

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOSÉ ROBERTO ROLIM NUNES

**GESTÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM PEQUENAS EMPRESAS: UMA
PROPOSTA METODOLÓGICA DESENVOLVIDA POR MEIO DE PESQUISA-
AÇÃO**

Sorocaba
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

JOSÉ ROBERTO ROLIM NUNES

**GESTÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM PEQUENAS EMPRESAS: UMA
PROPOSTA METODOLÓGICA DESENVOLVIDA POR MEIO DE PESQUISA-
AÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, para obtenção do título de mestre em Engenharia em Produção.

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva

Coorientador: Profa. Dra. Virgínia Aparecida Silva Moris

Sorocaba
2017

Nunes, José Roberto Rolim

Gestão de Produção mais Limpa em pequenas empresas: uma proposta metodológica desenvolvida por meio de pesquisa-ação / José Roberto Rolim Nunes. -- 2017.

132 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: João Eduardo Azevedo Ramos da Silva

Banca examinadora: Biagio Fernando Giannetti, Edmundo Escrivão Filho

Bibliografia

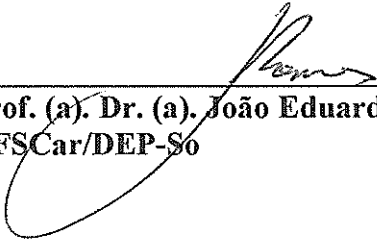
1. Produção mais Limpa. 2. Pequenas empresas. 3. Resíduos. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

JOSÉ ROBERTO ROLIM NUNES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão de Operações.


Sorocaba, 28 de março de 2017.

Orientador (a):



Prof. (a). Dr. (a). João Eduardo Azevedo Ramos da Silva
UFSCar/DEP-Só

Certifico que a Defesa de Dissertação de José Roberto Rolim Nunes foi realizada, nos termos da Resolução CoPG N° 010 de 28 de outubro de 2015, com a participação à distância dos membros Prof. Dr. Edmundo Escrivão Filho (USP/EESC) e Prof(a). Dr(a). Biagio Fernando Giannetti (UNIP/São Paulo). Encerradas as arguições e deliberações, os participantes à distância manifestaram-se FAVORÁVEIS ao conteúdo do parecer da comissão examinadora redigido no Relatório de Defesa.



Prof. (a). Dr. (a). João Eduardo Azevedo Ramos da Silva
Presidente da Comissão Examinadora
Professor Adjunto da Universidade Federal de São Carlos

*Dedico este trabalho à minha esposa Marli e aos meus filhos Gustavo e Isabela.
Dedico também ao meu pai Sergio e minha mãe Maria.*

AGRADECIMENTO

Muito obrigado a todos os professores e à secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do campus de Sorocaba da UFSCar. Meu muito obrigado à Profa. Dra. Virgínia Aparecida Silva Moris pela contribuição na orientação do trabalho. Agradeço especialmente ao meu orientador Prof. Dr. João Eduardo Azevedo Ramos da Silva, que sempre me recebeu com um sorriso, revisou de forma criteriosa e contribuiu para a minha dissertação.

Agradeço ao amigo de trabalho Agnaldo Luz Jerônimo que resgatou e organizou informações de mais de 5 anos de operações, que estão inclusos nesta pesquisa. Agradeço também à empresa, ao gerente geral que permitiu a realização da pesquisa-ação e aos colegas de trabalho que participaram das reuniões de tempestade de ideias e sugeriram melhorias nos processos.

Agradeço à minha esposa pela sua paciência e compreensão, que possibilitou gastar horas e horas da nossa convivência em frente ao computador para elaborar esta centena de páginas.

Agradeço muito a Deus pela oportunidade de realizar melhorias na empresa e de realizar esta pesquisa.

RESUMO

NUNES, José R. R., Gestão de Produção mais Limpa em pequenas empresas: uma proposta metodológica desenvolvida por meio de pesquisa-ação. 2016. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

O principal objetivo desta pesquisa é propor uma metodologia de gestão da Produção mais Limpa (P+L) para pequenas empresas. A P+L pode ser entendida como a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada aos serviços, produtos e processos produtivos a fim de reduzir os riscos para pessoas e meio ambiente e também aumentar a eficiência dos processos. Muitas empresas, em particular as de grande porte, têm adotado as práticas de P+L para reduzir os impactos ambientais e obtêm, por extensão, benefícios econômicos pela redução de geração de resíduos e uso de menor quantidade de energia, água e materiais. Apesar dos seus benefícios, no grupo das pequenas empresas é percebida baixa adesão à gestão ambiental baseada na P+L, o que é atribuído a um conjunto de barreiras, como por exemplo, poucos recursos financeiros, falta de envolvimento das pessoas e falta de liderança. Nesta pesquisa se analisou como estruturar as ações de P+L numa pequena empresa metalúrgica com o emprego do método de pesquisa-ação por um período de cinco anos. Os dados foram coletados e analisados por meio de observação participante. Como resultado principal tem-se a proposição de uma metodologia para gestão de P+L em pequenas empresas composta por cinco passos numa fase cíclica e uma meta fase. A metodologia proposta mostrou ser viável para conduzir a gestão ambiental na unidade de pesquisa. Constatou-se que ações de monitorar e promover as melhorias de P+L, priorização das oportunidades preventivas e envolvimento das pessoas facilitam a evolução do processo de melhoria contínua na metodologia proposta.

Palavras-chave: Produção mais Limpa. Pequenas empresas. Resíduos. Melhoria contínua.

ABSTRACT

NUNES, José R. R., Cleaner Production management in small companies: a methodological proposal developed by means of action research. 2016. 132 p. Dissertation (Master in Production Engineering) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016.

The main objective of this research is to propose a Cleaner Production (CP) management methodology for small companies. CP can be understood as continual application of a preventive environmental strategy integrated to service, products and process in order to reduce risks to people and environment as well to increase process efficiency. Many companies, in particular the big ones, have adopted CP practices to reduce environment impacts and they have obtained, by extension, economic benefits by waste generation reduction and usage of less quantity of energy, water and materials. Despite its benefits, it is perceived low level of adherence to environmental management based on CP in the group of small companies, which is attributed to several barriers, such as few financial resources, lack of involvement of people and lack of leadership. This research analyzed how to structure the CP actions in a small metallurgical company by using the action research during five years. Data were collected and analyzed by means of participant observation. As main result this study proposes a CP management methodology in small companies composed by a five steps cyclical phase and a meta-phase. The proposed methodology showed to be a feasible way to conduct environment management in the research unit. It was observed that actions of monitoring and promoting CP improvement, prioritization of preventive opportunities and people involvement facilitate the evolution of continuous improvement in the proposed methodology.

Keywords: Cleaner Production. Small companies. Wastes. Continuous improvement.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| FIGURA 1 – Estrutura da pesquisa..... | 32 |
| FIGURA 2 – Destaques na definição de Produção mais Limpa..... | 48 |
| FIGURA 3– Dimensões da Sustentabilidade..... | 50 |
| FIGURA 4 – Níveis de priorização da Produção mais Limpa..... | 52 |
| FIGURA 5 – Metodologia de Produção mais Limpa do projeto PRISMA..... | 54 |
| FIGURA 6 – Metodologia de Produção mais Limpa da UNEP DTIE..... | 55 |
| FIGURA 7– Metodologia de avaliação da P+L do NCPC brasileiro..... | 59 |
| FIGURA 8 – Ciclo da pesquisa-ação..... | 78 |
| FIGURA 9 – Organograma da unidade de pesquisa..... | 81 |
| FIGURA 10 – Eletrocalhas desdobradas..... | 85 |
| FIGURA 11 – Montagem do tê horizontal nos projetos tradicional e novo..... | 93 |
| FIGURA 12 – Desenho do método antigo de produção do Tê de derivação..... | 97 |
| FIGURA 13 – Desenho do método novo de produção do Tê de derivação..... | 97 |
| FIGURA 14 – Chapa perfurada com faixa central lisa..... | 104 |
| FIGURA 15 – Leito para cabos – de longarina com e sem reforço..... | 106 |
| FIGURA 16 – Indicador % de sucata..... | 110 |
| FIGURA 17 – Proposta da metodologia de gestão de Produção mais Limpa nas pequenas empresas..... | 114 |
| FIGURA 18 – Critério de priorização Investimento x Dificuldade de implantação..... | 120 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|-----|
| QUADRO 1 – Porte da empresa conforme o número de empregados..... | 35 |
| QUADRO 2 – Classificação das empresas segundo a estrutura administrativa..... | 36 |
| QUADRO 3 – Especificidades das PME delineadas por Leone (1999)..... | 37 |
| QUADRO 4 – Especificidades das PME..... | 38 |
| QUADRO 5 – Especificidades de gestão das PME - Terence e Escrivão Filho (2007)..... | 40 |
| QUADRO 6 – Especificidades de gestão das PME – Verga, Terence e Albuquerque (2010)..... | 40 |
| QUADRO 7 – Especificidades de gestão das PME - Terence e Escrivão Filho (2010)..... | 41 |
| QUADRO 8 – Especificidades de gestão das PME - Moraes e Escrivão Filho (2006)..... | 42 |
| QUADRO 9 – Especificidades das PME mais citadas neste estudo..... | 43 |
| QUADRO 10 – Iniciativas de Produção mais Limpa..... | 61 |
| QUADRO 11 – Resultados de <i>surveys</i> sobre aceitação de P+L nas PME..... | 62 |
| QUADRO 12 – Barreiras à P+L nas pequenas empresas chinesas..... | 65 |
| QUADRO 13 – Barreiras à P+L em pequenas metalúrgicas do Quênia..... | 68 |
| QUADRO 14 – Melhorias de P+L em PME fabricante de joias..... | 70 |
| QUADRO 15 – Melhorias de P+L em PME fabricantes de bijuterias..... | 71 |
| QUADRO 16 – Melhorias de P+L em prestador de serviços galvânicos..... | 72 |
| QUADRO 17 – Barreiras internas à P+L nas PME mais citadas neste estudo..... | 74 |
| QUADRO 18 – Estrutura prévia da metodologia de gestão de P+L em pequenas empresas..... | 76 |
| QUADRO 19 – Seis passos do ciclo de condução da pesquisa-ação..... | 79 |
| QUADRO 20 – Ciclos de pesquisa-ação com abordagem da Produção mais Limpa..... | 83 |
| QUADRO 21 – Conjuntos de perguntas e respostas “5 Porquês” – 1º ciclo..... | 84 |
| QUADRO 22 – Conjuntos de perguntas e respostas “5 Porquês” – 4º ciclo..... | 92 |
| QUADRO 23 – Conjuntos de perguntas e respostas “5 Porquês” – 6º ciclo..... | 100 |
| QUADRO 24 – Plano de corte de chapas..... | 102 |

| | |
|--|-----|
| QUADRO 25 – Perguntas e respostas dos “5 Porquês” – 7º ciclo..... | 104 |
| QUADRO 26 – Pontos de ajuste na estrutura prévia da metodologia..... | 109 |
| QUADRO 27 – Pontos de ajuste na estrutura prévia da metodologia..... | 113 |
| QUADRO 28 – Síntese para aplicação da metodologia proposta..... | 122 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 1 – Resultados da <i>Flash Eurobarometer</i> 342 relacionados à P+L..... | 63 |
| TABELA 2 – Especificação de chapa para duto metálico..... | 86 |
| TABELA 3 – Resultado do corte de barra de perfilado..... | 87 |
| TABELA 4 – Redução no consumo de MP nos acessórios de eletrocalha..... | 94 |
| TABELA 5 – Redução de massa galvanizada de acessórios de eletrocalha..... | 95 |
| TABELA 6 – Redução no consumo de MP com novos métodos de produção..... | 98 |
| TABELA 7 – Redução no consumo de MP nos acessórios de leito..... | 107 |
| TABELA 8 – Redução de massa galvanizada de acessórios de leito..... | 108 |
| TABELA 9 – Indicador % sucata anual..... | 111 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CNTL Centro Nacional de Tecnologia Limpa

CETESB Centro Tecnológico de Saneamento Básico

CP Cleaner Production

EP3 Environmental Pollution Prevention Project

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

ISO International Organization for Standardization

MP Matéria prima

NCPC National Cleaner Production Centre

OECD Organization for Economic Co-operation and Development

P2 Pollution Prevention

P+L Produção mais Limpa

PIB Produto interno bruto

PME Pequenas e médias empresas

PNRS Política Nacional de Resíduos Sólidos

RSC Responsabilidade Social Corporativa

SEBRAE Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

UN United Nations

UNEP United Nations Environment Programme

UNEP DTIE United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics

UNIDO United Nations Industrial Development Organization

USEPA United States Environment Protection Agency

VPL Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 25 |
| 1.1 | CARACTERIZAÇÃO DO TEMA..... | 26 |
| 1.2 | FORMULAÇÃO DO PROBLEMA..... | 26 |
| 1.3 | OBJETIVOS..... | 28 |
| 1.4 | JUSTIFICATIVA | 29 |
| 1.5 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO..... | 30 |
| 2 | PEQUENAS EMPRESAS..... | 33 |
| 2.1 | CLASSIFICAÇÃO DAS PEQUENAS EMPRESAS..... | 33 |
| 2.2 | ESPECIFICIDADES DAS PEQUENAS EMPRESAS..... | 37 |
| 2.3 | ESPECIFICIDADES DE GESTÃO DAS PEQUENAS EMPRESAS..... | 39 |
| 2.4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO..... | 43 |
| 3 | PRODUÇÃO MAIS LIMPA..... | 45 |
| 3.1 | EVOLUÇÃO HISTÓRICA: DA REAÇÃO À PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO.. | 45 |
| 3.2 | DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA..... | 47 |
| 3.3 | ESTRATÉGIAS E NÍVEIS DE PRIORIZAÇÃO..... | 51 |
| 3.4 | METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA..... | 53 |
| 3.5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO..... | 59 |
| 4 | PRODUÇÃO MAIS LIMPA NAS PEQUENAS EMPRESAS..... | 61 |
| 4.1 | ACEITAÇÃO DE P+L NAS PEQUENAS EMPRESAS..... | 61 |
| 4.2 | BARREIRAS À P+L NAS PEQUENAS EMPRESAS..... | 64 |
| 4.3 | BENEFÍCIOS DA P+L EM PEQUENAS METALÚRGICAS..... | 69 |
| 4.4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO..... | 73 |
| 5 | CARACTERÍSTICAS PARA UMA METODOLOGIA DE GESTÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NAS PEQUENAS EMPRESAS..... | 75 |
| 6 | TRABALHO DE CAMPO..... | 77 |
| 6.1 | CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA DA PESQUISA..... | 77 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.2 | MÉTODO DA PESQUISA..... | 78 |
| 6.3 | MÉTODO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS..... | 80 |
| 6.4 | A EMPRESA - UNIDADE DE PESQUISA..... | 81 |
| 7 | RESULTADOS E ANÁLISES..... | 83 |
| 7.1 | PRIMEIRO CICLO: EFETUAR <i>HOUSEKEEPING</i> | 83 |
| 7.2 | SEGUNDO CICLO: VENDER SOBRAS..... | 88 |
| 7.3 | TERCEIRO CICLO: PRODUZIR ITENS PEQUENOS..... | 90 |
| 7.4 | QUARTO CICLO: MODIFICAR O PROJETO DO PRODUTO..... | 91 |
| 7.5 | QUINTO CICLO: MODIFICAR OS MÉTODOS DE PRODUÇÃO..... | 96 |
| 7.6 | SEXTO CICLO: PLANEJAR O CORTE DE CHAPAS..... | 100 |
| 7.7 | SÉTIMO CICLO: ESPECIFICAR A PERFURAÇÃO DE CHAPAS..... | 103 |
| 7.8 | OITAVO CICLO: DESENVOLVER UM NOVO PRODUTO..... | 105 |
| 7.9 | ANÁLISES COMPARATIVAS E INDICADOR DE DESEMPENHO..... | 109 |
| 8 | PROPOSTA DE METODOLOGIA DE GESTÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM PEQUENAS EMPRESAS..... | 113 |
| 8.1 | META FASE: PROMOVER E MONITORAR..... | 115 |
| 8.2 | PADRONIZAR E PLANEJAR..... | 116 |
| 8.3 | ANALISAR FLUXOS..... | 117 |
| 8.4 | GERAR OPORTUNIDADES PREVENTIVAS..... | 118 |
| 8.5 | BUSCAR APROVAÇÕES..... | 119 |
| 8.6 | IMPLANTAR MELHORIAS DE P+L..... | 121 |
| 8.7 | SÍNTESE PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA..... | 122 |
| 9 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 123 |
| | REFERÊNCIAS..... | 125 |

1 INTRODUÇÃO

A forma como as empresas, os governos e a sociedade têm enfrentado os desafios ambientais evoluiu consideravelmente na segunda metade do século XX, passando da abordagem da diluição e dispersão da poluição para o tratamento dos resíduos e depois para a prevenção da geração de resíduos (DIELEMAN, 2007; KHALILI *et al.*, 2015). Um novo entendimento sobre as relações entre fatores econômicos e ambientais foi apresentado na *United Nations Conference on the Human Environment* (UNITED NATIONS (UN), 1972). O conceito de desenvolvimento sustentável foi introduzido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento por meio do relatório “*Our Common Future*” (UN, 1987), que foi endossado pela Agenda 21 acordada entre países na *United Nations Conference on Environment and Development* – Conferência do Rio (UN, 1992).

As ações para o desenvolvimento sustentável derivadas das conferências das Nações Unidas têm gerado acordos entre países, estabelecimento de metas e definição de muitas legislações relacionadas ao meio ambiente ao redor do mundo. Em nível microeconômico, estas ações, acordos, metas e legislações têm alterado a forma como as empresas realizam suas operações (DIELEMAN, 2007; KHALILI *et al.*, 2015; UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO), 2015a).

Alinhados com o aumento dos requisitos impostos pelo mundo dos negócios, pelo meio ambiente e pela sociedade, Bayraktar *et al.* (2007) descrevem os ambientes que as empresas têm realizado suas operações no passado, no presente e no futuro. Para o futuro, estes autores apontam, entre outros desafios, a necessidade de processos, produtos, visões e políticas conscientes com relação aos recursos naturais.

Diante dessa perspectiva, muitas empresas passaram a desenvolver e aplicar sistemas de gestão ambiental, alguns deles voltados unicamente a atender os requisitos legais e outros com objetivos estratégicos adicionais de alcançar vantagens competitivas sustentáveis e um melhor desempenho ambiental e organizacional. Dieleman (2007) aponta que sistema de gestão baseado na norma *International Organization for Standardization* (ISO) 14000 provavelmente é a abordagem mais reconhecida e mais aplicada no mundo pelas indústrias, mas que outras abordagens para realizar a gestão ambiental também foram desenvolvidas tais como: Produção mais Limpa (P+L), Avaliação do Ciclo de Vida, *Eco-Design*, Ecologia Industrial, Responsabilidade Social Corporativa (RSC) e Gestão Industrial Sustentável.

1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA

Este trabalho foca a Produção mais Limpa, que é um método específico de realizar a gestão ambiental nas empresas e que normalmente contribui para redução de impactos ambientais gerados pela indústria e ao mesmo tempo proporciona vantagens econômicas (STONE, 2006a; VAN HOOFF e LYON, 2013).

No processo evolutivo da produção que partiu do uso das técnicas de tratamento de resíduos para as técnicas de prevenção da geração de resíduos surgiram denominações como 3R (reduzir, reusar e reciclar), minimização dos resíduos e eco-eficiência (*United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics* (UNEP DTIE), 2004). A *United Nations Environment Programme* (UNEP) unificou estes termos numa definição que é comumente usada: “Produção mais Limpa é a contínua aplicação de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir riscos para as pessoas e o meio ambiente” (UNIDO, 2015a).

A P+L oferece oportunidade de relação do tipo ganha-ganha, na qual as melhorias ambientais reduzem os custos operacionais, pelo uso de menor quantidade de energia, água e materiais e menor geração de resíduos e poluentes (VAN BERKEL, 2011). Os benefícios da P+L são obtidos por meio de técnicas preventivas complementares, de baixo custo até alto investimento, incluindo *housekeeping*, substituição de insumos, mudanças e melhor controle no processo, modificação no equipamento, modificação tecnológica, reutilização interna de resíduos, produção de subprodutos utilizando resíduos e reciclagem (UNIDO, 2015a).

Vários projetos de demonstração de P+L, realizados na década de 90, mostraram resultados positivos empregando uma metodologia caracterizada pelas seguintes fases: 1ª planejamento e organização; 2ª identificação de fontes de emissão de resíduos e de oportunidades de mudança; 3ª análise de viabilidades econômicas e ambientais; e 4ª implementação e continuidade. Esta metodologia objetiva a identificação e a implementação de oportunidades de P+L (DIELEMAN, 2007).

1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O problema de pesquisa deste estudo é o resultado de análise e busca de soluções de problemas em duas fases, quando o autor desta pesquisa atuou como responsável pela gestão industrial de uma metalúrgica de pequeno porte. Na primeira fase buscou-se resposta para a pergunta: o quê fazer com os resíduos de corte guilhotinado de chapas, além da venda

para reciclagem, para gerar maior valor econômico para a empresa? Decidiu-se então pela implantação do programa de P+L baseado na metodologia do Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) (2007), que logo em seu início teve como barreira a falta de apoio e comprometimento da alta direção, que alegou falta de recursos e priorizou o aumento do volume de produção. Estas barreiras conduziram para a segunda fase da formulação do problema desta pesquisa, caracterizada pela busca de alternativas de implantação de P+L. Buscou-se analisar artigos que apresentassem a implementação de P+L em pequenas empresas por meio da seleção e revisão de artigos do *Journal of Cleaner Production*, de 1993 até julho de 2015 que continham em seu título as palavras: *Cleaner Production* ou *Polution Prevention* ou *waste minimization* ou *environmental management* ou *small company* ou *small and medium company*. Foi selecionado um conjunto de 64 artigos, que após a leitura e análise se reduziu a 18 artigos: Andrews, Stearne e Orbell (2002), Baas (2007), Gallup e Marcotte (2004), Gärdström e Norrthon (1994), Gombault e Versteege (1999), Hillary (2004), Howgrave-Graham e Van Berkel (2007); Khalili *et al.* (2015), Luken e Navratil (2004), Ortolano *et al.* (2014), Silva *et al.* (2013); Shi *et al.* (2008), Silvestre e Silva Neto (2014); Van Berkel (1994); Van Berkel (2004); Van Berkel (2011); Van Berkel e Kortman (1993), Van Hoof e Lyon (2013).

