (2011), Jia *et al.* (2006), Lin *et al.* (2007), Shi *et al.* (2003), Kuposovic *et al.* (2007), Fore (2009), Huang, Luo e Xia (2013), Wasserman *et al.* (2017) e Aguilar *et al.* (2017).

A etapa de Avaliação consiste em revisar todas as operações do processo escolhido anteriormente, verificar com mais detalhes os impactos causados por tais operações e apontar algumas práticas de P+L de baixo e alto custo, como mencionado nos trabalhos de Stone (2006), Gombault e Verstege (1999), Ren (1998), Guo *et al.* (2006), Kuposovic *et al.* (2007), Barros *et al.* (2007), Giannetti *et al.* (2008) e Huang *et al.* (2013).

A etapa de Opções de Implantação – Fase 01 tem como objetivo selecionar as práticas de baixo custo apontadas na etapa anterior e implantá-las, tendo em vista que esse tipo de prática envolve uma implantação mais rápida e que gera um *payback* menor, como discutido nas pesquisas de Cushing *et al.* (1999), Shi *et al.* (2003) e Pagan (2003). Após isto, é preciso avaliar as práticas consideradas de alto custo, realizando uma avaliação financeira, técnica e ambiental mais aprofundada. Esta etapa é conhecida pela literatura como Análise de Viabilidade, como

encontrado nas pesquisas de Cushing *et al.* (1999), Premarathne e Thanthilage (2003), Shi *et al.* (2003), Fore (2009) e Huang *et al.* (2013).

A etapa de Opções de Implantação – Fase 02 visa implantar as práticas de alto custo tidas como viáveis na etapa anterior. Etapa também discutida nos trabalhos de Cushing *et al.* (1999), Shi *et al.* (2003) e Pagan (2003). Por fim, a Melhoria Contínua fornece uma avaliação e *feedback* das práticas de P+L implantadas, as dificuldades encontradas, pontos de melhoria e adequações.

Trata, portanto, da avaliação, manutenção e melhoria contínua dos esforços das práticas já implantadas (CUSHING *et al.* 1999; SHI *et al.*, 2003; GUO *et al.*, 2003; GIANNETTI *et al.*, 2008). O Quadro 15 representam as etapas da implantação e a relação de cada etapa com a literatura.

Quadro 15 - Etapas do processo de implantação da P+L

Etapas	Sub-Etapas	Referências
Organização e Planejamento	Comprometimento da alta gerência	Cushing <i>et al.</i> (1999); Stone (2006); Gombault e Versteeg (1999); Ren (1998); Guo <i>et al.</i> (2006); Kuposovic <i>et al.</i> , (2007); Fore (2009)
	Definição de equipe multidisciplinar	Cushing <i>et al.</i> (1999); Shi <i>et al.</i> (2003); Pagan (2003); Fore e Mbohwa (2009); Huang <i>et al.</i> (2013); Aguilar <i>et al.</i> , (2018); Wasserman <i>et al.</i> (2017); Li <i>et al.</i> (2016)
	Treinamento de funcionários	Hamer (1999); Sage (2000); Ren (1998); Kuposovic <i>et al.</i> , (2007); Guo <i>et al.</i> (2006); Pagan (2003); Cushing <i>et al.</i> (1999); Moss (2008); Fore (2009); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2016)
Pré-Avaliação	Mapeamento dos processos de manufatura	Martin e Rigola (2002); Cushing <i>et al.</i> (1999); Visvanathan e Kumar (1999); Ghazinory (2005); Fresner <i>et al.</i> (2010); Ghorbannezhad <i>et al.</i> (2011); Laforest <i>et al.</i> (2013); Hung <i>et al.</i> (2013); Jia <i>et al.</i> , (2006) ; Lin (2007); Shi <i>et al.</i> (2003);Kuposovic <i>et al.</i> (2007); Fore (2009);Huang <i>et al.</i> (2013);Wasserman <i>et al.</i> (2017); Aguilar <i>et al.</i> (2018)
	Priorização dos processos/setor a ser trabalhado	Martin e Rigola (2002); Cushing <i>et al.</i> (1999);Visvanathan e Kumar (1999) ; Ghazinory (2005); Fresner <i>et al.</i> (2010); Ghorbannezhad <i>et al.</i> (2011); Laforest <i>et al.</i> (2013) ; Hung <i>et al.</i> (2013); Ghorbannezhad <i>et al.</i> (2011); Jia <i>et al.</i> (2006) ; Lin (2007); Shi <i>et al.</i> (2003); Kuposovic <i>et al.</i> (2007); Fore (2009); Huang <i>et al.</i> (2013);Wasserman <i>et al.</i> (2017); Aguilar <i>et al.</i> (2018)
Avaliação	Mapeamento detalhado de cada operação de manufatura do processo escolhido	Cushing <i>et al.</i> (1999); Senanayake <i>et al.</i> (2003); Shi <i>et al.</i> (2003); Pagan (2003); Guo <i>et al.</i> (2006); Kuposovic <i>et al.</i> (2007); Giannetti <i>et al.</i> (2008); Fore (2009); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2016)
	Selecionar as opções de P+L	Cushing <i>et al.</i> (1999); Senanayake <i>et al.</i> (2003); Shi <i>et al.</i> (2003); Pagan (2003); Guo <i>et al.</i> (2006); Kuposovic <i>et al.</i> (2007); Giannetti <i>et al.</i> , (2008); Fore (2009); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2016)
	Verificação dos impactos ambientais negativos causados pelas operações	Stone (2006); Gombault e Versteeg (1999); Ren (1998); Guo <i>et al.</i> (2006); Kuposovic <i>et al.</i> (2007); Barros <i>et al.</i> (2007); Giannetti <i>et al.</i> (2008); Huang <i>et al.</i> , (2013); Esquer <i>et al.</i> (2016); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2016)
Opções de Implantação – Fase 01	Implantação das opções de P+L com nenhum custo ou de baixo custo (custo zero/custo baixo)	Cushing <i>et al.</i> (1999); Shi <i>et al.</i> (2003); Pagan (2003)
Análise de Viabilidade	Avaliação das opções de médio e alto custo a partir dos critérios ambientais, técnicos e financeiros	Cushing <i>et al.</i> (1999); Premarathne e Thanthilage (2003); Shi <i>et al.</i> (2003); Fore (2009); Huang <i>et al.</i> (2013)
Opções de Implantação – Fase 02	Implantação das opções de P+L (alto e médio custo)	Cushing <i>et al.</i> (1999); Shi <i>et al.</i> (2003); Pagan (2003)
Melhoria Contínua	Revisão, manutenção e melhoria contínua dos esforços de implantação da CP	Cushing <i>et al.</i> 1999); Shi <i>et al.</i> (2003); Guo <i>et al.</i> (2006); Giannetti <i>et al.</i> (2008); Huang <i>et al.</i> (2013); Oliveira Neto <i>et al.</i> , (2016); Aguilar <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3.3 Como a literatura descreve a avaliação da implantação da P+L (QP3)?

A partir das análises dos artigos foi possível estabelecer os seguintes constructos que avaliaram a implantação da P+L:

- a) Governança Corporativa voltada a P+L;
- b) Mensuração das práticas de P+L;
- c) Benefícios da implantação da P+L;
- d) Avaliação do projeto de implantação da P+L;
- e) Barreiras à implantação da P+L;

A avaliação da implantação da P+L pelas empresas em relação à governança corporativa refere-se a verificação de aspectos como: (a) o nível de consciência das empresas em relação as práticas e conceitos da P+L; (b) comprometimento da alta direção em prol de um agenda ambiental, mais especificamente a implantação da P+L; (c) o desenvolvimento de uma cultura organizacional voltada à P+L; (d) se as empresas utilizam mais práticas voltadas para redução da poluição na fonte ou práticas voltadas para a gestão de resíduos (*end-of-pipe*); (e) se as empresas mapeiam e priorizam processos a fim de definir os pontos críticos, e assim a proposição de práticas que reduzam os impactos ambientais negativos.

A mensuração das *Práticas de P+L* implantadas pelas empresas geralmente são classificadas a partir de alguns aspectos mencionados na seção 3.3.1 No entanto, observa-se que as práticas são mensuradas de forma muito simplista, quase sempre descrita por poucos itens/indicadores, a exemplo das pesquisas de Yuksel (2008), Yusup *et al.* (2015), Ortolano *et al.* (2014), Graham e Berkel (2007). Verifica-se também nestes trabalhos a falta do desenvolvimento de uma escala com maior nível de confiabilidade e conteúdo.

Yuksel (2008) aponta como principais benefícios após a implantação da P+L pelas empresas: aumento do *market share*, a redução dos custos, maior retorno financeiro proveniente da melhoria de produtos e processos, maiores financiamentos governamentais e privados com taxas mais atrativas. Em contrapartida, Cushing *et al.* (1999) argumentam que o retorno financeiro, em alguns casos, pode ser de longo prazo. Kurtagié *et al.* (2016) corroboram ao afirmar da necessidade de dados mais confiáveis para o cálculo de indicadores ambientais e econômicos da aplicação das práticas de P+L.

Algumas pesquisas tratam, além da mensuração dos impactos da implantação da P+L pela empresa, da avaliação do projeto de implantação dessa estratégia. Estes trabalhos procuram verificar: (a) quais projetos foram implementados; (b) como esses projetos foram

implementados (gestão); (c) se os objetivos foram atingidos total ou parcialmente; (d) a duração dos projetos; (e) o retorno desses projetos em relação ao investimento realizado pela empresa, dentre outras características. Além de todos os aspectos citados anteriormente na mensuração da implantação da P+L pelas empresas, alguns estudos procuraram mensurar também as barreiras (discutidas na seção 3.3.4) ao processo de difusão das práticas e princípios da P+L pelas empresas.

O Quadro 16 apresenta a relação entre os constructos utilizados no processo de avaliação da P+L nas empresas com as suas respectivas referências literárias.

Quadro 16 - Constructos do processo de avaliação da implantação da P+L

Estrutura de Avaliação (Constructos)	Referências
Governança Corporativa voltada a P+L;	Andrews <i>et al.</i> (2002); Doniec <i>et al.</i> (2002); Howgrave-Graham e Berkel (2007); Sark e Sena (2017); Siaminwe <i>et al.</i> (2005); Yuksel (2008)
Práticas de P+L implantadas pelas empresas;	Ren (1998); Schwartz e Mcbride (1997); Andrews <i>et al.</i> (2002); Cagno <i>et al.</i> (2005); Siaminwe <i>et al.</i> (2005); Kliopova e Staniskis (2006); Yuksel (2008); Wang e Yao (2010); Luo e Zhang (2014); Basappaji e Nagesha (2014); Yusup <i>et al.</i> (2015); Buphendra e Sangle (2016); Santos <i>et al.</i> (2016); Gong <i>et al.</i> (2017)
Avaliação do projeto de implantação da P+L;	Bruijn <i>et al.</i> (1996); Siaminwe <i>et al.</i> (2005); Cagno <i>et al.</i> (2005); Ren (1998); Licis (1995); Kliopova e Staniskis (2006); Unnikrishanan e Hegde (2007); Youngblood <i>et al.</i> (2008); Berkel (2013); Gong <i>et al.</i> (2017)
Barreiras à implantação da P+L;	Schwartz e Mcbride (1997); Ren (1998); Doniec <i>et al.</i> (2002); Siaminwe <i>et al.</i> (2005); Kliopova e Staniskis (2006); Yuksel (2008)
Impacto da implantação da P+L.	Andrews <i>et al.</i> (2002); Cagno <i>et al.</i> (2005); Kliopova e Staniskis (2006); Unnikrishanan e Hegde (2007); Howgrave-Graham e Van Berkel (2007); Yuksel (2008); Berkel (2013)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3.4 Aspectos que influenciam a utilização da P+L pelas empresas

Após as análises referentes as três questões de pesquisas, esta seção descreve os aspectos que influenciam na implantação da P+L pelas empresas, o que inclui: fatores críticos de sucesso, pressões institucionais, barreiras a implantação da P+L, a P+L e a cadeia de suprimentos e utilização da P+L com outros conceitos e ferramentas de gestão.

Fatores críticos de sucesso da implantação da P+L

A literatura destaca fatores necessários para que a P+L seja implantada com sucesso pelas empresas, tais como: parcerias público-privadas, certificação ISO 14000, participação dos

stakeholders, inclusão da P+L no planejamento estratégico da empresa, maturidade tecnológica, gestão voltada para melhoria do processo, dentre outros.

Shi *et al.* (2008) ressaltam a preocupação das empresas no estabelecimento de parcerias público-privadas (com universidades, por exemplo) para o desenvolvimento de tecnologias limpas que reduzam o impacto ambiental dos produtos e processos da empresa, e estes, fundamentalmente, gerem efeitos positivos nos clientes e demais *stakeholders* envolvidos. Nesse contexto, a pesquisa de Taylor (2006) também enfatiza a cooperação entre governo, ONG's, Universidades, consultores e empresa como um fator chave para que a P+L seja implantada de forma eficiente.

O papel da universidade é destacado por Warren *et al.* (1999) ao enfatizar a importância da educação técnica voltada a formação de profissionais com competências em P+L. Esses autores enfatizam a necessidade do estabelecimento de parcerias entre empresas e universidades na geração de inovações de produto e processo voltadas à mitigação do impacto ambiental nas empresas.

Guimarães *et al.* (2017) e Guimarães *et al.* (2018), destacam que o desenvolvimento de um planejamento estratégico eficiente e que inclua a P+L, a utilização de ferramentas e tecnologias adequadas, a utilização de uma gestão voltada para a melhoria do processo e focada no cliente, e uma boa gestão de projetos, são itens primordiais para a implantação da P+L.

É importante também que as empresas possuam uma certa maturidade tecnológica. Essa maturidade está relacionada a empresa possuir capital financeiro suficiente para investimentos em tecnologias aderentes a P+L que exigem maiores custos, e ter conhecimento teórico e prático de todas as implicações (negativas e positivas) da implantação dessas tecnologias, o que envolve as implicações financeiras, ambientais e sociais (SHI *et al.*, 2003).

Pressões Institucionais para a implantação da P+L

No que diz respeito às pressões institucionais que afetam a implantação da P+L, a literatura destaca questões políticas, econômicas, sociais e culturais, assim como fatores internos e específicos de cada organização, conforme relatado nos trabalhos de Warren *et al.* (1999), Shi *et al.* (2003), Tseng *et al.* (2009) e Gardstrom e Norrthon (1994) e Sark e Sena (2017).

No aspecto político, pode-se relatar a participação do governo no momento em que se estabelece leis e regulamentações que exigem das empresas a utilização de práticas ambientais, podendo impulsionar assim a implantação da P+L. Exemplos de artigos que relatam o papel do

governo são: Levin (1990), Wang (1999); Gombault e Versteeg (1999), Ghazinoory e Huisinigh (2006), Oliver e Ortolano (2006), Guan *et al.* (2014) e Bai *et al.* (2015).

No aspecto econômico cita-se os aspectos relacionados a competitividade entre as empresas: aumento do *marketshare*, redução dos custos, aumento dos lucros, como visto nos trabalhos de Hillary e Thorsen (1999), Hammer (1999), Warren *et al.* (1999), Vickers e Cordey-Hayes (1999), Vickers (2000), Shi *et al.* (2013), Ciccozi *et al.* (2003), Rathi (2003), Frondel *et al.* (2007), Hong e Li (2013), Vivanathan e Kumar (1999), Frijns e Van (1999), Guimarães *et al.* (2017) e Mantovani *et al.* (2017).

Guimarães *et al.* (2018) descrevem a pressão do mercado sobre as empresas na adoção de práticas da P+L como mecanismo de redução do impacto ambiental nessas empresas. Autores como Hurley e Hult (1998) e Hult *et al.* (2004) exemplificam essa a pressão relatando que as empresas tendem a desenvolver produtos e serviços baseando-se nas informações advindas do mercado. Esses autores defendem que o desenvolvimento desses novos produtos e processos de produção mais sustentáveis é impulsionado por uma demanda proveniente dos consumidores.

Paladino (2007), Tan *et al.* (2015) e De Guimarães *et al.* (2016), complementam afirmando que essa pressão do mercado também é caracterizada quando as empresas começam a competir entre si na oferta de produtos, serviços e sistemas de produção que são planejados para atender as questões socioambientais.

Barreiras à implantação da Produção mais Limpa

Esta seção agrupou pesquisas que relataram barreiras ocorridas durante o processo de implantação da P+L. A maior parte dos artigos classificou as barreiras em três principais categorias: (a) barreiras organizacionais; (b) barreiras econômicas e financeiras e (c) barreiras técnicas. O Quadro 17 apresenta as barreiras classificadas como organizacionais.

Quadro 17 - Barreiras Organizacionais

Barreiras Organizacionais	Referências
Pouca informação das empresas a respeito das características e princípios da P+L	Zilahy (2004); Shi <i>et al.</i> (2008); Doniec <i>et al.</i> (2002); Ortolano <i>et al.</i> (2014); Silva <i>et al.</i> (2013); Hicks e Dietmar (2007); Agwa-Ejon e Fore (2012); Vieira e Amaral (2016)
Indiferença a questões ambientais	Zilahy (2004); Doniec <i>et al.</i> (2002); Yuksel (2008); Calia e Gurrini (2006); Shi <i>et al.</i> (2008); Vieira e Amaral (2016); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2017)
Resistência à Mudança	Zilahy (2004); Doniec <i>et al.</i> (2002); Sark e Sena (2017); Calia e Gurrini (2006); Shi <i>et al.</i> (2008); Vieira e Amaral (2016); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2017)
Baixa cooperação entre os departamentos da empresa	Doniec <i>et al.</i> (2002); Sark e Sena (2017); Calia e Gurrini (2006)
Pouca experiência das empresas na implantação de projetos de P+L	Staniskis e Stasiskiene (2003); Altham (2007)
Pouca qualificação (treinamento) de funcionários e gerentes em relação a P+L	Zilahy (2004); Shi <i>et al.</i> (2008); Kukherjee (2011); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2017)
Acreditar que a aplicação de práticas ambientais afetará a capacidade de produção	Schwartz e McBride (2007); Andrews <i>et al.</i> (2002)
Burocracia na tomada de decisões	Zilahy (2004); Shi <i>et al.</i> (2008)
Acreditar que as práticas ambientais poderão afetar a qualidade do produto	Schwartz e McBride (2007);
Gestão voltada para o planejamento de curto prazo	Zilahy (2004)
Conflito de interesse pessoal	Zilahy (2004)
Dificuldades em registrar dados importantes	Zilahy (2004)
Baixa participação da gerência	Khan (2008)

Fonte: Elaborado pelo autor.

As barreiras organizacionais mais citadas pelos artigos são: pouca informação das empresas em relação a como implantar e gerenciar a P+L; indiferença das empresas em relação às questões ambientais e resistência a mudança.

No que se refere a pouca informação, é importante que as empresas busquem parcerias com universidades e órgãos que auxiliam no processo de aprendizagem e implantação da P+L,

por isso a importância de órgãos que auxiliam na disseminação e na implantação dessa estratégia, como os Centros Nacionais de Produção mais Limpa.

A ausência de conhecimento em relação a legislação ambiental condizente com o setor econômico o qual a empresa faz parte, também se faz presente em muitas empresas. Por falta de conhecimento, muitas empresas acabam investindo em práticas de fim-de-tubo, pois acreditam que a P+L trará poucas vantagens comerciais (VIEIRA; AMARAL, 2016).

Destaque também para a falta de informações das empresas no processo de condução de auditorias financeiras relacionadas à implantação da P+L, como destacado nas pesquisas de Zilahy (2004) e Altham (2007). Por isso da necessidade do treinamento dessas empresas a respeito da aplicação de uma contabilidade que também considera os aspectos ambientais (ALTHAM, 2007; AGWA-EJON; FORE, 2012).

A indiferença às questões ambientais está presente com maior frequência em empresas localizadas em países que não possuem uma regulamentação ambiental exigente e que seus consumidores não pressionam as organizações para que estas produzam um produto mais sustentável. Desta maneira, as empresas acabam enxergando as práticas de P+L como um investimento com pouco retorno financeiro, o que também constitui de uma barreira econômica (VIEIRA; AMARAL, 2016).

Danielka (2004) corrobora com essa afirmação ao ressaltar que os gestores dessas empresas não entendem de forma clara quais são os impactos ambientais negativos causados pelos processos de suas organizações, se preocupando assim, mais com os impactos causados pela implantação da P+L para a empresa em termos de custos.

A resistência à mudança está relacionada principalmente a dificuldade de mudanças na governança corporativa. Doniec *et al.* (2002), Sark e Sena (2017), Calia e Gurrini (2006), ressaltam que este fato resulta no pouco tempo estabelecido pelos gerentes para o planejamento das atividades de P+L e para o treinamento dos funcionários. O Quadro 18 apresenta as barreiras classificadas como econômicas e financeiras.

Quadro 18 - Barreiras Econômicas e Financeiras

Barreiras Econômicas e Financeiras	Referências
Alto custo de implantação da P+L	Tang <i>et al.</i> (1999); Zilahy (2004); Schwartz e Mcbride (1997); Doniec <i>et al.</i> (2002); Andrews <i>et al.</i> (2002); Yuksel (2008); Sark e Sena (2017); Hicks e Dietmar (2007); Khan (2008); Shi <i>et al.</i> (2008); Mukherjee (2011); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2017); Agwa-Ejon e Fore (2012); Vieira e Amaral (2016)
Taxas de empréstimos dos bancos não são atrativas para as empresas	Staniskis e Stasiskiene (2003); Shi <i>et al.</i> (2008)
Pouca experiência econômica na implantação da P+L	Staniskis e Stasiskiene (2003); Shi <i>et al.</i> (2008)
Algumas empresas baseiam a escolha de projetos em termos de retorno de investimento a curto prazo	Zilahy (2004)
Não utilizar contabilidade ambiental	Altham (2007); Agwa-Ejon e Fore (2012)
Pouco serviço financeiro voltado para a P+L	Shi <i>et al.</i> (2008)
Pensamento de que os custos dos projetos em P+L não poderão ser repassados para os preços dos produtos	Schwartz e Mcbride (1997)
Longo período de <i>payback</i> ;	Sark e Sena (2017)

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Quadro 18 verifica-se que a barreira mais citada é o alto custo de implantação. Muitas empresas acreditam que o processo de implantação da P+L envolve, necessariamente, um alto investimento. Essas empresas acabam associando a P+L somente a aplicação de tecnologias limpas, como visto nos trabalhos de Tang *et al.*, (1999); Staniskis e Stasiskiene (2003), Shi *et al.*, (2008), Mukherjee (2011) e Burmatova (2013). Porém, a P+L também envolve a aplicação de mudanças simples nos produtos, processos e nas melhorias das práticas de produção.

Podendo citar como exemplo a melhoria na gestão da manutenção de máquinas e equipamentos, acarretando em uma melhor eficiência do consumo de energia. Dües *et al.* (2011) ressaltam que a aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing* também auxiliam as empresas a reduzirem seus impactos ambientais negativos sem necessitar de grandes investimentos.

Um dos objetivos do *Lean Manufacturing* consiste em reduzir a geração de desperdícios ao longo do processo, o que inclui a minimização da geração de resíduos e um melhor

relacionamento com os demais elos da cadeia de suprimentos ao propor mudanças nos produtos e processos com o objetivo de reduzir os desperdícios (DÜES *et al.*, 2011).

Outro exemplo é a utilização de práticas da indústria 4.0. Gerlitz (2015) aponta os seguintes benefícios na utilização da impressão 3D para a produção de peças: reduz da necessidade de práticas logísticas, economiza energia, economiza combustíveis utilizados para o transporte e distribuição dessas peças. O Quadro 19 apresenta as barreiras técnicas, sociais e governamentais.

Quadro 19 - Barreiras técnicas, sociais e governamentais

Barreiras Técnicas, sociais e governamentais	Referências
Poucas leis de incentivos econômicos	Agwa-Ejon e Fore (2012), Doniec <i>et al.</i> (2002), Burmatova (2013) e Vieira e Amaral (2016), Silva <i>et al.</i> , (2013), Staniskis (2011), Zhang (2000)
Pouca tecnologia voltada para a redução de desperdícios	Doniec <i>et al.</i> (2002); Sark e Sena (2017); Hicks e Dietmar (2007);
Limitações técnicas e científicas	Tang <i>et al.</i> (1999); Burmatova (2013); Oliveira Neto <i>et al.</i> (2017)
Dependência técnica externa	Zilahy (2004); Mukherjee (2011)
Tecnologia ultrapassada	Oliveira Neto <i>et al.</i> (2017); Mukherjee (2011)
Pouca demanda por produtos ecológicos	Shi <i>et al.</i> (2008)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Shi *et al.* (2008) destacam que a pouca demanda por produtos ecológicos por parte da sociedade leva as empresas a não investirem nesse tipo de produto. Já em relação as barreiras governamentais, Shi *et al.* (2008), Agwa-Ejon e Fore (2012), Doniec *et al.* (2002), Burmatova (2013) e Vieira e Amaral (2016) citem o fato de que em alguns países existem poucas leis de incentivo econômico voltadas para as práticas de sustentabilidade e regulamentação ambiental inadequada para certos setores da economia.

Autores como Silva *et al.* (2013), Staniskis (2011) e Dieleman (2007) ressaltam que as leis ambientais promovidas pelos governos estão mais voltadas para a utilização de técnicas de fim-de-tubo do que para a utilização de técnicas que incentivem a prevenção a poluição. Dieleman (2007) corrobora afirmando que isso justifica a grande utilização pelas empresas de técnicas de controle da poluição e não da P+L. Zhang (2000) complementa afirmando que existe poucas leis que incentivam a utilização da P+L. Os trabalhos de Tang *et al.* (1999), Shi *et al.* (2008), Mukherjee (2011) e Agwa-Ejon e Fore (2012) comentam ainda que o efeito destas barreiras é ainda maior nas pequenas e médias empresas.

Produção mais Limpa e Cadeia de Suprimentos

Pesquisas como as de Hoof (2014) e Hoof e Thiell (2015) ressaltam a importância da participação de empresas focais, por meio de estratégias advindas de sua governança corporativa, na disseminação das práticas de P+L entre todos os elos de uma cadeia de suprimentos. Esses autores complementam afirmando a necessidade desses elos de também se tornarem agentes de divulgação das práticas e conceitos da P+L.

A influência do aprendizado organizacional na disseminação das práticas de P+L e outras práticas relacionadas a sustentabilidade na cadeia de suprimentos é destaque na pesquisa de Teixeira *et al.* (2016). Hoof e Lyon (2013) alegam que esse aprendizado organizacional é transmitido para as demais empresas da cadeia a partir dos benefícios econômicos e ambientais proporcionados pela implantação da P+L.

Hoof (2014) descreve que os fornecedores de médio porte possuem um aprendizado organizacional em P+L superior às aos fornecedores de pequeno porte. Esse autor argumenta que este fato ocorre, pois as empresas de porte médio tendem a possuir um número maior de funcionários com um nível mais elevado de experiências operacionais e administrativas, assim como possuem equipes multidisciplinares.

Portanto, o tamanho e o setor econômico na qual a empresa está inserida podem influenciar na adoção, disseminação e aprendizado de práticas de P+L ao longo da cadeia de suprimentos. Entender o papel moderador destas variáveis pode ajudar a entender os fatores que levam a uma maior ou menor adesão, disseminação e aprendizagem da P+L ao longo da cadeia de suprimentos. Nesta perspectiva, Hoof e Lyon (2013) ressaltam a importância do estabelecimento de programas e parcerias entre grandes, médias e pequenas empresas no processo de disseminação das práticas de P+L ao longo da cadeia.

É ressaltada a importância da seleção de práticas que se adequam no contexto de cada tipo de organização. Além disso, destaca-se o papel dos grandes fornecedores em exercer uma governança positiva em sua rede de pequenos e médios fornecedores na adoção de práticas de P+L.

Por fim, é destacada a importância da medição de desempenho alinhada entre todos os membros da cadeia e *stakeholders*, no sentido de alinhar esforços para obtenção de resultados positivos em termos econômicos e ambientais. Há um destaque positivo para a necessidade do estabelecimento de parcerias entre as empresas, universidades e outros elos que possam inovar em tecnologias, produtos e serviços no contexto da P+L.