Entre estes 18 artigos, três *surveys* apresentam indicadores relacionados à extensão de uso da P+L: 6% das pequenas empresas aplicam rotineiramente a P+L na Holanda (GOMBAULT e VERSTEEGE, 1999); 28% das pequenas empresas da região de Geelong na Austrália mostraram familiaridade e ações embrionárias de P+L (ANDREWS, STEARNE e ORBELL, 2002); a maioria das pequenas empresas da Austrália ocidental tem baixo nível de consciência, incentivos da gestão e implementação da P+L, com 27 pontos em 100 possíveis (HOWGRAVE-GRAHAM e VAN BERKEL, 2007). Complementarmente, em sua pesquisa Baas (2007) analisa o programa de P+L do governo holandês focado na pequena e média empresa (PME), uma descoberta é que 10% deste grupo de empresas utilizava sistema de gestão ambiental em 2001.

Muitos destes artigos avaliam projetos e programas, de abrangência de um até vários países, focados em pequenas empresas para disseminação de P+L (GALLUP e MARCOTTE, 2004; LUKEN e NAVRATIL, 2004; ORTOLANO *et al.*, 2014; VAN BERKEL, 2011; VAN HOOFF e LYON, 2013), que apontam baixo índice de manutenção de P+L nas PME. Van Berkel (2004) relata que após o projeto de demonstração, assistido durante dois anos pela UNIDO na Índia, 7 de 12 PME participantes interromperam as atividades de P+L. Gärdström e Norrthon (1994) concluíram que um grupo externo à empresa

pode catalisar ações de P+L, no entanto, o projeto não obteve sucesso na criação de equipe de trabalho interno capaz e motivado nas PME analisadas no estudo.

Shi *et al.* (2008) classificam as barreiras enfrentadas pelas PME chinesas em internas e externas e apontam que a maior barreira é o alto custo de capital. Hillary (2004), por sua vez, identificou os incentivos e barreiras para implantação de sistemas de gestão ambiental nas PME da União Europeia e conclui que as barreiras internas, tais como: falta de recursos humanos especializados, falta de consciência dos benefícios, interrupção na implementação, resistência à mudança e falta de guias, representam maior dificuldade ao progresso no uso de sistemas de gestão ambiental. Khalili *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2013) também apontam barreiras internas como a limitada capacidade gerencial, não participação dos trabalhadores e falta de sistemas de monitoramento e manutenção da P+L.

A análise destes estudos envolvendo a P+L e as pequenas empresas conduziu à formulação do seguinte problema de pesquisa que norteou o desenvolvimento deste trabalho: como estruturar as ações de Produção mais Limpa em pequenas empresas?

A literatura apresenta várias metodologias de P+L (CNTL, 2007; Centro Tecnológico de Saneamento Básico (CETESB), 2002; SILVA *et al.*, 2013; VAN BERKEL e KORTMAN, 1993), porém segundo Van Berkel (2010), na essência a grande maioria se resume na metodologia da UNEP DTIE (2004) e não foi apresentada na literatura metodologia específica para aplicação da P+L nas pequenas empresas.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é propor uma metodologia para apoiar os gestores de pequenas empresas na gestão ambiental baseada na Produção mais Limpa, que simplifique as ações na superação de barreiras internas em sua implantação.

Como objetivos específicos esta pesquisa visa apresentar:

- A proposta de uma metodologia para gestão de P+L em pequenas empresas;
- A aplicação da metodologia proposta numa metalúrgica de pequeno porte;
- As estratégias de P+L empregadas na redução da geração de resíduos;
- Os benefícios obtidos com a aplicação da metodologia proposta.

A unidade de análise selecionada para esta pesquisa é uma empresa de pequeno porte do setor metalúrgico, localizada no interior de São Paulo, fabricante de partes para instalação de infraestrutura de instalações elétricas e de cabos para comunicação de dados.

Para cumprir os objetivos propostos, a pesquisa tem como base a fundamentação teórica, para levantar o estado da arte sobre o tema e a construção do conhecimento por meio da pesquisa-ação. Este método é selecionado já que o autor desta pesquisa atuou como gerente industrial na unidade de pesquisa e concomitantemente como pesquisador participante.

1.4 JUSTIFICATIVA

As justificativas para a realização desta pesquisa são: a importância econômica das pequenas e médias empresas¹; a pressão por atitudes ambientalmente corretas; e o crescimento de estudos sobre implantações de P+L e suas vantagens ambientais e competitivas.

A relevância em se estudar as pequenas empresas ocorre pela importância estratégica deste grupo de empresas para a economia do Brasil, pelos desafios impostos às pequenas empresas em termos de sua sobrevivência e de se atingir um melhor desempenho operacional. Estes fatores exigem o emprego de estratégias e práticas de gestão de recursos materiais, energéticos e humanos na produção e motivam estudos a respeito deste porte de empresa.

O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (2012) destaca a importância econômica das pequenas empresas informando que no ano de 2009 as empresas de pequeno porte foram responsáveis por 9,0% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, ao passo que as microempresas por 3,7%. O SEBRAE (2015) informa que em 2013 as micro e pequenas empresas eram responsáveis por 17,1 milhões de empregos formais no Brasil, equivalente a 52,1% do total. Desse modo, focar na resolução dos assuntos que comprometem a evolução das pequenas empresas é uma medida importante para a sustentabilidade econômica e social.

A relevância em se estudar a Produção mais Limpa está relacionada às crescentes pressões que as empresas têm recebido para emprego de atitudes ambientalmente corretas, o crescente volume de pesquisas acadêmicas desta abordagem e a contribuição da P+L para a sustentabilidade.

¹ Os termos: pequenas e médias empresas (PME), pequenas empresas e pequenos negócios são utilizados nesta pesquisa em referência ao grupo formado por microempresas, empresas de pequeno porte e empresas de médio porte. A seção 2 apresenta classificações segundo o porte da empresa.

As organizações têm mostrado crescente interesse em práticas ambientalmente responsáveis, motivadas em boa parte pela legislação, como mencionado por Howgrave-Graham e Van Berkel (2007) em sua pesquisa sobre a P+L em pequenas empresas da Austrália Ocidental. No caso do Brasil, a legislação relacionada a boas práticas ambientais é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que determina diretrizes que privilegiam a não geração de resíduos sólidos e apresenta a seguinte hierarquia de ações frente aos resíduos: reduzir, reutilizar, reciclar e tratar resíduos (BRASIL, 2010).

Na área acadêmica, há crescimento consistente na publicação de estudos sobre aplicação de Produção mais Limpa em ampla gama de setores industriais a partir da década de 90, que mostram vantagens ambientais e competitivas (HOWGRAVE-GRAHAM e VAN BERKEL, 2007), o que particularmente motiva muitas empresas na utilização destas estratégias. Alinha a esta tendência, a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) dedica uma de suas onze grandes áreas (área 9 - Gestão Ambiental dos Processos Produtivos) aos estudos relacionados à gestão de recursos naturais, gestão energética, Produção mais Limpa e Ecoeficiência, gestão de resíduos industriais e prevenção de poluição.

A definição da P+L indica que as três dimensões do desenvolvimento sustentável podem ser positivamente afetadas por sua prática. Esta relevância da P+L é apresentada em muitos estudos, como em Almeida *et al.* (2015) e Bonilla *et al.* (2010), que relacionam o desenvolvimento sustentável e a capacidade da P+L em reduzir os impactos negativos da indústria e contribuir para acelerar a transição para sociedades justas e sustentáveis.

A Produção mais Limpa tem sido objeto de muitos estudos em uma variedade de ambientes de produção. No entanto, apesar de existirem estudos publicados sobre a P+L nas pequenas empresas (ANDREWS, STEARNE e ORBELL, 2002; GALLUP E MARCOTTE, 2004; GÄRDSTRÖN e NORRTHON, 1994; GOMBAULT e VERSTEEGE, 1999; HOWGRAVE-GRAHAM e VAN BERKEL, 2007; ORTOLANO *et al.*, 2014; SILVESTRE E SILVA NETO, 2014; VAN HOOFF e LYON, 2013; VAN BERKEL, 1994 e 2004; VAN BERKEL e KORTMAN, 1993), ainda faltam estudos que definam uma metodologia específica a ser utilizada na gestão ambiental por meio de estratégias de P+L por pequenas empresas.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta pesquisa está estruturada em 9 seções.

Nesta primeira seção, ‘Introdução’, a pesquisa é delineada por meio da contextualização, da caracterização do tema, da formulação do problema de pesquisa, da declaração dos objetivos e da justificativa para esta pesquisa.

A segunda seção, ‘Pequenas Empresas’, estuda o tipo de empresa que é objeto de pesquisa. Apresentam-se critérios de classificação qualitativa e quantitativa das empresas segundo seu porte e as especificidades das pequenas empresas.

A terceira seção, ‘Produção mais Limpa’, apresenta a revisão bibliográfica sobre a P+L. Inicia-se com fatos que levaram à evolução da abordagem reativa até o paradigma da prevenção da poluição. Na sequência apresenta-se o conceito de P+L, suas características, estratégias e níveis de priorização. Finaliza-se esta seção com a revisão de metodologias de P+L.

A quarta seção, ‘Produção mais Limpa nas pequenas empresas’, apresenta a aceitação da P+L pelas pequenas empresas com as práticas sustentáveis implantadas, as barreiras e benefícios na utilização de tal abordagem neste porte de empresa.

Na quinta seção, ‘Características da metodologia de gestão da Produção mais Limpa nas pequenas empresas’, resume-se as principais características para uma metodologia de gestão de P+L apropriada para as pequenas empresas. Estas características são extraídas da revisão da literatura e servem de fundamento para realização da pesquisa-ação e construção do conhecimento na área.

Na sexta seção, ‘Trabalho de campo’, classifica-se a pesquisa quanto a sua natureza, abordagem, finalidade e procedimentos técnicos, apresentam-se as técnicas de coleta e análise de dados e a unidade de análise da pesquisa é contextualizada.

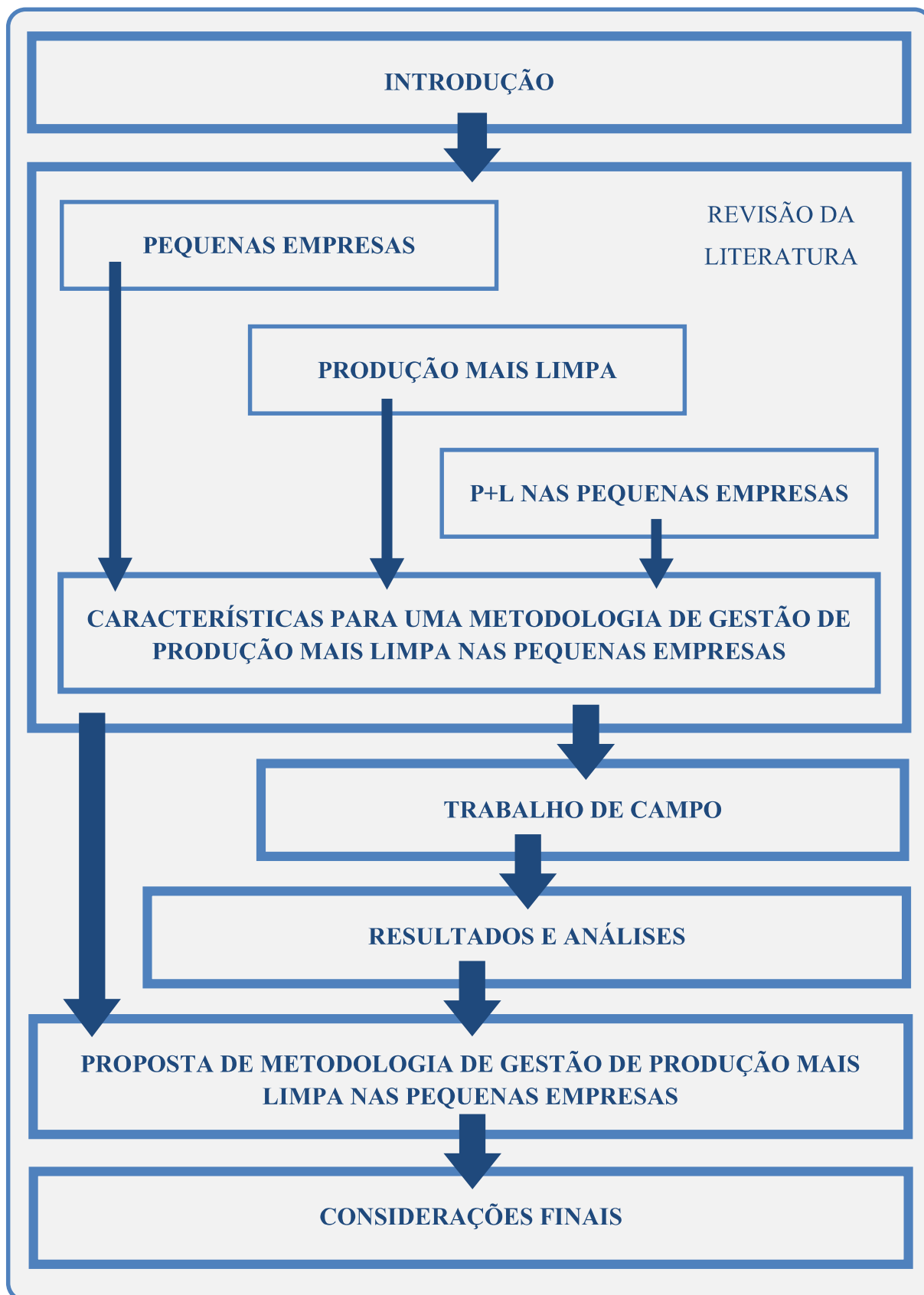
A sétima seção, ‘Resultados e análises’, apresenta os oito ciclos de pesquisa-ação realizados no trabalho de campo, seus resultados e as descobertas que formaram uma base para a proposição da metodologia de gestão da Produção mais Limpa em pequenas empresas.

Na oitava seção, ‘Proposta de metodologia de gestão da Produção mais Limpa em pequenas empresas’ apresenta-se a proposta de metodologia de gestão da P+L em pequenas empresas, justificando cada uma das suas etapas com base na revisão da literatura e nos ciclos de pesquisa-ação.

Na nona seção, ‘Considerações finais’, expõe-se de forma sucinta os principais resultados, as conclusões, as limitações e sugestões para pesquisas futuras.

A Figura 1 ilustra a estrutura da pesquisa e como as seções estão relacionadas entre si.

FIGURA 1 – Estrutura da pesquisa



Fonte: Elaboração própria

2 PEQUENAS EMPRESAS

O principal objetivo desta seção é apresentar as especificidades da pequena empresa que as diferenciam da grande empresa. Apresentam-se também classificações que se constituem como critérios para a definição do porte das empresas. Segundo Leone (1999), as especificidades das pequenas empresas formam uma dimensão particular que torna necessário a análise de formas diferenciadas de gestão.

As pequenas empresas desempenham um papel de grande relevância em termos econômicos e sociais e, portanto, no desenvolvimento sustentável (KLEWITZ e HANSEN, 2014). Estudos apresentam que o desenvolvimento das pequenas empresas está intimamente ligado ao crescimento econômico, Beck, Kunt e Levine (2005) encontraram uma relação positiva entre o tamanho relativo do setor das pequenas empresas e o crescimento econômico. Conforme expõem Ayyagari, Beck e Kunt (2007), em países de alta renda as pequenas empresas formais contribuem em mais de 50% do PIB. Estudando os dados em nível nacional de 54 países, os autores citados verificaram que, em média, as pequenas empresas representam 54% do emprego na atividade econômica “Indústria”.

No Brasil as pequenas empresas alicerçam a economia nacional e contribuem para uma sociedade mais justa. No Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa, o SEBRAE (2015, p. 15) informa sobre a relevância das pequenas empresas no Brasil:

As micro e pequenas empresas (MPE) são de extrema relevância na estrutura econômica brasileira e para o emprego. Em 2013, o segmento representava no Brasil [...] cerca de 6,6 milhões de estabelecimentos, que eram responsáveis por 17,1 milhões de empregos formais privados não agrícolas.

As transformações tecnológicas e nos processos de trabalho [...] aumento da demanda de bens de consumo e serviços, [...] têm contribuído para que os micro e pequenos empreendimentos assumam papel ainda mais significativo na geração de postos de trabalho. Entre 2003 e 2013, as MPE geraram 7,3 milhões de empregos.

O desenvolvimento desta pesquisa está relacionado a uma indústria metalúrgica classificada como empresa de pequeno porte. Alguns critérios de classificação das empresas são apresentados na sequência.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS PEQUENAS EMPRESAS

As classificações quantitativas e qualitativas contribuem na diferenciação das pequenas empresas em relação à grande empresa e normalmente são utilizadas por bancos, instituições governamentais e órgãos de classe.

Numa amostragem de empresas da cidade de São Paulo, pode-se distinguir uma empresa de alta tecnologia de uma empresa do comércio varejista, ambas classificadas como empresa de pequeno porte quanto ao número de funcionários. No entanto, podem ocorrer diferenças significativas entre ambas, como o âmbito de atuação, qualificação das pessoas, processos operacionais, etc.. Segundo Drucker (1981), o comportamento e a estrutura das empresas se modificam à medida que a quantidade de funcionários aumenta, e por isso o número de funcionários é um critério relevante, mas não determinante, pois há empresas com poucos funcionários e com características de grande empresa, e vice-versa, há empresas com número elevado de funcionários e características de pequena empresa.

Alves e Lisboa (2014) apontam que a maneira usual de classificar as empresas é pelo número de funcionários, mas há empreendimentos com requisitos administrativos de uma pequena empresa que contam com mais de mil funcionários. Para estes autores o tamanho é uma configuração adotada para uma determinada análise, pois não existe um único aspecto com base no qual se pode definir uma empresa. Assim, vários fatores devem ser considerados para avaliar o tamanho de uma empresa, como o número de empregados, o volume de vendas, a diversidade de produtos e o grau tecnológico de sua atuação. Nenhuma dessas variáveis, por si só, pode ser decisiva na caracterização das empresas. Alves e Lisboa (2014) acrescentam que na ótica administrativa, é possível considerar que a pequena empresa é aquela que exige a atenção diária de um único dirigente principal, que dedica seu tempo à administração e tem responsabilidades funcionais, na maioria dos casos.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2003) informa que não há uma unanimidade na forma de delimitar as pequenas empresas. Na prática, ocorrem vários critérios de classificação por parte da legislação específica, de instituições financeiras e órgãos representativos destas empresas. Estes critérios se baseiam no valor de faturamento ou número de pessoas envolvidas no negócio ou em ambos. A utilização de diferentes critérios ocorre em consequência dos distintos objetivos e finalidades das instituições, como regulamentação, crédito, estudos, etc.. Portanto, a classificação pode se basear em critérios quantitativos (condição econômica, quantidade de funcionários, tamanho físico da empresa), em critérios qualitativos (estrutura da organização, tipo de gestão) ou ainda, na mistura destes dois critérios.

No Brasil as microempresas e empresas de pequeno porte são classificadas por meio de legislação que emprega a receita bruta anual como critério. A Lei Complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006, junto com suas alterações, complementações e

consolidações, apresenta esta classificação no Capítulo II, Art. 3º, parágrafos I e II (BRASIL, 2006):

- I - no caso da microempresa, aufera, em cada ano-calendário, receita bruta igual ou inferior a R\$360.000,00 (trezentos e sessenta mil reais); e
- II - no caso da empresa de pequeno porte, aufera, em cada ano-calendário, receita bruta superior a R\$ 360.000,00 (trezentos e sessenta mil reais) e igual ou inferior a R\$ 3.600.000,00 (três milhões e seiscentos mil reais).

A Lei Complementar nº 123/2006 também é conhecida como “Lei Geral da Micro e Pequena empresa” (SEBRAE, 2012).

Outra forma quantitativa comumente utilizada para caracterizar o porte das empresas é empregada pelo SEBRAE (2015), que considera o critério do IBGE de número de pessoas ocupadas. Neste critério, que está apresentado no Quadro 1, a classificação também depende do setor de atividade econômica.

QUADRO 1 - Porte da empresa conforme o número de empregados

| PORTE | ATIVIDADE ECONÔMICA | |
|-----------------|------------------------|------------------------|
| | Indústria | Comércio e Serviços |
| Microempresa | até 19 empregados | até 9 empregados |
| Pequena empresa | 20 a 99 empregados | 10 a 49 empregados |
| Média empresa | 100 a 499 empregados | 50 a 99 empregados |
| Grande empresa | 500 ou mais empregados | 100 ou mais empregados |

Fonte: SEBRAE (2015)

Portanto, para o SEBRAE (2015) as empresas de pequeno porte no caso da atividade econômica “Indústria” têm entre 20 e 99 empregados, ao passo que no caso da atividade econômica “Comércio e serviços” possuem entre 10 e 49 empregados.

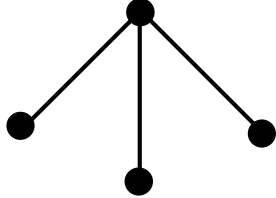
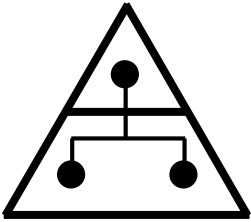
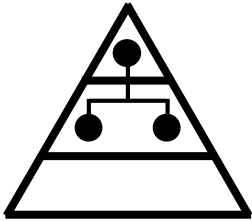
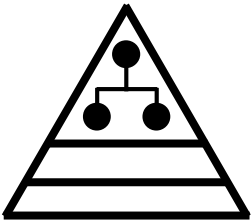
Nas perspectivas quantitativas apresentadas pela Lei Complementar nº123 e pelo SEBRAE (2015) pode-se verificar que as empresas de pequeno porte são empresas que possuem um quadro de funcionários e receita reduzidos.

Além das formas quantitativas apresentadas também se encontram classificações qualitativas com o objetivo de classificar as pequenas empresas.

Ao apresentar uma forma qualitativa, Drucker (1981) argumenta que existem muitas dificuldades para se determinar o tamanho das empresas e afirma que a estrutura da alta administração é o único critério de confiança para avaliar o tamanho da empresa. Para

ilustrar, apresenta-se uma síntese e a figura da estrutura administrativa para cada porte de empresa (Quadro 2).

QUADRO 2 – Classificação das empresas segundo a estrutura administrativa

| PORTE | REPRESENTAÇÃO | CARACTERÍSTICAS |
|---------|---|--|
| Micro |  | Não existe separação de níveis hierárquicos. O dirigente utiliza a maior parte do tempo em tarefas operacionais do empreendimento. O restante do tempo é utilizado em funções do empreendimento (compras, contabilidade, etc.). |
| Pequena |  | A empresa já necessita de uma organização administrativa, exige um nível administrativo entre o “chefe” e os trabalhadores. O dirigente acumula as seguintes funções: a maior parte do tempo é ocupada em áreas funcionais (finanças, vendas, compras, etc.) e o restante do tempo é direcionado a função de direção e as tarefas operacionais. |
| Média |  | O cargo de cúpula exige dedicação em tempo integral e os objetivos empresariais globais não podem ser estabelecidos pelo ocupante deste cargo. A inaptidão, na resolução de problemas de organização administrativa, é uma das causas mais frequentes e graves deste estágio. |
| Grande |  | A função de direção suplanta a capacidade de uma pessoa, dividindo-se em coordenação de níveis médios e estabelecimento de objetivos empresariais. |

Fonte: Drucker (1981)

Após a compreensão de como se classificam as PME, cabe-se descrever as suas principais especificidades. Terence e Escrivão Filho (2007) informam que nas pequenas empresas ocorre baixa utilização de ferramentas gerenciais e de técnicas para aprimoramento da gestão. Os autores enfatizam que isto ocorre em razão de fatores característicos deste grupo de empresa.

2.2 ESPECIFICIDADES DAS PEQUENAS EMPRESAS

Há possibilidade de grande heterogeneidade das pequenas empresas ao se considerar somente a classificação quantitativa, o que resulta em dificuldades para obtenção de análises comparativas. Para se resolver este problema, diversos autores como Ates *et al.* (2013), Cocca e Alberti (2010) e Terence e Escrivão Filho (2001; 2007) têm estudado a utilização de abordagens técnicas ou gerenciais nas PME considerando suas especificidades.

Leone (1999) informa que as pequenas empresas podem ser estudadas por suas especificidades, que são delineadas e classificadas em três tipos: organizacionais, decisórias, e individuais (Quadro 3).

QUADRO 3 – Especificidades das PME delineadas por Leone (1999)

| | |
|---|--|
| Organizacionais (forma como se estruturam e organizam) | Estrutura simples, centralizada e com poucas funções administrativas. |
| | Pouco controle do ambiente externo. |
| | Forma de administração monolítica. |
| | Baixo nível de maturidade organizacional. |
| | Estratégia intuitiva, pouco formalizada e informada. |
| | Operam com a lógica da reação e adaptação ao ambiente. |
| | Gestão personalizada na pessoa do proprietário-dirigente |
| | Sistema de informação simples com contato direto e informalidade. |
| Decisórias (forma como se tomam decisões) | Tomada de decisão baseada na experiência, julgamento ou intuição do proprietário dirigente. |
| | A tomada de decisões, a definição das políticas de sobrevivência e de desenvolvimento é marcada pelos valores do proprietário-dirigente. |
| | Poder de decisão localizado e centralizado. |
| | Dados indisponíveis para a tomada de decisão. |
| | Decisões baseadas em racionalidades políticas e familiares. |
| Individuais (comportamento do seu dirigente no exercício de suas funções) | Caracterização da empresa pelo papel de um só indivíduo. |
| | Existência da empresa é afetada pelo percurso pessoal de seu dirigente. |
| | O papel do dirigente é baseado no patrimônio social do empregador, sua família ou de amigos, o qual é posto a serviço da empresa. |
| | A posição do dirigente é reconhecida como status e poder. |
| | O dirigente é um estrategista que corre riscos, ao invés de um administrador que busca minimizar riscos. |
| | As competências, atitudes e motivações do proprietário determinam o funcionamento da empresa. |
| | Colaboração entre dirigentes e empregados determina um relacionamento pessoal e paternalista. |

Fonte: Leone (1999)

Ates *et al.* (2013) e Cocca e Alberti (2010) realizaram pesquisas voltadas às práticas gerenciais nas pequenas empresas. O Quadro 4 resume as características específicas que afetam as práticas de gestão das pequenas empresas citadas nessas duas pesquisas.

QUADRO 4 – Especificidades das PME

| | |
|----------------------------------|---|
| Ates <i>et al.</i> (2013) | ▪ Prioridades de curto prazo; |
| | ▪ Foco operacional interno e falta de orientação externa; |
| | ▪ Conhecimento tácito |
| | ▪ Busca de flexibilidade |
| | ▪ Habilidades gerenciais pobres |
| | ▪ Orientação empreendedora |
| | ▪ Cultura do comando e controle |
| | ▪ Recursos limitados |
| Cocca e Alberti (2010) | Características relacionadas ao ambiente interno: |
| | ▪ Escassez de recursos (humanos, gerencial, financeiro). |
| | ▪ Habilidades gerenciais e operacionais limitadas. |
| | ▪ Estrutura organizacional plana sem burocracia. |
| | ▪ Flexibilidade em resposta às mudanças do ambiente. |
| | ▪ Elevado potencial para a inovação. |
| | ▪ Decisões baseadas em habilidade e intuição do diretor. |
| | ▪ Estratégias de combate a incêndios. |
| | ▪ Melhorias incrementais. |
| | Características relacionadas ao ambiente externo: |
| | ▪ Mercados competitivos, turbulentos e incertos. |
| | ▪ Abordagem reativa e adaptativa ao mercado. |
| | ▪ Dependência de base limitada de grandes empresas. |
| | ▪ Desenvolvimento de relações pessoais com clientes. |
| | ▪ Dificuldades em receber dívidas de clientes. |

Fonte: Ates *et al.* (2013) e Cocca e Alberti (2010)

Cocca e Alberti (2010) adicionalmente dividiram as características específicas das PME em duas categorias: ambiente externo e ambiente interno. Ambiente externo representa o contexto no qual a empresa opera com fatores fora do controle dos membros da empresa. Ambiente interno inclui os fatores que podem ser controlados pelos gestores, como recursos humanos e financeiros, e a forma como eles são gerenciados.

Garengo, Biazzo e Bititci (2005) realizaram uma revisão sistemática da literatura sobre sistemas de medição de performance e identificaram as seguintes características específicas das PME como potenciais barreiras para implantação desses sistemas:

- Falta de recursos humanos para atividades de implantação do sistema;
- Capacidade gerencial limitada e excelência técnica em produto e processo operacional;
- Funcionários ocupam diferentes posições ao mesmo tempo. Proprietário se encarrega de funções operacionais e gerenciais e geralmente descuida das atividades gerenciais;
- Recursos de capital limitado. Implantar sistemas em PME é mais caro que nas grandes;
- Processo de planejamento estratégico e processo de decisão são curto prazo, intuitivos e centralizados no dirigente proprietário;
- Conhecimento tácito e pouca atenção ao processo de formalização;
- Não entendem as vantagens na implementação de sistemas (percepção errada).

2.3 ESPECIFICIDADES DE GESTÃO DAS PEQUENAS EMPRESAS

Nesta subseção são apresentadas as categorizações das especificidades de gestão das pequenas empresas de Terence e Escrivão Filho (2001) e de Migliato e Escrivão Filho (2004) e exemplos de pesquisas que estudaram estas especificidades para melhor entender as práticas de gestão na pequena empresa. A maior parte destas pesquisas está ligada ao Grupo de Estudos Organizacionais da Pequena Empresa, do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Terence e Escrivão Filho (2001) apresentaram uma proposta de roteiro para orientar o pequeno empresário na elaboração do planejamento estratégico. Na revisão da literatura os autores organizaram as especificidades de gestão das PME em três categorias:

- Comportamentais: relacionam-se aos aspectos pessoais do dirigente, refletindo seus valores, suas ambições e ideologias, sua visão, etc.;
- Estruturais: referem-se a aspectos organizacionais internos, decorrentes da divisão do trabalho, da departamentalização e da interação entre as pessoas na pequena empresa;
- Contextuais: referem-se ao ambiente externo da pequena empresa e refletem no processo estratégico, mas não são controláveis pela ação individual dos dirigentes.

Terence e Escrivão Filho (2007) apresentaram os resultados da utilização de um roteiro desenvolvido para auxiliar o empresário dirigente no planejamento estratégico em pequenas empresas. No estudo de caso realizado em três indústrias de pequeno porte identificaram-se as especificidades de gestão das pequenas empresas indicadas no Quadro 5.

QUADRO 5 – Especificidades de gestão das PME - Terence e Escrivão Filho (2007)

| | |
|------------------------|--|
| Comportamentais | Conservadorismo, individualismo, centralização de atividades, falta de tempo, falta de visão de longo prazo, visão subestimada da concorrência, desconhecimento da técnica pelo empresário, imediatismo de resultados, valores do empresário confundindo-se com os da empresa, dificuldade ou resistência em aceitar mudanças, gestão intuitiva, dificuldade em identificar pontos fracos, falta de consenso e dificuldade do proprietário em divulgar o plano aos funcionários. |
| Contextuais | Dificuldade em avaliar as ameaças do ambiente, carência de informações sobre o mercado e dificuldade de acesso a fontes de treinamento gerencial compatíveis com suas necessidades. |
| Estruturais | Dificuldade para obter informações internas, falta de recursos, dificuldade no estabelecimento da missão, dificuldade em definir metas e objetivos, desconhecimento da estratégia atual, falta de pessoal qualificado, falta de recursos, informalidade das relações, administração não profissional e não utilização de técnicas gerenciais. |

Fonte: Terence e Escrivão Filho (2007)

Verga, Terence e Albuquerque (2010) analisaram as especificidades de gestão de uma PME durante a realização do planejamento estratégico e resumiram as especificidades comportamentais do dirigente, contextuais e estruturais observadas em positivas e negativas (Quadro 6).

QUADRO 6 – Especificidades de gestão das PME – Verga, Terence e Albuquerque (2010)

| |
|---|
| <p>Positivas: Gestão intuitiva; improvisação; conhecimento das dificuldades para gerenciar; sonhos e valores pessoais da direção; comprometimento do dirigente; relações sociais do dirigente; há relatórios, documentos internos e revistas especializadas; dirigente sabe as potencialidades e dificuldades da empresa; dedicação do dirigente; facilidade de comunicação; dirigente sabe das forças e fraquezas do negócio e da empresa; interesse em estabelecer ações futuras planejadas; há funcionários com conhecimento sobre o negócio; participação de familiares no negócio.</p> |
| <p>Negativas: Desconhecimento da ferramenta; dificuldade em aceitar mudanças; falta de visão de longo prazo; imediatismo de resultados; dificuldade em estabelecer a missão; confusão entre os valores pessoais e da empresa; carência de recursos e informações do ambiente; apenas à análise intuitiva; subestima concorrência e novas tecnologias; dificuldade em avaliar informações do ambiente e da empresa; dificuldade em identificar habilidades e recursos indispensáveis; desconhecimento da estratégia atual; resistência às mudanças; dificuldade na definição de prazos, metas e objetivos; resistência de escrever os objetivos no papel; receio em divulgar o plano; falta de comprometimento dos funcionários; pouca familiaridade com a elaboração de cronogramas.</p> |

Fonte: Verga, Terence e Albuquerque (2010)

Terence e Escrivão Filho (2010) elaboraram um mapa para contribuir na compreensão do processo de criação de estratégia em PME de base tecnológica por meio de uma *survey* em 33 empresas e de um estudo de caso em 3 empresas. Uma das bases desta elaboração são as especificidades do Quadro 7. Os autores destacaram que as especificidades

do dirigente, delimitadas por sua cognição e percepção das condições internas e externas da empresa, direcionam a criação da estratégia.

QUADRO 7 – Especificidades de gestão das PME - Terence e Escrivão Filho (2010)

1 - Especificidades de organização da pequena empresa

Possui estrutura simples; relações informais; sem recursos manter estrutura administrativa sofisticada; estrutura de menor complexidade vertical (níveis) e horizontal (departamentos); organizações com habilidades e funções menos especializadas; menor grau e formalização; menor percentual de administradores de topo; menor volume de comunicações escritas e documentação; mais ágeis na tomada de decisão; adaptação e respostas rápidas às mudanças; canais curtos de decisão em equipe de grupos pequenos ao redor do dono; ações com rapidez e habilidade difíceis de copiar; ausência de formalização nos processos de comunicação.

2 - Especificidades do dirigente da pequena empresa

Valores e ambições dos dirigentes são refletidos em seu estilo de administrar; flexibilidade e rapidez na tomada de decisões; resistência às mudanças; conservadorismo; objetivos da empresa se confundem com os do proprietário; formulação de estratégia é restrita ao dirigente; processo estratégico altamente intuitivo e não analítico; estratégia reflete a visão, crenças e personalidade do dirigente; atitudes e ações dos proprietários baseadas em sua cultura, princípios, intuição, instinto e impulso; dirigente confia na sua experiência e contatos pessoais para obter informações estratégicas; dirigente se responsabiliza por muitas funções e falta tempo para atividades estratégicas.

3 - Especificidades do contexto da pequena empresa

Nichos de mercado de poucas barreiras à entrada de competidores; falta de controle das variáveis do ambiente; carência de apoio governamental; excessiva carga tributária e grande complexidade da legislação fiscal; falta de informações sobre o mercado e de seus produtos; escassez de treinamento gerencial adequado; dificuldade de acesso a fontes de financiamento; pouco poder de barganha com clientes e fornecedores; inadequação de ferramentas administrativas; gestão ultrapassada e sem estratégia definida; carência de informações para concepção de estratégia; não visualiza que informações para concepção da estratégia podem ser obtidas com fornecedores, clientes, funcionários, etc. de maneira ágil e acessível financeiramente; falta de consciência para importância das informações para a concepção da estratégia.

Fonte: Terence e Escrivão Filho (2010)

Migliato e Escrivão Filho (2004) utilizaram um modelo de concepção organizacional e consideraram a dimensão ambiental e a dimensão organização para categorizar de forma abrangente as especificidades de gestão das PME em seis categorias:

- 1º Especificidades ambientais: dividem-se em macroambiente, isto é, forças políticas, econômicas, sociais e tecnológicas que interferem no processo de gestão; e em ambiente setorial que se refere aos concorrentes, fornecedores e clientes e indica o poder de negociação e grau de dependência com relação às decisões das grandes empresas;
- 2º Especificidades estruturais: são referentes ao modo (complexidade, formalização e centralização) como as atividades são divididas, organizadas e coordenadas;
- 3º Especificidades estratégicas: indicam a forma como se desenvolve o processo de elaboração de estratégias na pequena empresa

- 4º Especificidades tecnológicas: referem-se à maneira como as pequenas empresas adquirem e utilizam tecnologia de processos, tecnologia de serviços, tecnologia de informações e inovações tecnológicas em seus processos;
- 5º Especificidades decisoriais: indicam como se desenvolve o processo de decisão e estão pautadas na identificação de oportunidades e da causa dos problemas para resolvê-los;
- 6º Especificidades comportamentais: explicitam o comportamento dos dirigentes de empresas mediante a execução de suas atividades.

Moraes e Escrivão Filho (2006) utilizaram a categorização proposta por Migliato e Escrivão Filho (2004) para pesquisar o relacionamento entre o processo de gestão da informação e as especificidades de gestão das pequenas empresas. O Quadro 8 resume as especificidades identificadas em quatro pequenas metalúrgicas avaliadas.

QUADRO 8 – Especificidades de gestão das PME - Moraes e Escrivão Filho (2006)

| | |
|--|---|
| Especificidades ambientais | Preocupação com preço de materiais e poder aquisitivo dos clientes; tecnologias se tornam obsoletas e com custo não acessível; interação com clientes, fornecedores e concorrentes; querem saber idoneidade do cliente para evitar problemas; grandes empresas ditam preço, prazos de pagamento e de entrega; não agem quando em desvantagem com concorrentes; analisam somente informações impostas pelo ambiente externo. |
| Especificidades estruturais | Chefia não formalizada; pessoas responsáveis por várias funções e cargos; poucos níveis hierárquicos e diversidade de tarefas dos funcionários e dirigentes; procedimentos informais e constantes mudanças na forma de realizar tarefas; funcionários se tornam multifuncionais; estrutura mais enxuta; comunicação direta e informal; dificuldade em formalizar os processos; não há responsáveis pelo gerenciamento das informações; coleta manual de informações. |
| Especificidades estratégicas | Processo de realização do planejamento estratégico informal; informações estratégicas fluem na empresa sem direção e sem formalização; armazenamento de informações operacionais e administrativas. |
| Especificidades tecnológicas | Considera-se a tecnologia da empresa como boa para atender a qualquer pedido; não se sentem ameaçados por defasem tecnológicos; preocupação em se adaptar aos pedidos personalizados dos clientes; máquinas flexíveis. |
| Especificidades decisoriais | Decisões baseadas na experiência; preocupação operacional e administrativa e pouco tempo para decisões estratégicas; informações disponíveis não são analisadas; comunicação informal no processo de decisão. |
| Especificidades comportamentais | Valoriza-se o conhecimento baseado na experiência; não se utiliza nenhuma técnica administrativa; julga-se que técnicas administrativas são desnecessárias; são confiantes em sua maneira de conduzir a empresa; autonomia na forma de gerenciar com um estilo próprio; não se realiza seleção de pessoal na contratação e baseiam-se em indicações de funcionários e contratam conhecidos e parentes; informações são armazenadas na cabeça dos dirigentes que as distribuí de forma oral. |

Um ponto em comum entre as pesquisas de Ates *et al.* (2013), Cocca e Alberti (2010), Garengo, Biazzo e Bititci (2005), Leone (1999), Moraes e Escrivão Filho (2006), Terence e Escrivão Filho (2001; 2007) e Verga, Terence e Albuquerque (2010) é que se devem empregar abordagens técnicas e gerenciais de forma mais simples, mais práticas e menos formais nas pequenas empresas, em comparação às grandes empresas. O ponto central é considerar as especificidades das pequenas empresas na definição de procedimentos simplificados e práticos para as abordagens técnicas e gerenciais a serem adotadas. Uma destas citações está em Moraes e Escrivão Filho (2006, p. 127):

Analisar as características específicas das pequenas empresas é essencial para obter maior compreensão da gestão das empresas desse porte; em consequência, é possível propor medidas práticas mais eficazes para minimizar suas dificuldades, auxiliando na sua sobrevivência.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO

Este estudo considera em primeiro lugar a mensagem de que se devem observar e analisar as especificidades das pequenas empresas para se elaborar abordagens técnicas e gerenciais simplificadas, práticas e apropriadas para estas empresas.

Com relação às especificidades, este estudo adota que as mais significantes equivalem as mais citadas entre as pesquisas analisadas nesta seção. O Quadro 9 apresenta as especificidades mais citadas nesta seção divididas em positivas e negativas.

QUADRO 9 – Especificidades das PME mais citadas neste estudo

| |
|--|
| <p>Positivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Flexibilidade nas mudanças dos produtos e processos; Interação com fornecedores e clientes; Facilidade e rapidez de comunicação na forma direta e informal; Estrutura simples de poucas funções administrativas e sem burocracia. |
| <p>Negativas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Escassez de recursos (humanos, gerencial, financeiros); Abordagem reativa e adaptativa ao mercado; Processos não formalizados; Habilidades gerenciais limitadas; Processo de decisão central e baseado na experiência e intuição do dirigente; Valores da empresa se confundem com os do proprietário-dirigente. |

Fonte: Elaboração própria

Por ser um critério de fácil utilização e que normalmente é aplicado em estudos científicos, adota-se neste estudo o critério do SEBRAE (2015) que considera o número de funcionários para classificar do porte da empresa.

3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA

Nesta seção serão abordados os temas para o entendimento da gestão ambiental baseada na Produção mais Limpa e que são necessários para se cumprir o objetivo desta pesquisa.

3.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA: DA REAÇÃO À PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO

No decorrer do século XX a forma como as empresas, os governos e as comunidades enfrentaram os desafios ambientais evoluiu consideravelmente.

Nas décadas iniciais do século XX as atitudes relacionadas ao meio ambiente eram voltadas à abordagem de dispersar os poluentes. A falta de leis e regulamentos, juntamente com a ausência de pressões sociais facilitou o caminho que levou a diluição e dispersão como solução para a poluição. Assumia-se que o mar, o ar e a terra tinham vasta capacidade de dispersão e que esta atitude não faria diferença. Na prática, isto se verificava por meio de tubulações compridas para efluentes e de localizar as fontes de poluição longe das comunidades. O objetivo era evitar a exposição e repercussões negativas na saúde (HARREMOËS, 2003; BOIRAL, 2005).

Drace *et al.* (2012) citam como exemplo a contaminação de peixes por mercúrio na cidade de Minamata no Japão na década de 60, que resultou em graves consequências para a saúde da população local. Outro acidente reportado é a extensa camada de fumaça negra, oriunda da queima de carvão, que cobriu a cidade de Londres em 1952 (ZHANG; LIU; LI, 2014). A estratégia “diluir e dispersar” mostrou não ser eficaz direcionando ações para a primeira mudança na forma de abordar as questões ambientais.