Um ponto que merece destaque nesta temática e que não foram observadas menções na literatura sobre os esforços de colaboração de empresas com clientes e consumidores visando maior adoção e disseminação das práticas de P+L. Observou que no sentido montante (*upstream*), direção da empresa foco para os fornecedores há um maior envolvimento do que no sentido jusante (*downstream*). Esse *gap* deve ser melhor explorado em pesquisas futuras.

Utilização da P+L com outros conceitos e ferramentas de gestão

Algumas empresas utilizam de conceitos e ferramentas gerenciais para implantar e disseminar a P+L entre as suas unidades. As pesquisas selecionadas por esta revisão sistemática destacaram algumas ferramentas e conceitos, os quais: avaliação do ciclo de vida do produto, ferramentas da gestão da qualidade, ferramentas de melhoria contínua, sistemas integrados de gestão (série ISO, por exemplo), segurança e saúde do trabalho.

A avaliação do ciclo de vida do produto é uma ferramenta essencial no processo de implantação da P+L. A partir do uso dessa avaliação é possível identificar os impactos ambientais ocasionados em cada fase do desenvolvimento e entrega dos produtos e assim selecionar as melhores práticas de P+L que visam a redução de tais impactos. Destaque para práticas de *redesign* dos produtos, considerando nesse *redesign* o reuso e a reciclagem dos produtos; substituição de matéria-prima e modificação dos processos de produção com vistas a redução do consumo de matéria prima, água, energia e emissões (ALLEN; ROSSELOT, 1994; GHEWALA, 2003; NARAYANASWAMY, 2003; HICKS; DIETMAR, 2007).

Autores como Zwetsloot (1995), Silva *et al.* (2013) e Silva, Medeiros e Vieira (2017) defendem que a P+L deve trabalhar de forma coerente com o sistema de gestão da qualidade, com o sistema de gestão ambiental e a segurança do trabalho da empresa. Zwetsloot (1995) aborda que todos esses sistemas devem trabalhar desde o início da sua implantação com a melhoria contínua e gerenciamento do processo de aprendizado organizacional.

Já trabalhos como Silva *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2017), mencionam a importância da utilização de ferramentas da qualidade (ciclo PDCA, diagrama de Ishikawa, 5W2H, diagrama de Pareto, GUT, *brainstorming*), no processo de implantação da P+L. Silva *et al.* (2017) destaca a relevância do ciclo PDCA. Desta forma, esses artigos apresentam um guia operacional para o processo de implantação dessa estratégia ambiental.

A ISO 14001 e a P+L é citada nos artigos de Fresner (1998); Hilary e Thorsen (1999), Khan (2008) e Oliveira *et al.* (2016). Esses trabalhos afirmam que a implantação desse sistema de gestão ambiental funciona como um passo importante para a implantação da P+L de forma

eficiente pelas empresas. Oliveira *et al.* (2016) justificam esse fato pois os requerimentos necessários para a adesão da ISO 14001 satisfazem uma série de requerimentos da P+L, incluindo as fases de planejamento, avaliação e viabilidade da P+L.

A segurança e saúde do trabalho é destaque nos trabalhos de Enander *et al.* (1998) e Armenti *et al.* (2011). Enander *et al.* (1998) citam a importância da P+L na oportunidade de redução dos riscos aos trabalhadores, relacionado práticas como: mudanças nos materiais de entrada, mudanças tecnológicas, melhoria das práticas operacionais, melhores métodos voltados a redução dos riscos de comunicação, treinamentos direcionados (prestados por centros ambientais e de saúde ocupacional), assistência técnica; programa nacional de certificação; melhoria no espaço de trabalho dos trabalhadores.

Verifica-se também a relação da P+L com a Ecologia Industrial (ALLEN; ROSSELOT, 1994); a sustentabilidade (HENRIQUE; CATARINO, 2015; CHARMONDUSIT *et al.* 2016); com aspectos relacionados a ferramentas de avaliação dos impactos ambientais (SALVADOR *et al.*, 2000; ZHAO *et al.* 2012) e ferramentas de *Benchmarking* (ALTHAM,2007).

3.4 CONCLUSÕES

3.4.1 Questões de Pesquisas

O objetivo dessa revisão sistemática da literatura foi responder a três problemas de pesquisas, os quais: Quais práticas de P+L tem sido implantadas pelas empresas e descritas pela literatura? (QP2) Como essas práticas foram implantadas? (QP3) Como a literatura descreve a avaliação da implantação da P+L?

Em relação as práticas implantadas de P+L foram apontadas 63 práticas, essas práticas foram classificadas de acordo com a categorização descrita pela literatura, as quais: substituição de materiais de entrada, modificação de produto, reciclagem interna, modificação de tecnologia, boas práticas de produção.

As práticas citadas como as mais implantadas pela literatura são práticas voltadas para a redução do consumo de água e energia, substituição de materiais com o intuito de reduzir os impactos ambientais negativos, modificação de tecnologias com o objetivo de reduzir a geração de resíduos, recuperação e reciclagem de materiais no próprio chão-de-fábrica, assim como práticas voltadas para motivar e treinar os funcionários. Ressalta-se que as práticas que objetivam reduzir o consumo de água e energia são práticas que não necessariamente exigem grandes investimentos financeiros. As pesquisas descrevem essas práticas como opções de P+L

que possuem um retorno de investimento mais rápido e que reduzem os impactos ambientais a curto prazo.

Em relação as práticas menos citadas como implantadas, tem-se as práticas voltadas para os aspectos que se direcionam as pessoas, sejam operários, gerentes e consumidores finais. A exemplo da prática de substituir a matéria-prima com o intuito de reduzir os riscos à saúde e segurança dos operários citado apenas pelos trabalhos de Enander *et al.* (1998) e Yuksel (2008).

Nota-se que dentre as pesquisas selecionadas a justificativa da substituição da matéria-prima e/ou dos materiais auxiliares se deu principalmente por causa da redução dos impactos ambientais e por questões de redução de custos. Poucos trabalhos citaram, exceto as pesquisas supracitadas, a importância do aumento da saúde e segurança dos operários como benefícios dos processos de substituição desses materiais.

Outra prática pouco citada foi a inclusão da participação de clientes e usuários (de forma direta ou indireta) nos projetos da empresa de reciclagem e reuso de materiais, prática esta citada por Yuksel (2008). Outras práticas que também foram pouco citadas foram: desenvolvimento da conscientização ambiental entre gerentes e empregados da empresa (ZILAHY, 2004; FORE; MBOHWA 2009); melhoria da organização do trabalho (ZILAHY, 2004); exame do conhecimento em P+L dos funcionários e refletir esse conhecimento em premiações (REN, 1998; BHUPENDRA; SANGLE, 2016); melhoria nas condições de trabalho dos operários (REN, 1998; LI *et al.*, 2016).

Nota-se também que as práticas mais operacionais também foram poucas vezes citadas dentre as práticas implantadas pelas empresas, as quais: reutilização de *pallets* (OLIVEIRA *et al.* 2016); utilizar a luz natural (KHAN, 2008); prevenir derramamentos e vazamentos (BERKEL, 1994; KURTAGIE *et al.*, 2016); reutilizar CO₂ (GUO *et al.*, 2006); substituição de embalagens com o objetivo de torna-las reutilizáveis (GIANNETTI *et al.* 2008; OLIVEIRA *et al.* 2016).

Em relação ao segundo problema de pesquisa, implantação da P+L, foi sistematizado o passo a passo necessário para implantar as práticas de acordo com os artigos que realizaram tal implantação. Os principais passos foram: planejamento e organização, pré-avaliação; avaliação; opções de implantação I, análise de viabilidade, opções de implantação II, melhoria contínua.

A partir da análise do Quadro 18 percebe-se que as fases de implantação da P+L mais citadas pela literatura fazem parte da etapa de pré-avaliação, as quais: mapeamento dos processos de manufatura e priorização dos processos/setor a ser implantado a P+L. Isso pode ser justificado, pois essas fases são essenciais no processo de implantação. Antes de escolher quais práticas implantar é preciso mapear todos os processos, entender quais destes geram mais

impactos ambientais e estabelecer prioridades. É destaque também o pequeno número de pesquisas que citaram a necessidade de avaliar a viabilidade das práticas (ambiental, técnica e financeira) antes de sua implantação.

No que consiste a terceira questão de pesquisa, avaliação da implantação de P+L, foi relacionado os constructos de avaliação utilizados pela literatura para avaliar a implantação da P+L pelas empresas, os quais: governança corporativa, práticas de P+L implantadas, avaliação do projeto de P+L, barreiras a implantação, impactos da implantação. Destaque para o constructo responsável em avaliar as práticas de P+L implantadas pelas empresas. Fato este importante pois é preciso monitorar quais práticas estão sendo usadas pelas empresas, o quão eficiente foi a implantação destas em termos de redução dos impactos ambientais e retorno de investimento.

3.4.2 Aspectos que influenciam a adoção da P+L pelas empresas

Respondido as três questões de pesquisa foi realizado uma análise em relação aos aspectos que influenciam a adoção da P+L pelas empresas. O primeiro aspecto analisado foram os fatores críticos de sucesso. Nesta vertente, apontaram-se os seguintes fatores: a importância da implantação da ISO 14001 como um primeiro passo para a P+L; desenvolvimento de parcerias público-privadas, incluindo a participação de instituições governamentais, universidades, ONG's e centros de pesquisa; divulgação da P+L; planejamento da empresa voltado para melhoria contínua; inclusão da P+L no planejamento estratégico da empresa; utilização de uma boa gestão de projetos, e a empresa possuir um fundo financeiro equilibrado para que possa atrair investimentos.

Em relação às pressões institucionais, destaque para os aspectos políticos, tendo o governo como regulamentador de leis, agindo assim de forma coercitiva. Aspectos econômicos, principalmente em relação a pressão do mercado o qual gera uma maior competitividade entre as empresas, forçando estas a obterem menos custos e maiores lucros. E os aspectos sociais e culturais, na perspectiva de uma sociedade que vem exigindo das empresas um posicionamento em relação à produção de produtos e serviços mais sustentáveis.

As barreiras citadas pela literatura foram classificadas em três aspectos: barreiras organizacionais, barreiras financeiras e econômicas, barreiras técnicas, sociais e governamentais. As barreiras mais citadas pela literatura são aquelas relacionadas ao custo de implantação da P+L. Isso ocorre, pois, muitas empresas acreditam que para implantar a P+L é

preciso investir, necessariamente, em novos equipamentos e novas tecnologias. A literatura já vem demonstrando que a P+L também pode ser aplicada a partir de práticas relacionadas a boas práticas de produção, modificação de produtos, reciclagem interna e substituição de matéria-prima que não envolvam grandes quantias investidas.

É destaque também as barreiras relacionadas a resistência a mudança de gerentes e operários, principalmente quando não se conhece os reais benefícios técnicos, ambientais e financeiros da P+L. Por isso é necessário o treinamento e motivação dos gerentes e operários, assim como a participação do alto escalão da empresa.

No que consiste ao tema de cadeia de suprimentos, a maioria dos artigos estão preocupados em discutir os fatores que proporcionam a disseminação da P+L pela cadeia e a importância de a empresa focar em influenciar seus demais parceiros a respeito dos benefícios da P+L. Já a utilização da P+L com outros conceitos e ferramentas de gestão, verifica-se a utilização de ferramentas como: avaliação do ciclo de vida, ferramentas da qualidade (PDCA, Ishikawa, 5W2H, dentre outras), utilização em conjunto com os sistemas integrados de gestão (principalmente ISO 14000) e a relação com aspectos de segurança do trabalho. Este fato está coerente com o conceito de P+L o qual afirma que esta é uma estratégia que deve ser aplicada de forma contínua e integrada com as demais estratégias da empresa.

3.4.3 Sugestões de Pesquisas Futuras

A partir da análise dos artigos selecionados para esta revisão sistemática pode-se apontar algumas sugestões de pesquisas futuras. A primeira sugestão de pesquisa relaciona o grau de envolvimento dos atores participantes da cadeia de suprimentos. Observou-se que no sentido montante (*upstream*), direção da empresa foca para os fornecedores, há um maior envolvimento dos atores do que no sentido jusante (*downstream*), ou seja, referente aos clientes. Portanto, é necessário investigar os motivos pelos quais este fato ocorre e como estimular uma maior participação dos atores a jusante.

A segunda sugestão de pesquisa refere-se à investigação de como o tamanho da empresa e as características do setor na qual estas estão inseridas influenciam como variável moderadora na adoção das práticas de P+L. Aponta-se como terceira sugestão a investigação da aplicação da P+L em um contexto de Indústria 4.0. A quarta sugestão de pesquisa consiste na verificação e análise das barreiras e fatores críticos de sucesso relacionados às pequenas e médias empresas. Segundo Silva et al. (2008), são essas empresas que possuem mais dificuldades no processo de

implantação da P+L. Como quinta sugestão de pesquisa, acreditamos que existe a necessidade de uma melhor discussão a respeito da P+L com a dimensão social da sustentabilidade. Podendo analisar, por exemplo, quais são as práticas de P+L que mais contribuem para a melhoria dos aspectos sociais.

A sexta sugestão refere-se à construção de uma escala que possa mensurar o nível de implantação das práticas de P+L levando em consideração o nível de implantação de cada tipo de prática (modificação de tecnologia, modificação do produto, substituição de matéria-prima, reciclagem interna e boas práticas de produção). Tendo em vista que nenhuma pesquisa, aqui apresentada, demonstrou um método de construção de uma escala para tal fim.

4 CONSTRUÇÃO DE UMA ESCALA PARA MENSURAR O NÍVEL DE IMPLANTAÇÃO DAS PRÁTICAS DE P+L

4.1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o ser humano tem sido o agente causador dos impactos ambientais negativos que vêm ocorrendo no planeta. Segundo o UNEP (2020), a biodiversidade do planeta tem sido reduzida a taxas alarmantes devido a atividades antrópicas as quais destroem, degradam e invadem os habitats naturais. Sendo as indústrias uma das principais responsáveis por essa destruição.

A produção e o consumo em massa oriundos da indústria têm causado uma utilização ineficiente dos recursos naturais, gerando assim, uma grande quantidade de impactos ambientais negativos (AGUILAR *et al.*, 2017). Esse fato é corroborado a partir de estudos como os de Chen *et al.* (2017), o qual afirmam que a escassez de água e energia, juntamente com a poluição causada pelas indústrias de manufatura estão se tornando uma problemática cada vez mais recorrente.

A partir da conscientização dos impactos causados por suas atividades, muitas organizações têm investido no redesenho de seus processos e produtos com o objetivo de torná-los mais sustentáveis (RAMOS *et al.*, 2018). Uma estratégia ambiental que vem sendo utilizada pelas empresas para a redução dos impactos ambientais é a Produção mais Limpa (P+L). A P+L é considerada como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada aplicada a produção, processos e serviços cujo objetivo é aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas (UNEP, 1990a).

Em virtude do alto grau de disseminação das práticas de P+L pelas empresas faz-se necessário investigar as práticas adotadas e o respectivo grau de implementação. Para tanto, inúmeras pesquisas empíricas do tipo *survey* têm sido realizadas para tal fim. No entanto, observa-se que essa tentativa é limitada em algumas pesquisas (ANDREWS *et al.*, 2002; BHUPENDRA; SANGLE, 2016a; DONIEC *et al.* 2002; GUIMARÃES *et al.*, 2017, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2016; SEVERO *et al.*, 2015; ZENG *et al.*, 2010) por utilizar poucas¹ medidas para representar o constructo P+L.

Outros trabalhos, apesar de terem representado a P+L com uma quantidade razoável² de medidas (BHUPENDRA; SANGLE, 2016b; OLIVEIRA *et al.*, 2019; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2020; YUKSEL, 2008; YUSUP *et al.*, 2015) não discriminaram estes itens segundo a

¹ Utilizaram de 5 (mínimo) a 11 (máximo) itens ou medidas para representar o constructo de P+L.

² Utilizaram de 18 (mínimo) a 31 (máximo) itens ou medidas para representar o constructo de P+L.

estrutura multidimensional da P+L preconizada pela UNEP, com exceção de Oliveira *et al.* (2019).

Apesar dos vários pontos deficitários na representação do constructo de P+L por essas pesquisas, talvez a principal limitação, tenha sido a não aplicação de um método rigoroso e sistemático no desenvolvimento de uma escala que consiga captar as dimensões latentes da P+L e as respectivas práticas correspondentes. Esta pesquisa preenche este *gap*, ao desenvolver uma escala que mesure o nível de adoção das práticas de P+L nas empresas.

A estrutura da pesquisa encontra-se da seguinte maneira: primeiramente, o trabalho apresenta um breve referencial teórico a respeito das dimensões das práticas de P+L. Logo em seguida é apresentado o método utilizado para o desenvolvimento da escala. Esse trabalho finaliza com a discussão da escala final e encaminhamento de pesquisas futuras.

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

A P+L foi criada no ano de 1989 pelo UNEP como uma estratégia verde, juntamente com outros conceitos similares como eco-eficiência, produtividade verde e prevenção à poluição (UNEP, 2002a). Por este fato, a P+L é utilizada frequentemente como um conceito intercambiável com o conceito de prevenção a poluição (P2), como destacada pelo UNEP (1996). A USEPA (1998) defende que essa estratégia tem como prioridade a eliminação e/ou redução dos desperdícios e emissões gerados na fonte ao invés de apenas gerenciar sua disposição, estratégia conhecida como fim-de-tubo (*end-of-pipe*).

É possível encontrar na literatura cinco níveis ou dimensões de práticas de P+L: modificação do produto (*product modification*), substituição dos materiais de entrada (*input substitution*), modificação de tecnologia (*technology modification*), reciclagem no próprio chão de fábrica (*on-site recycling*), e boas práticas de produção (*good housekeeping*). Essa classificação pode ser encontrada nos trabalhos de Berkel (2007), Berkel *et al.* (1997), UNEP (1994), Guo *et al.* (2006), Henriques e Catarino (2015), Huq *et al.* (1999), Martin e Rigola (2002), Kurtagie *et al.* (2016), Oliveira Neto *et al.* (2016), Schnitzer (1995), Silvestre e Silva Neto (2014), Shih *et al.* (2008), USEPA (1988, 1992, 1994) e UNEP (1994, 2002a).

As práticas classificadas na dimensão Modificação de Produto são aquelas que alteram as características dos produtos, como o formato e a composição do material. Há práticas que propõem o aumento do tempo de vida útil do produto, a redução do número de componentes, a viabilização do retorno do produto, a substituição de componentes críticos, a utilização de

procedimentos que facilitem a reparação do produto ou sua remanufatura, sempre com o objetivo de tornar o produto menos poluente (VAN BERKEL; 1995; HOO *et al.*, 1991; HUQ *et al.*, 1999; USEPA, 1988, 1992; UNEP, 1994). Consideram-se também as modificações relacionadas às embalagens nessa categoria (HUQ *et al.*, 1999; USEPA, 1988).

As práticas de modificação do produto referem-se a mudanças na qualidade, quantidade e variedade do produto final a partir da modificação do padrão de qualidade, da composição do produto e da durabilidade. Parte do produto, ou o produto inteiro, pode ser modificado com o objetivo de reduzir os impactos ambientais, podendo reduzir os desperdícios e aumentar os lucros das empresas (GUO *et al.*, 2016). O objetivo de se modificar o produto está relacionado a redução do seu impacto ambiental durante o seu uso e após o seu consumo, isso envolve aumentar sua vida útil, utilizar embalagens ecológicas, facilitar a sua desmontagem, reciclagem e reuso (KURTAGIE *et al.*, 2016).

As mudanças no produto causam impacto tanto a montante quanto a jusante do ciclo de vida do produto, como, por exemplo, a redução da utilização de substâncias tóxicas, redução do uso de energia, água e outros materiais durante o seu processo de fabricação, aumento da produtividade e redução dos riscos ambientais (UNEP, 2002).

O UNEP (2002) ainda cita que as práticas relacionadas à modificação do produto devem estar atreladas a uma estratégia de negócios a qual requer estudos de marketing e da cadeia de suprimentos. Já as práticas classificadas na dimensão de Substituição de materiais de entrada referem-se à redução do consumo e/ou substituição de matéria-prima e materiais auxiliares (como lubrificantes e colas), utilizados no início do processo de produção e que causem impactos ambientais negativos (UNEP, 1994). Isso pode incluir a substituição de matérias-primas e materiais tóxicos que obrigam o trabalhador a utilizar equipamentos de proteção individual (EPI), a substituição de solventes orgânicos por aquosos, a substituição de produtos químicos por petroquímicos, a seleção de matérias-primas com menor teor de impurezas, dentre outras práticas. No processo de escolha desses materiais analisa-se também o seu tempo de vida útil (GUO *et al.*, 2016; USEPA, 1992; UNEP, 1994). Kurtagie *et al.* (2016) ressaltam a importância de selecionar materiais com boa qualidade e que possam ser reciclados.

A matéria-prima pode ser substituída se opções mais viáveis existirem em termos de custos, eficiência do processo e se esses materiais reduzirem os riscos à saúde e segurança das pessoas. É importante que as opções de substituição sejam testadas experimentalmente, utilizando protótipos e pilotos, certificando-se assim que essas mudanças não prejudiquem a qualidade do produto e que sejam aceitas pelo mercado (UNEP, 2002).

A Modificação de tecnologia é a dimensão que menciona as práticas que estão relacionadas às melhorias no processo de automação, à otimização do processo de produção, ao redesenho de equipamentos, à instalação de equipamentos de monitoramento, à melhoria no processo de controle, à otimização dos parâmetros do processo, à introdução de processos alternativos e substituição de processos com o objetivo de reduzir os desperdícios e emissões (GUO *et al.*, 2016; KURTAGIE *et al.*, 2016; USEPA, 1992,1988; UNEP,1994).

Essas práticas podem exigir pequenas modificações que necessitam de baixo orçamento ou de grandes modificações que exigem uma grande quantia de investimentos. A adoção e transferência de novas tecnologias podem reduzir o consumo de recursos e minimizar os impactos, assim como aumentar a produtividade (GUO *et al.* 2006; UNEP, 2002).

Já as práticas dimensão de Reciclagem interna relacionam a reutilização, a recuperação e a reciclagem dos resíduos, poluentes, matéria-prima, água e energia no mesmo local em que foram gerados. Isso também inclui a reutilização de matéria-prima e recuperação de materiais (USEPA, 1988, 1992; UNEP, 1994). Guo *et al.* (2016) ressaltam que essas práticas estão relacionadas ao retorno, como matéria-prima, do material que foi desperdiçado à origem do processo de produção.

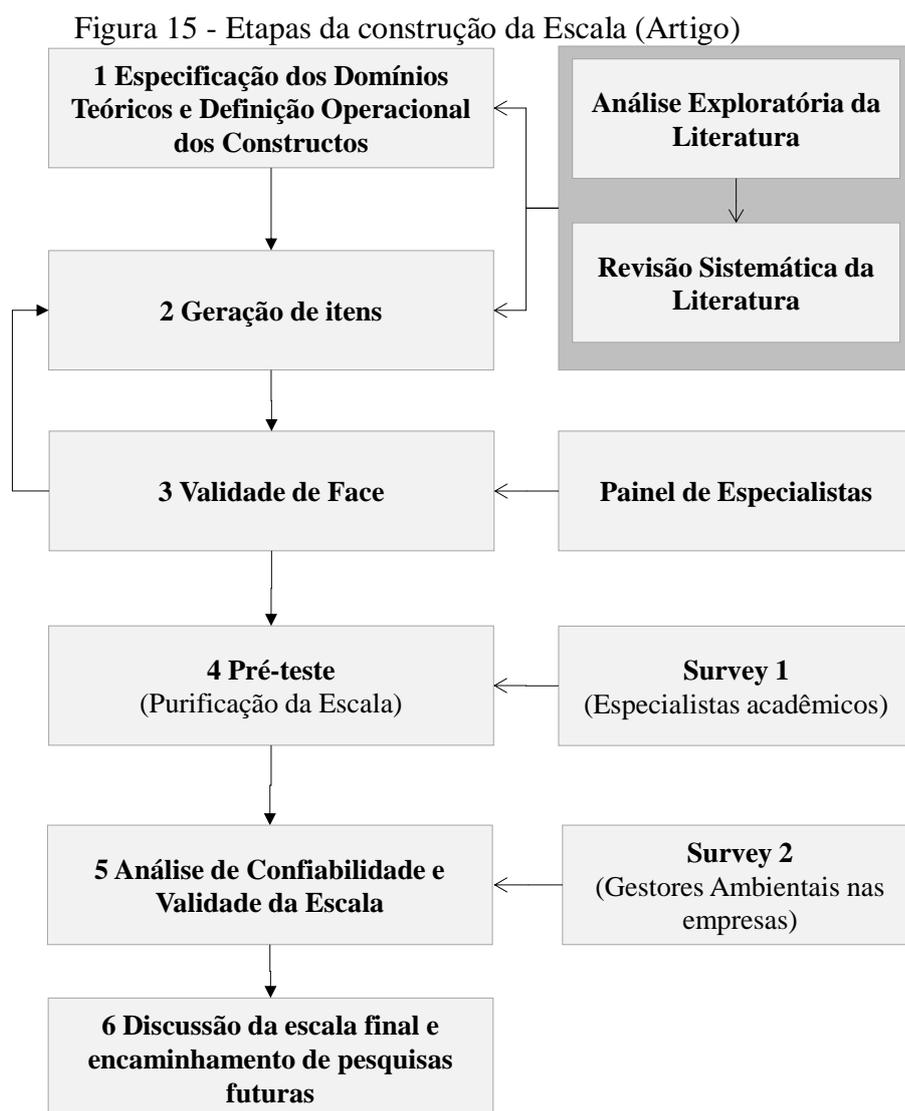
A dimensão Boas práticas de produção referem-se às modificações nos procedimentos operacionais, nos aspectos relacionados à manutenção e aspectos gerenciais com o objetivo de eliminar o desperdício e a geração de emissões. Também estão inclusas as práticas referentes à melhoria das instruções aos trabalhadores e treinamentos relacionados aos aspectos ambientais (USEPA, 1992; UNEP, 1994).

Guo *et al.* (2016) afirmam que as Boas práticas de produção podem ser implantadas em várias áreas da empresa com um custo relativamente baixo. Esses autores citam como exemplo as melhorias no manuseio de materiais e práticas relacionadas à melhoria da gestão do estoque, o que pode ocasionar a redução de perdas de matéria-prima. As Boas práticas de produção envolvem práticas como o reparo de vazamentos, a melhoria de manutenção de máquinas e equipamentos, o planejamento e controle da produção, a redução da frequência de lavagem de máquinas e equipamentos, a redução da movimentação de produtos, a gestão de estoques, o desligamento de máquinas e equipamentos quando não estão em uso (KURTAGIE *et al.*, 2016; UNEP,2002).

O UNEP (2002) complementa afirmando que a melhoria das práticas e métodos de trabalho e a manutenção adequada de máquinas e equipamentos podem produzir benefícios expressivos em termos de eficiência de recursos.

4.3 DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UMA ESCALA PARA MEDIÇÃO DE PRÁTICAS DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Para desenvolver a escala nós seguimos os passos descritos por Grant e Davis (1997), Ahire e Devaraj (2001), Netemeyer *et al.*(2003), Li *et al.* (2005), Malhotra (2006), DeVellis (2012). A Figura 15 ilustra os passos necessários para o desenvolvimento de uma escala.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3.1 Especificação dos domínios teóricos e definição operacional dos constructos

O primeiro passo no desenvolvimento da escala foi compreender os conceitos fundamentais relacionados à Produção mais Limpa. Para tanto foi realizada uma análise exploratória da literatura³. A partir dessa análise, verificamos a importância das dimensões de práticas criadas pelo UNEP, essas dimensões foram fundamentais para o desenvolvimento da escala.

Com isso, verificamos que a Produção mais Limpa compreende cinco dimensões fundamentais, destacadas na Seção 4.2, a saber: Substituição dos materiais de entrada, Modificação de tecnologia e equipamentos, Boas práticas de produção, Modificação do produto e Gestão de Resíduos. Os resultados dessa análise possibilitou estabelecer parâmetros importantes para estruturar a Revisão Sistemática da Literatura (RBS)⁴.

A RBS foi fundamental para mapear o estado da arte das principais práticas de P+L utilizadas pelas empresas, nas devidas dimensões supracitadas. Foi possível também, em alguns constructos, estabelecer subdimensões, aumentando a especificidade e precisão da escala em captar medidas de práticas específicas de P+L executadas pelas empresas e descritas pela literatura. O constructo Modificação dos materiais de entrada foi desdobrado em três subdimensões ou subconstructos: redução da quantidade de materiais, Substituição dos materiais e Purificação dos materiais. O constructo Mudança de Tecnologia e Equipamentos foi desdobrado em três subdimensões ou subconstructos: Mudança de Tecnologia, Mudança de Equipamentos e Mudança de Processos. O constructo Boas práticas de Produção foi desdobrado em três subdimensões ou subconstructos: Gestão ambiental Interna, Cadeia de Suprimentos e Conscientização e Treinamento dos funcionários. O constructo Modificação do Produto foi desdobrado em duas subdimensões ou subconstructos: Modificação da Estrutura do Produto e Modificação da Embalagem. O constructo Gestão de Resíduos foi desdobrado em duas subdimensões ou subconstructos: Gestão de resíduos interna e Gestão de Resíduos Externa. O Modelo teórico-conceitual base para o desenvolvimento da escala é ilustrado na Figura 16.

³ Correspondente ao Capítulo 2.

⁴ Correspondente ao Capítulo 3.

Figura 16 - Modelo Teórico - Conceitual da Escala



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se a adaptação na nomenclatura da prática denominada pela literatura de “reciclagem no próprio chão de fábrica” (*on-site recycling*). Como foram encontradas práticas relacionadas a gestão de resíduos que envolviam elos internos e externos a empresa, esse constructo passou a ser denominado de “Gestão de Resíduos” (*Waste Management*), modificação esta sugerida por um especialista.

4.3.2 Geração de Itens

A partir da revisão sistemática da literatura foram selecionadas 75 práticas a serem mensurados pela escala. Nesta fase da construção da escala é importante que se tenha uma grande quantidade de itens, para que o pesquisador tenha mais opções de escolha, como sugerido por DeVellis (2012), Ntemeyer *et al.* (2003) e Worthington e Ehittaker (2006). Com isso, foi realizada a primeira revisão das práticas selecionadas. Verificou-se que 12 práticas tratavam do mesmo conceito, porém estavam redigidas de maneira distintas.

Importante se faz ressaltar que a geração de itens foi estruturada com base nas dimensões descritas na Figura 15. Para tanto, procurou-se gerar no mínimo 3 itens para cada dimensão, e quando possível para cada subdimensão, seguindo a recomendação de Shah e Goldstein (2006).

As 63 práticas restantes foram reescritas no formato de assertivas⁵ a fim de criar um canal de comunicação claro com os respondentes, permitindo, dessa forma, que estes tivessem um entendimento claro da prática de P+L utilizada pelas empresas. Realizamos uma revisão considerando os seguintes critérios: (a) verificação da relevância das práticas em relação ao objetivo da escala; (b) clareza, coerência e objetividade na redação das assertivas; (c) utilização de palavras de fácil entendimento pelo respondente; (d) verificação e eliminação de palavras com duplo sentido; (e) verificação de sentenças muito longas; (f) verificação de uso de sentenças que utilizavam palavras excessivamente técnicas ou palavras que não são frequentemente usadas no ambiente profissional; verificação e eliminação de gírias, coloquialismos, jargões e abreviações, conforme sugerido por Jonhson e Morgan (2016), Ntemeyer *et al.* (2003) e Devellis (2012).

4.3.3 Validade de face (Painel de Especialistas)

A validação do conteúdo de cada prática (item) da escala foi realizada a partir da utilização de três grupos de especialistas. O primeiro grupo foi denominado de especialistas acadêmicos internos a pesquisa, o segundo grupo de especialistas acadêmicos externos a pesquisa e o terceiro grupo de especialistas gestores.

4.3.2.1 Especialistas – Acadêmicos internos

O primeiro grupo foi constituído por quadro acadêmicos que possuem vínculo direto com a pesquisa, grupo este denominado de especialistas internos. Esses especialistas possuem domínio nas áreas de Produção mais Limpa, Planejamento e Controle da produção, Gestão da Cadeia de Suprimentos & Logística e Indústria 4.0. Como sugerido por Berk (1990), a participação desses acadêmicos se deu em dois momentos.

Primeiramente as práticas foram apresentadas a partir de entrevistas individuais com cada especialista, cada entrevista teve duração, em média, de 1h e 30 min. Ressalta-se que foram realizadas duas entrevistas com cada acadêmico. Após essa fase de entrevistas individuais, foram realizados cinco encontros com a participação dos quatro especialistas. Desta forma, esses especialistas acadêmicos puderam discutir em conjunto as modificações e melhorias no

⁵ Uma assertiva é uma declaração positiva ou negativa da referida prática. Exemplo: Nossa empresa adota tecnologias para a redução do consumo de água nos processos de produção.

conteúdo e na escrita de cada prática. Com o consentimento destes pesquisadores, todas as entrevistas foram gravadas. Construindo assim, uma primeira versão da escala.

As principais modificações sugeridas pelos especialistas internos consistiram na inclusão de exemplos em algumas práticas, tornando melhor a compreensão destas. Foram feitas sugestões de melhoria na redação das práticas, a partir da inserção de palavras mais técnicas. Nessa fase os especialistas sugeriram a exclusão de 17 práticas que foram consideradas inapropriadas para o desenvolvimento da escala, incluindo práticas que estavam relacionadas com outras estratégias de produção do que propriamente dito à P+L.

Os especialistas também propuseram a inclusão de outras práticas, as quais não foram encontradas a partir da revisão sistemática da literatura e que possuíam relevância para a mensuração do nível de implantação das práticas de P+L. Outra sugestão dos especialistas internos foi a inclusão do termo “contínuo” na escrita das assertivas. Permitindo assim que a definição de P+L pela UNEP (1990, GRIFO NOSSO) fosse representada, a qual “*Aplicação CONTÍNUA de uma estratégia ambiental integrada aplicada a produção, processos e serviços com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas*”. Ortolano *et al.* (2014) argumentam que a utilização da palavra “contínua” é fundamental para a representação do constructo da P+L. Ao final dessa etapa a escala apresentava 46 práticas.

4.3.2.2 Especialistas – Acadêmicos Externos

Realizadas as modificações sugeridas pelos especialistas internos, as práticas foram traduzidas para a língua Inglesa e revisadas por uma tradutora nativa, para que assim a segunda etapa de validação de fase conteúdo das práticas fosse realizada. As práticas foram traduzidas para esta língua, pois os especialistas externos não possuíam a língua portuguesa como língua pátria.

Como critério de seleção desses especialistas, utilizamos a experiência desses profissionais no ensino e pesquisa de temas relacionados a sustentabilidade de empresas. Portanto, os especialistas selecionados possuem atuação internacional nas áreas de desenvolvimento sustentável, análise do ciclo de vida do produto e gestão ambiental. Antes do envio dos convites aos especialistas, a pesquisa passou por um comitê de ética.

Primeiramente foram enviadas cartas de apresentação da pesquisa para 9 pesquisadores, explicando o objetivo e como seria a contribuição de cada especialista, quatro especialistas

aceitaram participar da pesquisa. As práticas foram enviadas via *e-mail* para que estes tivessem um conhecimento prévio das assertivas. Após isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas presenciais em que cada assertiva foi analisada sob os seguintes aspectos: verificação da relevância da prática segundo o objetivo da pesquisa, revisão da assertiva segundo os critérios declarados na etapa anterior.

Nenhum especialista sugeriu a retirada de uma prática, permanecendo assim o total de 46 assertivas. As modificações sugeridas foram a inserção de exemplos, inclusão de termos mais técnicos e redução do tamanho de algumas sentenças. A partir dessas modificações foi possível gerar uma segunda versão da escala.

4.3.2.3 Especialistas – Gestores de Empresas

Como o objetivo da criação da escala consiste em mensurar o nível de implantação das práticas de P+L nas empresas e considerando que essa escala será aplicada futuramente com gestores, foi necessário que as práticas fossem avaliadas por um grupo constituído por gestores na área ambiental e de sustentabilidade.

Convites foram enviados a partir da utilização da plataforma *LinkedIn*. O critério de seleção desses especialistas consistiu na experiência que esses gestores possuíam na área de gestão ambiental de empresas e/ou experiência na área de gestão de operações. Foram enviados 50 convites. Treze gestores aceitaram participar da pesquisa. As expertises desses profissionais estão distribuídas da seguinte forma: 05 gestores de produção, 3 gestores ambientais, 2 analistas ambientais, 2 gestores de produto, 1 gestor de sustentabilidade.

O papel dos gestores consistiu em julgar se as práticas deveriam permanecer na escala e também se estavam redigidas de forma clara e objetiva, segundo a realidade profissional em que operam. Caso seis gestores julgassem que uma determinada prática não era relevante, a mesma deveria ser retirada ou reanalisada pelos especialistas (Acadêmicos Internos). Este score de concordância não foi atingindo em nenhuma das 46 práticas, ou seja, nenhuma prática foi retirada ou selecionada para reanálise.

Finalizada as etapas de validação de conteúdo pelos especialistas foi possível gerar uma terceira versão da escala, descrita no Quadro 20. Os itens estão distribuídos por nas dimensões e subdimensões da P+L, conforme ilustrado na Figura 15.

Quadro 20 - Práticas de P+L (terceira versão da escala)

Dimensão	Subdimensão	Práticas de P+L	Código
Mudança nos Materiais de Entrada	Redução da Quantidade de Materiais (RM)	A empresa reduz continuamente a quantidade dos materiais utilizados no processo de produção, o que inclui matérias-primas e/ou materiais auxiliares (ex: colas, graxas, lixas, lubrificantes, etc.) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	RM1
		A empresa reduz continuamente a utilização de combustíveis fósseis no seu processo de produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	RM2
		A empresa otimiza continuamente o consumo de água no processo de produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	RM3
	Substituição de Materiais (SM)	A empresa substitui continuamente os materiais utilizados no processo de produção, o que inclui matérias-primas e/ou materiais auxiliares (ex: colas, graxas, lixas, lubrificantes, etc) por materiais menos tóxicos, renováveis, recicláveis e biodegradáveis com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SM1
		A empresa substitui continuamente o uso de combustíveis fósseis por fontes energéticas renováveis (ex: energia solar, eólica, biomassa, etc.) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SM2
	Purificação de Materiais (MP)	A empresa aplica continuamente práticas que objetivam retirar as impurezas e/ou componentes tóxicos (ex: a partir de técnicas como filtragem, extração, destilação, etc.) dos materiais utilizados durante o processo de produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	MP1
	Mudança de Tecnologias e Equipamentos	Mudança de Equipamentos (EC)	A empresa modifica continuamente os equipamentos de produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
A empresa considera continuamente os riscos relacionados as pessoas e ao ambiente no planejamento de suas instalações (ex: projeto de fábrica, <i>layout</i> , etc.) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas			EC2
Mudança de tecnologia (TC)		A empresa continuamente aplica práticas com o objetivo de substituir e/ou melhorar a tecnologia de produção e assim aumentar a eficiência da produção e reduzir os riscos ao ambiente e as pessoas	TC1
Mudança de Processo (PC)		A empresa modifica continuamente os parâmetros operacionais da produção (ex: temperatura, PH, pressão, dosagem, etc) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	PC1
Boas Práticas de Produção	Gestão Ambiental Interna (IEM)	A empresa possui um sistema de medição de desempenho que contempla os objetivos de desempenho da produção, os riscos ambientais e as pessoas (relativa a saúde ocupacional do trabalhador)	IEM1
		A empresa possui um sistema de gestão ambiental implantado	IEM2
		A empresa possui um sistema de gestão ambiental certificado	IEM3
		A empresa possui um programa contínuo de manutenção de suas máquinas e equipamentos com o objetivo de tornar o processo mais eficiente e reduzir os riscos ao ambiente e as pessoas	IEM4
		A empresa possui um programa contínuo de gestão do consumo de energia do processo de produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	IEM5
		A empresa avalia continuamente as práticas de produção mais limpa implantadas com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	IEM6

Dimensão	Subdimensão	Práticas de P+L	Código
		A empresa integra seus sistemas de gestão (ex: ISO 9000, ISO 14001, OHSAS 18000, etc.) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	IEM7
		A empresa possui um programa de Produção mais Limpa com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	IEM8
	Conscientização e Treinamento de Funcionários (EAT)	A empresa promove ações de treinamento contínuo de seus funcionários em relação a Produção mais Limpa	EAT1
		A empresa emprega continuamente ações que incentivam seus funcionários a reduzirem os riscos ao ambiente e as pessoas	EAT2
		A empresa oferece condições de trabalho satisfatórias aos seus trabalhadores (ex: condições físicas adequadas, jornada de trabalho adequada, plano de cargos, carreiras e salários adequados, etc.)	EAT3
	Cadeia de Suprimentos (SC)	A empresa considera aspectos relacionados as pessoas e ao ambiente na seleção do sistema de manufatura com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SC1
		A empresa considera continuamente restrições ambientais no planejamento e controle da produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SC2
		A empresa utiliza tecnologias e/ou sistemas de informação e comunicação com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SC3
		A empresa aplica continuamente práticas de melhoria contínua (ex: <i>lean</i> , seis sigma, PDCA) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SC4
		A empresa considera continuamente aspectos relacionados as pessoas e ao ambiente no projeto da rede logística (ex: localização do centro de distribuição, estoque, transportes multimodais, etc.)	SC5
		A empresa considera continuamente aspectos relacionadas a logística reversa, considerando seus fornecedores e/ou clientes e/ou consumidores finais	SC6
		A empresa considera continuamente os aspectos relacionados as pessoas e ao ambiente na seleção e/ou avaliação de seus fornecedores	SC7
		A empresa compra continuamente resíduos (<i>by-products</i>) de outras empresas, os quais servirão como insumos para o seu processo de produção	SC8
		A empresa colabora e/ou desenvolve continuamente os fornecedores chaves com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SC9
		A empresa considera continuamente aspectos relacionados as pessoas e ao ambiente nos processos de compra, movimentação, armazenagem e controle dos seus estoques	SC10
		A empresa promove um esforço conjunto, e de forma contínua, com seus clientes e/ou consumidores finais na busca da redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SC11
		A empresa envolve consumidores e/ou fornecedores no processo de desenvolvimento de produtos com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	SC12

Dimensão	Subdimensão	Práticas de P+L	Código	
Gestão do Produto	Modificação da Estrutura do Produto (MPS)	No projeto do produto a empresa modifica continuamente o formato destes (ex: tamanho, quantidade de unidades vendidas em conjunto, design, etc.) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	MPS1	
		No projeto do produto e/ou serviços, a empresa modifica continuamente a composição do material utilizado com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	MPS2	
		No projeto do produto e/ou serviços, a empresa otimiza continuamente o número de componentes e/ou materiais utilizados com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	MPS3	
		A empresa avalia continuamente os impactos relacionados as pessoas e ao ambiente que podem ocorrer durante a utilização dos produtos e/ou serviços pelos usuários com o objetivo de reduzir os riscos ao ambiente e as pessoas	MPS4	
		A empresa utiliza continuamente práticas para a extensão da vida útil dos seus produtos (ex: durabilidade, reuso, remanufatura, etc.) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	MPS5	
		A empresa promove esforços contínuos em pesquisa e desenvolvimento voltado para os materiais (matéria-prima, materiais auxiliares) do processo de produção com o objetivo de encontrar soluções que aumentem a eficiência da produção e reduzam os riscos ao ambiente e as pessoas	MPS6	
	Modificação das Embalagens (PacM)	No projeto de suas embalagens (primárias e/ou secundárias e/ou terciárias), a empresa utiliza continuamente práticas que objetivam otimizar a quantidade utilizada com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	PacM1	
		No projeto de suas embalagens (primárias e/ou secundárias e/ou terciárias), a empresa promove ações contínuas direcionadas a reciclagem e/ou remanufatura e/ou reutilização destas com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	PacM2	
		No projeto de suas embalagens (primárias e/ou secundárias e/ou terciárias), a empresa substitui continuamente os materiais utilizados por materiais recicláveis, biodegradáveis e menos tóxicos com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	PacM3	
	Gestão de Resíduos	Gestão Interna (OS)	A empresa reutiliza continuamente seus resíduos sólidos (ex: embalagens danificadas, matéria-prima e produtos com defeitos, refugos, etc.), e /ou líquidos (ex: óleo, chorume, águas residuais, etc.) e/ou gasosos (ex: CO2, etc.) no mesmo processo de produção no qual foram gerados e/ou em outra aplicação útil dentro da empresa com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	OS1
			A empresa recicla continuamente seus resíduos sólidos (ex: embalagens danificadas, matéria-prima e produtos com defeitos, refugos, etc.), e/ou líquidos (ex: óleos, chorume, águas residuais, etc.) e/ou gasosos (ex: CO2, etc.) no mesmo processo de produção no qual foram gerados e/ou em outra aplicação útil dentro da empresa com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	OS2
			A empresa reprocessa (remanufatura e/ou recondiciona) continuamente seus resíduos sólidos (ex: embalagens danificadas, matéria-prima e produtos com defeitos, refugos, etc.), e/ou líquidos (ex: óleos, chorume, águas residuais, etc.) e/ou gasosos (ex: CO2, etc.) no mesmo processo de produção no qual foram gerados e/ou em outra aplicação útil dentro da empresa com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas	OS3
Gestão Externa (OF)		A empresa transforma continuamente seus resíduos (<i>by-products</i>) em produtos que podem ser vendidos como insumos para outras empresas	OF1	

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.3.3 Pré-teste

A purificação dos itens da escala foi realizada por meio de uma *survey* com especialistas acadêmicos da área ambiental e de sustentabilidade. Para obter uma listagem desses pesquisadores fizemos uma busca exploratória na base de dados *Scopus* utilizando dos seguintes termos no título, resumo e palavras-chave: *Cleaner Production, Pollution Prevention, Environmental Management, Green Supply Chain, Ecodesign, Life Cycle Assessment, Industrial Ecology, Green Manufacturing, Clean Technology*. Coletamos os *e-mails* dos autores disponíveis nos artigos. Uma segunda fonte de busca dos especialistas acadêmicos foi a utilização da rede social *LinkedIn*, conforme utilizado por Oliveira *et al.* (2018) e Costa *et al.* (2020). Foram selecionados pesquisadores que descreveram experiências nos mesmos termos supracitados. Após as duas coletas, eliminamos os *e-mails* redundantes e preparamos uma listagem de endereços eletrônicos para disparar os questionários.

Utilizamos uma plataforma de *e-survey* para administrar o levantamento. Estruturamos o questionário em três seções⁶: a primeira seção exibiu uma carta de apresentação da pesquisa, seguida de uma seção contendo a caracterização dos respondentes e, por fim, uma seção voltada à avaliação da escala em si pelos pesquisadores.

A carta de apresentação (Apêndice A) descrevia as instituições promotoras da pesquisa, a identificação dos pesquisadores, uma breve descrição dos objetivos da pesquisa. Expressamos veementemente a confidencialidade dos respondentes e o tratamento de dados de forma agregado, e também fizemos esclarecimentos de que não havia questão certa ou errada, deixando o respondente à vontade para inferir sua impressão sobre a cada prática de P+L. Adotamos uma estratégia de motivação para aumentar a taxa de respostas: Declaramos doar US\$ 0,25 a cada questionário respondido corretamente para as ONGs SOS Amazônia e Fundação Amazonas Sustentável (FAS).

A segunda seção conteve questões acerca do perfil dos respondentes. Na terceira seção apresentamos as práticas para serem apreciadas pelos pesquisadores. Utilizamos uma escala de sete pontos que variava de 1 (discordo totalmente) a 7 (concordo totalmente). Solicitamos que os pesquisadores avaliassem o quanto cada prática estava alinhada aos objetivos da P+L. Para tanto, dispusemos no início da tela, uma definição de Produção mais Limpa, como pode ser observado no Apêndice A. Os itens foram dispostos de forma aleatória no questionário. O questionário foi administrado em duas versões, uma em português enviada para pesquisadores

⁶ Na plataforma de *e-survey* as seções eram representadas por diferentes telas. O respondente tinha a possibilidade de avançar e voltar ao início caso desejasse alterar alguma marcação anteriormente efetuada.

brasileiros da área ambiental, e outra versão em inglês enviada para pesquisadores de outros países. Enviamos convites solicitando a participação na pesquisa para 5.196 pesquisadores. Após 25 dias de coleta de dados, foram enviados lembretes. Aguardamos mais 25 dias e encerramos o período de coleta. Recebemos 459 questionários.

Nos questionários recebidos, aplicamos técnicas estatísticas para identificar e eliminar padrões de resposta suspeitos, como, por exemplo, a ocorrência de *straight lines*⁷, dados faltantes ou *outliers* multivariados. Identificamos 151 casos com dados faltantes e 11 casos de *straight lining*. Para a identificação de *outliers* multivariados utilizamos a distância de Mahalanobis (TABACHNICK; LINDA, 2012), excluindo mais 36 casos. Segundo Tabachnick e Linda (2012), os *outliers* multivariados ocorrem devido a uma combinação incomum de respostas dadas pelos respondentes em duas ou mais variáveis. Ainda segundo as mesmas autoras, os *outliers* multivariados podem ocorrer quando há a junção de duas amostras de uma mesma população em uma mesma base de dados devido à taxa de resposta no tempo de coleta de dados. A amostra final para análise ficou constituída de 261 casos.

Como tivemos duas ondas de recebimentos, testamos a possibilidade de viés da amostra. Na primeira onda, recebemos 174 questionários e após o 25º dia, recebemos mais 87 questionários. Realizamos dois testes estatísticos, um paramétrico (Teste-T de grupos de *Byers*) e um não paramétrico (*Mann-Whitney*). Ambos os testes apresentaram *p-value* superior a 0,05, indicando que a amostra não possuía viés.

O perfil dos 261 respondentes pode ser descrito da seguinte forma. Em relação a localização da instituição em que os pesquisadores desenvolvem suas pesquisas, 48% dos respondentes localizam-se Brasil, 51% em instituições estrangeiras e 1% dos respondentes preferiram não identificar a origem de sua instituição. Em relação ao cargo que os respondentes exercem em suas respectivas instituições, 48% declararam ser docentes e 63% pesquisadores. Ressalta-se que mais de uma opção de respostas era possível. Questionou-se o tempo de experiência dos respondentes com a temática ambiental, 31% trabalham há mais de 13 anos, 29% de 4 a 7 anos, 24% de 8 a 12 anos, 14% de 1 a 3 anos, e 2% menos de 1 ano. Em relação às áreas de pesquisa mais pesquisadas pelos respondentes, foram identificadas, pela quantidade de citação: Produção mais Limpa, Avaliação do Ciclo de vida, Sistema de gestão ambiental. A maioria dos pesquisadores tiveram suas pesquisas publicadas no *Journal of Cleaner Production*. Também foi questionado se os respondentes possuíam pesquisas realizadas em parceria com empresas cujo tema estava voltado para sustentabilidade. Nesse sentido, 64%

⁷ Geralmente ocorre quando o respondente escolhe apenas uma alternativa da escala de sete pontos em todos os itens da escala.

responderam ter trabalhos com empresas nesta perspectiva, 33% responderam não terem e 3% preferiram não responder. A descrição do perfil dos pesquisadores também pode ser usada como um critério de validade e qualidade da amostra, uma vez que têm aderência com a temática central da pesquisa.

A purificação dos itens da escala ocorreu por meio dos resultados obtidos pela execução da AFE. Na verificação da adequação da amostra foram realizados os testes de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) e o teste de esfericidade de *Bartlett's*. O teste KMO apresentou o valor de 0,981, com χ^2 de 13770,79, e o teste de *Bartlett's* apresentou o *p*-valor igual a 0,000. Tabachnick e Linda (2012) afirmam que o teste KMO precisa ser igual ou superior a 0,60 e o teste de esfericidade de *Bartlett's* deve ser inferior a 0,001. Ressalta-se também que todos os itens da matriz anti-imagem (*Measures of Sampling Adequacy* -MSA) foram superiores a 0,5. Os resultados destas análises permitiram executar a AFE.

O método de extração dos fatores usado foi o *Principal Axis Factoring* (PAF), como realizado por Watts *et al.* (2020) e Nguyen *et al.* (2019), com rotação *Promax*, como nas pesquisas de Misshra *et al.* (2019) e Watts *et al.* (2020). Para a escolha do número de fatores utilizou-se como critério autovalores (*eigenvalue*) maiores que 1, como realizado por Nguyen *et al.* (2019) e Dedeoglu *et al.* (2020). Obtivemos quatro fatores extraídos com variância total explicada de 70% aproximadamente.

O Fator 1 explicou 66,26% da variância total, o Fator 2 1,76%, o Fator 3 1,13% e o quarto fator 1% da variância total. Portanto, para a realização da fase dos gestores foram retiradas 2 assertivas e houve a junção de outras duas assertivas, totalizando 43 práticas. Os itens candidatos a serem excluídas foram aquelas que apresentaram cargas inferiores a 0,50 (*cut-off*) e cargas cruzadas superiores a 0,50 no mesmo fator, como sugerido por Karatepe (2005) e comunalidades inferiores a 0,50 como sugerido por Hair *et al.* (2009).

Portanto, as 16 variáveis candidatas a serem excluídas foram MPS4, IEM5, IEM7, IEM8, EAT1, SC3, SC4, SC6, SC12, MPS1, MPS2, MPS3, MPS5, PacM1, OS1 e OS2. Porém, é preciso que algumas ressalvas sejam realizadas antes de excluir itens de uma escala. Para Netemeyer *et al.* (2003), na fase da AFE é preciso ter cautela no processo de eliminação das variáveis. Segundo os autores, nessa fase de extração dos fatores, mesmo que as cargas tenham sido inapropriadas estatisticamente, é fundamental considerar a relevância do item em termos de conteúdo.

Com auxílio de um especialista e levando em consideração a importância do conteúdo de cada variável, as variáveis IM7, IM8 foram excluídas. Ressalta-se que a sugestão de exclusão dessas variáveis já havia sido apontada na fase de validação de conteúdo pelos especialistas,

porém foi decidido mantê-la para a fase da AFE por uma postura mais conservadora, como sugerido Ntemeyer *et al.* (2003). As variáveis MPS1 e MPS2 foram fundidas, levando-se em consideração a semelhança dessas assertivas. Portanto, as variáveis MPS4, IEM5, EAT1, SC3, SC4, SC6, SC12, MPS3, MPS5, PacM1, OS1 e OS2 foram mantidas.

As variáveis IEM5, SC6, SC12 e MPS4 apresentaram cargas próximas ao *cut-off* e seus conteúdos são importantes para o constructo da P+L. As variáveis EAT1 e PacM1 apresentam cargas abaixo do *cut-off* porém essas assertivas fazem parte de uma sub-dimensão (ver Quadro 20) com poucos itens. As variáveis SC3, SC4 e MPS3 possuem cargas baixas, porém com relevância de conteúdo. A variável MPS5 apresentou carga cruzada nos Fatores 1 e 2 e também possuem conteúdo relevante. Já as variáveis OS1 e OS2 apresentaram cargas acima de 0,90, porém compõem uma subdimensão composta de poucos itens.

Ressalta-se que não houve nenhuma comunalidade inferior a 0,50. Segundo Hair et al. (2009) comunalidades são as variâncias comum compartilhadas pelas variáveis. Segundo esses mesmos autores, comunalidades acima de 0,5 indicam que as variáveis possuem uma correlação relevante e podem pertencer a um mesmo fator.

Ressaltamos uma postura mais conservadora para concretizar a eliminação de um item da escala nesta etapa de purificação. Uma rigidez mais acentuada foi adotada na etapa de avaliação de confiabilidade e validade da escala, descrita na próxima seção. A tabela 3 apresenta a distribuição das cargas nos fatores extraídos.