A ênfase a partir dos anos 70 passou a ser o tratamento da poluição gerada. Surgiram legislações que impunham o tratamento das emissões e efluentes antes da liberação para o ambiente (KHALILI *et al.*, 2015). Esta abordagem foi denominada de técnicas de “fim-de-tubo”². Em 1972 a *Organization for Economic Co-operation and Development* (OECD) adotou o princípio do poluidor pagador e os países membros investiram centenas de bilhões de dólares nos projetos ambientais, a maior parte na compra e manutenção de equipamentos.

² Técnicas de “fim-de-tubo” são as tecnologias usadas após a geração de resíduos no processo produtivo. O propósito é modificar os efluentes, emissões e resíduos sólidos de forma que causem menos danos ao meio ambiente. Exemplo de tecnologia “fim-de-tubo”: filtro de emissões atmosféricas e estação de tratamento de efluentes líquido. Normalmente as técnicas de “fim-de-tubo” resultam de regulamentações ambientais do tipo comando e controle, pois na maioria dos casos é inviável economicamente (ZOTTER, 2004).

Portanto, a gestão ambiental que se utiliza das técnicas de “fim-de-tubo” é uma atitude paliativa, que resulta numa poluição secundária e consome outros recursos materiais e energéticos. Dessa forma, esta abordagem aumenta o custo de capital investido e o custo operacional e basicamente por estas razões não se sustentaria (BOIRAL, 2005).

O surgimento do conceito de sustentabilidade nos anos 70, o custo elevado de tratamento de resíduos e o melhor entendimento da cadeia de geração dos resíduos impulsionaram, durante a década de 80, a utilização do princípio da prevenção. Mudou-se da abordagem convencional de “O que fazer com os resíduos?” para “O que fazer para não gerar resíduos?”. Esta nova abordagem sobre a questão dos resíduos levou a uma mudança de paradigma. O resíduo, que antes era visto apenas como um problema a ser resolvido, passou a ser encarado como uma oportunidade de melhoria. Isto só foi possível após a percepção de que o resíduo não era inerente ao processo, mas sim um claro indicativo da ineficiência do processo (CNTL, 2007; UNIDO, 2015b).

Em paralelo às mudanças das atitudes com relação à poluição ambiental, ocorreram evoluções em outras frentes nas empresas, tais como nas tecnologias ambientais e nos sistemas de gestão. As soluções técnicas para os problemas ambientais mostraram uma clara evolução a partir de meados da década de 80. As tecnologias ambientais voltadas à fonte do problema e para o desenvolvimento do produto são destacadas em vários segmentos, como *Green Chemistry* (ANASTAS; KIRCHHOFF, 2002) e *Green Design* (BAUMANN; BOONS; BRAGD, 2002) também conhecido como *Ecodesign*.

No campo dos sistemas de gerenciamento, muitas empresas passaram a considerar sistema de gestão ambiental em seus negócios e inclusive, em alguns países, com suporte do governo, como no Canadá (HILSON; NAYEE, 2002). Segundo Dieleman (2007) o sistema de gestão baseado na norma ISO 14000 provavelmente é a abordagem mais reconhecida e mais aplicada no mundo pelas indústrias.

Na mesma trilha, as legislações ambientais evoluíram em pelo menos três fases. Na primeira fase os responsáveis pelas regulamentações encorajavam ou, pelo menos, permitiam a ocorrência da diluição e dispersão da poluição. A segunda fase evolutiva está associada às legislações do tipo comando e controle e no princípio do poluidor pagador (*polluter pays principle*). Inicialmente, tais legislações buscavam solucionar problemas específicos em determinados locais e as indústrias passaram a aplicar as tecnologias de controle de poluição e “fim-de-tubo”. Nesta fase os grupos industriais influentes argumentavam que tais regulamentações diminuía a competitividade em nível internacional.

Finalmente, a partir do final da década de 80 as legislações passaram a ter como objetivo a prevenção (MURPHY, 2001; AGNELLO *et al.*, 2015).

Os Estados Unidos da América adotaram a lei da Prevenção da Poluição em 1990 (MILLER *et al.*, 2005) e a União Europeia adotou em 1996 a Diretriz Integrada de Controle e Prevenção da Poluição (MURPHY, 2001). Na China aprovou-se em 2002 a lei de Promoção da Produção mais Limpa (*The Cleaner Production Law*), que é baseada em incentivos ao invés de obrigações para as empresas (MOL; LIU, 2005). No Brasil foi aprovada a PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos com diretrizes para a obrigatoriedade da implementação da logística reversa para alguns produtos (BRASIL, 2010).

Neste processo evolutivo emergiram várias metodologias de gestão ambiental, sendo uma delas a Produção mais Limpa. A definição, características da P+L serão apresentados nas próximas subseções.

3.2 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

O termo “Produção mais Limpa” e seu escopo têm sido objeto de muitos debates e pesquisas, particularmente no início da década de 90 quando este termo emergiu e se consolidou em 1994 numa definição de consenso da UNEP (UNIDO, 2008).

A definição da UNEP declara que: “Produção mais Limpa é a continua aplicação de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eficiência e reduzir riscos para as pessoas e o meio ambiente” (UNIDO, 2015a; VAN BERKEL, 2010 p. 1556).

O surgimento do termo “Produção mais Limpa” é relativamente novo, no entanto, de acordo com a UNEP DTIE (2006, p. 56):

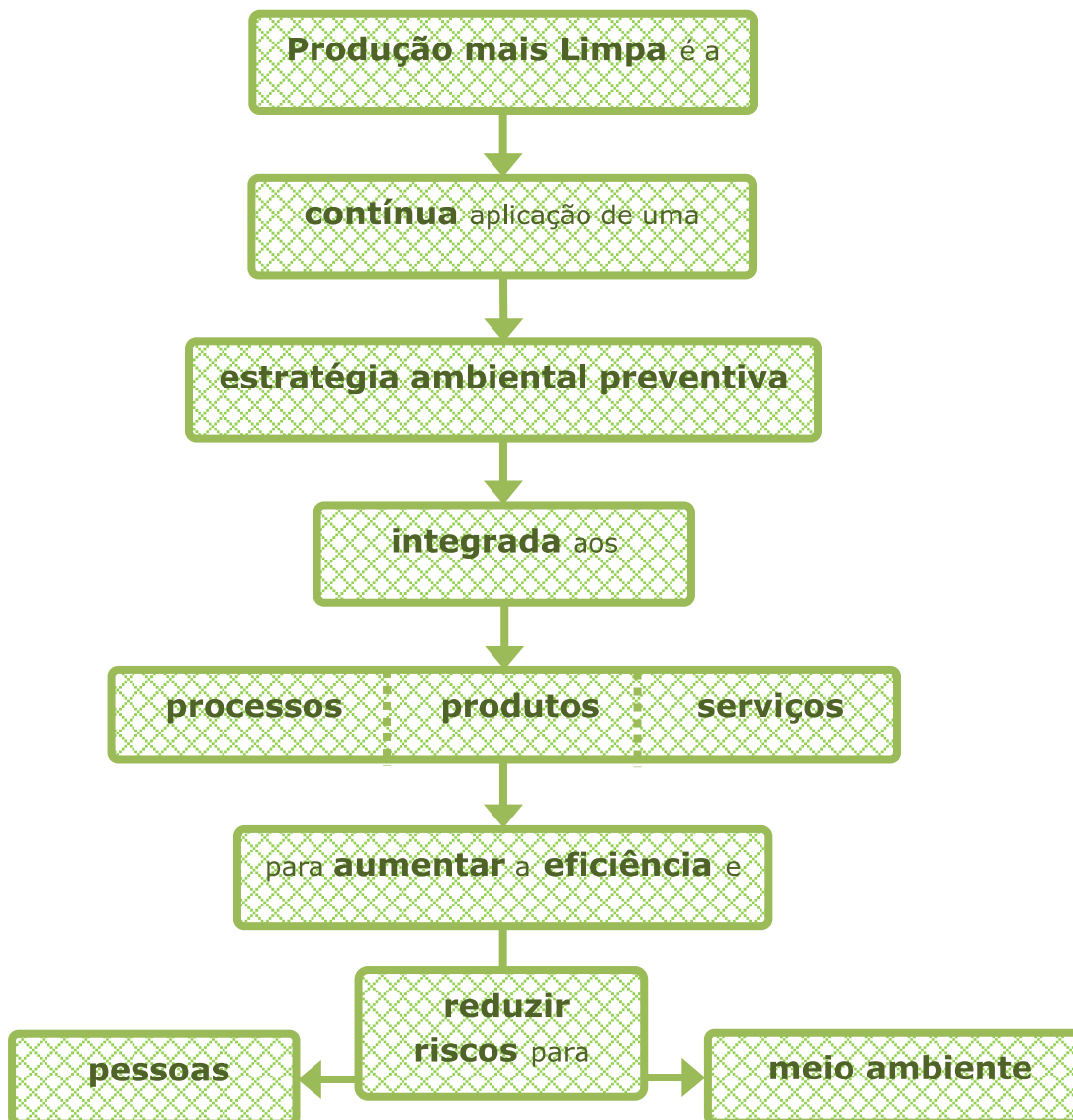
A Produção mais Limpa não é um novo conceito. É uma extensão lógica do desejo de conservar materiais e reduzir os desperdícios. Isto requer pessoas que estudem formas de aumentar a produtividade, reduzir consumo de material e geração de resíduos e, mais importante, reduzir risco para o meio ambiente. Produção mais Limpa não é somente uma iniciativa ambiental, ela apoia outros programas de produtividade e estratégias.

O aumento de eficiência na definição de P+L se relaciona às melhorias ambientais incrementais que simultaneamente reduzem os custos operacionais pelo emprego de técnicas preventivas complementares. Isto resulta no uso de menor quantidade de energia, água e materiais necessários à produção bem como menor geração de resíduos e poluentes. Estas reduções ocorrem principalmente por meio de modificações nos produtos e processos,

modificações nos equipamentos e emprego de tecnologias mais eficientes (VAN BERKEL, 2011; UNIDO, 2015a).

Com relação às características da Produção mais Limpa, a Figura 2 utiliza a definição da UNEP como base para destacar as principais características desta abordagem.

FIGURA 2 - Destaques na definição de Produção mais Limpa



Fonte: UNEP DTIE (2004)

Guiando-se pela Figura 2 a UNEP DTIE (2004) extrai e aponta as principais características da gestão ambiental baseada na P+L:

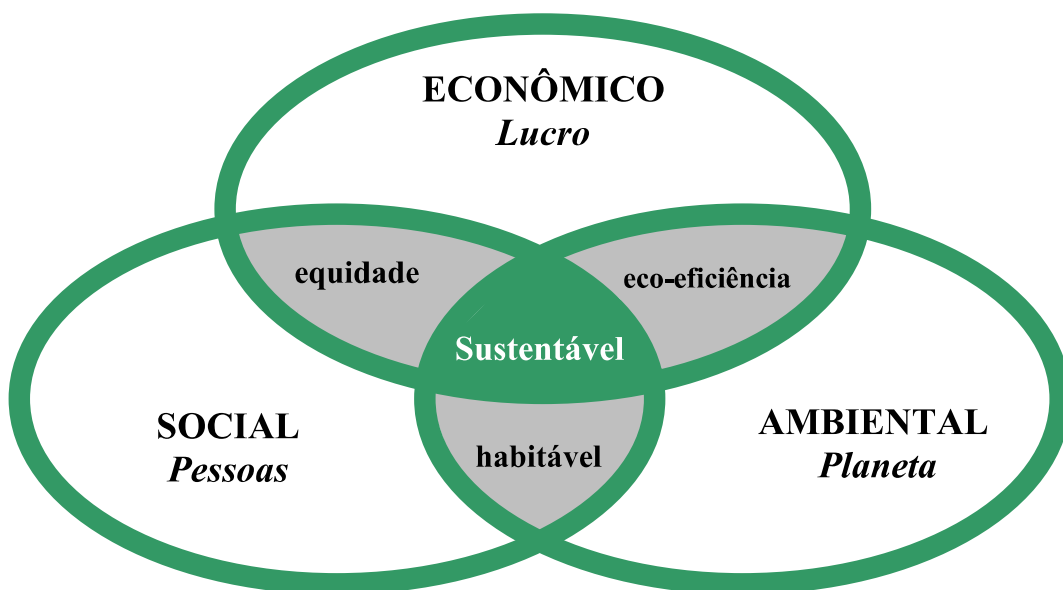
- Acontece na forma de processo de melhoria contínua.
- Melhora a eficiência no curto prazo e a eficácia em longo prazo;
- Enfatiza a prevenção da poluição em vez do controle da poluição.
- Enfatiza a redução de riscos às pessoas e ao meio ambiente.

- Busca o equilíbrio entre a disponibilidade e o consumo de matéria prima (incluindo água) e de energia.
- Insiste para que o crescimento econômico seja ecologicamente sustentável.
- É a uma abordagem para produção de bens e fornecimento de serviços que considera os limites tecnológicos e econômicos do momento.
- Não se limita às indústrias de um determinado tipo ou tamanho.
- Pode ser aplicada também no fornecimento de serviços.
- Trabalha num contexto amplo e considera os impactos dos produtos em seus ciclos de vida, desde a extração da matéria prima até a disposição final, por meio de projeto e desenvolvimento apropriado do produto.
- Busca continuamente a redução de riscos à saúde e à segurança das pessoas e do meio ambiente. Por isso, a P+L é uma estratégia de gestão ambiental holística.
- Não deve ser considerada apenas uma estratégia ambiental. A P+L é uma estratégia de “ganha-ganha”, já que beneficia: o meio ambiente; as empresas (rentabilidade e imagem); as comunidades (saúde e segurança dos trabalhadores e consumidores).

Focando na característica preventiva, para a UNEP DTIE (2006) o meio empresarial comete um equívoco ao considerar que os cuidados ambientais sempre têm custo. Na verdade, as soluções de tratamento de resíduos (técnicas de “fim-de-tubo”) exigem investimentos que normalmente não geram retorno financeiro. A atitude preventiva, por outro lado, normalmente gera economia para a empresa e em muitos casos o tempo de retorno do investimento é curto. Vale lembrar que há situações em que a P+L reduz ou minimiza a poluição e que neste caso devem-se aplicar as soluções de tratamento de resíduos. Segundo a UNEP DTIE (2006), deve-se sempre seguir uma hierarquia para redução da poluição: primeiro a prevenção, depois o tratamento e por último a disposição dos resíduos.

Uma característica relevante da P+L é a sua contribuição para o desenvolvimento sustentável. De acordo com Khalili *et al.* (2015) a sustentabilidade formula relações entre sistemas econômicos dinâmicos e sistemas ecológicos que requerem mudanças extremamente lentas e requer a consideração de um conjunto extenso de objetivos integrados. Isto significa que os resultados devem ser medidos em várias dimensões. No entanto, a maioria dos estudos centra-se no contexto da sustentabilidade, ambiental e social. A UNEP (2007) ilustra este contexto mostrando o conceito do *Triple Bottom Line* na Figura 3, indicando que as três dimensões da sustentabilidade estão interligadas, são interdependentes e em parte são conflitantes.

FIGURA 3 – Dimensões da Sustentabilidade



Fonte: UNEP (2007)

Baseando-se na definição de Produção mais Limpa junto com suas características e comparando-se os pontos de destaque da UNEP DTIE da Figura 2 com a Figura 3, é possível verificar o alinhamento da Produção mais Limpa com o tripé da sustentabilidade. A Produção mais Limpa tem impactos positivos nas dimensões econômica, ambiental e social. Luken e Navratil (2004) afirmam que a gestão ambiental com base nas estratégias da P+L é uma abordagem com custo-benefício para o desenvolvimento sustentável. Van Berkel (2000, p. 4) afirma que:

Produção mais Limpa está no estágio de transição entre a prevenção da poluição e o desenvolvimento sustentável. Ela vai além da prevenção da poluição, incorporando explicitamente a conservação de materiais, energia [...]. No entanto, não é um conceito de desenvolvimento sustentável, uma vez que não visa explicitamente à integração de objetivos de equidade social.

Muitos estudos reforçam a afirmação de Van Berkel (2000) ao descreverem que a Produção mais Limpa promove benefícios nas dimensões ambiental e econômica (BAAS, 2007; DIELEMAN, 2007; DOMINGOS e PAULINO, 2009; GÄRDSTRÖN e NORRTHON, 1994; GIANNETTI *et al.* 2008; HOWGRAVE-GRAHAM e VAN BERKEL, 2007; KHALILI *et al.*, 2015; STONE, 2006a; VAN BERKEL e KORTMAN, 1993; VAN BERKEL, 2010).

A próxima subseção mostra a hierarquia relacionada à metodologia de P+L que contribui para obtenção de benefícios ambientais e econômicos.

3.3 ESTRATÉGIAS E NÍVEIS DE PRIORIZAÇÃO

Nesta subseção são apresentados os níveis de priorização das estratégias geradoras de oportunidades de melhoria da P+L.

Van Berkel (2011) destaca que os benefícios da P+L podem ser obtidos por meio de várias práticas, estratégias e técnicas preventivas. Estas técnicas e práticas variam de soluções de baixo ou sem custo para soluções viáveis de alto investimento. A UNIDO (2015a) e Van Berkel (2011) listam o seguinte conjunto de técnicas e práticas preventivas:

- 1) *Housekeeping*: obter procedimentos e práticas adequados e padronizados de operação e manutenção para evitar, por exemplo, desperdício de matéria prima, água e energia;
- 2) Troca de materiais: substituição de insumos tóxicos / perigosos por materiais menos nocivos, substituição de fonte não renovável por materiais de fonte renovável ou por materiais com maior tempo de vida;
- 3) Melhoria no controle do processo: modificação dos procedimentos de trabalho. Instruções de operação de máquina e de manutenção padronizadas com objetivo de obter maior eficiência e menores taxas de geração de resíduos e de emissões;
- 4) Modificação de equipamentos: para se obter processos com taxas maiores de eficiência e taxas menores de geração de resíduos e emissões;
- 5) Troca de tecnologia: mudança na sequência de processamento ou troca de tecnologia para reduzir as taxas de geração de resíduos e emissões;
- 6) Recuperação/ Reutilização: reutilização dos materiais residuais no mesmo processo ou para outra finalidade dentro da empresa;
- 7) Produção de subprodutos: transformação de resíduos de processos anteriores em materiais que podem ser reutilizados ou reciclados para outra finalidade fora da empresa; e
- 8) Modificação no produto: modificação das características do produto com objetivo de reduzir os impactos ambientais durante ou após a disposição do produto ou para reduzir os impactos ambientais durante sua produção.

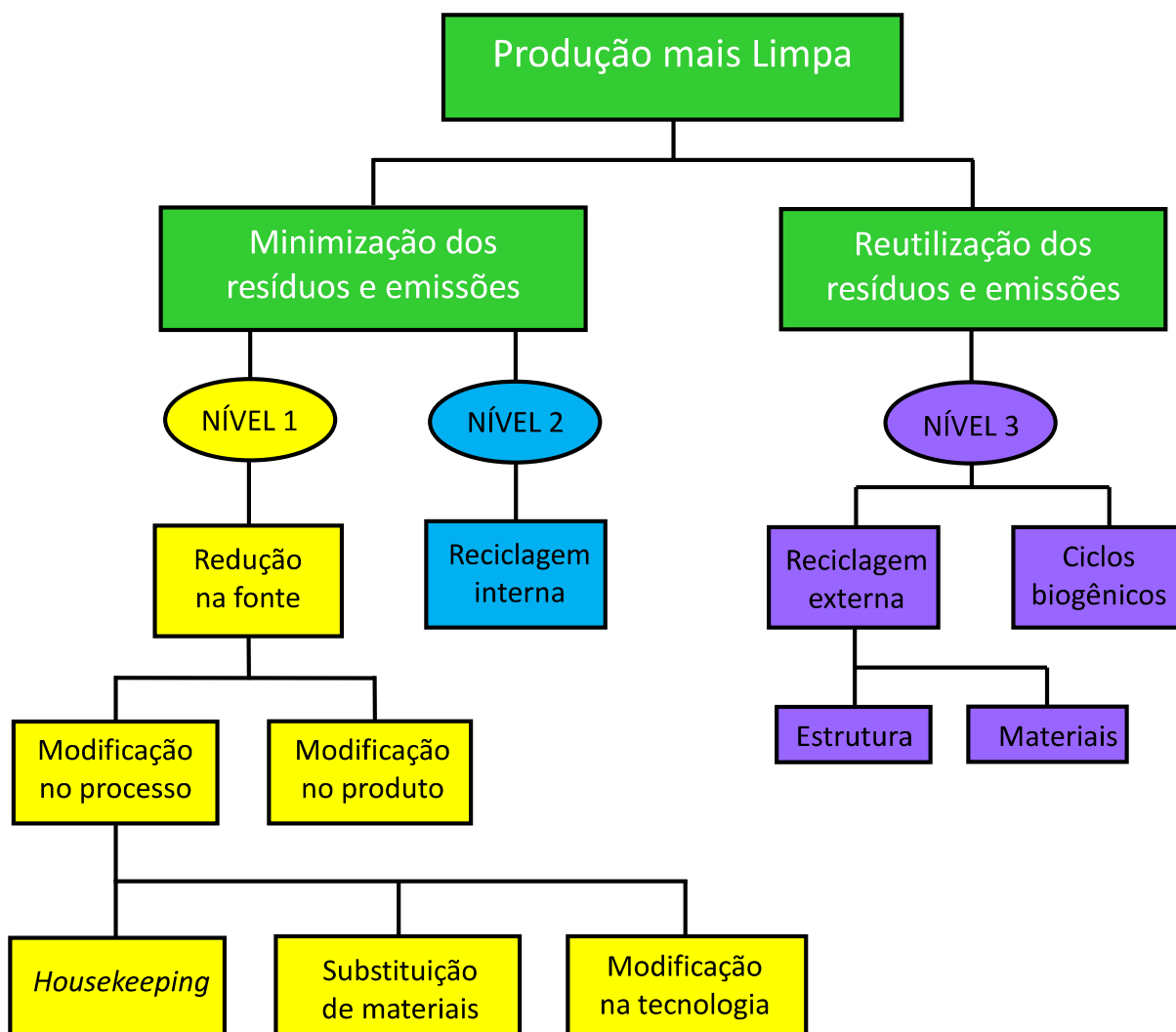
Van Berkel (2007) destaca que a Produção mais Limpa também requer mudanças de atitudes. Em muitas situações, os benefícios mais significativos podem ser obtidos com ideias simples que, no entanto, dependem de mudança de atitude com relação à gestão ambiental por parte de diretores, gerentes e funcionários.