Tabela 3 - Distribuição das cargas nos fatores extraídos

Item	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4
OS1*	0,98			
OS2*	0,92			
OF1	0,79			
SC8	0,77			
OS3	0,76			
SM2	0,72			
PacM3	0,71			
SM1	0,70			
RM2	0,67			
MPS5**	0,68	0,50		
RM1	0,64			
PacM2	0,57			
MPS6	0,50			
IEM6	0,50			
IEM8***	0,46			
MPS2***	0,46			
SC6***	0,45			
MPS3***	0,43			
EAT1***	0,40			
MPS1***	0,34			
EAT3		0,89		
SC7		0,71		
EC2		0,71		
SC10		0,67		

SC1	0,65			
SC9	0,63			
SC5	0,60			
EAT2	0,62			
SC2	0,54			
SC11	0,52			
IEM1	0,51			
PC1		0,82		
MP1		0,76		
EC1		0,73		
IEM4		0,68		
TC1		0,53		
RM3		0,50		
MPS4***		0,49		
SC12***		0,48		
IEM5***		0,46		
SC3***		0,44		
SC4***		0,43		
IEM7***		0,410		
PacM1***		0,36		
IEM3			0,66	
IEM2			0,63	
Porcentagem de variância explicada	66,26	1,76	1,13	1,0
Porcentagem de variância explicada Acumulada	66,26	68,02	69,15	70,15

Em que: *Item apresentou carga acima de 0,9, **Item apresentou cargas cruzadas, *** Item apresentou carga inferior ao *cut-off*.

A confiabilidade de cada item da escala foi testada a partir da aplicação de três testes: *Alpha de Cronbach's*, *inter-item correlation*, *corrected item-to-total correlation*. O Alpha de Cronbach's apresentou um valor de 0,988, o que supera o mínimo recomendado entre 0,65 e 0,70 (Devellis, 2003). O *inter-item correlation* demonstrou um valor de 0,651 e valores de *corrected item-to-total correlation* superiores a 0,5, valores esses considerados como satisfatórios por Hair *et al.* (2009). Todas as análises estatísticas usadas nesta etapa foram realizadas por meio do *software SPSS*⁸. A Tabela 4 apresenta as técnicas utilizadas na AFE e os resultados obtidos.

Tabela 4 - Resumo dos dados Empíricos (AFE)

	Técnicas	Resultados
Verificação da Adequação da Amostra	Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	0,981
	Teste de Esfericidade de <i>Bartlett's</i>	P-valor (0,000)
	Qui-Quadrado (χ^2)	13770,79
	Matriz Anti-Imagem (Measures of Sampling Adequacy)	Todos acima de 0,5
Extração dos Fatores	<i>Principal Axis Factoring</i> (PAF)	Não se Aplica
Rotação dos Fatores	Oblíqua – Promax	Não se Aplica
Escolha do Número de fatores	Autovalores maiores que 1	4 fatores
	Cargas Fatoriais < 0,5	

⁸ IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

Variáveis candidatas a exclusão	Cargas Cruzadas > 0,5 Comunalidades < 0,5	16 variáveis
Confiabilidade da Escala	Alpha de Cronbach's	0,988
	Inter-item correlation,	0,651
	Corrected item-to-total correlation	Valores acima de 0,5

Fonte: Dados da pesquisa

4.3.4 Análise de confiabilidade e validade da escala

Após realizarmos ajustes nos itens da escala mediante os resultados obtidos na AFE realizamos uma nova *survey* com gestores que atuam na área ambiental ou sustentabilidade em empresas. Para obter uma listagem desses profissionais utilizamos novamente a rede social LinkedIn. Selecionamos profissionais que atuavam ou tinham experiência nas seguintes áreas: gestão ambiental, gestão da sustentabilidade, consultor ambiental, consultor de sustentabilidade, técnico de meio ambiente, supervisor ambiental. Também foram selecionados perfis que descreviam o acúmulo de funções, exemplo: gestor de meio ambiente e segurança do trabalho, gestor da qualidade e meio ambiente. O instrumento de pesquisa e os processos de planejamento, condução e administração desta *survey* seguiram os mesmos procedimentos descritos na AFE.

Enviamos convites solicitando a participação na pesquisa para 5.800 profissionais. Após 30 dias de coleta de dados, foram enviados lembretes. Aguardamos mais 30 dias e encerramos o período de coleta. Recebemos 516 questionários. Utilizamos os mesmos procedimentos estatísticos para a análise da base de dados. Identificamos 229 casos com dados faltantes, 10 casos de *straight lines* e 39 *outliers* multivariados por meio da distância de *mahalanobis*. Obtivemos uma amostra final para análise de 238 casos.

Como tivemos duas ondas de recebimentos, testamos a possibilidade de viés da amostra. Na primeira onda, recebemos 160 questionários e após o 30º dia, recebemos mais 78 questionários. Realizamos dois testes estatísticos, um paramétrico (Teste-T de grupos de *Byers*) e um não paramétrico (*Mann-Whitney*). Ambos os testes apresentaram *p-value* superior a 0,05, indicando que a amostra não possuía viés.

Em relação ao perfil dos respondentes, verificou-se que 57% destes correspondem ao gênero feminino e 42% ao gênero masculino. Em relação à idade, 21% estão na faixa etária de 28 a 33 anos, seguido de 20% dos respondentes na faixa de 34 a 40 anos, e 20% na faixa etária de 51 a 60 anos. Em relação ao cargo, 50% dos respondentes são gestores ambientais. Em relação ao tempo de experiência desses gestores na área de sustentabilidade, tem-se que 37% destes possuem mais de 13 anos de experiência, seguidos de 21% com 8 a 12 anos de

experiência e 18% com 4 a 7 anos. Também foi investigado o porte das empresas que esses gestores atuam. Em relação à receita anual, 21% dos gestores trabalham em empresas com receita maior que R\$ 4,15 milhões até R\$ 207,5 milhões, 14% estão no quadro de funcionários de empresas com receita de até R\$ 4,15 milhões. É importante ressaltar que 23% dos respondentes alegaram não saber avaliar o quanto de receita suas empresas recebiam anualmente. A descrição do perfil dos profissionais também pode ser usada como um critério de validade e qualidade da amostra, uma vez que têm aderência com a temática central da pesquisa.

Para a análise de confiabilidade e validade da escala executamos uma AFC. Utilizamos a técnica de Mínimos Quadrados Parciais (*Partial Least Squares* - PLS) por meio do *software SmartPLS 3* (RINGLE; WENDE; BECKER, 2020). Seguimos as orientações de Bido (2019) para execução da AFC via PLS-SEM, ambiente para modelagem de equações estruturais. PLS tem sido usada recentemente para o desenvolvimento de escalas em Akter, D'ambra e Ray (2013), Chowdhury e Quaddus (2017), Merza, Zarantonello e Grappic (2018) e Scalco *et al.* (2020).

A escala foi preconcebida considerando que as dimensões e subdimensões da P+L estão fortemente correlacionadas. Dessa maneira o modelo de mensuração da AFC considerou as variáveis latentes como reflexivas. Ao assumir que os constructos da escala são reflexivos, adotamos o procedimento recomendado por Hair *et al.* (2014) para validação de constructos reflexivos. De acordo com Diamantopoulos e Winklhofer (2001), constructos reflexivos são formados por variáveis observáveis que possuem correlação entre si, diferentemente dos constructos formativos.

Para avaliar a consistência interna entre os itens de cada constructo foi utilizado como indicador a Confiabilidade Composta (CR⁹). Para avaliar a validade convergente foi usado como parâmetro a carga de cada item e a Variância Média Extraída (AVE¹⁰). A consistência interna entre os itens de cada constructo é confirmada quando $CR > 0,7$. A validade convergente é confirmada quando $AVE > 0,5$. O valor de AVE está relacionado com a carga de cada item do constructo, que deveria ser acima ou igual a 0,7 a fim de que a variável latente (constructo) explique uma parte substancial da variância de cada indicador. Cargas com valores situados entre 0.40 e 0.69 deveriam ser consideradas para uma possível remoção do modelo. Quando se exclui um indicador com carga baixa, ocorre um aumento de CR e AVE (HAIR *et al.*, 2014).

⁹ Do inglês *Composite Reliability (CR)*.

¹⁰ Do inglês *Average Variance Extracted (AVE)*.

A validade discriminante entre os constructos foi avaliada pela análise das cargas cruzadas (*cross loadings*) e pelo critério de *Fornell-Larcker*. No critério das cargas cruzadas, os itens deveriam apresentar uma carga maior no seu constructo correspondente do que nos outros constructos adjacentes. Justifica-se esse critério pois o objetivo da validade discriminante consiste em verificar se os fatores pertencentes a escala são diferentes um dos outros, por isso a necessidade de não haver cargas fatoriais muito elevadas em dois fatores. No critério de *Fornell-Larcker* a raiz quadrada de AVE em cada constructo deve ser maior do que as correlações com os demais constructos (HAIR *et al.*, 2014).

A estrutura do modelo de mensuração inicial considerou duas classes de constructos em relação às suas dimensões e subdimensões. Os constructos que possuíam subdimensões com quantidade mínima de 3 itens foram incluídos separadamente no modelo de mensuração. Isto ocorreu com as subdimensões Gestão ambiental Interna, Cadeia de Suprimentos e Conscientização e Treinamento de Funcionários, relativos à dimensão Boas Práticas de Produção, e as subdimensões Modificação do Produto e Modificação das Embalagens, relativos à dimensão Gestão do Produto. Os constructos Modificações dos Materiais de Entrada, Mudança de Tecnologia e de Equipamentos e Gestão de Resíduos foram incluídos no modelo de mensuração sem considerar as subdimensões uma vez que não atendiam a condição de possuir no mínimo 3 itens por constructo, conforme evidenciado por Shah e Goldstein (2006).

Foram realizadas inúmeras iterações no processo de avaliação do modelo de mensuração até que os critérios de avaliação de confiabilidade e validade se mostrassem satisfatórios. Em cada iteração houve a exclusão de itens a fim de se alcançar confiabilidade e validade dos constructos que compõem a escala. Para tanto, foram excluídos os itens RM3, EC2, IEM1, IEM2, IEM3, SC3, SC4, SC5, SC6, SC7, SC8, SC10, SC11, SC12, SM2, MP1, MPS4 e MPS5. Para avaliar a significância dos itens ($p < 0,01$) foi executado um *Bootstrapping* com 5000 subamostras. A Tabela 5 apresenta os resultados da validade convergente e confiabilidade do modelo final.

Tabela 5 - Validade Convergente e Confiabilidade dos constructos

Dimensões	Subdimensões	Item	Carga	t-valor	CR	AVE	Alfa de Cronbach
Mudança nos Materiais de Entrada	Não se aplica	RM1	0,887	51,92*	0,921	0,795	0,871
		RM2	0,885	50,32*			
		SM1	0,903	71,36*			
Boas Práticas de Produção	Conscientização e treinamento de Funcionários	EAT1	0,866	54,79*	0,895	0,739	0,823
		EAT2	0,886	55,61*			
		EAT3	0,826	31,48*			

Dimensões	Subdimensões	Item	Carga	t-valor	CR	AVE	Alfa de Cronbach
	Gestão ambiental Interna	IEM4	0,862	35,88*	0,907	0,766	0,847
		IEM5	0,892	56,59*			
		IEM6	0,871	43,02*			
	Cadeia de Suprimentos	SC1	0,92	87,61*	0,939	0,836	0,902
		SC2	0,919	72,91*			
		SC9	0,903	66,43*			
Gestão do Produto	Modificação da Estrutura do Produto	MPS1	0,895	62,25*	0,927	0,810	0,883
		MPS2	0,925	87,60*			
		MPS3	0,88	51,24*			
	Modificação das Embalagens	PacM1	0,908	66,52*	0,937	0,832	0,899
		PacM2	0,926	89,55*			
		PacM3	0,903	47,05*			
Modificação de Tecnologia e Equipamentos	Não se aplica	EC1	0,899	61,04*	0,921	0,795	0,871
		PC1	0,88	54,12*			
		TC1	0,897	59,76*			
Gestão de Resíduos	Não se aplica	OF1	0,838	41,57*	0,920	0,741	883
		OS1	0,879	54,00*			
		OS2	0,842	36,34*			
		OS3	0,883	43,48*			

Em que: *Sig. (p<0,01).

Como pode ser observado na Tabela 5 a validade e confiabilidade dos constructos foi confirmada uma vez que os valores obtidos de CR (>0,7) e AVE (>0,5) foram alcançados. A validade discriminante entre os constructos foi avaliada pela análise das cargas cruzadas (*cross loadings*) e pelo critério de *Fornell-Larcker*. As Tabelas 6 apresenta os resultados da validade discriminante, critério cargas cruzadas.

Tabela 6 - Validade discriminante: critério das cargas cruzadas

Constructos	Itens	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Mudança nos Materiais de Entrada (1)	RM1	0,887*	0,692	0,760	0,742	0,767	0,720	0,748	0,668
	RM2	0,885*	0,681	0,733	0,741	0,730	0,755	0,754	0,734
	SM1	0,903*	0,708	0,746	0,764	0,749	0,794	0,740	0,715
Conscientização e treinamento de Funcionários (2)	EAT1	0,682	0,866*	0,739	0,768	0,721	0,666	0,698	0,675
	EAT2	0,696	0,886*	0,710	0,763	0,729	0,639	0,719	0,637
	EAT3	0,625	0,826*	0,689	0,681	0,630	0,574	0,659	0,518
Gestão ambiental Interna (3)	IEM4	0,684	0,688	0,862*	0,746	0,743	0,659	0,756	0,612
	IEM5	0,744	0,717	0,892*	0,756	0,714	0,700	0,752	0,676
	IEM6	0,766	0,770	0,871*	0,780	0,770	0,768	0,749	0,720
Cadeia de Suprimentos (4)	SC1	0,769	0,776	0,820	0,920*	0,800	0,755	0,813	0,700
	SC2	0,778	0,790	0,796	0,919*	0,778	0,763	0,780	0,716
	SC9	0,756	0,790	0,770	0,903*	0,763	0,729	0,757	0,699
Modificação da Estrutura do Produto (5)	MPS1	0,734	0,675	0,706	0,720	0,895*	0,725	0,767	0,680
	MPS2	0,788	0,740	0,786	0,782	0,925*	0,769	0,781	0,712
	MPS3	0,744	0,764	0,798	0,800	0,880*	0,723	0,784	0,667
Modificação das Embalagens (6)	PacM1	0,749	0,667	0,741	0,750	0,793	0,908*	0,742	0,725
	PacM2	0,789	0,694	0,762	0,764	0,740	0,926*	0,741	0,732
	PacM3	0,785	0,636	0,717	0,727	0,713	0,903*	0,676	0,695
Modificação de Tecnologia e Equipamentos (7)	EC1	0,748	0,717	0,764	0,765	0,739	0,708	0,899*	0,650
	PC1	0,731	0,681	0,769	0,745	0,781	0,722	0,880*	0,685
	TC1	0,763	0,756	0,767	0,783	0,790	0,683	0,897*	0,648
Gestão de Resíduos (8)	OF1	0,635	0,599	0,660	0,640	0,649	0,673	0,634	0,838*
	OS1	0,716	0,591	0,659	0,654	0,654	0,673	0,626	0,879*
	OS2	0,671	0,643	0,666	0,695	0,658	0,671	0,658	0,842*
	OS3	0,703	0,620	0,655	0,666	0,666	0,693	0,634	0,883*

Em que: *Carga no constructo correspondente é maior do que nos constructos adjacentes.

Observando a Tabela 6, verifica-se que os itens apresentam uma carga maior no seu constructo correspondente do que nos outros constructos adjacentes. Na Tabela 7, observa-se que a raiz quadrada de AVE (em negrito na diagonal) em cada constructo é maior do que as correlações com os demais constructos. Desta forma a validade discriminante também foi confirmada, conforme critérios estabelecidos por Hair *et al.* (2014).

Tabela 7 - Validade discriminante: critério de *Fornell-Larcker*

Constructos	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Mudança nos Materiais de Entrada (1)	0,892*							
Conscientização e treinamento de Funcionários (2)	0,778	0,860*						
Gestão ambiental Interna (3)	0,837	0,830	0,875*					
Cadeia de Suprimentos (4)	0,840	0,859	0,870	0,914*				
Modificação da Estrutura do Produto (5)	0,840	0,808	0,849	0,853	0,900*			
Modificação das Embalagens (6)	0,849	0,730	0,812	0,819	0,821	0,912*		
Modificação de Tecnologia e Equipamentos (7)	0,838	0,806	0,860	0,857	0,864	0,790	0,892*	
Gestão de Resíduos (8)	0,792	0,712	0,767	0,771	0,763	0,787	0,741	0,861*

Em que: \sqrt{AVE}

Como medida de ajuste do modelo foi utilizado o *Standardized Root Mean Square Residual* (SRMR). Segundo Henseler *et al.* (2014) o SRMR é utilizado em modelos PLS como um indicador da qualidade de ajuste do modelo. Para Hu e Bentler (1999) o modelo é considerado como ajustado quando apresenta valores abaixo de 0,08. O modelo apresentou um valor de SRMR de 0,043, considerado satisfatório. Para Henseler *et al.* (2014) isso significa que erros de especificação do modelo foram evitados. A partir dos resultados apresentados pode se inferir que há evidência estatística suficiente que demonstra que a escala desenvolvida foi validada. A Tabela 8 apresenta todos os parâmetros utilizados no processo de realização da AFC.

Tabela 8 - Resumo dos Dados Empíricos (AFC)

Parâmetros	Escolhas
Técnica de Ajuste do Modelo	Mínimos Quadros Parciais
Software para Análises	Smart PLS v.3
Consistência Interna	Confiabilidade Composta (CR)
Validade Convergente	Carfas Fatorias > 0,7 AVE > 0,5
Validade Discriminante	Crítério das Cargas Cruzadas Crítério de Fornell-Lacker
Medida de Ajuste do Modelo	Standardized Root Mean Square (SRMR)

Fonte: Dados da pesquisa

4.3.5 Discussão

Após a realização de todas as etapas necessárias para a construção de uma escala, foi possível encontrar um modelo que apresentou um melhor ajuste em relação à teoria. Portanto, a escala de mensuração das práticas de P+L possui oito constructos mensurados a partir de 25

itens. Ressalta-se que as 43 variáveis iniciais foram resultantes do processo de AFE, sendo estas utilizadas nas análises de AFC. Com a finalização da análise fatorial confirmatória, 18 variáveis foram não confirmadas em um processo iterativo cujo objetivo consistiu na validação do modelo, a saber: RM3, EC2, IEM1, IEM2, IEM3, SC3, SC4, SC5, SC6, SC7, SC8, SC10, SC11, SC12, SM2, MP1, MPS4, MPS5.

Ao analisar as variáveis que foram não confirmadas pode-se apontar algumas causas de sua exclusão, além das causas estatísticas apontadas na seção anterior. A prática RM3 aborda a otimização do consumo de água no processo produtivo pelas empresas, a não confirmação deste item talvez tenha ocorrido porque nem toda empresa utiliza este recurso como insumo no seu processo produtivo.

A prática SM2 trata da substituição de combustíveis fósseis pelas empresas por fontes de energia mais renováveis. Van Berkel (2010) ressalta a importância da substituição de alguns materiais de entrada como os combustíveis fósseis, porém este quesito já está sendo abordado pela prática RM2, a qual relata a redução na utilização desse recurso.

A prática MP1 relata a necessidade das empresas aplicarem técnicas que retirem impurezas e/ou componentes tóxicos dos materiais. Destaca-se que essa prática caracteriza-se por ser bastante específica. Nem toda empresa possui *know-how* e/ou fluxo de caixa suficiente para aplicar tal prática. Oliveira *et al.*, (2017) corroboram este fato ao relatar que pequenas e médias empresas não possuem recursos financeiros suficientes para investir em práticas que necessitem de maiores custos. Essa observação já havia sido ressaltada por alguns gestores durante a aplicação dos questionários, porém a prática foi mantida devido a postura conservadora que adotamos na AFE.

A prática EC2 aborda a preocupação das empresas no que consiste aos riscos relacionados ao ambiente e as pessoas no planejamento de suas instalações. A não confirmação dessa variável não descaracteriza o constructo de Mudanças de Tecnologias e Equipamentos, pois as práticas EC1, TC1 e PC1 abordam, nessa ordem, a modificação de equipamentos, a melhoria e/ou substituição de tecnologias e a modificação de processos operacionais.

As práticas IEM1, IEM2 e IEM3, abordam, respectivamente, as temáticas de sistema de medição de desempenho, implantação de um sistema de gestão ambiental e certificação desse sistema. Aponta-se que essas práticas são muito específicas, pois nem toda organização possui um sistema de gestão ambiental e nem muito menos um sistema de medição de desempenho que contemple os riscos ambientais. E isso não aponta, necessariamente, que a empresa não aplica práticas voltadas a uma produção mais limpa. A prática IEM6 trata de forma mais geral a questão dos sistemas de medição de desempenho.

A prática SC3, que trata da utilização de tecnologias de informação e comunicação tradicionais e digitais talvez tenha sido não confirmada em função da aplicação de tecnologias digitais ainda não atingirem seu estado de maturidade, devido à quebra de paradigma da Indústria 4.0. Após a AFE, a assertiva estava redigida da seguinte forma “*A empresa utiliza tecnologias e/ou sistemas de informação e comunicação com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas*”. Avaliamos que era importante incluir na assertiva o advento das tecnologias digitais. Tínhamos duas opções: redigir duas assertivas, uma destacando as tecnologias de informação tradicionais e a outra destacando as tecnologias digitais, ou, agregar as duas características em uma única assertiva. Optamos pela segunda opção para não inflar a escala. Provavelmente tenha gerado algum viés no respondente, o que acarretou na exclusão do mesmo.

O item SC4 trata da “*aplicação contínua de práticas de melhoria contínua (ex: lean, seis sigma, PDCA)...*”. Embora vários trabalhos discorram sobre os efeitos sinérgicos entre o *Lean* e o *Green*, e idiossincraticamente a P+L, como nas pesquisas de Dakov e Novkov (2007), Dhingra e Das (2014) e Kurdve *et al.* (2014), talvez os respondentes não enxerguem tais iniciativas propriamente ditas como uma prática de P+L, embora, provavelmente reconheçam seus benefícios.

O item SC5 refere-se a “*considerar aspectos relacionados às pessoas e ao ambiente no projeto da rede logística (ex: localização do centro de distribuição, estoque, transportes multimodais, etc.)*”. A não confirmação deste item talvez revele que, possivelmente os gestores da área ambiental não possuem uma visão holística em considerar o planejamento de ações que reduzam, evitem ou previnam a ocorrência de impactos ambientais em toda a cadeia. Ou ainda, que não considerem esta prática como pertencente à P+L, mas sim a Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde ou Sustentável. Este comportamento também é observado na Gestão de Operações. Há confusão por parte de praticantes e até mesmo da Academia, em estabelecer uma fronteira entre o Planejamento e Controle da Produção e a Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos. Em nossa visão, no mínimo essa zona fronteira é nebulosa. Acreditamos que são processos de negócios que se interagem e se sobrepõem visando atingir a satisfação do consumidor final, conforme visão estabelecida por Mentzer *et al.* (2008).

A prática SC6 e SC7 abordam o tema da logística reversa considerando fornecedores, clientes e consumidores finais, assim como aspectos relacionados à seleção e avaliação de fornecedores. A não confirmação destes itens talvez tenha ocorrido pelos mesmos motivos descritos no parágrafo anterior. Estas evidências precisam ser investigadas, mas é importante

frisar que um caminho natural da P+L é expandir as fronteiras organizacionais tanto intraorganizacionais quanto interorganizacionais. Quebrar silos é preciso!

O item SC8 trata da compra de resíduos (*by-products*). Essa abordagem é relevante principalmente por estar relacionadas a temas como Ecologia Industrial, porém a prática OF1 também aborda essa mesma temática na perspectiva de venda de resíduos.

As práticas SC10 e SC11 abordam, respectivamente, *os processos de compra, movimentação, armazenagem e controle dos estoques; e a participação de clientes e consumidores finais na redução dos riscos ao ambiente e as pessoas*. A prática SC12 aborda *o envolvimento de consumidores e/ou fornecedores no processo de desenvolvimento de produtos*. Consideramos os mesmos motivos para a não confirmação destes itens conforme supracitado na discussão dos itens SC5, SC6 e SC7.

No constructo Modificação da Estrutura dos Produtos, duas práticas foram excluídas: MPS4 e MPS5. A MPS4 aborda *a utilização de práticas de extensão da vida útil dos produtos*. Uma possível explicação para a exclusão dessa prática, é o fato dos respondentes considerarem que os itens MPS1 e MPS2 já contemplam essa temática ao mencionar práticas que envolvem a modificação do formato e/ou composição do material, assim como a otimização do número de componentes e/ou materiais. Destacamos também que os especialistas já haviam apontado a redundância entre essas práticas.

A prática MPS5 refere-se a ações voltadas para “a pesquisa e desenvolvimento de materiais”. Nota-se que esse item é muito específico, pois nem toda empresa possui *know-how* para pesquisar e desenvolver materiais que causem menos impactos ambientais, como mencionado pela pesquisa de Oliveira *et al.*, (2017). Tais empresas, por exemplo, podem comprar esses materiais de seus fornecedores sem precisar desenvolvê-los. A versão final da escala validada é descrita no Quadro 21.

Quadro 21– Escala Final Validada

Dimensão	Subdimensão	Práticas de P+L
Modificação nos Materiais de Entrada	Não se aplica	A empresa reduz continuamente a quantidade dos materiais utilizados no processo de produção, o que inclui matérias-primas e/ou materiais auxiliares (ex: colas, graxas, lixas, lubrificantes, etc.) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa reduz continuamente a utilização de combustíveis fósseis no seu processo de produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa substitui continuamente os materiais utilizados no processo de produção, o que inclui matérias-primas e/ou materiais auxiliares (ex: colas, graxas, lixas, lubrificantes, etc) por materiais menos tóxicos, renováveis, recicláveis e biodegradáveis com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
Mudança de Tecnologia e de Equipamentos	Não se aplica	A empresa modifica continuamente os equipamentos de produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa continuamente aplica práticas com o objetivo de substituir e/ou melhorar a tecnologia de produção e assim aumentar a eficiência da produção e reduzir os riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa modifica continuamente os procedimentos operacionais da produção (ex: temperatura, PH, pressão, dosagem, etc) com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
Boas Práticas de Produção	Gestão Ambiental Interna	A empresa possui um programa contínuo de manutenção de suas máquinas e equipamentos com o objetivo de tornar o processo mais eficiente e reduzir os riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa gerencia de forma contínua e sistemática o consumo de energia do processo de produção
		A empresa avalia continuamente as práticas de produção mais limpa implantadas com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
	Conscientização e Treinamento de Funcionários	A empresa promove ações de treinamento contínuo de seus funcionários em relação a Produção mais Limpa
		A empresa emprega continuamente ações que incentivam seus funcionários a reduzirem os riscos ao ambiente e as pessoas ocasionados por suas atividades (Ex: a partir de promoções)
		A empresa oferece condições de trabalho satisfatórias aos seus trabalhadores (ex: condições físicas adequadas, jornada de trabalho adequada, plano de cargos, carreiras e salários adequados, etc.)
	Cadeia de Suprimentos	A empresa considera aspectos relacionados as pessoas e ao ambiente na seleção do sistema de manufatura com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa considera continuamente restrições ambientais no planejamento e controle da produção com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa colabora e/ou desenvolve continuamente os fornecedores chaves com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
Gestão de Produto	Modificação do Produto	No projeto do produto a empresa modifica continuamente o formato (design) e/ou a composição do material com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas

Dimensão	Subdimensão	Práticas de P+L
		No projeto do produto a empresa otimiza continuamente o número de componentes e/ou materiais utilizados com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa avalia continuamente os impactos relacionados as pessoas e ao ambiente que podem ocorrer durante a utilização dos produtos e/ou serviços pelos usuários com o objetivo de reduzir os riscos ao ambiente e as pessoas
	Modificação de Embalagens	No projeto de suas embalagens (primárias e/ou secundárias e/ou terciárias), a empresa utiliza continuamente práticas que objetivam otimizar a quantidade utilizada com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		No projeto de suas embalagens (primárias e/ou secundárias e/ou terciárias), a empresa promove ações contínuas direcionadas a reciclagem e/ou remanufatura e/ou reutilização destas com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
Gestão de Resíduos	Não se aplica	A empresa reutiliza continuamente seus resíduos sólidos (ex: embalagens danificadas, matéria-prima e produtos com defeitos, refugos, etc.), e /ou líquidos (ex: óleo, chorume, águas residuais, etc.) e/ou gasosos (ex: CO2, etc.) no mesmo processo de produção no qual foram gerados e/ou em outra aplicação útil dentro da empresa com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa recicla continuamente seus resíduos sólidos (ex: embalagens danificadas, matéria-prima e produtos com defeitos, refugos, etc.), e/ou líquidos (ex: óleos, chorume, águas residuais, etc.) e/ou gasosos (ex: CO2, etc.) no mesmo processo de produção no qual foram gerados e/ou em outra aplicação útil dentro da empresa com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa reprocessa (remanufatura e/ou recondiciona) continuamente seus resíduos sólidos (ex: embalagens danificadas, matéria-prima e produtos com defeitos, refugos, etc.), e/ou líquidos (ex: óleos, chorume, águas residuais, etc.) e/ou gasosos (ex: CO2, etc.) no mesmo processo de produção no qual foram gerados e/ou em outra aplicação útil dentro da empresa com o objetivo de aumentar a eficiência da produção e a redução dos riscos ao ambiente e as pessoas
		A empresa transforma continuamente seus resíduos (by-products) em produtos que podem ser vendidos como insumos para outras empresas

Fonte: Dados da Pesquisa.