A UNIDO (2015b) argumenta que os principais fatores que contribuem para geração de resíduos e emissões são: pessoas, tecnologias, matéria prima, produtos, capital,

processos/ *know-how* e fornecedores/ parceiros. Na fonte de origem destes fatores devem-se aplicar práticas de P+ L que visem à redução de emissão de resíduos e emissões. Este deve ser o objetivo principal das práticas de P+L.

A Figura 4 contribui para este objetivo ao apresentar as estratégias da P+L divididas em três níveis de priorização. Segundo a UNIDO (2015b), deve-se priorizar e buscar continuamente medidas que ataquem o problema na sua fonte (nível 1), somente depois considerar a reciclagem interna (nível 2) e em último caso a reciclagem externa (nível 3).

FIGURA 4 – Níveis de priorização da Produção mais Limpa



Fonte: UNIDO (2015b) e CNTL (2007)

Normalmente quanto mais próximo se ataca o problema na sua causa raiz, menores serão os tempos de execução dos ciclos e mais eficientes as estratégias aplicadas (UNIDO, 2015b).

O trabalho de Venanzi e Moris (2013) sobre adoção de estratégias de Produção mais Limpa em seis fornecedores automotivos da cidade de Sorocaba-SP infere que, de uma

forma geral, as empresas ainda se encontram no nível 2 desta hierarquia (reciclagem interna). Muitos estudos (ANDREWS, STEARNE e ORBELL, 2002; DOMINGUES e PAULINO, 2009; GOMBAULT e VERSTEEGE, 1999; HOWGRAVE-GRAHAM e VAN BERKEL, 2007; VAN BERKEL, 1994; VAN BERKEL, 2011) informam que a maior parte das práticas relacionadas ao nível 1 (redução na fonte) tem se restringido ao *housekeeping*, em consequência de serem técnicas práticas, de fácil implantação e de baixo custo.

3.4 METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA

As primeiras metodologias de Produção mais Limpa tiveram origem em duas grandes empresas americanas: a 3M e a Dupont (BAAS, 2007; DIELEMAN, 2007).

A 3M iniciou em 1975 o *Pollution Preventions Pay* ou *3P-program*, programa o qual Dieleman (2007) atribui à origem da Produção mais Limpa. Segundo Van Berkel (2000), nos primeiros 20 anos do programa os funcionários da 3M originaram 4.450 projetos, que evitaram mais de 540.000 toneladas de emissão de resíduos e que no primeiro ano a economia foi superior a US\$ 750 milhões. O autor também informa que a 3M atribui o sucesso do programa a cinco fatores:

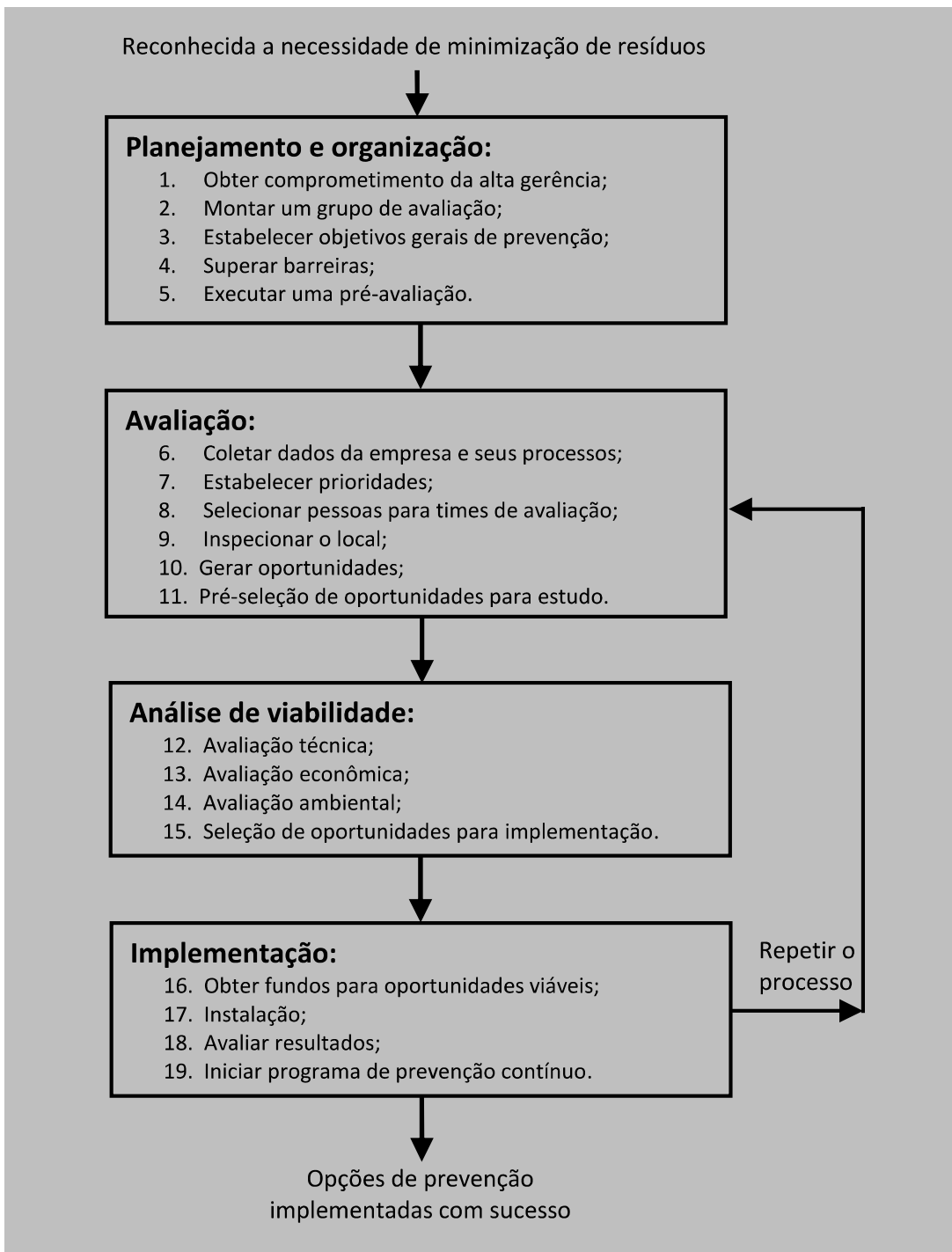
1. Suporte do gerente geral e da alta administração a todo o momento;
2. O envolvimento de todos trabalhadores operacionais e administrativos;
3. Simplicidade, uma ideia colocada em formulário de apenas uma página;
4. Sistema de recompensa;
5. Promoção interna e externa.

A Dupont elaborou um manual para engajar seus gerentes em iniciativas de prevenção de poluição. Este manual foi adotado e publicado em 1988 pela *United States Environment Protection Agency* (USEPA) com o título *Waste Minimization Opportunity Assessment Manual*. Em 1989 o projeto PRISMA³, realizado em 10 indústrias, testou este manual e desenvolveu procedimentos para facilitar à indústria, aos governos e aos consultores o uso da abordagem do programa *Pollution Preventions Pay* da 3M (DIELEMAN, 2007).

Uma versão melhorada do procedimento de avaliação da minimização de resíduos da USEPA é um dos resultados do projeto PRISMA (DIELEMAN, 2007). A Figura 5 apresenta a metodologia de P+L que resultou desse projeto.

³ PRISMA é a abreviação para: *Project Industriële Successen Met Afvalpreventie*, que significa sucessos industriais do projeto com prevenção de resíduos.

FIGURA 5 – Metodologia de Produção mais Limpa do projeto PRISMA

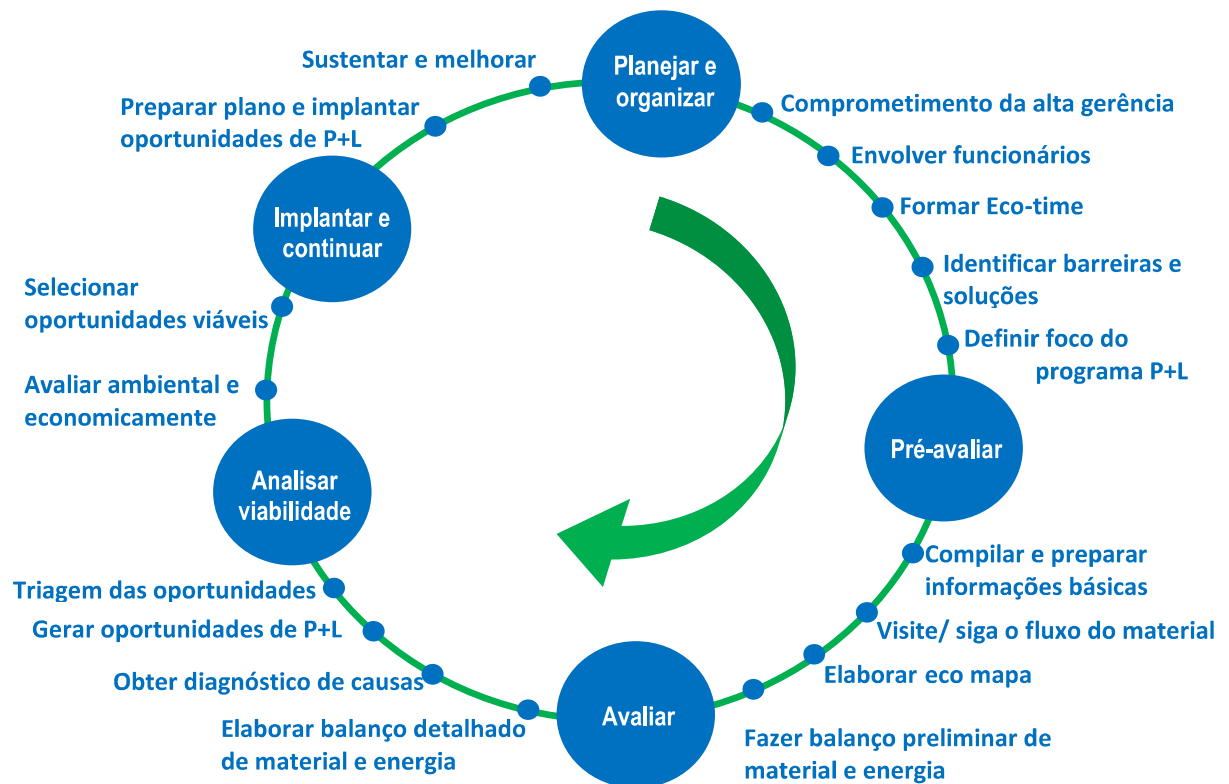


Fonte: Dieleman (2007) e Van Berkel e Kortman (1993)

Os projetos de demonstração da P+L patrocinados e supervisionados, durante 20 meses, pela UNIDO em 12 pequenas empresas na Índia seguiram a linha de ação da metodologia do projeto PRISMA (VAN BERKEL, 2004). Segundo Van Berkel (1995), a maioria dos projetos de demonstração de P+L concluiu que a orientação e supervisão externa mostrou ser necessária para manutenção e continuidade do processo de avaliação de P+L.

O trabalho de Van Berkel e Kortman (1993) propõe a inclusão de uma etapa de pré-avaliação na metodologia de P+L. Esta etapa adicional faz parte da metodologia de P+L divulgada pela UNEP DTIE (2004) em seu manual com orientações para se estabelecer e se operar os *National Cleaner Production Centre* (NCPC). Este manual apresenta a metodologia de P+L da UNEP DTIE numa configuração geométrica circular cíclica (Figura 6), mostrando a característica de etapas contínuas conforme a definição de P+L.

FIGURA 6 – Metodologia de Produção mais Limpa da UNEP DTIE



Fonte: UNEP DTIE (2004)

No manual a UNEP DTIE (2004) explica cada uma das 5 etapas e 17 passos da metodologia proposta. Nesta explicação o objetivo é formar peritos em projetos de demonstração de aplicação na forma de consultoria a serem realizadas pelos NCPC nas empresas. No passo ‘Obter diagnóstico de causas’ sugere o uso do diagrama espinha de peixe, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, como ferramenta para definição da causa raiz da geração de resíduos e emissões. Já para no passo ‘Gerar oportunidades de P+L’ sugere, para o processo de criação de ideias de melhorias, a adoção da ferramenta *brainstorming*, com participação das pessoas envolvidas nos processos da empresa.

Van Berkel (2010) relata que gradativamente a metodologia de Produção mais Limpa da UNEP DTIE (2004) firmou-se como a preferida entre outras metodologias de P+L. Muitos autores (ANDREWS, STEARNE e ORBELL, 2002; BAAS, 2007; KHALILI *et al.*,

2015; LUKEN e NAVRATIL, 2004) denominam o processo de aplicação da metodologia de P+L como Programa de Produção mais Limpa. Isto pode ser verificado pela afirmação do CNTL (2007, p. 36): “Após a fase de pré-sensibilização a empresa poderá iniciar a implementação de um Programa de Produção mais Limpa, através de metodologia própria ou através de instituições que possam apoiá-la nesta tarefa”.

Os dados analisados até aqui mostram a evolução que resultou na metodologia de Produção mais Limpa da UNEP DTIE (2004). Há outras metodologias na literatura (CETESB, 2002; CNTL, 2007), porém na essência a grande maioria é baseada na metodologia de Produção mais Limpa da UNEP DTIE. Mais essencialmente ainda, como observado em Silva *et al.* (2013) e Stone (2006a), estas metodologias têm como base o ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA)⁴.

Numa revisão da literatura combinada com revisão sistemática, Silva *et al.* (2013) encontraram e analisaram nove modelos de programa de P+L, que foram sintetizados numa nova proposta metodológica de avaliação de P+L. Dessa pesquisa destacam-se as metodologias da CETESB (2002), Stone (2006b) e Khan (2008) para serem apresentadas.

A CETESB (2002) utilizou dos conceitos do manual da USEPA para apresentar uma sequência de passos de um programa de Prevenção da Poluição (P2):

- Comprometimento da direção da empresa;
- Definição da equipe de P2;
- Elaboração da Declaração de Intenções;
- Estabelecimento de prioridades, objetivos e metas;
- Elaboração de cronograma de atividades;
- Disseminação de informações sobre P2;
- Levantamento de dados;
- Definição de indicadores de desempenho;
- Identificação de oportunidades de P2;
- Levantamento de tecnologias;
- Avaliação econômica;

⁴ Conforme a norma ISO NBR 9001: 2008 (Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2008, p. vii): “O modelo PDCA pode ser descrito resumidamente como segue: *Plan* (planejar): estabelecer os objetivos e processos necessários para gerar resultados de acordo com os requisitos do cliente e com as políticas da organização; *Do* (fazer): implementar os processos; *Check* (checar): monitorar e medir processos e produtos em relação às políticas, aos objetivos e aos requisitos para o produto e relatar os resultados; *Act* (agir): executar ações para promover continuamente a melhoria do desempenho do processo.”.

- Seleção das medidas de P2;
- Implementação das medidas de P2;
- Avaliação dos resultados;
- Manutenção do programa;

Comparando-se esta metodologia com as metodologias já apresentadas, verificam-se algumas diferenças, que são os passos: Elaboração da Declaração de Intenções; Elaboração de cronograma de atividades; Disseminação de informações sobre P2; Definição de indicadores de desempenho; e Levantamento de tecnologias.

Stone (2006a, 2006b) avaliou, em 23 empresas de vários setores da Nova Zelândia, a capacidade dos programas de P+L ou P2 em promover mudanças duradouras. O projeto de dois anos apresentou bons resultados ambientais e econômicos com redução de materiais, uso de água e energia e melhorias na produtividade. Porém, numa avaliação mais profunda, verificaram-se limitações dos programas de Produção mais Limpa como agentes de mudanças organizacionais em alcançar comprometimento, melhoria contínua, liderança, suporte, comunicação e envolvimento das pessoas. Baseado nestas descobertas e em desenvolvimentos-chaves da Teoria das Organizações, Stone (2006b) propõe uma estrutura que visa melhorar o desempenho em relação aos fatores que afetam a melhoria contínua do programa. A estrutura proposta é composta por:

- Fase de diagnóstico: para customizar o programa de forma a atender às necessidades particulares da empresa;
- Visão da empresa: desenvolver plano e metas para o futuro por meio de um processo que envolva e engaje todos os funcionários numa visão compartilhada;
- Uso iterativo da Visão: para motivar e inspirar a melhoria contínua;
- Atividades distintas: para promover os processos iterativos e de reflexão crítica e também para melhorar o envolvimento dos funcionários.
- Delineamento participativo do programa: visa obter o comprometimento;
- Inclusão da alta gestão em etapas-chaves do processo: visa melhorar a liderança, comprometimento, acompanhamento do progresso e suporte à equipe.

A estrutura do programa de P+L sugerida por Stone (2006b) permite o delineamento compatível com as necessidades, atividades e cultura da empresa. Sugere também que o programa produza um ciclo de aprendizagem criticamente reflexivo e iterativo.

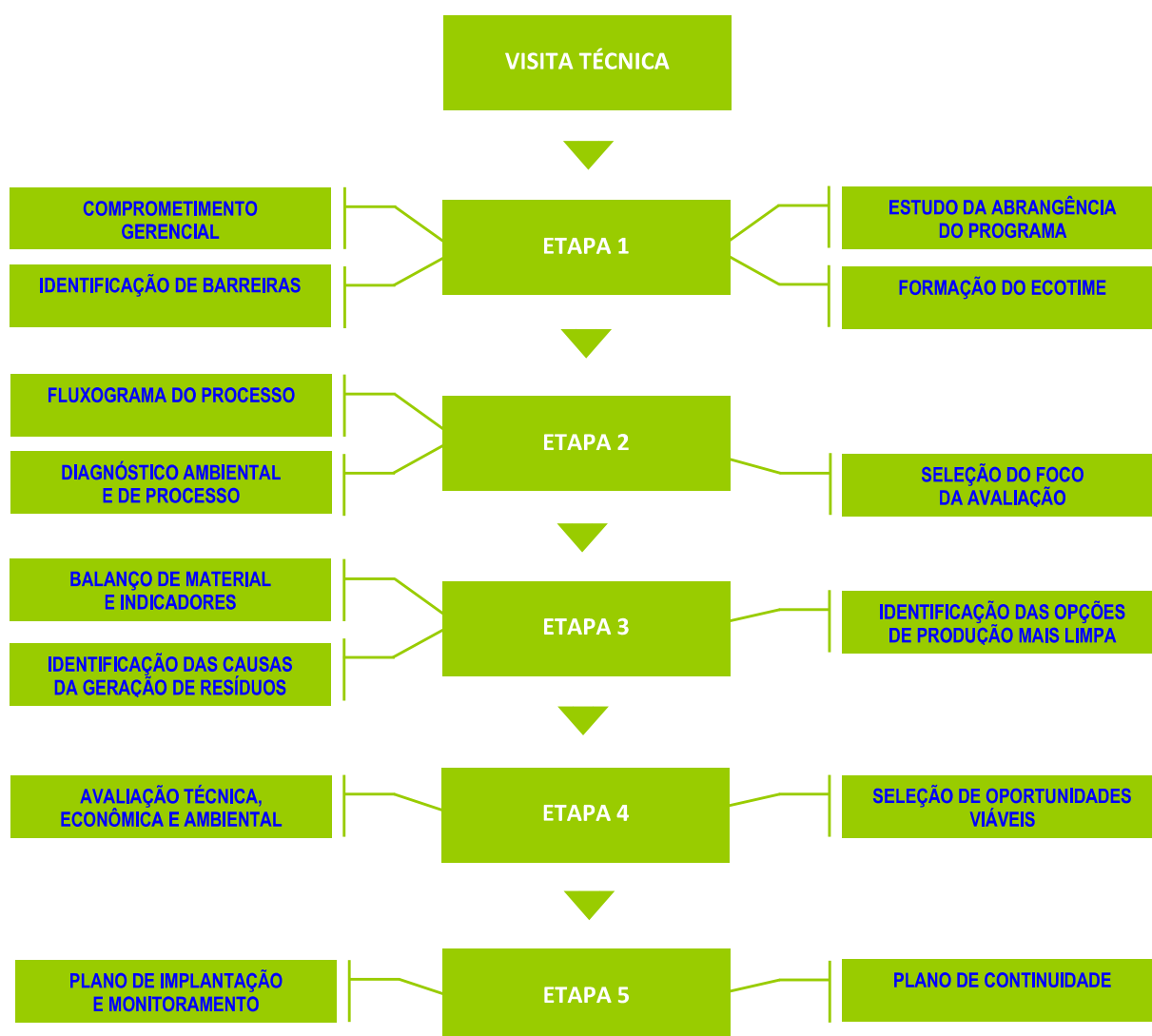
A última metodologia que se destaca do trabalho de Silva *et al.* (2013) é a apresentada na pesquisa de Khan (2008), que propõe a utilização dos conceitos de P+L como

uma ferramenta de autoajuda e também como uma forma econômica para as empresas obterem a certificação da ISO 14001:2004. O autor propõe o desenvolvimento de um programa de Produção mais Limpa baseado na metodologia, divulgada em 2001, no manual de Produção mais Limpa publicado pela “*Environment Australia*”. De acordo com Khan (2008) obter o comprometimento da alta gestão é o fator mais crítico do programa de P+L. O autor apresenta o programa de P+L em 7 passos:

- 1º Passo: a alta gestão deve selecionar um engenheiro ou gerente da média gerencia que seja experiente com o conceito de P+L e na sequência designá-lo como *Champion* (Campeão) da Produção mais Limpa.
- 2º Passo: o *Champion* da P+L deve montar uma equipe de P+L composta por supervisores de cada seção e pelo funcionário mais ativo e experiente da fábrica.
- 3º Passo: a equipe de P+L deve rever as atividades econômicas e ambientais atuais e do passado e os contratos da organização para identificar oportunidades de melhorias. O objetivo é aprimorar a conformidade ambiental, obter benefícios econômicos ou sociais na organização. A equipe de P+L deve visitar a “visão do futuro” da organização e incorporar novos planos, como por exemplo, a certificação ISO e iniciar o registro de dados necessários. Normalmente as oportunidades mais comuns de Produção mais Limpa estão relacionadas aos seguintes pontos: matérias-primas, gestão da água, gestão de efluentes, consumo de energia, manutenção, comparar a tecnologia com a melhor tecnologia disponível e embalagens.
- 4º Passo: a equipe de P+L deve focar nas poucas e mais promissoras oportunidades de P+L listadas no passo 3 e explorar o quanto as mudanças reduziriam os custos ou melhorariam o desempenho ambiental da organização.
- 5º Passo: após uma extensa exploração de oportunidades, planos de Produção mais Limpa devem ser preparados para a implementação das mudanças recomendadas pela equipe de P+L. Objetivos alcançáveis e metas são estabelecidos e esforços concentrados são feitos para alcançar os objetivos.
- 6º Passo: reuniões mensais da equipe de P+L controlam as melhorias e barreiras na implementação de planos de P+L.
- 7º Passo: os passos 4, 5 e 6 são repetidos até que a maioria das oportunidades de P+L seja extensivamente explorada e mudanças implementadas.