Em relação a dimensão que mensura as práticas relacionadas a Modificação dos materiais de entrada, ressalta-se que a implantação da P+L pelas empresas envolve a utilização, de forma mais eficiente possível, da matéria-prima e dos outros recursos de entrada do sistema produtivo. Isso inclui a redução na quantidade de consumo desses recursos, como também a necessidade de analisar a substituição de materiais tóxicos por não tóxicos (OZBAY; DEMIRER, 2006; VAN BERKEL, 2010; KLEMES *et al.*, 2012).

Ferramentas como a Avaliação do Ciclo de Vida do Produto podem auxiliar no processo de análise da redução e/ou substituição desses materiais, indicando assim os processos que mais consomem matéria-prima e materiais auxiliares, assim como processos que causam mais impactos ambientais (HAMED; MAHGARY, 2004; FRESNER; KRENN, 2018; BONILLA *et al.*, 2010; AGUILAR *et al.*, 2018).

Dentre a gama de práticas relacionadas a P+L, as práticas condizentes a redução e/ou substituição dos materiais de entrada devem ser as primeiras práticas candidatas a serem implantadas. A partir de um mapeamento do processo de produção detalhado e um relacionamento mais estreito com os fornecedores, é possível que as empresas reduzam a necessidade de matéria-prima e/ou substitua esses materiais por outros menos tóxicos, biodegradáveis, recicláveis. Essas modificações são relevantes pois, segundo Yusup *et al.* (2014a), a etapa de extração da matéria-prima é uma das etapas que mais causam impactos ambientais.

No que consiste a dimensão que aborda a Modificação de tecnologias e equipamentos, Van Berkel (2010) alerta da importância de modificar e/ou substituir, quando possível, equipamentos e tecnologias utilizados pela produção com o objetivo de reduzir, por exemplo, o consumo de energia e os impactos ambientais. Para tanto, autores como Shi *et al.* (2003), Zilahy (2004) e Sark e Sena (2017), apontam a necessidade das empresas possuírem recursos financeiros para o planejamento e implantação dessas modificações, assim como a realização de estudos detalhados sobre a viabilidade técnica, financeira e ambiental desses novos equipamentos e tecnologias. Gonçalves *et al.* (2018) complementam afirmando a respeito da importância da maturidade tecnológica da empresa.

Apesar dessas práticas serem relevantes, é importante ressaltar que algumas empresas poderão ter dificuldades em implantar essas práticas. Pequenas e Médias Empresas (PMEs), por exemplo, geralmente não possuem capital suficiente e/ou suporte técnico para investir em novas tecnologias e/ou modernizar seus equipamentos de produção. Silva *et al.* (2008) corroboram com essa afirmação ao apontarem os fatores financeiros como uma das principais barreiras das PMEs na implantação das práticas de P+L.

Outra discussão relevante, é que dependendo do tipo de processo de produtivo, algumas empresas ainda se encontram reféns das tecnologias de controle da poluição, pois tecnologias mais avançadas que objetivam a prevenção desses resíduos ainda não foram desenvolvidas.

Ainda em relação a Modificação de tecnologias e equipamentos, ressalta-se a relevância da modificação dos procedimentos operacionais do processo produtivo. Para a aplicação dessa prática é necessário que a empresa tenha uma visão sistemática de todos os processos de produção. Com o mapeamento dos processos, é possível não só a modificação dos procedimentos operacionais, como também a inclusão de técnicas de controle e medição (KLIPOVA; STANISKIS, 2006; GONÇALVES FILHO *et al.*, 2018; KLEMES *et al.*, 2012).

No que consiste a dimensão Boas Práticas de Produção, ênfase na gestão ambiental interna, Ozbay e Demirer (2006) e Ozturk *et al.* (2016) ressaltam a importância da aplicação de práticas que visam a redução do consumo de energia. Esses autores citam como uma das possibilidades a implantação de um programa de manutenção de máquinas e equipamentos, possibilitando assim benefícios ambientais e financeiros para as empresas.

São várias as pesquisas que descrevem práticas relacionadas a redução do consumo de água e energia nos processos de produção, como por exemplo as pesquisas de Wasserman *et al.* (2017), Wang *et al.* (2019) Zmami e Ben-Salha (2019) e Venkatraja (2019). Uma das possíveis justificativas da maior frequência de utilização dessas práticas consiste na redução, a curto prazo, dos custos das empresas e dos impactos ambientais, principalmente na redução da geração de CO₂. Geralmente são práticas que não exigem grandes investimentos da empresa e que seu processo de implantação não é muito complexo.

Outra prática relacionada à gestão ambiental interna consiste na avaliação contínua das práticas de P+L. Esse processo de avaliação envolve a documentação de todas as práticas de P+L implantadas pela empresa, o que inclui os detalhes do processo de implantação, as dificuldades enfrentadas e implantação de indicadores que acompanham os principais resultados alcançados. Com isso, é possível avaliar e monitorar as práticas implantadas, sugerindo assim possibilidades de melhorias (SAGE, 2000; FORE; MBOHWA, 2009; WANG; YAO, 2010; TSENG *et al.* 2009; SARK; SENA, 2017). Ressaltamos a possibilidade de emprego de Sistemas de Medição de Desempenho à luz do advento da Indústria 4.0. Tecnologias como *Big data Analytics* e Internet das Coisas (IOT) poderão constituir mecanismos preventivos e preditivos no monitoramento de processos (HWANG *et al.*, 2016; MELLO; MARTINS, 2019; YIN; QIN, 2019).

Para a implantação dessas práticas é fundamental que as empresas possuam uma gestão da informação e do conhecimento eficiente. Para a melhoria contínua das práticas de P+L é

preciso acompanhar os resultados (financeiros e ambientais) de todas as práticas implantadas. Isso permitirá a empresa ampliar a utilização das práticas que obtiveram bons resultados e/ou eliminar as práticas que não apresentaram resultados satisfatórios. Dependendo da realidade da empresa, algumas práticas se adaptam melhor ao seu modelo de negócio.

Em relação à subdimensão Conscientização e treinamento de funcionários, são várias as pesquisas que relacionam o sucesso da implantação da P+L com o treinamento, incentivo e conscientização de todos os funcionários da empresa em relação aos benefícios da implantação dessa estratégia. Nesta perspectiva, é preciso treinar e conscientizar os trabalhadores em relação aos conceitos da P+L, seus objetivos e princípios, suas práticas e seus principais benefícios. Esse treinamento deverá ser realizado com trabalhadores dos diversos setores da empresa (chão-de-fábrica, marketing e Vendas, desenvolvimento de produtos e Engenharia, Recursos Humanos, Finanças, entre outros) e fora dela, envolvendo clientes e fornecedores, alinhados numa estratégia sustentável para a cadeia como um todo. Após o treinamento, é fundamental que a empresa forneça autonomia para seus funcionários no que consiste a tomada de decisões relacionadas a melhoria do processo e do produto (GAUTAM *et al.*, 2008; HENRIQUES; CATARINO, 2015; TEIXEIRA *et al.*, 2016; PADDA; ASSIM, 2019; BHUPENDRA; SANGLE, 2016; PUSPORINI; VANANY, 2018).

Cabe destacar a importância da conscientização de pessoas que se encontram nos altos cargos das empresas, cita-se como exemplo os CEO's, em relação a relevância dos benefícios ambientais e financeiros ao se adotar as práticas de P+L. Sem a conscientização desses profissionais, a probabilidade do sucesso de implantação dessa estratégia ambiental é reduzida. Ou seja, estratégias de prevenção a poluição precisam estar na cultura das empresas.

Na dimensão Boas práticas de produção, ressalta-se novamente a importância de práticas que envolvam aspectos relacionados à gestão da cadeia de suprimentos. Guo *et al.* (2006) discorrem que uma das bases da P+L consiste na avaliação do planejamento e controle da produção, o que inclui também a seleção do sistema de manufatura. Outra prática relevante é a colaboração e desenvolvimento de fornecedores. Hoof e Thiell (2015) e Van Berkel (2007) descrevem que o processo de colaboração e desenvolvimento desses *stakeholders* envolve a divulgação das práticas de P+L, assim como, quando possível, o fornecimento de uma assistência técnica durante o processo de implantação dessa estratégia.

O estabelecimento de parcerias com fornecedores é fundamental para a disseminação das práticas de P+L ao longo da cadeia de suprimentos. Principalmente no atual momento em que se encontra o mundo em relação a pandemia do COVID-19. Nesse cenário, a quantidade

de produto se torna mais escassa e a necessidade de parcerias entre clientes e fornecedores é salutar.

Já as práticas relacionadas à Modificação da estrutura do produto, uma subdimensão da Gestão de Produto, estão voltadas para a modificação do formato do produto, da composição do material utilizado, assim como a modificação dos componentes utilizados. Van Berkel (2010) aponta como uma das práticas essenciais da P+L a reformulação dos produtos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados por estes. Li e Hamblin (2016) alertam que as modificações do produto necessitam estar alinhadas com as modificações dos processos de produção, para que assim a P+L seja de fato mais efetiva. Autores como Lopes *et al.* (2018), Zadeh *et al.* (2018) e Nunes *et al.* (2019) apontam que ferramentas da qualidade como: ciclo PDCA, diagrama de Pareto e 5W2H são úteis na reformulação de produtos e processos.

Essas práticas são relevantes pois são consideradas como práticas do estado da arte em P+L. Para a redução e/ou eliminação dos impactos ambientais é preciso que as empresas reavaliem os produtos que estão produzindo, seja em termos de volume e variedade. A implantação da P+L passa, necessariamente, por uma análise do produto que está sendo produzindo e dos processos necessários para a sua produção.

No que consiste as práticas de Modificação de embalagens, é de fundamental importância que as empresas apliquem práticas voltadas para a otimização da quantidade utilizada desses materiais, reciclagem e/ou reutilização, assim como a substituição desses insumos por materiais biodegradáveis. Ressaltamos que a literatura de P+L geralmente dá maior ênfase na embalagem primária. Destacamos mais uma vez a necessidade de ampliar essa discussão à luz da Logística Integrada que trata da utilização de materiais para embalagens secundárias e terciárias, voltados ao manuseio, movimentação e armazenagem de produtos e componentes. Há uma lacuna importante no desenvolvimento de materiais alternativos e práticas de gestão que minimizem o impacto ambiental e também projeto de situações produtivas que minimizem o esforço do trabalhador. Há potencial inclusive para o emprego e tecnologias digitais, como é o caso da gamificação em projetos de ergonomia, conforme ressaltado por Paravizo e Braatz (2019).

Embalagens são consideradas como qualquer material usado para conter, proteger, manusear, entregar e apresentar produtos. A discussão de práticas que objetivam a redução da quantidade de embalagens é relevante, pois uma grande quantidade dos resíduos industriais e domésticos são advindos de embalagens, principalmente embalagens plásticas. Apesar de sua imensa utilidade, os plásticos podem causar resíduos que afetam seriamente os ecossistemas e a saúde humana (UNEP, 2016; UNEP, 2020). Merece destaque nesse contexto a Logística

Reversa de pós-consumo. Conforme ressaltando anteriormente essa prática não foi validada na versa final da escala. Há que se promover um esforço de conscientização dessa prática aos gestores da P+L, uma vez que devem considerar as ações de P+L não só nos limites da empresa, mas além de suas fronteiras organizacionais. Há espaço também para sinergia de estratégias voltados à ampliação do ciclo de vida da embalagem e ações que promovam maior circularidade desses “resíduos” entre os elos da cadeia.

No que tange a dimensão Gestão de Resíduos, é fato que a estratégia da P+L está pautada na redução da geração desses poluentes. Todas as práticas até aqui discutidas têm como objetivo a redução e/ou eliminação dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Porém, quando não é possível a total eliminação desses resíduos, as práticas relacionadas à gestão de resíduos são relevantes. Para Ozbay e Demirer (2006), é também função da P+L facilitar os processos de reciclagem, reuso e remanufatura dos resíduos gerados pelo processo produtivo. Esses autores ainda alertam da importância de se utilizar os resíduos, quando cabível, como insumos a serem vendidos para outras empresas (*by-products*).

Como pode ser percebido na discussão efetuada, percebe-se que há uma inter-relação considerável entre práticas de diversas dimensões e subdimensões, constituindo assim o aspecto multifacetado da P+L, contemplado pela escala desenvolvida.

4.4 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo central a criação de uma escala que fosse capaz de representar a estrutura multidimensional da P+L em práticas. Inúmeros trabalhos representaram os constructos referentes à P+L, mas de forma limitada, uma vez que o fizeram com poucos itens ou não estruturadas de acordo com as dimensões de P+L preconizadas pelo UNEP.

Os gerentes industriais e pesquisadores precisam pautar sua atuação a partir de pesquisas cujos resultados sejam validados pelo rigor do método científico empregado. Este trabalho merece destaque ao utilizar uma abordagem metodológica robusta e sistemática no desenvolvimento de um instrumento de mensuração multidimensional das práticas da P+L nas empresas.

A adoção da escala por Pesquisadores (*Scholars*) permitirá representar de maneira mais fidedigna o aspecto multidimensional da P+L, captando de maneira mais precisa as práticas implantadas pelas empresas, o estágio de implantação, e se for o caso, e seu efeito no tocante à sustentabilidade corporativa.

Os gerentes industriais poderão utilizar esse instrumento como uma ferramenta de diagnóstico para identificar áreas específicas da empresa que precisam de melhoria e mudança, e assim, racionalizar os investimentos na P+L. Essas áreas podem estar relacionadas à Gestão dos materiais de entrada, à Gestão dos equipamentos e tecnologias, à Gestão das boas práticas de fabricação, incluindo aspectos de Gestão ambiental, Treinamento e conscientização de funcionários, Cadeia de suprimentos, Gestão de produtos e embalagens e Gestão de resíduos. A escala pode ser utilizada ainda como uma abordagem de *benchmarking* do setor. A compreensão do estágio em que cada empresa se encontra em relação à P+L poderá disparar ações corretivas, preventivas e preditivas para a sustentabilidade corporativa.

Destacamos que a escala consiste de 25 práticas, o que torna a aplicação do instrumento menos exaustiva e mais eficiente, acarretando em maior a probabilidade de adoção pelos praticantes.

Como oportunidade de pesquisas futuras destacamos a possibilidade de aplicar esta escala em estudos causais explicativos que mensurem a relação da P+L com temas emergentes, como a relação com a Economia Circular, a Indústria 4.0 e Servitização. Importante se faz compreender também a relação da P+L com outras abordagens de gestão, como o *Lean*, o Seis Sigma ou o *Lean Seis Sigma*. É necessário também compreender a expansão da P+L além das fronteiras organizacionais, complementando ou até sobrepondo outras abordagens como a Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde ou Sustentável.

Aos Periódicos com seletiva política editorial e Avaliadores de Órgãos de Fomentos à Pesquisa encorajamos maior apelo ao desenvolvimento de novas escalas em Gestão de Operações & Sustentabilidade. Esse tipo de pesquisa necessita de amplos recursos para sua operacionalização. Recomendamos também esforços de pesquisa para validação de escalas em outros idiomas além do usado na publicação, geralmente o inglês. Geralmente os pesquisadores da área de gestão de operações não empregam procedimentos sistemáticos para a tradução e validação de uma escala em outro idioma, o que é realizado pelos pesquisadores da área de psicologia de forma excelente. A principal limitação deste estudo refere-se à utilização de uma amostra não probabilística nas *surveys* realizadas. Esse efeito foi minimizado nas duas *surveys* realizadas pelo fator de a amostra de análise ter isso composta por uma quantidade razoável de casos.

5 CONCLUSÃO

Esta tese teve como objetivo o desenvolvimento de uma escala para mensurar o nível de implantação das práticas de P+L nas empresas.

Primeiramente foi necessário desenvolver uma revisão sistemática da literatura para analisar o estado da arte em relação a P+L. Essa revisão teve como principais resultados a sistematização das práticas implantadas pelas empresas e descritas pela literatura nas dimensões pautadas pelo UNEP (Modificação dos Materiais de Entrada, Mudança de Tecnologia e Equipamentos, Boas Práticas de Produção, Modificação de Produto, Gestão de Resíduos), a sistematização das etapas e sub-etapas necessárias para a implantação da P+L, assim como a sistematização dos constructos utilizados pela literatura para avaliar a P+L.

Destaque também para a descrição dos principais aspectos que influenciam o processo de implantação, a saber: fatores críticos de sucesso, pressões institucionais, barreiras a implantação, necessidade de disseminar a P+L ao longo cadeia de suprimentos, e a importância da utilização de conceitos e ferramentas de gestão para a implantação dessa estratégia ambiental. Porém, ressalta-se que o principal resultado dessa revisão foi a falta de artigos que demonstrassem um processo robusto de desenvolvimento de escala em P+L.

A partir dos resultados da revisão sistemática foi possível amadurecer o entendimento de cada prática da P+L, analisando assim suas principais características, principais barreiras de implantação, quais destas práticas necessitavam de um maior investimento financeiro e maturidade tecnológicas das empresas, assim como relacionar as práticas a cada dimensão estabelecida pela UNEP, e o desenvolvimento de sub-dimensões. Com isso, foi possível realizar as etapas seguintes do processo de construção da escala, especificação dos domínios teóricos e definição operacional dos constructos, e geração dos itens.

Com a validação de face (conteúdo) do instrumento, realizada a partir da validação de três grupos distintos de especialistas, o que incluiu acadêmicos e gestores, foi possível realizar a etapa de pré-teste e purificação da escala. Feito isto, e com as devidas modificações necessárias, o instrumento passou por análises de confiabilidade e validade. O resultado foi a criação de uma escala contendo 25 práticas as quais representam os seguintes constructos da P+L: modificação dos materiais de entrada, mudança tecnológica e modificação de equipamentos, boas práticas de produção (gestão ambiental interna, cadeia de suprimentos, conscientização e treinamento dos funcionários), gestão do produto (modificação da estrutura e modificação das embalagens) e gestão de resíduos.

A partir da utilização de um processo rigoroso de desenvolvimento de escala, afirma-se a relevância desse instrumento em termos teóricos e práticos. A principal relevância teórica consiste no desenvolvimento de uma escala multidimensional que mensura a adoção das práticas de P+L nas empresas, suprimindo assim um *gap* da literatura.

Em termos práticos, a utilização da escala pelas empresas servirá como um instrumento de diagnóstico o qual apontará quais são os tipos de práticas de P+L mais adotadas. A partir desse diagnóstico, as empresas poderão estabelecer estratégias que visam implantar as práticas menos adotadas. Com a implantação das práticas de P+L, as empresas poderão se beneficiar com a redução dos poluentes e emissões gerados pelo seu processo produtivo, redução dos custos relacionados aos passivos ambientais, melhoria na eficiência da produção e melhoria da sua imagem perante seus clientes e a sociedade.

Com a percepção desses benefícios, existe uma possibilidade maior dessas organizações se tornarem mais engajadas com a sustentabilidade de suas operações, impulsionando assim uma melhoria contínua dessas práticas. Destaca-se também a possibilidade de utilização da escala como uma ferramenta de Benchmarking para comparar as práticas utilizadas entre empresas do mesmo setor e de setores distintos. De acordo com a sua característica multifacetada, essa escala poderá ser aplicada não só em um contexto interno das empresas mas também em um contexto que envolve outros elos da cadeia de suprimentos, já que o instrumento contém práticas que abordam a interação com esses atores.

Ressalta-se que a utilização da escala não se restringe apenas ao ambiente empresarial. Órgãos governamentais, local e nacional, assim como instituições do terceiro setor poderão utilizar essa ferramenta como um dos métodos de divulgação da P+L para a sociedade, assim como utiliza-la como base para a criação de manuais, regulamentações ou até mesmo leis que visam facilitar a implantação da P+L.

É importante ressaltar a necessidade das empresas utilizarem práticas que visam reduzir os impactos ambientais e sociais causados por suas atividades de produção e consumo. Como um dos principais agentes causadores das emissões de poluentes, as indústrias precisam se conscientizar que o modelo econômico atual, que visa apenas o aumento da produção e do lucro, afetando a saúde e qualidade de vida dos demais membros da sociedade, precisa acabar.

É evidente os efeitos negativos proporcionados por esse modelo atual. Uma dessas evidências é a redução da eliminação de poluentes causada pela diminuição das atividades industriais e circulação de veículos automotores, como uma das consequências da paralisação proporcionada pela pandemia do COVID-19.

Portanto, é necessário desenvolver um sistema econômico pautado em temas como a utilização eficiente de recursos e produção mais limpa, economia circular, economia solidária, dentre outras temáticas sócio-ambientais.

Nesta perspectiva, a escala desenvolvida encontra-se coerente com discussões que tratam da necessidade da transição mundial de uma economia baseada no aumento da produção e consumo para uma economia verde (*green economy*), principalmente porque aborda práticas voltadas para a eficiência na utilização dos recursos.

5.1 Limitações e dificuldades da Pesquisa

Em termos de limitações dessa pesquisa, destacamos à utilização de uma amostra não probabilística nas *surveys* realizadas. Acredita-se que esse fato tenha sido minimizado pois recebemos uma quantidade razoável de casos, 261 casos válidos na primeira survey e 238 casos válidos na segunda. Outra limitação encontra-se na aplicação do questionário na fase dos gestores. O instrumento foi aplicado apenas com gestores que possuíam experiência na área ambiental e de sustentabilidade, uma possibilidade seria, aumentando assim a confiabilidade das respostas, também aplicar com gestores de produção e operações. A visão em relação as práticas desses dois tipos de gestores podem ser distintas, proporcionando assim algum viés na pesquisa. Questionamos, por exemplo, se a survey também fosse aplicada com gestores de produção e operações, o número de prática que permaneceriam na escala ainda seria o mesmo. Por esta pesquisa ter uma característica mais exploratória, acreditamos que esse viés apontado possa ser minimizado.

Como principal dificuldade, apontamos a etapa da coleta de dados nas duas surveys. Apesar da taxa de resposta ter sido razoável, encontramos dificuldades em convencer pesquisadores e gestores a participarem da pesquisa. É preciso que haja no país um maior incentivo a participação de pesquisas científicas.

5.2 Pesquisas Futuras

Como pesquisas futuras sugerimos a possibilidade de aplicar esta escala em estudos causais explicativos que mensurem a relação da P+L com temas emergentes, como a relação com a Economia Circular, a Indústria 4.0 e modelos de negócios que envolvam serviços (Servitização). Importante se faz compreender também a relação da P+L com outras abordagens de gestão, como o *Lean*, o Seis Sigma ou o *Lean Seis Sigma*. Sugerimos também a utilização

de variáveis moderadoras, como por exemplo, o tamanho e setor da empresa, para a realização de testes de hipótese relacionados ao desempenho da empresa em relação a implantação da P+L.

É necessário também compreender a expansão da P+L além das fronteiras organizacionais, complementando ou até sobrepondo outras abordagens como a Gestão da Cadeia de Suprimentos Verde ou Sustentável. Outra sugestão de pesquisa futura é a ampliação da escala de uma perspectiva ambiental para uma perspectiva social. Ou seja, incluir práticas relacionadas a P+L que estejam mais direcionadas a dimensão social da sustentabilidade.

Como descrito na Seção 5.1, incentivamos que para a fase de validação da escala também seja utilizado gestores com experiência na área de gestão de operações, proporcionando assim uma maior robustez a essa etapa. Um caminho natural dessa pesquisa é aplicar o instrumento em diferentes empresas, não só em relação ao tamanho destas mas também ao setor. Tendo como prioridade os gerentes ambientais, gerentes de sustentabilidade e os gerentes de produção e operações como população que irá responder os itens da escala. Com isso, poderemos verificar o nível de adoção das práticas e apresentar uma classificação instantânea das empresas em relação a P+L.

REFERÊNCIAS

- ABBASIAN, E.; SOURI, A. The Inefficiency of Energy Pricing Policy: The case of Iran. **Int. J. Environ.Res.** v. 13, p.943-950, 2019.
- AGAMI, N.; SALEH, M.; RASMY, M. Supply chain performance measurement approaches: review and classification. **Journal of Organizational Management Studies**,v.20,n.12, p. 1-20, 2012.
- AGUILAR,C.;PANAMENO,R.;VELAZQUEZ,A.;ALVAREZ,B.;KIPERSTOK,A.;CÉSAR,S .Cleaner production applied in a small furniture industry in Brazil: addressing focused changes in design to reduce waste. **Sustainability**, v.9, p.1867-1884, 2017.
- AGWA-EJON,J.; FORE, S. Challenges faced by SMEs in developing countries in implementing Cleaner Production (CP). **Advanced Materials Research**, v.367,p.257-263, 2012.
- AHI,P.S.; SEARCY,C.T. An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains. **Journal of Cleaner Production**, v.86,n.86, p.360-377, 2015.
- AHIRE, S.; DEVARAJ. An empirical comparison of statistical construct validation approaches. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.48,n.3,p.1-11, 2001.
- AHMAD, K.; ZABRI,S.The deployment of performance measurement system under the supply chain management environment: the case of Malaysian manufacturing companies. **Management and Production Engineering Review**,v.9,n.1,p.3-12, 2018.
- AKMAN, G. Evaluating suppliers to include green supplier development programs via fuzzy c-means and VIKOR methods. **Computers & Industrial Engineering**, v.86, p.69–82, 2014.
- AKTER, S.; D’AMBRA, J.; RAY, P. Development and validation of an instrument to measure user perceived service quality of mHealth. **Inf. Manag**, v.50, n.4, p.181–195, 2013.
- ALEXANDER,H.; ALEXANDER,M.; TZENG, O. Designing semantic differential scales for a universe of the near environment – chairs. **Home economics research journal**, v.6, n.4,1978.
- ALLEN,D,T.; ROSSELOT, K, S. Pollution prevention at the Macro Scale: flows of wastes, industrial ecology and life cycle analyses. **Waste Management**, v.14,n.3-4,p.317-328, 1994.
- ALTHAM, W. Benchmarking to trigger cleaner production in small business: drycleaning case study. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p.798-813, 2007.
- AL-YOUSFI, A. Cleaner production for sustainable industrial development: concept and applications. **Practical periodical of hazardous, toxic, and radioactive waste management**, v.8, p.265-273, 2004.
- ANDERSON, J.; GERBING, D. Predicting the performance of measures in a confirmatory factor analysis with a pretest assessment of their substantive validities. **Journal of Applied Psychology**, v.76,n.5,p.732-740,1991.

ANDRADE, B.; JESUS, S.; ACCIOLI, G.G.; NASCIMENTO, S. Contribuições da logística Reversa para a sustentabilidade. **Inter Faces Científicas**, v.2,n.1, 2016.

ANDREWS, S.; STEARNE, J.; ORBELL, J. Awareness and adoption of cleaner production in small to medium-sized business in the Geelong region, Victoria, Australia. **Journal of Cleaner Production**, v.10, p.373-380, 2002.

ARMENTI, K.; MOURE-ERASO.; SLATIN, C.; GEISER, K. Primary prevention for worker health and safety: cleaner production and toxics use reduction in Massachusetts. **Journal of Cleaner Production**, v.19,p.488-497, 2011.