Na sequência apresenta-se a metodologia do CNTL (2007) ilustrada na Figura 7, que tem sido aplicada pelo NCPC brasileiro. Pode-se observar que os componentes das etapas são semelhantes aos da metodologia de avaliação de P+L da UNEP DTIE (2004).

FIGURA 7 – Metodologia de avaliação da P+L do NCPC brasileiro



Fonte: CNTL (2007)

O CNTL (2007) explica cada uma das 5 etapas e 14 passos da sua metodologia, que se iniciam após visita técnica para pré sensibilização do público alvo da empresa, o que destaca a característica de consultoria com o objetivo de implantar um programa de P+L. Na quarta etapa de sua metodologia o CNTL (2007) utiliza o critério da Figura 4 de priorizar as medidas que atacam a geração de resíduo na fonte (Nível 1) em relação à reciclagem interna (Nível 2) e reciclagem externa (Nível 3).

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO

A maior parte das metodologias apresentadas tem a característica de consultoria com passos burocráticos ou de forma pouco praticadas na PME, como: formação de eco-time,

identificação de barreiras e realização do diagnóstico ambiental. Esta característica não será explorada nesta pesquisa.

As metodologias de Stone (2006b) e do programa 3-P da 3M enfatizam a participação das pessoas. Esta característica será explorada no trabalho de campo com a utilização da ferramenta *Brainstorming* na geração de oportunidades de P+L como sugerido pela UNEP DTIE (2004).

Na avaliação de dados do trabalho de campo será utilizada a classificação das estratégias implantadas em níveis de prioridade de P+L conforme o critério da Figura 4. O conceito que se extrai desta figura é válido e é empregado em pesquisas como em Domingues e Paulino (2009) e Venanzi e Moris (2013). No entanto, em virtude do pouco detalhamento do termo "ciclo biogênico" na literatura, assim como da divisão da reciclagem externa em "materiais" e "estrutura", considerou-se o Nível 3 apenas restrito à reciclagem externa na definição dos níveis de P+L. Analisando-se o termo ciclo biogênico como relacionado a um produto biodegradável, tem-se a adoção de uma estratégia de Nível 1, que pode ser tanto uma modificação no produto como uma substituição de materiais.

4 PRODUÇÃO MAIS LIMPA NAS PEQUENAS EMPRESAS

Esta seção é dedicada à análise da literatura que apresenta a relação entre as pequenas empresas e a gestão ambiental baseada na Produção mais Limpa. A finalidade é de se extrair informações que identifiquem facilidades, dificuldades e conclusões de estudos sobre a Produção mais Limpa nesse tipo de empresa que contribuam para o objetivo dessa dissertação.

4.1 ACEITAÇÃO DE P+L NAS PEQUENAS EMPRESAS

O plano de implementação da *World Summit on Sustainable Development* recomenda aumentar os investimentos em Produção mais Limpa com especial atenção às pequenas empresas (UN, 2002 p. 14 e 15). Esforços e investimentos para promover a Produção mais Limpa nas pequenas empresas têm sido realizados em nível global, regional, redes de empresas e empresas (Quadro 10).

Quadro 10 – Iniciativas de Produção mais Limpa

| NÍVEL | INICIATIVA | REFERÊNCIA |
|----------------------|--|--|
| Global | Programa dos NCPC da UNIDO/ UNEP em países em desenvolvimento com os seguintes objetivos: 1º Disseminação e conscientização de P+L; 2º Treinamento para formar peritos na implantação; 3º Avaliações e demonstrações para identificar e implementar melhorias de P+L; 4º Assessoria política para facilitar união entre governo, empresas e outras instituições. Em 2014 o programa contava com 58 NCPC. | Luken e Navratil (2004); Van Berkel (2011); (Luken <i>et al.</i> , 2015) |
| Regional/ Países | A USEPA patrocinou o <i>Environmental Pollution Prevention Project</i> (EP3) entre 1993 e 1998 em nove países localizados na América Latina, Ásia e África. O projeto foi delineado para assistir e aumentar a consciência de P+L nas PME. | Gallup e Marcote (2004) |
| Redes de empresas | Programa público-privado de fornecimento sustentável no México, envolvendo 72 empresas líderes das cadeias de suprimento e 972 fornecedores de produtos e serviços (687 eram PME). Foram elaborados 1934 projetos de P+L. | Van Hoof e Lyon (2013) |

Fonte: Elaboração própria

A Produção mais Limpa tem capacidade de reduzir impactos negativos da indústria e contribuir para a sustentabilidade (ALMEIDA *et al.*, 2015 e BONILLA *et al.*,

2010), o que tem ocorrido em maior proporção nas grandes empresas em relação às pequenas empresas (KHALILI *et al.*, 2015). Com relação à aceitação da prática de Produção mais Limpa nas PME o Quadro 11 apresenta resultados de algumas *surveys*.

Quadro 11 – Resultados de *surveys* sobre aceitação de P+L nas PME

| RESULTADOS/ CONTRIBUIÇÕES | REFERÊNCIA |
|--|-------------------------------------|
| 20% das PME holandesas não mostravam nenhum interesse em prevenção; 27% não fizeram nada, mas estavam interessadas nas vantagens da prevenção; 48% iniciaram algumas medidas preventivas e 6% das PME faziam da prevenção uma rotina diária. | Gombault e Versteeg (1999) |
| 28% das PME da região de Geelong na Austrália mostraram conscientização e utilização de P+L. A maioria das práticas de P+L nestas empresas se resumia a <i>housekeeping</i> . | Andrews, Stearne e Orbell (2002) |
| 27 pontos num total possível de 100 obtida pelas PME da Austrália ocidental. O procedimento de avaliação é uma média aritmética de: 100 pontos distribuídos em itens relacionados à consciência de P+L; 100 pontos distribuídos em itens relacionados aos incentivos de gestão e que criam um ambiente propício à P+L; e 100 pontos distribuídos em itens relacionados ao registro de implementação de inovações de P+L. | Howgrave-Graham e Van Berkel (2007) |

Fonte: Elaboração própria

As três *surveys* apresentam resultados que apontam para o baixo nível de aceitação, consideração e aplicação da Produção mais Limpa nas pequenas empresas. Andrews, Stearbe e Orbell (2002) identificaram que a maioria das práticas de P+L nas PME da região de Geelong na Austrália se resumia a *housekeeping*, refletindo a natureza embrionária da P+L.

A *European Commission* (2012) apresenta os resultados da *survey* denominada *Flash Eurobarometer 342*, a qual abordou três temas principais: a eficiência dos recursos, mercados verdes e empregos verdes, com um enfoque particular sobre as PME e foi realizada em 38 países incluindo os 27 membros da União Europeia e os Estados Unidos da América. A Tabela 1 resume os principais resultados relacionados à P+L.

TABELA 1 – Resultados da *Flash Eurobarometer 342* relacionados à P+L

| EFICIÊNCIA DE RECURSOS | PME | GRANDES EMPRESAS |
|---|-----|------------------|
| Economia de energia | 64% | 82% |
| Minimizar resíduos | 62% | 72% |
| Economia de materiais | 57% | 74% |
| Reciclagem | 76% | 51% |
| Vender resíduos para outra empresa | 24% | 44% |
| RAZÃO PARA MELHORAR A EFICIÊNCIA DE RECURSOS | PME | GRANDES EMPRESAS |
| Vantagem competitiva | 13% | 36% |
| Antecipação às futuras normas | 12% | 22% |
| Antecipação às mudanças na legislação | 12% | 20% |
| SUPOORTE EXTERNO PARA OBTER EFICIÊNCIA DE RECURSO | PME | GRANDES EMPRESAS |
| Setor privado | 24% | 47% |
| Setor público | 9% | 13% |
| União Europeia | 10% | 25% |

Fonte: *European Commission* (2012)

Os indicadores da Tabela 1 mostram que, no grupo de países desenvolvidos analisados, as PME estão em desvantagem em relação às grandes empresas no uso eficiente de recursos.

Muitos pesquisadores (BAAS, 2007; GALLUP e MARCORTE, 2004; KHALILI *et al.*, 2015; LUKEN e NAVRATIL, 2004; SILVESTRE e SILVA NETO, 2014; VAN BERKEL, 1994) apontam que as grandes empresas têm se beneficiado da prática de P+L em razão de algumas vantagens que estas apresentam em relação aos pequenos negócios, tais como: têm recursos financeiros ou facilidades na obtenção de financiamento, têm recursos humanos disponíveis para aplicar a P+L, são mais organizadas e tem canais estabelecidos para se atualizarem no estado da arte das tecnologias.

De uma forma geral, a gestão ambiental baseada na Produção mais Limpa teve baixa adesão no grupo das pequenas empresas, o que se atribui a restrições apresentadas na próxima subseção.

4.2 BARREIRAS À P+L NAS PEQUENAS EMPRESAS

Muitas razões podem ser atribuídas à baixa taxa de implantação de P+L pela PME (LUKEN e NAVRATIL, 2004), algumas são relacionadas aos processos internos e outras ao ambiente institucional em torno das empresas, no entanto, as explicações apresentadas pelos estudos são apenas parciais (DIELEMAN, 2007).

Dieleman (2007) aconselha a se concentrar menos em “convencer” e “demonstrar” os benefícios da Produção mais Limpa e se concentrar basicamente em inserir a P+L nas atividades do dia-a-dia. Em sintonia, a UNEP DTIE (2004) declara que a Produção mais Limpa conduz a uma mudança de paradigma na gestão ambiental em nível interno das empresas, de instituições financeiras, bem como de governos e comunidades.

Baseada em suas iniciativas nas pequenas empresas a UNEP DTIE (2004) lista as seguintes barreiras:

- ✓ Resistência à mudança;
- ✓ Faltam informações, experiência e formação adequada;
- ✓ Falta de comunicação interna nas empresas;
- ✓ Prioridades concorrentes, em particular a pressão por lucros a curto prazo;
- ✓ Percepção de risco com a implantação de melhorias de P+L;
- ✓ Dificuldade de acesso, complexidade e especificidade de tecnologias mais limpas para as pequenas empresas;
- ✓ Falhas ao capturar custos e benefícios ambientais;
- ✓ Dificuldade de acesso ao financiamento externo;
- ✓ Regulamentação fraca em nível nacional;
- ✓ Incentivos econômicos contrários a redução de consumo, como subsídios no preço da energia e água.

Shi et al. (2008) estudaram as barreiras à Produção mais Limpa pelas pequenas e médias empresas na China. Na parte inicial da pesquisa, identificaram e classificaram 20 barreiras à P+L em quatro grupos. O Quadro 12 apresenta estas barreiras e também informa a qualificação de cada grupo com relação à classificação em barreiras internas ou barreiras externas à P+L nas pequenas empresas.

QUADRO 12 – Barreiras à P+L nas pequenas empresas chinesas

| GRUPO DE BARREIRAS | DESCRIÇÃO DA BARREIRA |
|---|---|
| Legislações e Mercado (barreira externa) | |
| Fiscalização ambiental sem rigor | Fraca aplicação das leis ambientais não contribui na priorização da adoção de P+L. |
| Ausência de políticas de incentivos econômicos | Não há incentivos econômicos, tais como isenções fiscais e subsídios para a implantação de P+L em PME. |
| Falta de preferência e de demanda | Os clientes não dão preferência aos produtos produzidos de uma forma mais correta ambientalmente. |
| Auto regulação industrial inadequada | Assistência ou iniciativas do governo falham nos resultados da auto regulação no nível de fábrica. |
| Falta de consciência e pressão pública | São fracas a consciência pública e a pressão sobre as PME para melhorar o seu desempenho ambiental. |
| Barreira financeira e econômica (barreira externa) | |
| Alto custo de capital inicial | Custo de capital inicial mais elevado das tecnologias mais limpa, em comparação às tecnologias convencionais. |
| Dificuldade no financiamento de capital | Canais de financiamento para as PME chinesas são muito limitados no caso dos projetos de P+L. |
| Baixo desempenho financeiro da P+L | Baixo retorno e período longo de retorno do investimento tornam as PME relutantes em investir na P+L. |
| Falta de medidas eficazes dos benefícios da P+L | Dificuldade em quantificar o desempenho financeiro dos projetos da P+L. |
| Falta de serviço de financiamento para as PME | Serviços de financiamento chineses são insuficientes e estão mais dispostos a servir grandes empresas. |
| Barreira técnica e de informação (barreira interna) | |
| Limitado conhecimento (know-how)/ capacidade de fábrica | Equipes internas pouco experientes se ocupam com a produção diária e deixam de lado as atividades de P+L. |
| Falha no acesso a apoio técnico externo | As PME são incompetentes na obtenção de apoio técnico externo. |
| Dificuldade de acesso a informações sobre P+L | As PME têm dificuldades no acesso às informações relacionadas à P+L e na sua aplicação. |
| Requisitos adicionais de infraestrutura | Na integração da P+L aos sistemas de produção há problemas de espaço e outros relacionados à infraestrutura. |
| Falta de treinamento técnico no chão de fábrica | Os programas de treinamentos sobre operação e manutenção da P+L são insuficientes nas PME. |
| Barreira gerencial e organizacional (barreira interna) | |
| Prioridade na expansão da produção/ mercado | Gestores consideram a expansão da produção e da fatia de mercado mais importante do que a P+L. |
| Preocupação com a competitividade | Adoção de P+L frequentemente incorre em custos adicionais e compromete a competitividade. |
| Resistência à mudança pela diretoria | Diretoria se preocupa com os riscos em mudar os atuais processos de produção e tecnologias. |
| Falta de consciência sobre a P+L | Diretores e funcionários não estão conscientes dos benefícios econômicos e ambientais da P+L. |
| Capacidade de gestão inadequada | Os diretores não têm a capacidade básica gerencial e técnica para implementar a P+L. |

Fonte: Shi *et al.* (2008)

Posteriormente Shi *et al.* (2008) empregaram uma *survey* e verificaram a ordenação das barreiras à P+L sob o ponto de vista do governo, das empresas e de grupo de peritos em P+L. A conclusão foi que as três principais barreiras à P+L nas PME chinesas são ausência de políticas de incentivo econômico; fiscalização ambiental sem rigor e; custo de capital inicial alto para implantação. As barreiras “falta de consciência sobre a P+L” e “limitado conhecimento (*know-how*)/ capacidade das PME” ficaram na 16ª e 14ª posições respectivamente. O *ranking* destas duas últimas barreiras contradiz as estratégias adotadas nos programas de disseminação da P+L.

Shi *et al.* (2008) destacam a fiscalização ambiental sem rigor, enquanto Silvestre e Silva Neto (2014) identificaram que a principal barreira é a falta de cumprimento das regulamentações pelas pequenas empresas do setor de mineração da região de Pádua no Rio de Janeiro, mas que também ocorrem as seguintes barreiras: a resistência dos empreendedores às mudanças, a ausência de mecanismos de acesso para as novas tecnologias de P+L e a falta de coordenação e consciência das organizações locais que suportam estas PME. Segundo os autores as principais barreiras para o desenvolvimento e adoção de inovações para sustentabilidade foram observadas na parte interna das pequenas empresas desta região.

A barreira do alto custo de implantação é controversa na pesquisa de Luken e Rompaey (2008), que realizaram uma *survey* em 105 empresas de nove países em desenvolvimento para identificar os incentivos e barreiras às tecnologias ambientalmente corretas conforme a percepção de gerentes de fábrica e peritos no assunto. As descobertas com relação às principais barreiras à P+L foram: alto custo de implantação, indisponibilidade de tecnologias mais limpas e falta de habilidade (*know-how*)/ tradição. Para Luken e Rompaey (2008) este resultado é contestável, já que muitos dos gerentes de fábrica, que responderam às perguntas, haviam recebido treinamento sobre Produção mais Limpa pelos NCPC. Os treinamentos deveriam ter convencido os gerentes que muitas das oportunidades de P+L são de custo muito baixos ou viáveis financeiramente e também melhorado o *know-how* dos participantes na obtenção e operação de tecnologias mais limpas.

A barreira ‘investimento’ também está presente, junto com a capacidade financeira das PME, na pesquisa de Luken e Navratil (2004), que reportam algumas barreiras para baixo nível de interesse das PME nos programas de P+L. Primeiro, os objetivos ambientais não estão entre os objetivos estratégicos das pequenas empresas. Segundo, os benefícios de oportunidades de P+L que não requerem investimentos não atraem esforços das PME. Terceiro, normalmente nas PME há falta de recursos financeiros para investir em oportunidades de P+L e há dificuldades em se obter empréstimos bancários. Quarto, as

regulamentações direcionam as empresas para técnicas de “fim-de-tubo” para o tratamento de resíduos, visto que estas técnicas são mais “fáceis” no ponto de vista da gestão.

Gallup e Marcote (2004) também abordam a barreira financeira ao avaliar a eficiência do *Environmental Pollution Prevention Project* (EP3), elaborado para assistir e aumentar a consciência de P+L nas PME. Os autores apontaram sucesso no aumento da consciência aos benefícios da P+L e fracasso na disponibilidade de fontes de financiamento em equipamento para a Produção mais Limpa para as PME.

Van Hoof e Lyon (2013) sugerem que os subsídios do governo nos preços de eletricidade e água para as PME no México são barreiras que inibem projetos de melhoria na eficiência e conservação de água. Os autores avaliaram 1934 projetos de P+L de um programa público-privado de fornecimento sustentável no México. Muitos destes projetos foram idealizados por 687 PME e indicaram os seguintes resultados relacionados aos aspectos financeiros: a maioria dos projetos possuía *payback* inferior a um ano; a redução de resíduos tinha NPV (valor presente líquido) mais atrativo que inovações tecnológicas e; a reciclagem e prevenção de resíduos rendiam maior valor econômico que os projetos de eficiência energética e conservação de água.

No contexto interno de uma metalúrgica de pequeno porte da cidade de São Paulo, Oliveira Neto *et al.* (2015) também se depararam com o tema investimento ao analisar as principais barreiras à P+L. No início do estudo de caso verificou-se que na visão dos gestores a falta de recursos financeiros é a maior barreira para a P+L e que a barreira técnica é a segunda. Na etapa final, analisou-se a viabilidade de investimento para uma oportunidade de melhoria P+L com redução no consumo de água e de insumos. A análise apresentou *payback* de 1,1 anos e fluxo de caixa líquido de 133%, que justificariam o investimento. Como o projeto não se efetivou, os autores mencionam que se pode verificar também a barreira cultural da falta de consciência para os benefícios de P+L.

Frijns e Van Vliet (1999) discutiram possíveis melhorias de Produção mais Limpa para controlar a poluição das PME num projeto realizado em três pequenas metalúrgicas da cidade de Nairóbi no Quênia. Os autores dividiram as barreiras identificadas neste estudo em quatro tipos, como indicado no Quadro 13, tanto no nível das pequenas empresas como no nível das instituições que atuam no setor das PME. Novamente os assuntos investimento e financeiro são abordados entre as barreiras à P+L.

QUADRO 13 – Barreiras à P+L em pequenas metalúrgicas do Quênia

| GRUPO | DESCRIÇÃO DE BARREIRA |
|----------------|---|
| Comportamental | <ul style="list-style-type: none"> • P+L não parece estar na agenda dos empresários de pequeno porte; • Governo queniano não dá a devida atenção às questões ambientais; • Resistência à mudança e visão de que as medidas ambientais são caras; • Ênfase às medidas de “fim-de-tubo”; • A conscientização entre os empregados e empregadores de problemas ambientais e saúde ocupacional é geralmente baixa; • A falta de consciência dificulta a implantação de melhorias “óbvias”. |
| Organizacional | <ul style="list-style-type: none"> • Procedimentos inadequados de produção baseados na experiência; • A falta de envolvimento dos trabalhadores na tomada de decisões sobre mudanças nos processos; • Falta pressão de instituições para cumprimento dos regulamentos; • Instituições falham no apoio para prevenir a poluição; |
| Técnico | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de tecnologia de P+L no Quênia é limitado; • Falta de tecnologia adequada ao porte das pequenas empresas; • Falta de informação da disponibilidade de tecnologia em P+L; • Dificuldade de acesso às informações e tecnologia pela pequena empresa; • Quando empresário é capacitado em melhorar a tecnologia, ocorrem dificuldades financeiras e de informação. |
| Econômico | <ul style="list-style-type: none"> • Investimento é realizado somente quando há retornos de curto prazo. • Capital para investimento dificilmente é disponibilizado pela empresa; • As restrições econômicas são a principal razão para negligenciar as oportunidades de melhoria ambiental; • Baixo custo de matéria prima e baixa taxa no descarte de resíduos; • Falta de financiamento. |

Fonte: Frijns e Van Vliet (1999)

Frijns e Van Vliet (1999) afirmam que as principais barreiras estão nas organizações que atuam ao redor das PME, como a organização ambiental queniano, ONGs e instituições financeiras, isto é, que as principais barreiras são as externas. Esta afirmação concorda com os resultados da *survey* de Shi *et al.* (2008), que indica três barreiras externas como as principais barreiras à P+L nas pequenas empresas chinesas. No entanto, esta afirmação aponta um sentido contrário à pesquisa de Silvestre e Silva Neto (2014).

Hillary (2004) corrobora com Silvestre e Silva Neto (2014) no tema barreira interna. Baseada em 33 estudos a pesquisadora identificou as barreiras para implantação dos sistemas de gestão ambiental nas PME da União Europeia e concluiu que as barreiras internas, tais como: falta de recursos humanos especializados, falta de consciência dos benefícios, interrupção na implementação, resistência à mudança e falta de guias, representam maior dificuldade ao progresso no uso de sistemas de gestão ambiental pelas pequenas empresas.

Khalili *et al.* (2015) e Silva *et al.* (2013) destacam as seguintes barreiras internas como obstáculos à P+L nas pequenas empresas: limitada capacidade gerencial, não participação dos trabalhadores e falta de sistemas de monitoramento e manutenção da P+L.

4.3 BENEFÍCIOS DA P+L EM PEQUENAS METALÚRGICAS

Esta subseção é dedicada à apresentação de benefícios da P+L especificamente nas pequenas empresas metalúrgicas em razão da unidade de pesquisa pertencer a este setor. São poucos os estudos divulgados na literatura que relacionam as pequenas empresas metalúrgicas à P+L e nesta subseção nota-se especificamente a análise de estudos de tratamento de superfícies e de reaproveitamento de fluidos de corte de usinagem.

Frijns e Van Vliet (1999) estudaram três pequenas empresas metalúrgicas: uma fundição, uma galvanoplastia e uma de corte de chapas metálicas. As seguintes informações sobre as oportunidades de P+L são apresentadas:

- Nas três empresas foram identificadas mais de 35 oportunidades de P+L, a maior parte é de *housekeeping* e de reutilização, que podem ser implantadas a um custo mínimo;
- As oportunidades de melhoria P+L relacionadas à gestão das empresas, manutenção de registros, treinamento interno, monitoramento, segurança e emergência são relevantes e presentes nas três empresas;
- O monitoramento dos fluxos de energia e de materiais praticamente não existe. A execução de processo é totalmente baseada na experiência. Estes fatores representariam grande potencial de economia em energia e matéria prima;
- A substituição de materiais químicos nocivos à saúde e a mudança tecnológica resultariam em considerável redução da poluição da galvanoplastia.

A CETESB⁵ disponibiliza, via web, uma coleção com 16 guias de Produção mais Limpa de setores produtivos específicos. A empresa divulga também 86 casos de sucesso de P+L, dos quais 40 casos são em empresas metalúrgicas de grande porte e somente um caso numa pequena empresa fabricante de bijuterias. As empresas fabricantes de semi joias e bijuterias se caracterizam pela utilização de processos metalúrgicos de fundição e de tratamento de superfícies.

⁵ Os guias de P+L estão disponíveis em: <<http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/documentos/>>. Os 86 casos de sucesso de Produção mais Limpa estão disponíveis em: <<http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/casos-de-sucesso/listagem-geral/setor-produtivo-industria/>>. Acesso em: 20 de novembro de 2015.

Giannetti *et al.* (2008) descrevem a experiência com a P+L de uma empresa produtora de joias banhadas a ouro, com cerca de 100 funcionários e que utilizou os manuais da CETESB como guia. Idéias simples motivaram a participação das pessoas em inovações ambientais e com potenciais economias. As melhorias de Produção mais Limpa implantadas e respectivos benefícios estão no Quadro 14. As informações desse quadro são adaptadas com a inclusão do nível de prioridade da estratégia de P+L conforme UNIDO (2015b) e CNTL (2007) apresentado na Figura 4.

QUADRO 14 – Melhorias de P+L em PME fabricante de joias

| PRIORIDADE | MELHORIA-BENEFÍCIO |
|--------------------------------------|---|
| Nível 2 Reciclagem interna | Reutilização de caixas de papelão. Redução superior a 50% de papelão vendido para reciclagem e redução no custo de embalagem (não medido). |
| Nível 2 Reciclagem interna | Reutilização de embalagens plásticas. Economia de US\$ 4.273,70 por ano. |
| Nível 2 Reciclagem interna | Reutilização de pinos de segurança de colares, gargantilhas e pulseiras. Economia de US\$ 2.398,90 por ano e redução de 42% na sucata de pinos. |
| Nível 1 <i>Housekeeping</i> | Aumento da vida da solução de desengraxe de 15 para 75 dias. Economia de US\$ 8.262,00 por ano e redução de resíduos tóxicos. |
| Nível 1 <i>Housekeeping</i> | Aumento no tempo de vida do enxague com procedimento de controle. Economia de US\$ 4.941,80 por ano e redução de 35% em volume de água. |
| Nível 1 <i>Housekeeping</i> | Aumento de 60% no tempo de vida da solução eletrolítica de coloração. Por meio de controle e adição de 15% em volume, após processamento de quantidade específica de peças. Economia de US\$ 86.280,30 por ano. |
| Nível 1 Modificação de tecnologia | Redução de 36% no consumo de energia elétrica com controle liga-desliga no aquecimento de banhos e inclusão de uso de esferas de PVC (cloreto de polivinilo) na superfície dos banhos. Economia de US\$ 9.481,20 por ano. |

Fonte: Adaptado de Giannetti *et al.* (2008)

Giannetti *et al.* (2008) relatam um investimento de US\$ 37,30 e a melhor utilização da equipe de funcionários para implementar ações de minimização de resíduos e de oportunidades de P+L. Estas ações resultaram na redução de matéria prima, energia e resíduos tóxicos e equivalem a uma economia de US\$ 115.881,70 no segundo ano. Isto mostra que simples mudanças, de mínimo investimento, baseadas nos conceitos de P+L podem contribuir no desempenho econômico-ambiental da empresa. Giannetti *et al.* (2008) acrescentam que foi planejada uma lista de novas oportunidades de melhorias de P+L e que as mudanças implantadas nos dois primeiros anos representam somente o primeiro passo na direção de transformações mais significantes. Isto sugere que a P+L está contribuindo no processo de melhoria contínua da empresa.

Domingues e Paulino (2009) pesquisaram e concluíram que a utilização de P+L pode ser uma abordagem de gestão ambiental apropriada para as pequenas empresas, por não requerer tecnologias sofisticadas, nem inovações radicais e grandes investimentos. Na pesquisa de campo referente ao período de 2002 a 2006 foram levantados dados de nove pequenos negócios fabricantes de bijuterias. Com base nos níveis de priorização dados por UNIDO (2015b) e CNTL (2007), apresentado na Figura 4, os autores qualificaram as melhorias de P+L (Quadro 15).

QUADRO 15 – Melhorias de P+L em PME fabricantes de bijuterias

| PRIORIDADE | MELHORIA |
|--|--|
| Nível 1 - <i>Housekeeping</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Implantação de maior controle da produção; • Reorganização dos intervalos de limpeza; • Filtros para absorção de pó de ouro e retenção de fumos metálicos e fumos da queima de cera; • Caixas de contenção para reter resíduos de gesso e caixas de decantação; • Uso de máquina de limpeza com pressão a jato; • Sinal acústico automático para evitar o recozimento do ouro + liga e reduzir a emissão de fumos metálicos; • Colocação de tapetes para reter o pó de ouro. |
| Nível 1 - Substituição de materiais | <ul style="list-style-type: none"> • Substituição do ácido sulfúrico pelo ácido sulfônico; • Substituição da amônia por detergentes menos tóxicos; • Substituição de cianuretos pelo forno de tratamento térmico. |
| Nível 1 - Modificação na tecnologia | <ul style="list-style-type: none"> • Máquina de fundição moderna com menor poder de oxidação e que permite fazer cravação das gemas nos moldes em cera; • Forno de tratamento térmico para desoxidar o ouro; • Máquina de solda a laser; • Maçarico a hidrogênio; • Máquina de polimento mecânico. |
| Nível 3 - Reciclagem externa | Enviem-se ácidos, cianuretos e materiais recolhidos por sucção, varredura e decantação para empresas especializadas que recuperam as perdas de ouro. |

Fonte: Domingues e Paulino (2009)

Segundo Domingues e Paulino (2009), as melhorias de P+L implantadas nos processos produtivos dos pequenos negócios do polo joalheiro de São José do Rio Preto contribuíram para a obtenção de benefícios, que não foram quantificados, tais como:

- Benefícios ambientais: redução do consumo de energia elétrica e água; do consumo de insumos químicos; da emissão de fumos metálicos e dos provenientes da queima da cera; da geração de resíduos sólidos (gesso e cera);

- Benefícios de saúde e segurança ocupacional: diminuição do contato dos empregados com insumos químicos do processo de fabricação das jóias e vapor de gás (GLP); e
- Benefícios econômicos: redução de custos devido ao aumento da eficiência produtiva ou à redução de perdas e desperdícios no uso de insumos e matérias-primas.

Oliveira Neto, Vendrametto e Chaves (2011) indicam os benefícios econômicos e ambientais da P+L no tratamento de efluentes de uma planta galvânica de 120 funcionários. Trata-se de uma prestadora de serviços de acabamento de peças de latão e que se caracteriza pela preocupação dos proprietários com aspectos ambientais. As melhorias de P+L foram realizadas com investimentos suportados pela empresa, no entanto, apresentam vantagens ambientais e econômicas que os viabilizaram. As ações implementadas, investimento e benefícios estão no Quadro 16, cujas informações são adaptadas com a inclusão do nível de prioridade da estratégia de P+L com base no critério de priorização sugerido por UNIDO (2015b) e CNTL (2007) e resumidos na Figura 4.

QUADRO 16 – Melhorias de P+L em prestador de serviços galvânicos

| PRIORIDADE | MELHORIA |
|--|---|
| Nível 1 - Modificação na tecnologia | Logística reversa entre cliente e fornecedor, com investimento de US\$ 683,08/ ano em embalagem específica, reduziu em 1,2 toneladas/ ano o consumo de embalagem plástica e eliminou operação de embalar. Economia de US\$ 12.010,76/ ano. |
| Nível 1 - Modificação na tecnologia | Investimento de US\$ 142.307,60 em circuito fechado para reutilização de água gerou redução de consumo de água e energia elétrica. Economia de US\$ 41.287,49/ ano mais ganho de US\$ 28.461,51 com venda de lodo seco para indústria cerâmica. |

Fonte: Adaptado de Oliveira Neto, Vendrametto e Chaves (2011)

Oliveira e Alves (2007) relatam as possíveis oportunidades de melhoria P+L nos processos de usinagem. Segundo os autores podem-se avaliar modificações no produto e modificações no processo, especialmente as proposições de *housekeeping* que não requerem investimentos e contribuem para obter uma boa gestão ambiental com redução nos custos.

No setor de usinagem, Severo *et al.* (2011) descrevem a inovação em processos de retificação numa metalúrgica de médio porte. Utilizando-se da metodologia de Produção mais Limpa divulgada pelo CNTL (2007), a empresa analisou o processo de retificação e implantou inovações para reutilização do fluido refrigerante. No processo anterior o resíduo mensal era: 120 litros de óleo; 1.080 litros de água; e 1.950 kg de borra. Estes resíduos eram tratados e descartados no aterro sanitário, a um custo de US\$ 19.518,91 anuais. Após análises do grupo de melhorias da empresa, decidiu-se pela instalação de dispositivo nos containers de

sucata para separar a borra do fluido de refrigeração. Dessa forma reduziu-se em 61,5% o descarte do fluido refrigerante, que é reutilizado, economizando US\$ 13.258,51 anuais. Esta simples inovação no processo contribuiu para a redução à agressão ao meio ambiente e para a sustentabilidade econômica e ambiental da empresa.

Oliveira Neto *et al.* (2015) apresentaram um projeto de recuperação de água e óleo numa pequena empresa prestadora de serviços de usinagem. O projeto consiste na instalação de bandejas para recolhimento e recuperação de 84% do óleo de corte de máquinas de usinagem. Seria necessário investimento de US\$ 4.938,27, que teria um *payback* de 1,1 anos (com custo de capital de 15% ao ano) e fluxo de caixa líquido de 133%, com benefício em redução de custo anual de US\$ 9.333,33. Ambientalmente ter-se-ia a redução de perdas de 18 m³ de água e 900 litros de óleo por ano.

Na revisão da literatura sobre a P+L não se encontrou estudos com processos de corte, dobra e solda de chapas semelhantes aos utilizados na unidade de análise da presente pesquisa. No entanto, foram encontrados estudos da área de pesquisa operacional que apresentam técnicas de programação matemáticas ou heurísticas para minimizar os materiais residuais (sobras) do corte guilhotinado (YANASSE e MORABITO, 2006) e estudos que buscam o equilíbrio entre sobras de corte guilhotinado e corte para estoque em indústrias moveleiras de pequeno porte (ALEM e MORABITO, 2013; GRAMANI e FRANÇA, 2006; RANGEL e FIGUEIREDO, 2008). Esses estudos abordam os problemas na fonte de geração de resíduos e, portanto, podem contribuir na elaboração de oportunidades de melhoria de P+L em empresas metalúrgicas de pequeno porte que utilizam corte em guilhotina.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA SEÇÃO

As barreiras internas mais citadas nesta seção, informadas no Quadro 17 em ordem decrescente de número de citações, serão as consideradas nesta pesquisa.

Será dado maior enfoque para a falta de envolvimento dos trabalhadores no processo de decisão, o que corrobora com as considerações finais da seção anterior e pode contribuir para solucionar ou evitar algumas das barreiras mais citadas e anteriores a esta do Quadro 17.

QUADRO 17 – Barreiras internas à P+L nas PME mais citadas neste estudo

| BARREIRA INTERNA À P+L |
|--|
| Falta de consciência para os benefícios de P+L; Limitado conhecimento (<i>know-how</i>); Resistência à mudança; Prioridades concorrentes (lucros a curto prazo); A falta de envolvimento de trabalhadores na tomada de decisões de mudança de processos. Capacidade de gestão inadequada; |

Fonte: Elaboração própria

Também serão consideradas nessa pesquisa as barreiras da falta de recursos financeiros, falta de fontes de financiamento e do alto custo de capital que se destacam nas *surveys* e são citadas em muitas das pesquisas abordadas na subseção 4.2. Porém será considerado o ponto de vista de Luken e Rompaey (2008) de que esta barreira não deveria estar entre as principais, já que a maioria das melhorias de P+L é de custo muito baixo ou oferecem retorno financeiro. Este ponto de vista é reforçado pelos benefícios de P+L versus os investimentos necessários apresentados nos estudos de Giannetti *et al.* (2008), Oliveira Neto, Vendrametto e Chaves (2011), Severo *et al.* (2011) e Oliveira Neto *et al.* (2015) da subseção 4.3.

5 CARACTERÍSTICAS PARA UMA METODOLOGIA DE GESTÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NAS PEQUENAS EMPRESAS

Nas seções anteriores foram apresentadas as especificidades das pequenas empresas, o conceito de P+L, as metodologias de P+L, as barreiras e benefícios da P+L nas pequenas empresas. Com base nestas apresentações e discussões, esta seção tem o objetivo de listar as principais características para uma metodologia de Produção mais Limpa apropriada à sua gestão em pequenas empresas, que possa contribuir para superar as barreiras e explorar as facilidades proporcionadas pela flexibilidade nas mudanças de processos.

Três características básicas para uma metodologia apropriada se destacam:

- 1º A metodologia deve ser prática e simples como requerido pelas pequenas empresas (ATES *et al.*, 2013; COCCA e ALBERTI, 2010; LEONE, 1999; MORAES e ESCRIVÃO FILHO, 2006; TERENCE e ESCRIVÃO FILHO, 2007);
- 2º A metodologia deve proporcionar o processo de melhoria contínua (STONE, 2006a; 2006b) com resultados que ocorram em longo prazo (UNEP DTIE, 2004);
- 3º A metodologia deve considerar a aplicação contínua de estratégia ambiental preventiva, como declarado na definição de P+L, de forma a evitar a geração de resíduos.

Relacionado à terceira característica, a metodologia deve motivar a descoberta da origem da geração dos resíduos. É na origem dos resíduos (VAN BERKEL, 2011) que se devem aplicar medidas preventivas de P+L para se evitar a geração. Portanto, a metodologia deve ter a característica investigativa e de análise de fluxos de produção.

Uma característica genérica para a metodologia é o combate às barreiras internas à P+L nas pequenas empresas. Considerando as especificidades negativas junto com as barreiras internas, respectivamente resumidas no final das seções 2 e 4, destacam-se as barreiras relacionadas à escassez de recursos financeiros e ao envolvimento de pessoas nas decisões de mudanças de processos para se definir as características abaixo:

- A metodologia deve priorizar as melhorias que utilizem poucos recursos financeiros.
- A metodologia deve envolver as pessoas do nível operacional no processo de decisão de mudanças de processos.

Na subseção 3.4 (Metodologias de aplicação da Produção mais Limpa) verificou-se na metodologia da UNEP DTIE (2004) que no passo ‘Gerar oportunidades de melhorias’ pode-se utilizar o *brainstorming*, no passo ‘Obter diagnóstico de causas’ o Diagrama de Ishikawa e em ambas as ferramentas com envolvimento do nível operacional. É possível também envolver o nível operacional na aprovação técnica de mudanças em produtos e

processos. As especificidades positivas, como a flexibilidade nas mudanças; comunicação direta e informal; e estrutura simples e sem burocracia podem contribuir para o envolvimento das pessoas no processo de decisão. As especificidades positivas também podem combater as limitações apontadas por Stone (2006a, 2006b) dos programas de Produção mais Limpa em atuar como agentes de mudanças organizacionais em alcançar comprometimento, melhoria contínua, liderança, suporte, comunicação e envolvimento das pessoas.

As metodologias de P+L se baseiam essencialmente no ciclo PDCA (SILVA *et al.*, 2013; STONE, 2006a). Portanto, devem-se considerar as seguintes características:

- A metodologia deve proporcionar a ocorrência do processo de melhoria contínua.
- A metodologia deve conter passos orientados para as fases do ciclo PDCA.

Com relação à ocorrência do processo de melhoria contínua, Khalili *et al.* (2015) aponta que a falta de sistema de monitoramento e manutenção da P+L é uma das barreiras internas nas pequenas empresas.

Quanto às etapas, baseado na metodologia da UNEP DTIE (2004) e nas características previamente apresentadas, uma estrutura prévia para a proposta de metodologia de gestão de P+L em pequenas empresas é indicada no Quadro 18.

QUADRO 18 – Estrutura prévia da metodologia de gestão de P+L em pequenas empresas

| Fase do PDCA | Etapa da estrutura prévia da Metodologia | Descrição |
|--------------|--|--|
| Planejar | - Planejar | Definir qual fluxo de produção deve ser analisado, o objetivo da análise, quem, quando e como será realizada a análise. |
| Fazer | - Analisar os fluxos - Gerar ideias preventivas | Analisar fluxos produção; Propor ideias e melhorias de P+L que previnam a geração de resíduos. |
| Checar | - Monitorar - Aprovação técnica - Aprovação ambiental - Aprovação econômica | Monitorar e manter o processo de melhoria contínua por meio de indicadores; Obter aprovação técnica com envolvimento do pessoal operacional; Verificar a viabilidade da ideia em termos ambiental e econômico. |
| Agir | - Implantar a mudança - Melhorar continuamente | Implantar as ideias aprovadas; Promover a melhoria contínua no processo de implantação de oportunidades de P+L. |

Fonte: Elaboração própria

6 TRABALHO DE CAMPO

Esta seção objetiva apresentar aspectos metodológicos como tipo de abordagem, classificação quanto à finalidade, método de pesquisa, método de coleta e análise de dados. Objetiva também a apresentação da unidade de análise desta pesquisa.

Gil (2002) afirma que a atividade de pesquisar é um procedimento racional e sistemático que tem com objetivo proporcionar respostas aos problemas propostos. O autor descreve como se classificar as pesquisas quanto aos objetivos e meios técnicos e acrescenta que tais classificações contribuem para um bom delineamento e execução do estudo.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA METODOLOGIA DA PESQUISA

Quanto à abordagem, a literatura científica classifica as pesquisas em quantitativas ou qualitativas. Pesquisas quantitativas buscam identificar relações entre variáveis, estabelecer hipóteses a serem testadas, utilizam critérios probabilísticos para definição de amostras e instrumentos estruturados para coleta de dados. O objetivo é medir e quantificar os resultados. Técnicas estatísticas são usadas para análise de dados, permitindo inferências e generalização. Pesquisas qualitativas contemplam a visão de mundo dos sujeitos, partindo de focos de interesses amplos, que vão se definindo enquanto o estudo se desenvolve. As amostras são definidas de forma intencional e selecionadas por tipicidade ou acessibilidade. Os dados são obtidos por técnicas pouco estruturadas e analisadas de forma interpretativa. Estas pesquisas não buscam a generalização dos resultados e sim a compreensão do assunto analisado (GODOY, 1995; MARCONI e LAKATOS, 2005; VERGARA e CALDAS, 2005).