ARYEE, G.; NAIM, M. Supply chain integration using a maturity scale. **Journal of Manufacturing Technology**, v.19,n.5,p. 559-575, 2008.

ARZU, A.; ERKAN, E. Supply chain performance measurement: a literature Review. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 17,p. 5137-5155, 2010.

AZIZI, M.; ASADIZADEH, Y.; RAY, C. Cleaner Production selection for paper making - a case study of Latif paper products Co Iran. **Int. J. Sustain. Eng**, v.5,p.342- 352, 2018.

BAI, S.W.; ZHANG, J.; SWANG, Z. A methodology for evaluating cleaner production in the stone processing industry: case study of a Shandong stone processing firm. **Journal of cleaner production**, v.102,n.1, p. 461- 476, 2015b.

BAI, Y.; YIN, J.; YUAN, Y.; GUO, Y.; SONG, D. 2015. An innovative system for promoting cleaner production: mandatory cleaner production audits in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p.883-890, 2015.

BALDASSARRE, B.; SCHEPERS, M.; BOCKEN, N.; CUPPEN, E.; KOREVAAR, G.; CALABRETTA, G. Industrial Symbiosis : towards a design process for eco-industrial clusters by integrating circular economy and Industrial Ecology perspective. **Journal of Cleaner production**, v.216, n.10, p. 446-460, 2019.

BARRENECHE, C.; NAVARRO, L.; GRACIA. In situ thermal and acoustic performance environmental impact of the introduction of a shapestabilized PCM layer for building applications. **Renewable Energy**, v.85,p.281-286, 2016.

BARROS, M.; BELLO, P.; ROCA, E.; CASARES, J. Integrated pollution prevention and control for heavy ceramic industry in Galicia (NW Spain). **Journal of Hazardous materials**, v.141, p.680-692, 2007.

BARTLETT, J.; KOTRLIK, J.W.; HIGGINS, C. Organizational research: determining appropriate sample size in survey research. **Information Technology, Learning, and Performance Journal**, v.19,n.1, p.43-50, 2001.

BASAPPAJI, K.; NAGESHA, N. Assessment of cleaner production level in agro based industries – a fuzzy logic approach. **Energy Procedia**, v.54,p.125-134, 2014.

BECH, M.; KRISTENSEN, M. Differential response rates in postal and web-based surveys among older respondents. **Survey Research Methods**, v.3,n.1, p.1-6, 2009.

BECHET, R. Architectural space and semantic space: should the twain try to meet? **Environmental design research**, v.2, 2016.

BERK, R. Importance of Expert Judgment in Content-Related Validity Evidence. **Western of Nursing Research**,v.12,p.659-671, 1990.

BERKEL, C. Comparative evaluation of cleaner production working methods. **Journal of Cleaner Production**, v.2,n.3-4,p.139-152,1994.

BERKEL, R, V.; WILLEMS, E .; LAFLEUR, M. The relationship between Cleaner Production and Industrial Ecology. **Journal of Industrial Ecology**,v.1,n.1.p.1-16,1997.

BERKEL, R. Cleaner Production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996-2004. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p.741-755, 2007.

BERKEL, R. Cleaner production in Australia: revolutionary strategy or incremental tool? **Australian Journal of Environmental Management**, v.7,p.1-16, 2013.

BHUPENDRA, K .; SANGLE, S. Strategy to derive benefits of radical cleaner production, products and technologies: a study of Indian firms. **Journal of Cleaner Production**, v.126,p.236-247, 2016.

BIDO, D. de S. Modelagem de equações estruturais: uma visão aplicada para a engenharia. In: CAUCHICK-MIGUEL, P. A. (Org.) Metodologia Científica para Engenharia. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2019. Cap.4 (p.81-108).

BLACK, S.; PORTER, L. Identification of the critical factors of TQM. **Decision Sciences**, v.27, n.1, p.1–21, 1996.

BOCKEN, N.; SHORT, S.; RANA, P.; EVANS, S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal of Cleaner Production**, v.65,p.42-56, 2014.

BOLTON, R. Pretesting questionnaires: content analyses of respondents concurrent verbal protocols. **Marketing Science**, v.12,n.3, p.1-25,1995.

BONILLA, S.; ALMEIDA,C;GIANNETI,B.,HUISINGH,D. **Journal of Cleaner Production**,v.18,p.1-5,2010.

BOYER, K.; PAGELL, M. Measurement issues empirical research: improving measures of operations strategy and advanced manufacturing technology. **Journal of Operations Management**, v.18,p.361-374, 2000.

BRAGA, J.; PROENÇA, T.; FERREIRA,M. Motivations for social entrepreneurship – evidences from Portugal. **Tékne**, v.12,p.11-21, 2014.

BRINGSÉN, Å.; ANDERSSON, H.; EJLERTSSON, G. Development and quality analysis of the Salutogenic Health Indicator Scale (SHIS). **Scandinavian Journal of Public Health**, v.37,n.,p.13-9, 2009.

BRUIJN, T.; COENEN, F.; LULOF, S. Pollution prevention projects in the Netherlands. **Journal of Cleaner Production**, v.4,n.1, p.41-53, 1996.

BRUEL, A.; KRONENBERG, J.; TROUSSIER, N.; GUILLAUME, B. Link Industrial Ecology and Ecological Economics: A theoretical and Empirical Foundation for the Circular Economy. **Journal of Industrial Ecology**. v. 23, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.1111/jiec.12745>).

BURMATOVA, O. Clean production in the context of Innovation-Based Development. **Geography of Environmental Management**, v.1,n.4,p.465-472, 2013.

CAGNO, E.; PAOLO, T.; LORENZO, T. Cleaner production and profitability: analysis of 134 industrial pollution prevention (P2) project reports. **Journal of Cleaner Production**, v.13,p.593-605,2005.

CAI, Z.; XIAO, R.; LI, J. A LCA model for cleaner production performance measurement. **Advanced Materials Research**, v.599,p.400-403,2012.

CARMICHAEL, D.; SHEN, X.; PEANSUPA, P. The relationship between heavy equipment cost efficiency and cleaner production in construction. **J Clean Prod**, 211, 521-529, 2019.

CARVALHO FILHO, J.; NUNHES, T.; OLIVEIRA, O. Guidelines for cleaner production implementation and management in the plastic footwear industry. **J Clean Prod**, 232,822-838, 2019.

CASTILLO-VERGARA, M.; LVAREZ-MARIN, J.; CARVAJAL-CORTES. SALINAS-FLORES. Implementation of a cleaner production agreement and impact analysis in the grape brandy (pisco) industry in Chile. **Journal of Cleaner Production**,v. 96,n.1,p.110-17, 2015.

CEBDS - **Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável** . Guia de Produção Mais Limpa – faça você mesmo. 2003. Disponível em <http://www.cebds.org.br/cebds/eco-rbe-publicacoes.asp>.> Acesso em: 23 set.2018.

CHAN, T.; WONG, C.; LAI, K.; LUN, V.; NG, C.; NGAI, E. Green service: construct development and measurement validation. **Production and Operations Management**, v.25,n.3,p.432-457, 2016.

CHAUDHRI, A. **Modern Survey Sampling**. 1.ed. New York: Taylor & Francis Group,2014. 275p.

CHARMONDUSIT, K.; GHEEWALA, S.; MUNGCHAROEN, T. Green and sustainable innovation for cleaner production in the Asia-Pacific Region. **Journal of Cleaner Production**.v. 134, p.443-446, 2016.

CHEN, H. The structural interrelationships of group service quality, customer satisfaction and behavioral intention for bus passengers. **International Journal of Sustainable Transportation**, p.1-50, 2015.

- CHEN, L.; WANG, L.; WU, X.; DING, W. A process-level water conservation and pollution control performance evaluation tool of cleaner production technology in textile industry. **Journal of Cleaner Production**, v.143,n.1,p.1137-1143, 2017.
- CHENG, J.; LAW, K.; BJORNSSON, H.; JONES, A.; SRIRAM, D. Modelling and monitoring of construction supply chains. **Advanced in Engineering Informatics**, v.24, p.435–455, 2010.
- CHESNEY, T.; PENNY, K. The impact of repeated lying on Survey Results. **SAGE open**, p. 1-9, 2013. DOI: 10.1177/2158244012472345.
- CHOI, M.T.; CHENG, T.C.E.; ZHAO, X. Multi-Methodological Research in Operations Management. **Production and Operations Management**, v.25, n.3,p.379-389, 2016.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Supply chain management: strategy, planning, and operation**, 2ed. Pearson: Upper Saddle River, 2004.101p.
- CHOW, W.; CHEN, Y. Corporate sustainable development: testing a new scale based on the Mainland Chinese Context. **Journal of Business Ethics**, v.105, p.519-533, 2012.
- CHOWDHURYA, M.; QUADDUSB, M. Supply chain resilience: Conceptualization and scale development using dynamic capability theory. **Int. J. Production Economics**, v. 188, p. 185–204, 2017.
- CHURCH, A. Estimating the effect of incentives on mail survey response rates: a meta-analysis. **Public Opinions Quartely**, V.57,p.62-79,1993.
- CHURCHILL JR.; GILBERT, A. A paradigm for developing better measures of marketing constructs. **Journal of Marketing Research**, v. 16, n. 1, p. 64-73, 1979.
- CICCOZZI, E.; CHECKENYA, R.; RODRIGUEZ, A. Recent experiences and challenges in promoting cleaner production investments in developing countries, **Journal of Cleaner Production**, v.11,p.629-638,2003.
- CLEMENTS, J. W.; THOMPSON, J. P. Cleaner production : an industrial example. **Journal of Cleaner Production**, v.1,n.1.p.1-5,1992.
- CLONINGER, P.; OVIATT, B. Measuring service content: a scale development. **Thunderbird International Business Review**, v.48,n.5,p.643-665, 2006.
- CNI - **Confederação Nacional da Indústria**. Disponível em <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/cni_estatistica_2/2016/05/02/11/IndicadoresIndustriais_dados_Marco2016.pdf>. Acesso em: 16 Jun. 2018.
- CNTL,2003. CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas : implementação de programas de produção mais limpa. Centro Nacional de Tecnologias Limpas Senai-RS.UNIDO.UNEP, Porto Alegre (2003).

COHEN, J. A coefficient of agreement for nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**, v.20,p.37-46,1960.

COLEMAN, D.; CHERNATONY, L.; CHRISTODOULIDES, G. B2B service brand identity: scale development and validation, **Industrial Marketing Management**, v.40,p.1063-1071, 2011.

COLMAN, A.; NORRIS, C.; PRESTON, C. Comparing rating scales of different lengths: equivalence of scores from 5-point and 7-point scales, **Psychological Reports**, v.80, p.355-362, 1997.

CONG, W.; SHI, L. Heterogeneity of industrial development and evolution of cleaner production : Bibliometric analysis based on JCLP. **J Clen Prod**, v.212,p.822-836, 2019.

COSTA, L. B.; GODINHO FILHO, M.; FREDENDALL, L. D.; GANGA, G. M. D. The effect of Lean Six Sigma practices on food industry performance: Implications of the Sector's experience and typical characteristics. **Food Control**, v. 112, p. 107-110, 2020.

CUMMINS, R.; GULLONE, E. Why we should not use 5-point Likert scales: the case for subjective quality of life measurement. In. **Second International Conference on Quality of Life in Cities**, Singapore, 2000.

CUSHING, K.; WISE, P.; HAWES-DAVIS, J. Evaluating the implementation of cleaner production audit demonstration projects. **Environment Impact Assessment review**, v.19,p.569-586,1999.

CYCYOTA, C.; HARRISON, D. What (Not) to expect when surveying executives: a meta-analysis of top manager response rates and techniques over time. **Organizational Research Methods**, v.9,n.2,p.133-160, 2006.

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.

DANIEL, V.; KETOLIVI, M. Notes from the editors-redefining some methodological criteria for the journal. **Journal of Operations Management**. v.37, 2015.

DAWES, J. Do data characteristics change according to the number of scale points used;? **International Journal of Market Research**, v.50,n.1, p.61-78, 2008.

DEDEOGLU, B.; TAHERI, B.; OKUMUS, F.; GANNON, M. Understanding the importance that consumers attach to social media sharing (ISMS) - Scale development and validation. **Tourism Management**, v.76, 2020.

DEMIR, E.; BEKTA, S.; LAPORTE, G. A review of recent research on green road freight transportation. **European Journal of Operation Research**, v.237, p.775-793, 2014.

DETERT, J.; SCHROEDER, R.; CUDECK, R. The measurement of quality management culture in schools: development and validation of the SQMCS. **Journal of Operations Management**, v.21, p.307-328, 2003.

DEVARAJ, S.; KRAJEWSKI, L.; WEI, J. Impact of eBusiness technologies on operational performance: the role of production information integration in the supply chain. **Journal of Operations Management**, v.25, p.1199-1216, 2007.

DEVELLIS, R. **Scale Development – Theory and Applications**. 2.ed. California: Sage Publications, 2003. 173p.

DHINGRA, R.; KRESS, R.; UPRETI, G. Does lean mean green? *Journal of Cleaner Production*, v.85, p.1-7, 2014

DILLMAN, D.; SMYTH, J.; CHRISTIAN, L. **Internet, Phone, Mail and Mixed-Mode Surveys : The tailored Design Method**. 4.ed. New Jersey: Wiley, 2014. 530p.

DING, Z.; NG, F. A new way of developing semantic differential scales with personal construct theory. **Construction management and economics**, v.26, n.1213-1226, 2008.

DIAMANTOPOULOS, A.; WINKLHOFER; H. M. Index construction with formative indicators: An alternative to scale development. **Journal of Marketing Research**, v.38, n.2, p.269-277, may 2001.

DOBRYKOWSKI, D.; McFADDEN, K.; VONDEREMBSE, M. Examining pathways to safety and financial performance in hospitals: a study of lean professional service operations. **Journal of Operations Management**, p.1-13, 2016.

DONG, L.; TONG, X.; ZHOU, J. Some developments and new insights of environmental problems and deep mining strategy for cleaner production in mines. **J Clean Prod**, 210, 1562-1578, 2019.

DONIEC, A.; REICHEL, J.; BULINSKA, M. Assessment of the potential of cleaner production implementation in Polish enterprises. **Journal of Cleaner Production**, v.10, p.299-304, 2002.

DYKEMA, J.; STEVENSON, J.; KLEIN, L.; KIM, Y.; DAY, B. Effects of E-maild versus mailed invitations and incentives on response rates, data quality, and costs in a web survey of University faculty. **Social Science Computer review**, v.31, n.3, p.359-370, 2012.

ENANDE, R.; GUTE, D.; MISSAGHIAN, R. Survey of Risk reduction and pollution prevention practices in the Rhode island automotive refinishing industry. **American Industrial Hygiene association Journal**, v.59, p.478-489, 1998.

ERAS, J.; GUTIÉRREZ, A.; LORENZO, D.; MARTINEZ, J.; HENS, L.; VANDECASTEELE, C. Bridging universities and industry through cleaner production activities. Experiences from the Cleaner Production Center at the University of Cienfuegos, Cuba. **Journal of Cleaner Production**, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.11.063.

ESQUER, J.; ARVAYO, J.; ALVAREZ-CHAVEZ, C.; MUNGUÍA-VEJA; VELAZQUEZ, L. Cleaner Production in a manufacturing process of air compressor. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v.9, n.39, p.1-10, 2016.

- EUROPEAN COMMISSION, Brussels, 26.01.2017. Disponível em : http://ec.europa.eu/environment/circulareconomy/implementation_report.pdf. Acesso em: 16 de Out. 2018.
- FAN, Y.; CHIN, H.; KLEMES, J.; VARBANOV, P.; XIA, L. Optimisation and process design tools for cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v.247, p.119-181, 2020.
- FERNANDES, J. Introduzindo práticas de produção mais limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta prática. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 6, n.3, p. 45-60, 2001.
- FLYNN, B.B.; SCHROEDER, R.G.; SAKAKIBARA, S. A framework for quality management research and an associated measurement instrument. **Journal of Operations Management**, v.11, p.339–366, 1994.
- FORE, S.;MBOHWA, C.Cleaner Production for Environmental conscious manufacturing in the foundry industry. **Journal of Engineering, Design and Technology**,v.8, n.3, 2009.
- FORNELL, C.; Larcker, D. Evaluating structural equations models with unobservable variables and measurement error. *J. Mark. Res*, v.18, n.1, p.39–50, 1981.
- 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.
- FREEMAN, H.; HARTEN, T.; SPRINGER, J.; RANDALL, P.; CURRAN, M.; STONE, K. Industrial Pollution Prevention: a critical Review. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v.42,n.5.p.1-40,1992.
- FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, v. 6,n.3-4,p. 171-179, 1998.
- FRESNER, J.; JANTSCHGI, J.; BIRKEL, S.; BARNTHALER, J.; KRENN, C. The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects. **Journal of Cleaner Production**, v.18,p.128-136, 2010.
- FRESNER, J.; KRENN, C. Theoretical minimum consumption calculation as starting point for cleaner production option identification as a new approach to bechmarking. *Journal of Cleaner Production*, v.172, p.1946-1956,2018.
- FRIJNS, J.; VAN, V. Small-scale industry and cleaner production strategies. **World Development**, v.27,n.6, p. 967- 983, 1999.
- FROEHLE, C.; ROTH, A. New measurement scales for evaluating perceptions of the technology-mediated customer service experience. **Journal of Operations Management**, v.22,p.1-21, 2004.
- FRONDEL, M.; HORBACH, J.; RENNINGS, K. End-of-pipe or Cleaner Production? An empirical comparison of Enviornmental Innovation Decisions Across OECD Countries. **Business Strategy and the Environment**, v.16, p.571-584, 2007.

- GAMBARDELLA, C.; PHALE, M. ; SCHILL, W. Do benefits from dynamic tariffing Rise? Effects of Real-Time retail pricing under taxation and variable renewable electricity supply. **ERE**, 14,1-31, 2019.
- GANGA, G. M. D. **Trabalho de Conclusão de Curso na Engenharia de Produção: um guia prático de conteúdo e forma.** São Paulo: Atlas, 2012.
- GAO, J.; FAN, Q. Analysis of the cleaner production level of a printing plate roller factory in north China and improvement schemes. **EEEP** ,227,1-9, 2019.
- GARDSTROM, T.; NORRTHON, P. Implementation of Cleaner production in small and medium-sized enterprises. **Journal of Cleaner Production**. v.2, n.3-4, p.201-205,1994.
- GAUTAM, R.; BARAL, S.; HERAT, S. Opportunities and challenges in implementing pollution prevention strategies to help revive the ailing carpet manufacturing sector of Nepal. **Resources Conservation & Recycling**, v.52,p.920-930, 2008.
- GERRAÍN, D.; LECHÓN ,Y. Environmental footprint of a road rehabilitation service in Spain. **J Environ Manage**, v.252,p.109-656, 2019.
- GHAZINOORY, S.; HUISINGH, D. National program for Cleaner Production (CP) in Iran: a framework and draft. **Journal of Cleaner Production**, v.14, p. 164-200, 2006.
- GHAZINOORY, S. Cleaner production in Iran: necessities and priorities. **Journal of Cleaner production**, v.13, n.8, p.755-762, 2005.
- GHEEWALA, S. Application of Life Cycle Assessment to Cleaner Production. **International Energy Journal: special issue**, v.4,n.1, 2003.
- GHORBANNEZHAD, P.; AZIZI, M.; TING, S.; LAYEGHI, M.; RAMEZANI, O. Cleaner production: a case study of Kaveh paper mill. **International Journal of Sustainable Engineering**, v.4,n.1,p.68-74, 2011.
- GIANNETTI, B.; BONILLA, S.; SILVA, I.; ALMEIDA, C. 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.
- GLAVIC, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. **Journal of Cleaner Production**,v.15, p.1875-1885, 2007.
- GOMBAULT, M.; VERSTEEGE, S. Cleaner production in SMEs through a partnership with (local) authorities: successes from the Netherlands. **Journal of Cleaner Production**,v.7,n.4,p.249-261, 1999.
- GONÇALVESFILHO,M.;NUNHES,T.;BARBOSA,L.;CAMPOS,F.;OLIVEIRA,O. Oportunities and challenges for the use of cleaner production to reduce water consumption in Brazilian sugar-energy plants. **Journal of Cleaner Production**, v.186,p.353-363, 2018.

GONG, G.; GUO, D.; ZHANG, X.; CHENG, J. An approach for evaluating cleaner production performance in iron and steel enterprises involving competitive relationships. **Journal of Cleaner Production**, v.142, p.739-748, 2017.

GRAAFLAND, J. Family business ownership and cleaner production – Moderation by company size and family management. **Journal of Cleaner Production**, v.255, p.120-120, 2020.

GRAHAM, A.; BERKEL, R. Assessment of Cleaner production uptake: method development and trial with small businesses in Western Australia. **Journal of Cleaner Production**, v.15, n.8-9, p.787-797, 2007.

GRAHAM, S.; McDAM, R. The effects of pollution prevention on performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v.35, n.10, p.1333-1358, 2016.

GRANT, J.; KINNEY, M.; GUZZETTA, C. A methodology for validating nursing diagnoses. **Advances in Nursing Science**, v.12, n.3, p.65-74, 1990.

GRANT, J.; DAVIS, L. Selection and use of content experts for instrument development. **Research in Nursing & Health**, v.20, p.269-274, 1997.

GREASLEY, P. **Quantitative Data Analysis Using SPSS: an Introduction for Health & Social Science**. 1 ed. United Kingdom. Open University Press, McGraw-Hill Education, 2008.

GUAN, T.; GRUNOW, D.; YU, J. Improving China's environmental performance through adaptive implementation – a comparative case study of Cleaner Production in Hangzhou and Guiyang. **Sustainability**, v.6, p.8889-8908, 2014.

GUIMARÃES, J.; SEVERO, E.; ROCHA, J.; OLEA, P. Decision criteria for the implementation of cleaner production: the case of five leading companies in southern Brazil. **Espacios**, v. 34, n.1, p.1-12, 2013.

GUIMARÃES, C.; SEVERO, E.; VASCONCELOS, M. The influence of entrepreneurial, Market, knowledge management orientations on cleaner production and the sustainable competitive advantage. **Journal of Cleaner Production**, v.174, n.10, p.1653-1663, 2018.

GUIMARÃES, J.; SEVERO, E.; VIEIRA, P. Cleaner production, Project management and strategic drivers: an empirical study. **Journal of Cleaner Production**, v.141, p.881-810, 2017.

GUO, H.; CHEN, B.; YU, X.; HUANG, G.H. Assessment of cleaner production options for alcohol industry of China: a study in the Shouguang Alcohol factory. **Journal of Cleaner Production**, v.14, p.94-103, 2006.

HAIR JR, J. F.; HULT, T. M.; RINGLE, C. M.; SARSTEDT, M. **A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)**. Thousand Oaks, CA: Sage, 2014.

HAIR JR, J.; ANDERSON, R.; TATHAM, R.; BLACK, W. **Análise Multivariada de Dados**. Porto Alegre: Bookman.2005.

HAIR, J.; HULT, G.; RINGLE, C.; SARSTEDT, M.A **Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)**. 1 ed. New York: SAGE Publications Ltd.2016.96p.

HAIR, J.; BLACK, W.; BABIN, B.; ANDERSON, R.; TATHA, M. **Análise multivariada de Dados**. 6.ed.Porto Alegre: Bookman. 2009.

HAIR, J. F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E. **Multivariate Data Analysis: a global Perspective**.New Jersey: Pearson Prentice Hall. 2011.

HAMED, M.; EL MAHGARY, E. Outline of a national strategy for cleaner production: the case of Egypt. **Journal of Cleaner Production**, v.12,p.327-336, 2004.

HAMNER, B. Cleaner Production training in Asia: experience from the ASEAN Environmental Improvement Project. **Journal of Cleaner Production**,v.7,n,1.p.75-81, 1999.

HARDESTY, D.; BEARDEN, W. The use of expert judges in scale development implications of improving face validity of measures of unobservable constructs. **Journal of Business Research**, v.57,p.98-107, 2004.

HAYNES, S.; RICHARD, D.; KUBANY, E. Content validity in psychological assessment: a functional approach to concepts and methods. **Psychological Assessment**, v.7, n.3, p.238-247, 1995.

HENRIQUES, J.; CATARINO, J. Sustainable value and cleaner production e research and application in 19 Portuguese SMEs. **Journal of Cleaner Production**, v.96, n.1,p.379-386, 2015.

HERTWICH, E.; PEASE, W.; KOSHLAND, C. Evaluating the environmental impact of products and production processes – a comparison of six methods. **Science of Total Environment**. v.196, n.1 p.13-29, 1997.

HERAS-SAIZARBITORIA, I.; GARCIA, M.; BOIRAL, O.; JUNGUITU, A. The use of eco-efficiency indicators by environmental frontrunner companies. **Ecological Indicators**. v. 115, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106451>.

HENS, L.; BLOCK, C.; ERAS-CABELLO, J.; SAGASTUME-GUTIEREZ, A.; GARCIA-LORENZO,D.;CHAMORRO,C.;MENDOZA,K.;HAESELDONCKX,D.;VANDECASTEEL E,C. On the evolution of “Cleaner Production” as a concept and a practice. **Journal of Cleaner Production**,v.172,n.20,p.3323-3333, 2018.

HENSELER, J.; DIJKSTRA, T.; SARSTEDT, M.; RINGLE, C.; DIAMANTOPOULOS, A.; STRAUB, D.; KETCHEN, D.; HAIR, J. F.; HULT, G.; CALANTONE, R. J. Common Beliefs and Reality about Partial Least Squares: Comments on Rönkkö & Evermann (2013).**Organizational Research Methods**,v.17, n.2, p.182-209, 2014.

HENSLEY, R. A review of operations management studies using scale development techniques. **Journal of Operations Management**, v.17,p.343-358,1999.

- HICKS, C.; DIETMAR, R. Improving cleaner production through the application of environmental management tools in China. **Journal of Cleaner Production**, v.15,n.5,p.395-408, 2007.
- HILLARY, R.; THORSEN, N. Regulatory and self-regulatory measures as routes to promote cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v.7,n.1, p.1-11,1999.
- HILSON, G. Pollution prevention and cleaner production in the mining industry: an analysis of current issues. **Journal of Cleaner Production**,v.8,n.2,p.119-126,1999.
- HINKIN, T. A brief tutorial on the development of measures for use in survey questionnaires. **Organizational Research**, v.1,n.104, 1998.
- HINKIN, T. A review of scale development practices in the study of organizations. **Journal of Management**,v. 21, p.967-988, 1995.
- HIRSCHHORN, J. Why the pollution prevention revolution failed and why it ultimately will succeed. **Pollution Prevention Review**, v.7,n.1, p.11-31,1997.
- HONG,J;LI,X. Speeding up cleaner production in China through the improvement of cleaner production audit. **Journal of Cleaner Production**, v.40,p.129-135, 2013.
- HOOF,B. Organizational learning in cleaner production among Mexican supply networks. **Journal of Cleaner Production**, v.64,n.1, p.115-124, 2014.
- HOOF,B.; LYON,T. Cleaner production in small firms taking part in Mexico´s sustainable supplier program. **Journal of Cleaner Production**, v.41,p.270-282, 2013.
- HOOF, B.; THIELL, M. Anchor company contribution to cleaner production dissemination experience from a Mexican sustainable supply programme. **Journal of Cleaner Production**, v.86,n.1,p.245-255, 2015.
- HOWGRAVE-GRAHAM, A.; VAN BERKEL, R. Assessment of cleaner production uptake: method development and trial with small businesses in Western Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 15,n.8-9, p. 787-797, 2007.
- HSIAO, K.; CHEN, L. Fundamental dimensions of affective responses to product shapes. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.36,n.6, p.553–564,2006.
- HU,L.; BENTLER, P. Fit Indices in Covariance Structure Modeling: Sensitivity to Underparameterized Model Misspecification. **Psychological Methods**, v.3, n.4,p.424-453, 1998.
- HUANG, Y.; LUO, J.; XIA, B. Application of cleaner production as an important sustainable strategy in the ceramic tile plant - a case study in Guangzhou, China. **Journal of Cleaner Production**, v.43,p.113-121, 2013.
- HUBLEY, A.; ZUMBO, B. A dialectic on validity: where we have been and where we are going. **Journal of General Psychology**, v. 23, n.3, p.207-215,1996.

- HUQ, A.; LOHANI, B.; OUAN, O. The Asian development bank's role in promoting cleaner production in the people's republic of China. **Environement Impact Assessment Review**, v.19,n.5-6, p.541-552,1999.
- HWANG, G.; LEE, J.; PARK, J.; CHANG, T.W. Developing performance measurement system for Internet of Things and smart factory environment. **International Journal of Production Research**, v.55, p. 1-13, 2016.
- HWANG, Y.; WENB, Y.; CHEN, M. A study on the relationship between the PDSA cycle of green purchasing and performance of the SCOR model. **Total Quality Management**,v.21,n.12,p.1261-1278, 2010.
- INFANTE, D. The construct validity of semantic differential scales for the measurement of source credibility. **Communication Quartley**, v.28,n.2,p.19-26,1980.
- INMETRO. Instituto de Metrologia. Disponível em <http://certifiq.inmetro.gov.br/Grafico/ValidosPorUnidadeFederativa>>. Acesso em : 17 de Set.2018.
- ISLAM, S.; BHA, T. Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles, **J Environ Manage** ,251,109-536, 2019.
- ISRAEL, G. Combining Mail and E-Mail contacts to facilitate participation in Mixed-Mode Surveys. **Social Science Computer Review**,v.31, n.3, p.346-358, 2012.
- JIA, X.; ZHANG, T.; WANG, F.; HAN, F. Multi-objective modelling and optimization for cleaner production processes. **Journal of Cleaner Production**, v.14,n.2,p.146-151,2006.
- JOHNSON, R.; MORGAN, G. **Scales: a guide to development, analysis, and reporting**.1.ed. New York: The Guilford Press. 2016.289p.
- JUNTUNEN, J.; JUNTUNEN, M.; JUGA, J. Latent classe of service quality, logistics costs and loyalty. **International Journal of Logistics Research and applications: a leading Journal of supply chain management**, p.1-19, 2014.
- KAPLOWI, T.; HADLOCK, T; LEVINE, R. Comparison of web and mail survey response rates. **Public Opinion Quarterly**,v.68,n.1, p.94-101, 2004.
- KELLER, S.; SAVITSKIE, K.; STANK, T.; LYNCH, D.; ELLINGER, A. A summary and analysis of multi-item scales used in logistics research. **Journal of Bussines Logistics**, v.23, n.2,p.1-37, 2002.
- KETOKIVI, M.; MDNTOSH, C. Addressing the endogeneity in operations management research: theoretical, empirical, and pragmatic considerations. **Journal of Operations Management**, v.52,p.1-14, 2017.
- KHAN, Z. Cleaner production: an economical option for ISO certification in developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v.16,p.22-27, 2008.

- KIM, S.; MALHOTRA, N. Predicting system usage from intention and past use: scale issues in the predictors. **Decision Sciences**, v.36,n.1, 2005.
- KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. 2017. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 144 definitions. **Resource, Conservation & Recycling**, v.127,p.221-232, 2017.
- KITAZAWA, S.; SARKIS, J. The relationship between ISO 14001 and continuous source reduction programs. **International Journal of Operations & Production Management**, v.20,n.2,p.225-248,2000.
- KJAEERHEIM, G. Cleaner production and sustainability. **Journal of Cleaner Production**,v.13, n.4,p.329-339, 2004.
- KLEMES, J.; VARBANOV, P.; HUISINGH, D. Recent cleaner production in process monitoring and optimisation. **Journal of Cleaner Production**,v.43,p.1-8,2012.
- KLINE, R. **Principles and Practice of Structural Equation Modeling**, 3ed. New York: The Guilford Press. 2011.
- KLIOPOVA, I.; STANISKIS, J. The evaluation of Cleaner Production performance in Lithuanian industries. **Journal of Cleaner Production**, v.14,n.18 p.1561-1575, 2006.
- KNIGHT, C. Pollution Prevention, Technology challenges, and competitive advantage in the process industries. **Innovative Environmental Technologies**, 1995.
- KOOP, S.; DORSSSEN, A.; BROUWER, S. Enhancing domestic water conservation behaviour : a review of empirical studies on influencing tactics. **J Environ Manage**, v.247,p.867-876, 2019.
- KOSTE, L.; MALHOTRA, M.; SHARMA, S. Measuring dimensions of manufacturing flexibility. **Journal of Operations Management**, v.22,p.171-196, 2004.
- KOUFTEROS, X. Testing a model of pull production: a paradigm for manufacturing research using structural modeling. **Journal of Operantions Management**, v.17,n.4,p.467-488, 1999.
- KOUFTEROS, X.; VONDEREMBSE, M.; DOLL, W. Developing measures of time-based manufacturing. **Journal of Operations Management**, v.16,p.21-41,1998.
- KUENG, P. Process performance measurement system: a tool to support process-based organizations. **Total Quality Management**, v. 11, n. 1, p. 67-85, 2000.
- KUENG, P.; WETTSTEIN, T.; LIST, B. A holistic process performance analysis through a performance data warehouse. In: AMERICAS CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEM, 7., 2001, Boston. **Proceedings**.Boston, 2001. p. 349-356.
- KUPUSOVIC, T.; MIDZIC, S.; SILAJDZIC, I.; BJELAVAC, J. Cleaner production measures in small-scale slaughterhouse industry – case study in Bosnia and Herzegovina.**Journal of Cleaner Production**, v.15,n.4,p. 378-383, 2007.

KURDVE, M.; ZACKRISSON, M.; WIKTORSSON, M.; HARLIN, U. Lean and green integration into production system models - experience from Swedish industry. **Journal of Cleaner Production**, v.85, p.180-190,2014.

KURTAGIE, S.; SILAJDZIE, I.; VUCIJAK, B. Selection and Implementation of Pollution prevention techniques in small and medium enterprises in countries in transition. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v.18,n.6,p.1227-1847, 2016.

KWAK, N.; RADLER, B. A comparison between mail and web surveys: response pattern, respondent profile, and data quality. **Journal of official statistics**, v.18, n.2, p.257-273, 2002.

LAFORST, V.; RAYMOND, G.; PIATYSZEK, E. Choosing cleaner and safer production practices through a multi-criteria approach. **Journal of Cleaner Production**,v.47,p.490-503, 2013.

LATUPEIRISSA, G.; ADHARIANI, D. External and internal economic impacts of eco-innovation and the role of political connections: A sustainability narrative from an emerging market. **Journal of Cleaner production**, v.258, p.120-579, 2020.

LEE, L.; PETTER, S.; FAYARD, D.; ROBINSON, S. On the use of partial least squares path modeling in accounting research. **International Journal of Accounting Information Systems**, v.12, n.4, p. 305–328, 2011.

LEVIN, M. Implementing Pollution Prevention: incentives and irrations. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v.40, n.9, p.1227-1231, 1990.

LI, Z.; ZHANG, Y.; ZHANG, S. Status of and trends in development for cleaner production and the cleaner production audit in China. **Environmental Forensics**, v. 12, p.301- 304, 2011.

LI, J.; ZHANG, Y.; SHAO, S.; ZHANG, S.; MA, S. Application of Cleaner Production in a Chinese magnesia refractory material plant. **Journal of Cleaner Production**, v.113,p.1015-1023, 2016.

LI, S.; RAO, S.; NATHAN-RAGU, T.S.; NATHAN-RAGU,B. Development and Validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. **Journal of Operations Management**, v.23,n.6, p.618-641, 2005.

LI, S.; RAO, S.; RAGU-NATHAN, T.; RAGU-NATHAN, B. Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. **Journal of Cleaner Production**, v.23,p.618-641, 2005.

LI, S.; RAO, S.; RAGU-NATHAN, T.; RAGU-NATHAN, B. Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. **Journal of Operations Management**, v.23,p.618-641, 2005.

LI, X.; HAMBLIN, D. Factors impacting on cleaner production: case studies of Chinese pharmaceutical manufacturers in Tianjin, China. **Journal of Cleaner Production**, v.131,p.121-132, 2016.

- LI, Z.; LUO, D. Elementary analysis construction of assessment index system of Cleaner Production of Cheese Dyeing Enterprises. **Applied Mechanics and Materials**, v.268-270, p.2031-2034, 2013.
- LICIS, I. Pollution prevention possibilities for small and medium-sized industries: analysis of the WRITE Projects. **Environmental Progress**, v.14, n.4,p.1-8, 1995.
- LIN, X.; HAMBLIN, D. Factors impacting on cleaner production: a case studies of Chinese pharmaceutical manufacturers in Tianjin, China. **Journal of Cleaner Production**, v.131,n.10, p. 121-132, 2016.
- LIN, Y.; TSENG, M.; CHIANG, J.; CHEN, Y. Prioritization of Competitive Priority in Cleaner Production Implementation. **IEEE IEEM**, v.1,n.2, 2007.
- LLINARES, C.; PAGE, A. Application of product differential semantics to quantify purchaser perceptions in housing assessment. **Building and environment**, v.42, n.7,p.2488–2497, 2007.
- LOPES, J.; NOGUEIRA-MARTINS, L.; ANDRADE, A.; BARROS, A. Semantic differential scale for assessing perceptions of hospitalized patients about bathing. **ACTA**, v.24,n.6,p.815-820, 2011.
- LOISEAU, E.; SAIKKU, L.; ANTIKAINEN, R.; DROSTE, N.; HANSJURGENS, B.; PITKANEN, K.; LESKINEN, P.; KUIKMAN, P.; THOMSEN, M. Green economy and related concepts – an overview. **Journal of Cleaner Production**. v. 139, p.361-371, 2016.
- LU, R.; LEE, P.; CHENG, T. Socially responsible supplier development: construct development and measurement validation. **International Journal Production Economics**, v.140, p.160-167, 2012.
- LU, S.; YANG, L.; LIU, W.; JIA, L. User preference for electronic commerce overpackaging solutions : Implications for cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p.120-936, 2020.
- LUKEN, R. A. Cleaner Production and UNIDO. **Journal of Cleaner Production**, v.2,4,p.163-166,n.3-4,1994.
- LUND, D.; MALHOTRA, N.; SMITH .Field validation study of conjoint analysis using selected mail survey response rate facilitators.**Journal of Business Review**, v.16,p.351-368,1988.
- LYNN, M. Determination and quantification of content validity. **Nursing Research**, v.35, p. 382–385, 1986.
- MAHUNDIN, N.; COX, T.; GRIFFITHS, A. Measuring rail passenger crowding: scale development and psychometric properties. **Transportation Research Part F**, v.15, p.38-51, 2012.
- MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing: uma orientação**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MANI, V.; AGARWAL, R.; GUNASEKARAN, A.; PAPADOPOULOS, T.; DUBEY, R.; CHILDE, S. Social sustainability in the supply chain: construct development and measurement validation. **Ecological Indicators**, v.71, p.270-279, 2016.

MANTOVANI, A.; TAROLA, O.; VERGARI, C. End-of-pipe or cleaner production? How to go green in presence of income inequality and pro-environmental behaviour. **Journal of Cleaner Production**, v.160, p.71-82, 2017.

MARÔCO, J. (2010a). **Análise de Equações Estruturais: Fundamentos**

MARSH, H., BALLA. 1994. Goodness-of-Fit in CFA: The Effects of Sample Size and Model Parsimony. **Quality & Quantity** v.28, p.185–217, 1994.

MARTIN, M.; RIGOLA, M. The kitchen factory: a training tool for cleaner production. **International Journal Environment and Pollution**, v.18, n.2. p.149-159, 2002.

MATOS, L.; ANHOLON, R.; SILVA, D.; ORDONEZ, E.; QUELHAS, O.; LEAL FILHO, W.; SANTA-EULALIA, L. Implementation of Cleaner Production: a ten-year retrospective on benefits and difficulties found. **Journal of Cleaner Production**, v.187, n.20, p.409-420, 2018.

MATSUI, Y. An empirical analysis of just-in-time production in Japanese manufacturing companies. **International of production economics**, v.108, n.1-2, p.153-164, 2007.

MATSUI, Y. An empirical analysis of just-in-time production in Japanese manufacturing companies. **International journal of production economics**, v.108, p.153-164, 2007.

MELLO, R.; MARTINS, R. Can Big Data Analytics Enhance Performance Measurement Systems? **IEEE Engineering Management Review**, v. 47, p. 52-57, 2019.

MENOR, L.; ROTH, A. New service development competence in retail banking: Construct development and measurement validation, **Journal of Operations Management**. v.25, n.4, p.825-846, 2007.

MENTZER, J.; STANK, T.; ESPER, T. Supply Chain Management and its relationship to logistics, marketing, production, and operations management. **Journal of Business Logistics**, v.29, n.1, p.31-46, 2008

MERZA, M. A.; ZARANTONELLO, L.; GRAPPIC, S. How valuable are your customers in the brand value co-creation process? The development of a Customer Co-Creation Value (CCCV) scale. **Journal of Business Research**, v. 82, p. 79–89, 2018.

MIMOUNI-CHAABANE, A.; VOLLE, P. Perceived benefits of loyalty programs: scale development and implications for relational strategies. **Journal of Business Research**, v.63, p.32-37, 2010.

MISHRA, A.; SHARMA, S.; GAUTAM, V.; MANNA, R. Gandhian values and consumption behavior: scale development and validation. **Journal of Strategic Marketing**, v.27, n.6, p.465-482, 2019.

- MITREGA, M.; FORKMANN, S.; RAMOS, C.; HENNEBERG, S. Networking capability in business relationships – Concept and scale development. **Industrial Marketing Management**, v.41,p.739-751, 2012.
- MONTALVO, C.General wisdom concerning the factors affecting the adoption of cleaner technologies: a survey 1990-2007.**Journal of Cleaner Production**, v,16, n.1p.7-13, 2008.
- MOORE, G.; BENBASAT, I. Development of na instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. **Information Systems Research**, v.2, n. 3, p.192-222, 1991.
- MUKHERJEE, D. Barriers towards cleaner production for optimizing energy use and pollution control for foundry sector in Howrah, India. **Clean Techn Environ Policy**, v.13,p.111-123, 2011.
- MURINO-LUNA, J.; GARCÉS-AYERBE, C.; RIVERA-TORRES, P.Barriers to the adoption of proactive environmental strategies. **Journal of Cleaner Production**,v.19,n.13,p.1477-1425, 2011.
- MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, n.3, p.369– 380, 2017.
- NAHM, A.; RAO, SOLIS-GALVAM, L.; RAGU-NATHAN, T. The Q-Sort Method: assessing reliability and construct validity of questionnaire items at a pre-testing stage. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**,v.1,n.1,p.114-125, 2002.
- NARAYANASWAMY, V.; SCOTT, J. Lessons from Cleaner Production experiences in Indian Hosiery clusters. **Journal of Cleaner Production**,v.9,n.4, 2001.
- NEELY, A. *et al.* Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International Journal of Production Economics**,v.15,n.4,p.80-116, 1995.
- NEKOLAICHUK, C.; JEVNE, MAGUIRE, T. Structuring the meaning of hope in health and illness. **Social Science & Medicine**, v.48,n.5, p.591-605, 1999.
- NETEMEYER, R.; BEARDEN, W.; SHARMA. **Scaling Procedures**.1.ed.California: Sage Publications,p.225, 2003.
- NGUYEN, C.; ARTIS, A.; SOLOMON, P.; SOLOMON, P.Dimensions of effective sales coaching - scale development and validation.v.39,n.3,p.299-315, 2019.
- NOURELDIN, M.; EL-HALWAG, I.Pollution prevention through integrated design and operation. **Computers & Chemical Engineering**, v.24,n.2-7,p.1445-1453, 2000.
- NTABE, E.; LEBEL, L.; MUNSON, A.; SANTA-EULALIA, L. A systematic literature review of the supply chain operation reference (SCOR) model application with special attention to environmental issues. **International Journal of Production Economics**, v.169,p.310-332,2015.

- OBERMILLER, C.; SPANGENBERG, E. Development of a Scale to measure Consumer scepticism toward advertising. **Journal of Consumer Psychology**, v.7,n.2, p.159-186, 1998.
- OFEK, S.; PORTNOV, B. Differential effect of knowledge on stakeholders' willingness to pay green building price premium : Implications for cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 251, p. 119-575, 2020.
- OLIVEIRA NETO, G.; TUCCI, H.; CORREIA, J.; SILVA, P.; SILVA, V.; GANGA, G. Assessing the implementing of Cleaner Production and company sizes : Survey in textile companies. **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, v.15, n.1-26, 2020.
- OLIVEIRA NETO, G.; GODINHO FILHO, M.; SHIBAO, F. The state of research on Cleaner production in Brazil. **Revista de Administração de Empresas**, v.56,n.5,p.547-577, 2016.
- OLIVEIRA, J.; SILVA, D.; GANGA, G.; GODINHO FILHO, M.; FERREIRA, A.; ESPOSTO, K.; OMETTO, A. Cleaner Production practices, motivators and performance in the Brazilian industrial companies. *Journal of Cleaner Production*. v.231, p.359-369.
- OLIVEIRA, G.; LEITE, R.; SHIBAO, F.; LUCATO, W. Framework to overcome in the implementation of cleaner production in small and medium-sized enterprises: multiple case studies in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.142, p.50-62, 2017.
- OLIVER, H.; ORTOLANO, L. Implementing Cleaner Production Programmes in Changzhou and Nantong, Jiangsu Province. **Development and Change**, v.37, n.1, p.99-120, 2006.
- OLSON, K.; SMYTH, J.; WOOD, H. Does giving people their preferred survey mode actually increase survey participation rates? **Public Opinion Quarterly**, V.76, n.4, p.611-635, 2012.
- ORTOLANO, L.; SANCHEZ-TRIANA, E.; AFZAL, J.; LAIQ Ali, C., REBELLON, S.A. Cleaner production in Pakistan's leather and textile sectors. **Journal of Cleaner Production**, v.68,n.1, p.121-129, 2014.
- OSGOOD, C.; SUCCI, G.; TANNENBAUM, P. **The measurement of meaning**. 1.ed. University of Illinois: Urbana, 1957.
- OSIRO, L.; LIMA JUNIOR, F.; CARPINETTI, L. A fuzzy logic approach to supplier evaluation for development. **Internatinal Journal of Production Economy**, v.153, p.95-112, 2014.
- OZBAY, A.; DEMIRER, G. Cleaner Production opportunity assessment for a milk processing facility. **Journal of Environmental Management**, v.84, p.484-493, 2006.
- OZTURK, E.; KOSEOGLU, H.; KARABOYACI, M.; YGIT, N.; YETIS, U.; KITIS, M. Sustainable textile production: cleaner production assessment eco-efficiency analysis study in a textile mill. **Journal of Cleaner Production**, v.138,p.248-263, 2016.
- PALÚ, D.; BUIATTI, E.; PUGLISI, G.; HOUIX, O.; SUSINI, P.; GIORFI, C.; ASTOLFI, A. The use of semantic differential scales in listening tests: a comparison between context and

laboratory test conditions for the rolling sounds of office chairs. **Applied Acoustics**, v.127,n.1,p.270-283, 2017.

PARAVIZO, E.; BRAATZ, D. Using a game engine for simulation in ergonomics analysis, design and education: An exploratory study. **Applied Ergonomics**, v. 77, p. 22-28, 2019.

PASQUALI, L. **O diferencial Semântico: Instrumentos psicológicos: manual prático de elaboração**. Brasília: LabPAM.1990a,140p.

PEREIRA, C. **O Diferencial semântico: uma técnica de medidas nas ciências humanas e sociais**. São Paulo: Ática. 1986.

PERREAULT, W.; LEIGH, L. Reability of Nominal Data based on Quality Judgments. **American Marketing Association**, v.26, n.2, p.135-148, 1989.

PFEIFFER, F.; RENNINGS, K. Employment impacts of Cleaner Production evidence from a German study using case studies and surveys. **Business strategy and the Environment Business Strategy Environmental**,v.10,n.3,p.161-175, 2001.

PINSONNEAULT, A.; KRAEMER, K.L. Survey research in management information systems: an assesement. **Journal of Management information System**,p.75-105,1993.

PUSPORINI, P.; VANANY, I. Challenges in Implementing Cleaner Production - barriers and strategies in the Indonesian Seafood processing Industry, **IEEE**, 17,1520-1524, 2018.

RAHIM, R.; RAMAN, R.. Carbon dioxide emission reduction through cleaner production strategies in a recycled resins producing plant. **Journal of cleaner Production**, v.141,n.10,p.1067-1073, 2017.

RAMOS, A.; FERREIRA, J.; KUMAR, V.; GARZA-REYES, A. A lean and cleaner production benchmarking method for sustainability assessment: a study of manufacturing companies in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.177,n.10 p.218-231,2018.

RANTALA, T.; UKKO, J.; SAUNILA, M.; HAVUKAINEN, J. The effect of sustainability in the adoption of technological, service, and business model innovations. **Journal of Cleaner Production**, v.172, p.46-55, 2018.

RAZ, G.; DRUEHK, C.; BLASS, V. Design for the environment : life-cycle approach using newsvendor model. **Prod. Oper. Manage.** v. 22, n.4, p.940-957, 2013.

RATHI, A. Promotion of Cleaner Production for industrial pollution abatement in Gujarat (India). **Journal of Cleaner Production**, v.11.p.583-590, 2003.

READLINE, C. Clarifying categorical concepts in a web survey. **Public Opinion Quartely**, v,77, p.89-105, 2013.

REARDON, J.; MILLER, C. The effect of response scale type on cross-cultural construct measures – an empirical example using Hall’s concept of context. **International Marketing Review**, v.29,n.1,p.24-53,2012.

- REID, S.; ROBERTS, D. Technology vision: a scale development. **R&D Management**, v.41, n.5, p.1-16, 2011.
- REN, X. Cleaner Production in China's pulp and paper industry. **Journal of Cleaner Production**, v.6, p.349-355, 1998.
- REXHAUSEN, D.; PIBERNIK, R.; KAISER, G. Customer-facing supply chain practices – The impact of demand and distribution management on supply chain success. **Journal of Operations Management**, v.30, p.269-281, 2012.
- REZNIK, A.; DINAR., A.; HERNÁNDEZ-SANCHO, F. Treated Wasterwater reuse : an efficient and sustainable solution for water resource scarcity. **ERE**, 74,1647-1685, 2019.
- REHMAN, M.; SHRIVASTAVA, R. Green manufacturing (GM): Past, present and future (a state of art review). **World Review of Science, Technology and Sustainable Development**, v.10, n.3, p. 17–55, 2013.
- RINGLE, C.; WENDE, S.; BECKER, J. (2015). SmartPLS 3. Bönningstedt: SmartPLS. Retrieved from <http://www.smartpls.com>
- ROBAINA, M.; FRANCISCO, A. Complete Decomposition Analysis of CO₂ Emissions in the Health Sector in Portugal. **Int.J. Environ. Res**, 13, 997-990, 2019.
- ROSENZWEIG, E.; ROTH, A. B2B seller competence: construct development and measurement using a supply chain strategy lens. **Journal of Operations Management**, v.25, p.1311-1331, 2007.
- ROSS, D.F., 2015. **Distribution Planning and Control**. New York: Springer, 2015. 210p.
- ROSSITER, J. The C-OAR-SE procedure for scale development in marketing. **International Journal of Research in Marketing**, v.19, p.305-335, 2002.
- RUNGTUSANATHAM, M.; CHO I, T.; HOLLINGWORTH, D.; WU, Z.; FORZA, C. Survey research in operations management: historical analyses. **Journal of Operations Management**, v.21, p.475-488, 2003.
- SAGE, J. Continuous learning and improvement in a regional cleaner production network. **Journal of Cleaner Production**, v.8, p.381-389, 2000.
- SAGHIRI, S. A structural approach to assessing postponement strategies: construct development and validation. **International Journal of Production Research**, v.49, n.21, p.6427-6450, 2014.
- SAKAKIBARA, S.; FLYNN, B.B.; SCHROEDER, R.G. A framework and measurement instrument for just-in-time manufacturing. **Production and Operations Management**, v.2, n. 3, p. 177–194, 1993.
- SALVADOR, N.; GLASSON, J.; PIPER, J. Cleaner Production and Environmental Impact assessment a UK perspective. **Journal of Cleaner Production**, v.8, p.127-132, 2000.

- SANCHA, C.; WONG, C.W.; THOMSEN, C.G. Buyer-supplier relationships on environmental issues: a contingency perspective. **Journal of cleaner production**, v.112,p.849-860,2016.
- SANTOS, H.; ALVES, J.; MELO, F.; MEDEIROS, D. Na approach to implement cleaner production in services: Integrating quality management process. **Journal of Cleaner Production**, v.246, p.118-985, 2020.
- SANTOS, F.; QUEIROZ, R.; ALMEIDA NETO, J. Evaluation of the application of Cleaner Production techniques in a dairy industry in southern Bahia. **Gestão & Produção**, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X2234-16> .
- SARAPH, J.V.; BENSON, P.G.; SCHROEDER, R.G. An instrument for measuring the critical factors of quality management. **Decision Sciences**, v.20, p.810–829, 1989.
- SARIS, W.; GALLHOFER, I. **Design, evaluation, and analysis of questionnaires for survey research**.2.ed.Barcelona: Wiley, p.377, 2014.
- SAMARGHANDI, H. Studying the impact of merged and divided storage policies on the profitability of a remanufacturing system with deteriorating revenues. **Int.J.Prod.Econ.** v.193, p.160-171, 2017.
- SARK, D.; SENA, A. Cleaner production status in the middle east and north Africa region with special focus on Egypt. **Journal of Cleaner Production**,v.141, p.1074-1086,2017.
- SCALCO, A. R.; GANGA, G. M. D.; OLIVEIRA, S. C. de .; BAKER, G. Development and validation of a scale for identification of quality attributes of agri-food products in short chains. **GEOFORUM**, 2020.
- SCHNITZER, H. Environment and Innovation: introducing Cleaner Production. **Innovation: the european journal social science research**,v,3.n.3.p.309-317,1995.
- SCHUMACKER, R.; LOMAX, R. **A Beginner's guide to structural equation modeling**. 2ed. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.2004.
- SCHWARTZ, S.; McBRIDE, R. Pollution prevention in the metal plating and finishing industry: progress and obstacles. **Environmental Engineering Science**, v.14, n.4, 1997.
- SEGARS, A.; GROVER, V.; TENG, T.1998. Strategic information systems planning: planning system dimensions, internal coalignment, and implications for planning effectiveness. **Strategic Information Systems Planning**,v.29,n.2, 1998.
- SENANAYAKE, G.; PREMARATHNE, B.; THANTHILAGE, R. Cleaner Production: big impact from simple measures a case study in the desiccated coconut industry of Sri Lanka. **International Energy Journal**,v4,n.1, 2003.
- SENDJAYA, S.; SARROS, J.; SANTORA, J. Defining and measuring Servant Leadership behaviour in organizations. **Journal of Management Studies**, v.45,v.2,p.1-23,2008.

SEVERO, E.; GUIMARÃES, J.; DORION, E. Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: a survey in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**, v.142,n.1,p.87-97,2017.

SEVERO, E.; GUIMARÃES, J.; DORION, E.; NODARI, C. Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry. **Journal of Cleaner Production**, v.96,p.118-125,2015.

SHAH, R.; GOLDSTEIN, S. M. Use of structural equation modeling in operations management research: Looking back and forward. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 2, p.148-169, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2005.05.001>

SHAH, R.; WARD, P. Defining and Developing measures of lean production. **Journal of Operations Management**,v.25,n.4,p.785-805, 2007.

SHARMA, P. Measuring personal cultural orientations: scale development and validation. **Journal of the Academics Marketing Science**, v.38, p.787-806, 2010.

SHEPHERD, D.; KUSKOVA, V.; PATZELT, H. Measuring the values that underlie sustainable development: the development of a valid scale. **Journal of Economic Psychology**,v.30,p.246-256, 2009.

SHI, L.; CHEN, P.; SHI, H.; Q.Y. Supporting cleaner production audit with systems approaches: a case study of PVC process. **Process Systems Engineering**,v.15, p.1-6, 2003.

SHIH, T.; FAN, X. Comparing response rates from web and mail surveys: a meta-analysis. **Field Methods**, v.20,n.3,p.249-271, 2008.

SHIN, D.; CURTIS, M.; HUISINGH, D.; ZWETSLOOT, G. 2008. Development of a sustainability policy model for promoting cleaner production: a knowledge integration approach. **Journal of Cleaner Production**, v.16, p.1823-1837, 2008.

SHOUCE, S.; WYSK, R.; KING, R.; HARRYSSON, O. 2016. Supply chain operations reference model for U.S based powder bed metal additive manufacturing processes. Proceedings of the 2016 winter simulation conference.

SHROUF, F.; MIRAGLIOTTA, G. Energy management based on Internet of Things: practices and framework for adoption in production management. **Journal of Cleaner Production**, v. 100, p.235-246, 2015.

SIAMINWE, L.; CHINSEMBU, K.; SYAKALIMA, M. Policy and Operational constraints for the implementation of cleaner production in Zambia. **Journal of Cleaner Production**,v.13,n.10-11,p.1037-1047,2005.

SILVA, A.; MEDEIROS, C.; VIEIRA, R. Cleaner production and PDCA cycle: practical application for reducing the cans loss index in a beverage company. **Journal of Cleaner Production**,v.150,n.1, p. 324-338, 2017.

SILVA, C.; MEDEIROS, D. Metodologia de checkland aplicada á implementação da produção mais limpa em serviços. **Gestão & Produção**, v.13, n.3,p.411-422, 2006.

SILVA, D.; DELAI, I.; CASTRO, M.; OMETTO, A. Quality tools applied to cleaner production programs: a first approach toward a new methodology. **Journal of Cleaner Production**, v.47,p.174-187, 2013.

SILVESTRE, B.; SILVA NETO, R. Are cleaner production innovations the solution for small mining operations in poor regions? The case of Padua in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.84, n.1, p.1-9, 2014.

SIMATUPANG, T.; SRIDHARAN, R. Design supply chain collaboration. **Business process management journal**, v.14,p. 401-418.

SIMONS, L.; SLOB, A.; HOLSWILDER, H.; TUKKER, A. The fourth generation: new strategies call for new eco-indicators. **Environmental Quality Management**. n.11,p.51-61, 2001.

SIMONS, R. **Performance measurement & control system for implementing strategy**, New Jersey: Prentice Hall.2000.120p.

SINGH, A.; KUMARI, K. An inclusive approach for organic waste treatment and valorization using Black Soldier Fly Larvae: a review. **J Environ Manage**, 251,109-569, 2019.

SONIA, R.T.; POVOA, A.G.; RELVAS, S.T. Resilience metrics in the assessment of complex supply-chains performance operating under demand uncertainty. **Omega**, v.56,p.53-73, 2015.

SOUSA-ZOMER, T. T.; MAGALHÃES, L.; ZANCUL, E.; CAMPOS, L. M. S.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A. Cleaner production as an antecedent for circular economy paradigm shift at the micro-level: Evidence from a home appliance manufacturer. **Journal of Cleaner Production**, v.185, p. 740-748, 2018.

SPECTOR, P. E. Development of the Work Locus of Control Scale. **Journal of Occupational Psychology**, v.61,p.335-340,1988.

SRATMAN, J.; ROTH, A. Enterprise resource planning (ERP) competence constructs: two-stage multi-item scale development and validation. **Decision Sciences**, v.33, n.4, 2002.

SRIVASTAVA, S. Green supply chain management: a state-of-the-art literature review. **International Journal of Management Review**, v.9, p.58-80, 2007.

STANISKIS, J. Water saving in industry by cleaner production. **Water Purification and Management**, Springer, Netherlands, p. 1-33, 2011.

STANISKIS, J.; STASISKIENE,Z. Promotion Cleaner Production investments: international experience. **Journal of Cleaner Production**, v.11, p.619-628,2003.

STARK, S.; CHERNYSHENKO, O.; GUENOLE, N. Can subject matter experts' ratings of statement extremity be used to streamline the development of unidimensional pairwise preference scales? **Organizational Research Methods**, v.14, n.2, p.256-278, 2011.

STEPHENS, S. Supply chain operations reference model version 5.0: a new tool to improve supply chain efficiency and achieve best practice". **Information Systems Frontiers**, v. 3,n. 4, p. 471-476, 2001.

STRATMAN, J. Enterprise resource planning (ERP) competence constructs: two-stage multi-item scale development and validation. **Decision Sciences**, v.33,n.4, 2002.

SWAFFORD, P.; GHOSH, S.; MURTHY, N. The antecedents of supply chain agility of a firm: scale development and model testing. **Journal of Operations Management**, v.24,p.170-188, 2006.

TABACHNICK, B.; FIDELL, L. **Using multivariate analysis**, Needham Heights: Allyn & Bacon, 2007.

TANG, G.; CHIU, S.; HU, A.; YANG, J. Promoting Cleaner Production with innovative partnership programs in Taiwan. **Journal of Cleaner Production**, v.7,p.13-16, 1999.

TANGPONG, C. Content analytic approach to measuring constructs in operations and supply chain management. **Journal of Operations Management**, v.29, p.627-638, 2011.

TAYLOR, B. Encouraging industry and implement cleaner production measures. **Journal of Cleaner Production**, v.14,n.6-7,p.601-609, 2006.

TEIXEIRA, A.; JABBOUR, C.; JABBOUR, A.; LATAN, H.; OLIVEIRA, J. Green training and green supply chain management: evidence from Brazilian firms. **Journal of Cleaner Production**, v.116,p.170-176, 2016.

TESTA, F.; IRALDO, F. Shadows and lights of GSCM (Green Supply Chain Management): determinants and effects of these practices based on a multinational study. **Journal of cleaner production**,v.18,n.10-11,p.953-962, 2010.

THAKKAR, J.; KANDA, A.; DESHMUKH, S.G. Supply chain performance measurement framework for small and medium scale enterprises. **Benchmarking: An International Journal**,v. 16,n. 5, p. 702-723, 2009.

TOURANGEAU, R.; COUPER, M.; CONRAD, F. The effect of Screen position on evaluative ratings in web surveys. **Public Opinion Quartely**, v.77, p.69-88, 2013.

TRAMARICO, C.; SALOMON, F. Multi-criteria assessment of the benefits of a supply chain management training considering green issues. **Journal of cleaner production**, v.142,n.1,p.249-256, 2017.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developingevidence-informed management knowledge by means of systematic review. **Britain Journal of Manafement**, v.14, p.207-222, 2003.

TSENG, M.; LIN, Y.; CHIU, A. Fuzzy AHP study of cleaner production implementation in Taiwan PWB manufacturer. **Journal of Cleaner Production**,v.17,p.1249-1256, 2009.

UNEP DTIE (United Nations Environmental Programme e Division of Technology, Industry and Environment), 1996. Cleaner Production e a Resource Training Package, first ed. United Nations Publication, Paris.

UNEP, 1998. International Declaration on Cleaner Production, South-korea. Disponível em <<http://www.unep.fr/scp/cp/network/pdf/english.pdf>>. Acesso em : 12 de out. 2018.

UNEP, 2001. United Nation for the Environmental Program; cleaner production. Acesso em: <www.unep.fr/pc/cp/understanding_cp/home.htm>. Acesso em : 18 de ago. 2018.

UNEP, 2006. United Nation for the Environmental Program – Environmental Agreements and Cleaner Production – Questions and Answers. Disponível em: www.unep.fr/pc/cp/understanding_cp/home.htm. > Acesso 08 de Abr. 2020.

UNEP,2002a. Changing Production Patterns: Learning from Experience of National Cleaner Production Centres. United Nations Environment Program (UNEP), Division of Technology and Economics (DTIE).

UNEP. Government strategies and policies for cleaner production. Paris: UNEP; 1994. p. 21.

UNIDO, 2015. Inclusive and Sustainable Development in Latin America and Caribbean Region. United Nations Industrial Development Organization. Disponível em: <<http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/cleaner-production.html>>. Acesso em : 20 de jun.2017.

UNIDO, 2014. Cleaner Production (CP). Disponível em: <<http://www.unido.org/en/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/cleaner-production.html>> Acesso em: 03 mai. 2016.

United Nations Environment Programme – UNEP (1990a). Understanding resource efficient and cleaner production. Paris: UNEP. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/cp/>>/ Acesso em : 12 de ju.2018.

United Nations Environment Programme – UNEP (2020). UNEP Environmental and Social Sustainability Framework (ESSF). Paris: UNEP. Disponível em: <http://www.unep.fr/scp/cp/>/ Acesso em : 08 de Abr.2020.

United Nations Environment Programme - UNEP (2016) Green Jobs – Employment in Waste Management and Recycling in Albania. Paris: UNEP. Disponível em: <http://www.unep.fr/scp/cp/>/ Acesso em : 08 de Abr.2020.

UNNIKRISHNAN, S.; HEGDE, D. Environmental training and cleaner production in Indian industry – A micro-level study. **Resources Conservation & Recycling**,v.50, p.427-441, 2007.

USEPA (1992) *Facility Pollution Prevention Planning Guide*, United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, EPA 600/R92/088.

USEPA. Waste minimisation opportunity assessment manual. Cincinnati (OH): United States Environmental Protection Agency; 1988.

- VALLIANT, R.; DEVER, J.; KREUTER, F. **Practical Tools for Designing and Weighting Survey Samples**. 1.ed.New York: Springer,2013.p.677.
- VAN BERKEL, R. Introduction to cleaner production assessments with applications in the food processing industry. **UNEP Industry and Environment Review**, v.18,n.1, p.8-15,1995.
- VAN BERKEL, R. Evaluation of the global implementation of the UNIDO-UNEP National cleaner production centres (NCPC) programme, **Cleaner Technology Environmental Policy**. v.13, p.161-175, 2011.
- VAN BERKEL, R. Evolution and diversification of national cleaner production centres (NCPCs). **J. Environ. Manag**, v.91, p.1556-1565, 2010.
- VAN HOOFF, B. Organizational learning in cleaner production among Mexican supply networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p.115-124, 2014.
- VANHALA, M.; PUUMALAINEN, K.; BLOMQVIST, K. Impersonal trust ; development of the construct and the scale. **Personnel Review**, v.40,n.4,p.485-513, 2011.
- VICKERS, I. Cleaner Production: organizational learning or business as usual? An example from the domestic appliance industry. **Business Strategy and the Environmental**, v.9, p.255-268,2000.
- VIERA, C.L.; AMARAL, G.F. Barriers and strategies applying cleaner production: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**,v.113,n.1, p.5-16, 2016.
- VILLAR, A. **Response bias**. In P. Lavrakas (Ed.), *Encyclopedia of survey research methods*. California: Sage, 751-753p, 2008.
- VISVANATHAN, C.; KUMAR ,S. Issues for better implementation of cleaner production in Asian small and medium industries. **J Clean Prod**,7,127-134, 1999.
- VISVANATHAN, C.; KUMAR, S. Issues for better implementation of cleaner production in Asian small and medium industries. **Journal of Cleaner Production**,v.7, p.127-134,1999.
- WANG, J. China´s National Cleaner Production Strategy. **Environmental Impact Assessment Review**, v.19, p. 437-456, 1999.
- WANG, Y.; MA, Q.; LI, Y. Energy Consumption, Carbon Emissions and Global Warming Potential of Wolfberry Production in Jinngtai Oasis, Gansu Province, China. **Environ Manage**, 64,772-782, 2019.
- WANG, D.; YAO, S. Cleaner production evaluation method-fuzzy math method. **Fuzzy Information Engineering**,v.78, p.463-470, 2010.
- WANG, Y.; WEN, Z.; LI, H. Symbiotic technology assessment in iron and steel industry based on entropy TOPSIS method. **Journal of Cleaner Production**,v. 260, p.120-900, 2020.
- WARD, P.; LEONG, G.; BOYER, K. Manufacturing proactiveness and performance. **Decision Sciences**, v.25, n.3, p.337–358, 1994.

- WARREN, K.; OTOLANO, L.; ROZELLE, S. Pollution prevention incentives and responses in Chinese firms. **Environment Impact Assessment review**, v.19, p.521-540, 1999.
- WASSERMAN, J.; QUELHAS, O.; LIMA, G. Analysis of Cleaner Production Practices in a Printing Company in Brazil. **Environmental Quality Management**, v.46, p.1-19, 2017.
- WATTS, L.; MEDEIROS, K.; McINTOSH, T.; MULHEARN, T. Decision biases in the context of ethics: Initial scale development and validation. **Personality and Individual Differences**, v.153, p.109-609, 2020.
- WEI, C.; SHI, L. Heterogeneity of Industrial development and evolution of cleaner production: bibliometric analysis based on JCLP. **J Clean Prod**, 212, 822-816, 2019.
- WIBOWO, M.; ELIZAR, M.; ADJI, H. Supply chain management strategy for recycled materials to support sustainable construction. **Procedia Engineering**, v.171, p.185-190, 2017.
- WORTHINGTON, R.; WHITTAKER, T. Scale development research – a content analysis and recommendations for best practices. **The Counseling Psychologist**, v.34, n.6, p.806-838, 2006.
- WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), 1996. Eco-Efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance, Geneva.
- XU, X.; GURSOY, D.H. A conceptual framework of sustainable hospitality supply chain management. **International Journal of Hospitality Market**, Turlock, v. 24, n.3, p. 229–259, 2015.
- YAACOUB, A.; FRESNER, J., 2006. Half Is Enough - an Introduction to Cleaner Production. LCPC Press, Beirut, Lebanon. ISBN 3-9501636-2-X.
- YAN, W.; CHAI, J.; QIAN, Z.; TSAI, S.; CHEN, H.; XIONG, Y. Operational decisions on remanufacturing outsourcing involved with corporate environmental and social responsibility - a sustainable perspective. **Sustainability**, v.10, n.4, 2018.
- YANG, P.; CUI, C.; LI, L.; SHEU, C. Carbon emissions in countries that failed ratify the intended nationally determined contributions : A case study of Kyrgyzstan. **J Environ Manag**, 1, 109-892, 2020.
- YANG, C.L.; LIN, S.P.; CHAN, Y.; SHEU, C. Mediated effect of environmental management on manufacturing competitiveness: an empirical study. **International Journal of Production Economics**, v.123, n.1, p.210-220, 2010.
- YIN, S.; SHAO, Y.; WU, A.; WANG, H.; LIU, X. A systematic review paste technology in metal mines for cleaner production in China. **Journal of Cleaner Production**, v.247, p. 119-590, 2020.
- YIN, Y.; QIN, S-f. A smart performance measurement approach for collaborative design in Industry 4.0. **Advances in Mechanical Engineering**, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2019.

YIN, Y.; GONG, T. Customer value co-creation behaviour: scale development and validation. **Journal of Business Research**,2012.

YOUNGBLOOD,D.; DVORAK, B.; WOLDT, W.; HAWKEY, S.; HYGSTROM, J. **Journal of Cleaner Production**, v.16, p.761-770, 2008.

YUKSEL, H. An empirical evaluation of cleaner production practices in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v.16, n.1,p.50-57, 2008.

YUSUP, M.; WANMAHMOOD, W.; SALLEH, M.; MUHAMAD, M. The influence factor for the successful implementation of cleaner production: a review. **Jurnal.Teknologi**,v.70, n.1,p.117-123, 2014a.

YUSUP, M.; MAHMOOD, W.; SALLEH, M.; HAHMAN, M. The implementation of cleaner production practices from Malaysian manufacturer's perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v.108, p.659-672, 2015.

ZADEH, M.; ALEAGHA, M.; NIA, A. The development of a Cleaner Production Model and Applied Management Solutions for the Pharmaceutical Industry. **Eurasian J Anal Chem**,v.13,p.3-12, 2018.

ZAICHKOWSKY , J. Measuring the involvement construct. **J. Consum Res**, v.12, p.341–52,1985.

ZAMEER, H.; WANG, Y.; YASMEEN, H. Reinforcing green competitive advantage through green production, creativity and green image: Implications for cleaner production in China. **Journal of Cleaner Production**, v.247, p.119-119, 2020.

ZENG, S.; MENG, X.; YIN, H.; TAM, C.; SU, L. Impact of cleaner production on business performance 2010. **Journal of Cleaner Production**, v.18,p.975-983,2010.

ZHENG, X.; GOVIDAN, K.; DENG, Q.; FENG, L. Effects of design for the environment on firms' production and remanufacturing strategies. **International Journal of Production economics** , v. 213, p.217-228, 2019.

ZHAO, R.; NEIGHBOUR, G.; DEUTZ, P.; McGUIRE, M. Materials selection for cleaner production: an environmental evaluation approach. **Materials and Design**,v.37,p.429-434, 2012.

ZHOU, H.; BENTON JR. Supply chain practice and information sharing. **Journal of Operations Management**, v.25,p.1348-1365, 2007.

ZILAHY, G. Organisational factors determining the implementation of cleaner production measures in the corporate sector. **Journal of Cleaner Production**.v.12,p.311-319, 2004.

ZWETSLOOT, G. Improving Cleaner Production by integration into the management of quality, environment and working conditions. **Journal of Cleaner Production**, v.3, n.1-2, p. 61-66, 1995.

APÊNDICE A – CARTA DE APRESENTAÇÃO (PESQUISADORES)

Prezado Pesquisador,

Meu nome é Thyago Borges. O motivo do meu contato é convidá-lo a contribuir com a minha tese de doutorado, fruto de uma parceria entre a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil, Programa de [Pós-Graduação em Engenharia de Produção](#), sob supervisão do Professor [Gilberto Ganga](#) e a [Université de Sherbrooke](#), Canadá, École de Gestion, sob a supervisão do Professor Luís Antônio de Santa-Eulalia.

O objetivo da pesquisa é propor uma escala para mensurar o nível de implantação de práticas de Produção mais Limpa (P+L) nas empresas. Este instrumento auxiliará os gestores a realizarem um diagnóstico do quanto as empresas estão comprometidas com a sustentabilidade de suas operações. Sua contribuição seria na etapa de validação dos itens por *experts*.

Esclarecimentos sobre a sua participação:

- a) Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Université de Sherbrooke, dispensando a necessidade do termo de consentimento nesta etapa de validação por especialistas;
- b) Não é necessário sua identificação. A confidencialidade das informações é garantida pelo tratamento dos dados de forma agregada. Os resultados da pesquisa serão divulgados em relatórios e artigos científicos somente;
- c) Não existe resposta certa ou errada;
- d) A maior parte das questões é fechada e de múltipla escolha, o que facilita e reduz o tempo de participação (estimado em 12 minutos);
- e) O questionário está dividido em duas partes: Parte 01 – caracterização do seu perfil; Parte 2 – validação das práticas de P+L;
- f) Participando da pesquisa você ajudará a combater o desmatamento na Amazônia. Para cada questionário preenchido completo, doaremos US\$ 0,25 para duas ONGs que combatem o desmatamento da FLORESTA AMAZÔNICA, as quais: [SOS Amazônia](#) e [Fundação Amazonas Sustentável](#) (FAS)

Sua participação é muito importante para a validade e confiabilidade da escala a ser desenvolvida. Caso tenha alguma dúvida ou comentário, por favor entre em contato conosco pelo email: research@dep.ufscar.br

Sinta-se livre para indicar esta pesquisa para outros pesquisadores com pesquisas em gestão ambiental. Agradecemos a atenção!

Atenciosamente,

Thyago Borges

Gilberto Ganga

APÊNDICE B – CARACTERIZAÇÃO DOS RESPONDENTE (PESQUISADORES)

- 1) Qual o nome da instituição que você se encontra afiliado?
 - Não desejo informar
 - Especifique_____

- 2) Em qual país a sua instituição se encontra?
 - Alemanha
 - Argentina
 - Austrália
 - Brasil
 - Canadá
 - China
 - Chile
 - Dinamarca
 - Estados- Unidos
 - Espanha
 - França
 - Índia
 - Japão
 - México
 - Noruega
 - Reino Unido
 - Não desejo Informar
 - Outro (Especifique)

- 3) Na instituição declarada, qual o departamento ou centro de pesquisa que você atua?
 - Não desejo informar
 - Especifique_____

- 4) Qual cargo você ocupa nessa instituição?
 - Docente
 - Pesquisador
 - Não desejo informar
 - Outra Função (especifique se desejar)

- 5) Há quanto tempo você vem pesquisando temas relacionados a sustentabilidade
 - Menos de 1 ano
 - De 1 a 3 anos
 - De 4 a 7 anos
 - De 8 a 12 Anos

- Mais de 12 Anos (especificar a quantidade)

6) Quais as áreas que você pesquisa? Assinale mais de uma opção se for o caso

- Avaliação do Ciclo de Vida
- Consumo Sustentável
- Economia Circular
- Educação para desenvolvimento sustentável
- Ecodesign
- Governo, legislação e política para a sustentabilidade
- Produção mais Limpa
- Responsabilidade Social Corporativa
- Sistemas de Gestão Ambiental
- Tecnologias ambientais

7) Em quais periódicos científicos você já teve trabalhos publicados? Assinale mais de uma opção

- Business Strategy and the Environment
- Clean Technologies and Environmental Policy
- Ecological Economics
- Energy Efficiency
- Ecological Economics
- European Journal of Operational Research
- Renewable & Sustainable Energy Reviews
- Energy Policy
- International Journal Production Research
- International Journal Production Economics
- International Journal of Sustainable Development and World Ecology
- International Journal of Climate Change Strategies and Management
- International Journal of Green Energy
- International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology
- Journal of Material Cycles and Waste Management
- Journal of Environmental Management
- Resources, Conservation and Recycling

8) Você desenvolve projetos voltados a sustentabilidade com empresas?

- Sim
- Não
- Não desejo informar

APÊNDICE C – CARTA DE APRESENTAÇÃO (GESTORES)

Prezado Gestor,

Meu nome é Thyago Borges. O motivo do meu contato é convidá-lo a contribuir com a minha tese de doutorado, fruto de uma parceria entre a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Brasil, Programa de [Pós-Graduação em Engenharia de Produção](#), sob supervisão do Professor [Gilberto Ganga](#) e a [Université de Sherbrooke](#), Canadá, École de Gestion, sob a supervisão do Professor Luís Antônio de Santa-Eulália.

O objetivo da pesquisa é propor uma escala para mensurar o nível de implantação de práticas de Produção mais Limpa (P+L) nas empresas. Este instrumento auxiliará os gestores a realizarem um diagnóstico do quanto as empresas estão comprometidas com a sustentabilidade de suas operações. Sua contribuição seria na etapa de validação dos itens por *experts*.

Esclarecimentos sobre a sua participação:

- a) Não é necessário sua identificação. A confidencialidade das informações é garantida pelo tratamento dos dados de forma agregada. Os resultados da pesquisa serão divulgados em relatórios e artigos científicos somente;
- b) Não existe resposta certa ou errada;
- c) A maior parte das questões é fechada e de múltipla escolha, o que facilita e reduz o tempo de participação (estimado em 16 minutos);
- d) O questionário está dividido em duas partes: Parte 01 – caracterização do seu perfil; Parte 2 – validação das práticas de P+L;
- e) Participando da pesquisa você ajudará a combater o desmatamento na Amazônia. Para cada questionário preenchido completo, doaremos US\$ 0,25 para duas ONGs que combatem o desmatamento da FLORESTA AMAZÔNICA, as quais: [SOS Amazônia](#) e [Fundação Amazonas Sustentável](#) (FAS)

Sua participação é muito importante para a validade e confiabilidade da escala a ser desenvolvida. Caso tenha alguma dúvida ou comentário, por favor entre em contato conosco pelo email: research@dep.ufscar.br

Sinta-se livre para indicar esta pesquisa para outros pesquisadores com pesquisas em gestão ambiental. Agradecemos a atenção!

Atenciosamente,

Thyago Borges

Gilberto Ganga

APÊNDICE D – CARACTERIZAÇÃO DO RESPONDENTE (GESTORES)

1. Com qual gênero você se identifica?

- Feminino
- Masculino
- Não desejo informar

2. Qual a sua idade?

- 18 to 23
- 24 to 27
- 28 to 33
- 34 to 40
- 41 to 45
- 46 to 50
- 61 to 60
- Mais que 60
- Não desejo informar

3. Qual a sua formação acadêmica mais recente?

- Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Técnico
- Ensino Superior
- MBA ou Similares
- Mestrado
- Doutorado
- Não desejo informar
- Outro (especifique)

4. Que segmento a empresa está posicionada?

- Papel e produtos afins
- Químicos e produtos afins
- Comida e/ou bebida
- Plástico e/ou borracha
- Têxtil e/ou Tinturaria
- Aço e/ou alumínio
- Elétrico e/ou Eletrônicos
- Indústria de máquinas e equipamentos
- Indústria de Serviços
- Automobilístico
- Construção
- Outros
- Não desejo informar

5. Qual a região em que a sua empresa opera? (Mais de uma opção pode ser selecionada)
 - América do Norte
 - América Central e do Sul
 - Europa
 - África
 - Ásia-Pacífico
 - Não desejo informar

6. Qual o número de empregados que a sua empresa possui?
 - Menos que 100
 - 100 - 999
 - – 9.999
 - 10.000 – 49.000
 - 50.000 – 99.999
 - 100.000 – 499.999
 - 500,000+
 - Não desejo informar

7. Quanto tempo de experiência de trabalho você possui na área ambiental/sustentabilidade?
 - Menos de 1 ano
 - De 1 a 3 anos
 - De 4 a 7 anos
 - De 8 a 12 Anos
 - Mais de 13 Anos
 - Não desejo informar

8. Que cargo você ocupa na empresa?
 - Gestor Ambiental
 - Gestor de Sustentabilidade
 - Consultor Ambiental
 - Consultor de Sustentabilidade
 - Técnico de Meio Ambiente
 - Supervisor Ambiental
 - Não desejo informar
 - Outros

9. Em que faixa de receita anual a empresa está posicionada?
 - Até R\$ 4,15 milhões
 - Maior que R\$ 4,15 milhões até R\$ 207,5 milhões
 - Maior que R\$ 207,5 milhões até R\$ 2,075 bilhões
 - Maior que R\$ 2,075 bilhões até R\$ 12,45 bilhões

- Maior que R\$ 12,45 bilhões até 41,5 bilhões
- Maior que 41,5 bilhões

10. Que sistemas de gestão a sua empresa possui? Assinale mais de uma opção se for o caso

- ISO 9001
- ISO 14001
- ISO 22000
- OHSAS 18001
- AS 8000
- Nenhuma certificação
- Não desejo informar
- Outras - especifique

*Ao final da avaliação de todas as práticas os gestores visualizavam a seguinte mensagem:

Você possui alguma sugestão de melhoria para esse questionário? Sinta-se livre para comentar, garantimos o seu anonimato.



thyago borges <tmdborges@gmail.com>

Welight Pagamentos e Doações - Recibo de Pagamento de R\$ 319,36

1 mensagem

Welight Pagamentos e Doações <no-reply@iugu.com>
Responder a: Welight Pagamentos e Doações <no-reply@iugu.com>
Para: tmdborges@gmail.com

4 de junho de 2020 13:57

Recibo para tmdborges@gmail.com**TRANSAÇÃO** #C2AE07B89520454DADFE39531479DEFA

CEDENTE

NOME Welight Pagamentos e Doações
CPF/CNPJ 22.281.543/0001-67
E-MAIL no-reply@iugu.com

FATURA

GERADA EM 04/06/2020
VENCIMENTO 04/06/2020
MÉTODO DE PAGAMENTO Cartão de Crédito
Número de parcelas 1

CLIENTE

E-MAIL tmdborges@gmail.com

RESUMO

Descrição	Quantidade	Valor	Total
Aliança dos Povos Indígenas e Populações Tradicionais	1	R\$ 319,36	R\$ 319,36
		TOTAL	R\$ 319,36

Este e-mail é válido para todos os fins como comprovante desta transação.



thyago borges <tmdborges@gmail.com>

Atualização de pagamento

Doare <ola@doare.org>
Para: tmdborges@gmail.com

4 de junho de 2020 14:03



Atualização de status

Confirmado

Referência	6C6CED5D-C29F-4C2D-AD9F-FF01E52FB5CC
Valor total pago	R\$319.36
Forma de pagamento	Cartão de Crédito
Organização apoiada	SOS Amazônia

Se precisar de ajuda [fale com nosso suporte](#).

[Texto das mensagens anteriores oculto]