Na presente pesquisa ocorre a abordagem qualitativa ao se considerar o contexto e a interpretação do pesquisador sobre os fatores que influenciam o uso de metodologias na gestão de P+L em pequenas empresas. No entanto, ocorre também o emprego de dados quantitativos ao se apresentar benefícios da P+L bem como da abordagem quantitativa ao se relacionar as variáveis nível de priorização da P+L e velocidade de evolução de melhorias.

Quanto à finalidade, Vergara (2006) propõe a classificação de uma pesquisa em exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista. De acordo com Vergara (2006), na pesquisa descritiva apresentam-se as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis, na pesquisa metodológica apresentam-se instrumentos ou propostas para manipulação da realidade e está associada a procedimentos para se atingir um objetivo. Já na pesquisa intervencionista busca-

se interferir na realidade estudada para modificá-la e não se satisfaz em apenas explicar. Portanto, esta pesquisa é descritiva porque descreve uma metodologia, é também metodológica, já que se aplica a proposta de metodologia de gestão de P+L em pequenas empresas com objetivo de se reduzir resíduos. A pesquisa também é intervencionista, pois ocorrem mudanças em procedimentos e se resolvem problemas pela ação do autor desta pesquisa junto com integrantes da unidade de pesquisa.

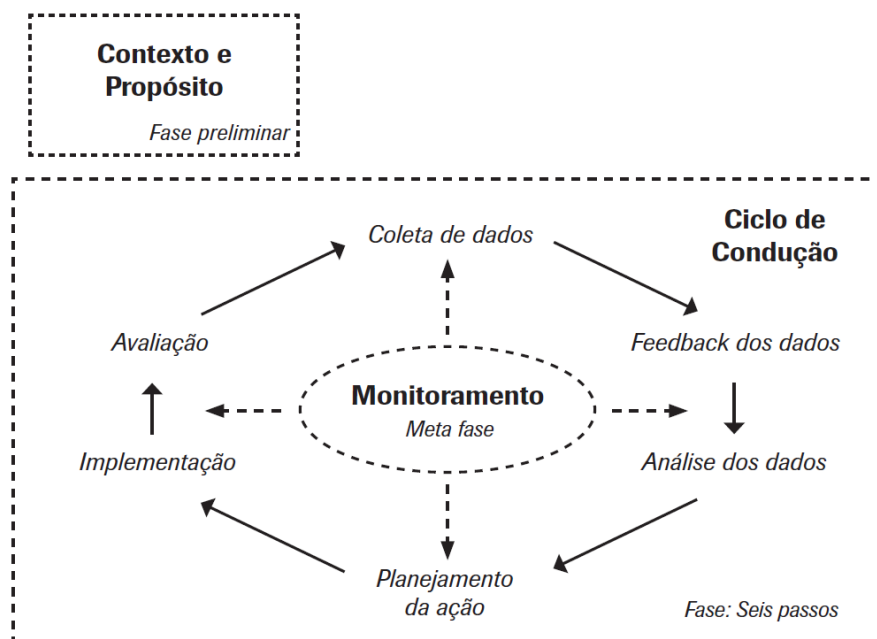
Quanto aos meios técnicos, de acordo com Gil (2002), os estudos podem ser classificados em pesquisa: bibliográfica de campo, documental, experimental, *ex-post facto*, estudo de coorte, levantamento, estudo de campo, estudo de caso, pesquisa-ação ou pesquisa participante. Esta pesquisa se caracteriza pelo emprego do método da pesquisa-ação. A próxima subseção é dedicada à caracterização deste procedimento metodológico.

6.2 MÉTODO DA PESQUISA

Thiollent (2011) relata que a pesquisa-ação envolve pesquisadores e representantes da empresa num processo cooperativo e participativo caracterizado pela vontade democrática comum e uma cultura de divisão da informação e conhecimento.

Miguel (2011) relata que a pesquisa-ação deve ser planejada observando uma sequência de eventos. Nesse sentido, o método compreende três fases: preliminar, ciclo de condução e meta fase (Figura 8). O ciclo de condução compreende seis passos principais, enquanto a meta fase está presente em cada um desses seis passos.

FIGURA 8 - Ciclo da pesquisa-ação



Fonte: Miguel (2011)

Na fase preliminar se compreende o contexto em que a pesquisa será realizada (unidade de análise) e também o propósito da realização do trabalho. Isto significa identificar as justificativas do projeto pelo lado da empresa e as justificativas para a realização da pesquisa, quais os problemas a serem estudados e a contribuição da pesquisa.

Na segunda fase ocorre o ciclo de condução em seis passos (Quadro 19).

QUADRO 19 – Seis passos do ciclo de condução da pesquisa-ação

| Passo | Descrição | Meios |
|------------------------------|--|---|
| Coleta de dados | Dados são gerados por meio do ativo envolvimento com os processos da organização. | Dados qualitativos: observação direta, discussões e entrevistas. Dados quantitativos: relatórios e registros operacionais. |
| Feedback dos dados | Dados são retornados para a organização visando disponibilizá-los para análise. | Relatórios elaborados pelo pesquisador; reuniões de <i>feedback</i> . |
| Análise dos dados | Análise conjunta realizada pelo pesquisador e membros envolvidos (por exemplo, membros da equipe de trabalho). | Ferramentas e critérios de análise que necessitam estar relacionados aos propósitos da pesquisa e da intervenção. |
| Planejamento da ação | Atividade conjunta que estabelece o que vai ser feito e em que prazo. | Responder questões do tipo: o que necessita ser alterado e em que parte da organização? Qual o apoio necessário? Como é obtido o comprometimento? Como superar as resistências? |
| Implementação da ação | A ação estabelecida é então implementada visando promover as mudanças planejadas. | Ferramentas estabelecidas para executar a implantação em colaboração com os envolvidos. |
| Avaliação | Reflexão dos resultados esperados ou não decorrentes da implementação da ação. | Revisão do processo para avaliar resultados, incluindo melhorias para o ciclo seguinte. |

Fonte: Miguel (2011)

Na meta fase se realiza o monitoramento de cada um dos seis passos da fase cíclica. Cada ciclo de pesquisa-ação direciona para um novo ciclo proporcionando o aprendizado contínuo. Alguns ciclos se referem a eventos específicos de tempo curto, outros podem ser simultâneos num ciclo de tempo longo. O objetivo é identificar o aprendizado e gerar conhecimento na por meio da reflexão durante a condução da pesquisa pela ótica dos pesquisadores, já na ótica das empresas o interesse está nos resultados práticos do trabalho. Uma pesquisa pode ser considerada um ciclo abrangente, que engloba ciclos menores e específicos para determinadas partes do trabalho (COUGHLAN e COGHLAN, 2002).

Na pesquisa-ação ocorre simultaneamente produção e uso de conhecimento (THIOLLENT, 1997).

Neste contexto o presente trabalho se caracteriza como pesquisa-ação, já que ocorre a participação do pesquisador no ambiente empresarial na aplicação e monitoramento da P+L com objetivo de identificar e implementar melhorias e principalmente de utilizar o conhecimento para formular uma metodologia para gestão de P+L em pequenas empresas. Esta pesquisa também se caracteriza como um estudo longitudinal já que compreende um período de cinco anos.

6.3 MÉTODO DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A coleta de dados foi realizada pela técnica do observador participante.

A coleta de dados ocorreu principalmente em seções de *brainstorming* para definição da causa raiz da geração de resíduos e para geração de oportunidades de melhorias de P+L. Foi utilizado o método dos “5 Porquês” para coletar dados da possível causa raiz da geração de resíduos.

Observador participante é uma técnica de coleta de dados apropriada em pesquisas qualitativas e é recomendada para o método da pesquisa-ação quando o pesquisador participa do dia a dia de uma organização, coleta e analisa dados sobre uma mudança em andamento (FLYNN et al., 1990).

O método dos “5 Porquês” é uma técnica científica que consiste em fazer perguntas iniciando pela palavra “porque” e sempre usando a resposta anterior para formular a próxima pergunta até se identificar a causa raiz do problema. Deve-se analisar a possível causa de maneira crítica, considerando-se a sua real participação no problema em análise, pois geralmente a causa raiz está escondida atrás de sintomas mais óbvios (OHNO, 1997).

Brainstorming é uma técnica comumente usada para a geração de ideias. Dado um determinado problema, uma equipe deve apresentar formas e meios de solução. Numa sessão típica de *brainstorming*: uma pessoa propõe uma ideia, que pode ser apoiada e/ ou completada por algumas pessoas ou transformada numa nova ideia por pessoas que se opõem ou apoiam outras ideias, proporcionando à geração de oportunidades de P+L. A pergunta primordial da sessão é "como é que se resolve tal problema de forma eficaz?" (UNEP DTIE, 2004). Neste sentido, a técnica dos “5 Porquês” fornece um quadro de partida para o exercício de reflexão.

Os dados coletados foram as estratégias de P+L para redução de resíduos, os benefícios quantitativos (ambiental e econômico) e as observações durante a pesquisa. Os benefícios quantitativos foram calculados como consequência da diferença de consumo de matéria prima antes e após a implantação da estratégia de P+L.

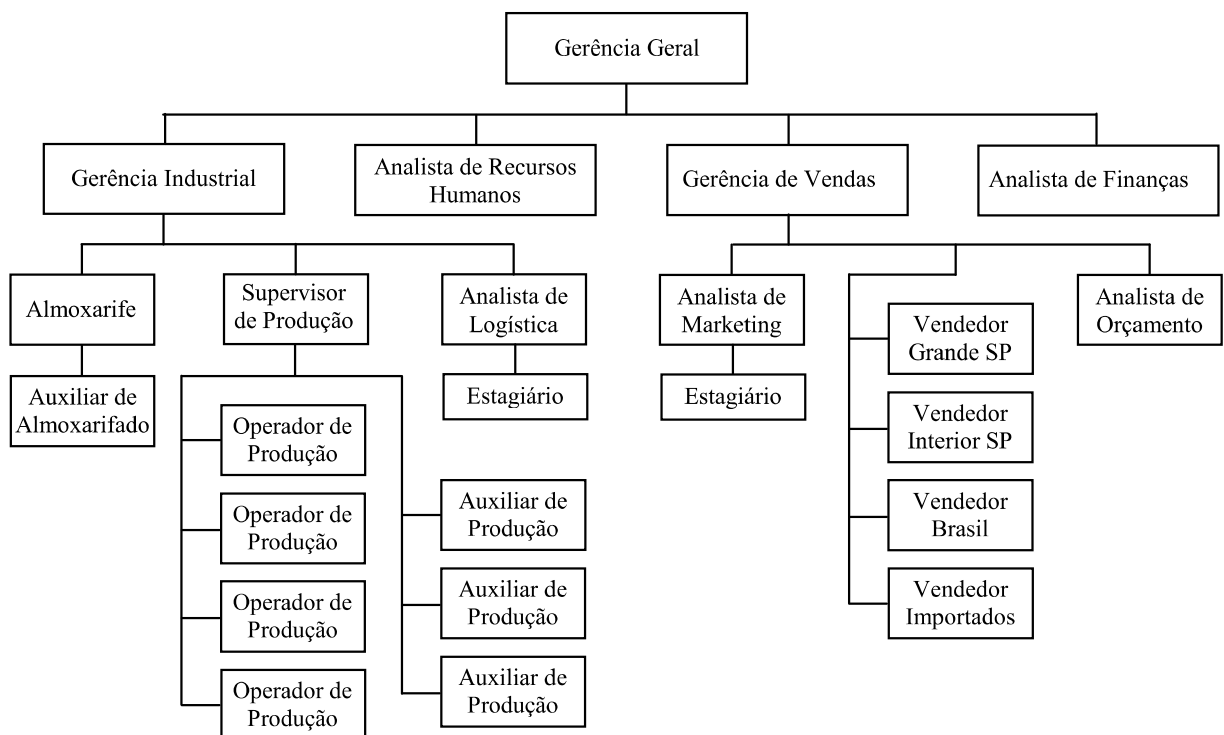
As estratégias de P+L foram classificadas em níveis de prioridade da P+L, de acordo com o critério da Figura 4, em Nível 1 (redução na fonte), Nível 2 (reciclagem interna) e Nível 3 (reciclagem externa) para permitir análises comparativas entre a eficácia da ação em termos de tempo e de resultados quantitativos. Para se verificar a eficácia em termos de melhoria contínua foi utilizado o indicador porcentagem de sucata.

Os dados coletados foram analisados de forma comparativa entre eles e de forma interpretativa e reflexiva pelo autor desta pesquisa de modo a se iniciar novos ciclos de pesquisa-ação e de se construir o conhecimento relacionado a uma metodologia de gestão de P+L em pequenas empresas.

6.4 A EMPRESA - UNIDADE DE PESQUISA

A pesquisa se desenvolveu pelo período de cinco anos numa empresa do setor metal-mecânico, que possui uma instalação no interior de São Paulo com 2.080 m² área construída e conta com equipe de 25 funcionários num organograma conforme Figura 9, onde o autor da pesquisa ocupa a posição de Gerente Industrial. Trata-se de uma empresa multinacional de matriz alemã com estrutura organizacional e características de uma pequena empresa.

FIGURA 9 – Organograma da unidade de pesquisa



Fonte: Elaboração própria

Os produtos desta empresa se resumem a eletrocalhas, leitos e acessórios para instalação de infra-estrutura de instalações elétricas de prédios, de galpões industriais, de linhas de montagem de produtos como automóveis e usinas sucroalcooleiras. No Brasil este mercado é composto em sua maior parte por empresas de pequeno e médio porte e se caracteriza pela intensa concorrência principalmente nos objetivos de desempenho custo e prazo de entrega.

A matéria prima (MP) empregada na fabricação destes produtos é composta de:

- Chapas de aço de espessuras 0,5 a 2,0 mm;
- Chapas de aço perfuradas de espessuras 0,5 a 2,0 mm;
- Longarinas de aço na espessura 1,6 a 2,0 mm de seção 'U';
- Perfilados de aço na espessura 1,2 a 2,0 mm de seção 'U'.

No caso das chapas perfuradas compra-se serviço de perfuração e para as longarinas e perfilados compra-se serviço de perfilação.

Transforma-se uma média de 38 toneladas mensais de MP por meio dos seguintes processos de fabricação: corte em guilhotina, estampagem em prensas excêntricas, dobramento em prensa dobradeira e soldagem. O acabamento da maior parte dos produtos é a galvanização a fogo⁶, o que é realizado na planta de empresas especializadas neste processo.

A MP é padronizada, os processos são relativamente simples e conhecidos, no entanto, tem-se aproximadamente 15.500 itens cadastrados. Esta grande variedade de produtos é possível com os tipos e espessuras de chapa conjugadas com as alternativas de alturas e larguras dos produtos. Esta característica em conjunto com o fato da administração da empresa ter sido realizada, nos primeiros anos de existência, por pessoas com foco na área de vendas conduziu a empresa a elaborar e executar procedimentos de execução e de planejamento fracos na área logística e produtiva.

Os resíduos de MP nos processos produtivos representavam aproximadamente 14% em massa da MP comprada nos meses anteriores ao início da pesquisa. Na empresa matriz os resíduos de MP eram de 3,2%. Esta grande diferença motivou a análise dos porquês da geração dos resíduos e da aplicação dos conceitos de gestão ambiental baseada na Produção mais Limpa.

⁶ Galvanização a fogo é um processo químico que reveste o aço com zinco, que impede o contato do aço com o meio corrosivo. O zinco é mais anódico que o ferro na série galvânica e corrói antes originando a proteção catódica. Informação disponível em: <<http://www.ztecmetais.com.br/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2015.

7 RESULTADOS E ANÁLISES

Esta seção é composta nove subseções. Em cada uma das oito primeiras subseções é apresentado um ciclo de pesquisa-ação, os dados coletados no ciclo, análise destes dados e as conclusões. Na última subseção são apresentadas análises comparativas que reforçam as conclusões, que fazem parte da base para a proposição da metodologia de gestão da Produção mais Limpa em pequenas empresas.

Esta pesquisa corresponde ao ciclo de pesquisa-ação abrangente (COUGHLAN e COUGHLAN, 2002) dos oito ciclos menores de pesquisa-ação⁷ indicados no Quadro 20.

QUADRO 20 – Ciclos de pesquisa-ação com abordagem da Produção mais Limpa

| CICLO | DESCRIÇÃO |
|-------|------------------------------------|
| 1º | Efetuar <i>housekeeping</i> |
| 2º | Vender sobras |
| 3º | Produzir itens pequenos |
| 4º | Modificar o projeto do produto |
| 5º | Modificar os métodos de produção |
| 6º | Planejar o corte de chapas |
| 7º | Especificar a perfuração de chapas |
| 8º | Desenvolver um novo produto |

Fonte: Elaboração própria

Nestes ciclos foram seguidos os passos de condução apresentados no Quadro 19. Na coleta de dados empregou-se a técnica do observador participante e dos “5 Porques”; o *feedback* e análise dos dados ocorreram em seções de *brainstorming* de geração de oportunidades de melhorias de P+L; e a aprovação e implementação de novos métodos de produção foram realizados pela equipe da unidade de pesquisa sem planejamento detalhado.

7.1 PRIMEIRO CICLO: EFETUAR HOUSEKEEPING

A situação anterior a este ciclo era caracterizada por procedimentos e ações que dificultavam a utilização de resíduos de MP do corte guilhotinado. Isto direcionava a utilização de novas chapas para atendimento de pedidos e à venda de resíduos de MP que poderiam ser reaproveitados.

⁷ O ciclo menor de pesquisa-ação com abordagem P+L é referenciado no texto somente pela palavra ciclo.

Com objetivo de melhorar o aproveitamento de resíduos de MP, foram realizadas três seções de *brainstorming* com os seguintes participantes: analista de logística, supervisor de produção, almoxarife, quatro operadores de produção, tres auxiliares de produção e gerente industrial. Na sequência são apresentados os dados obtidos nestas três seções:

1ª seção de *brainstorming*

Aplicou-se a técnica dos “5 Porquês” com a seguinte pergunta: Porque não são utilizados os resíduos de MP em novos pedidos? O Quadro 21 mostra os dados obtidos.

QUADRO 21 – Conjuntos de perguntas e respostas “5 Porquês” – 1º ciclo

| # CONJUNTO | PERGUNTAS E RESPOTAS |
|--|--|
| 1º conjunto: (P1- pergunta 1; R1 – resposta 1) | P1: Porque não são utilizados os resíduos de MP em novos pedidos? R1: Resíduos em tiras de 3 metros estão misturados; P2: Porque os resíduos em tiras de 3 metros estão misturados? R2: Colocam-se os resíduos juntos sem critérios de segregação; P3: Porque os resíduos são colocados juntos sem critérios de segregação? R3: Não há um local adequado para guardar os resíduos. P4: Porque não há um local adequado para guardar os resíduos? R4: Ideias foram sugeridas, mas não foram implantadas. |
| 2º conjunto: | P1: Porque não são utilizados os resíduos de MP em novos pedidos? R1: Resíduos aproveitáveis estão na parte baixa do lote e sem acesso para empilhadeira; P2: Porque resíduos aproveitáveis estão na parte baixa do lote e sem acesso para empilhadeira? R2: Resíduos estão misturados; (demais perguntas e respostas idem 1º conjunto) |
| 3º conjunto: | P1: Porque não são utilizados os resíduos de MP em novos pedidos? R1: É difícil pegar resíduos em tiras de 3 metros e é fácil pegar chapa; P2: Porque é difícil pegar resíduos em tiras de 3 metros? R2: Resíduos estão misturados; (demais perguntas e respostas idem 1º conjunto) |
| 4º conjunto: | P1: Porque não são utilizados os resíduos de MP em novos pedidos? R1: Perde-se muito tempo para separar resíduos em tiras de 3 metros; P2: Porque se perde muito tempo para separar resíduo em tiras de 3 metros? R2: Resíduos estão misturados; (demais perguntas e respostas idem 1º conjunto) |
| 5º conjunto: | P1: Porque não são utilizados os resíduos de MP em novos pedidos? R1: Há resíduos guardados que não são aproveitáveis; P2: Porque são guardados resíduos não são aproveitáveis? R2: Não há critérios para segregar resíduos aproveitáveis e não aproveitáveis? P3: Porque não há critérios para segregar resíduos aproveitáveis e não aproveitáveis? R3: Ideias foram sugeridas, mas não foram implantadas. |

Fonte: Elaboração própria

Houve mais de uma resposta à primeira pergunta. Cada conjunto de perguntas e respostas apontou para causas raízes da não utilização dos resíduos de MP em novos pedidos. As informações desta 1ª seção são os dados de entrada para a 2ª seção de *brainstorming*.

2ª seção de *brainstorming*

Esta seção objetivou obter idéias de melhorias. Com base nos conjuntos de perguntas e respostas do Quadro 21 formulou-se a pergunta: como facilitar a separação dos resíduos de MP para produção de novos pedidos? Foram obtidas as seguintes ideias:

- 1ª Alocar duas pessoas para separar resíduos de MP para a produção de um novo pedido;
- 2ª Fazer prateleira para segregar resíduos de MP em tiras de 3 metros por espessura;
- 3ª Aumentar o efetivo e o espaço físico para melhor organizar o ambiente de trabalho;
- 4ª Definir critério e segregar resíduo de MP aproveitável e não aproveitável após o corte;
- 5ª Usar produto importado sem giro de estoque a mais de 2 anos como MP;
- 6ª Não guardar resíduos de corte de perfilado (vender para reciclagem);
- 7ª Alterar especificação da MP utilizada na família de duto metálico;

As ideias que tiveram maior suporte durante a seção foram a 2ª (prateleira), 4ª (segregar resíduo), 5ª (usar produto importado como MP) e 7ª (especificação de MP do duto). Na sequência são apresentadas as implantações que resultaram desta seção.

Foi fabricada pelos próprios funcionários uma prateleira para segregar por espessura os resíduos de MP em tiras de 3 metros aproveitáveis do corte guilhotinado. Os funcionários também fabricaram e instalaram perto da guilhotina um recipiente para segregar os resíduos de MP não aproveitáveis (sucata). Foi também definido o critério de segregação: tira com largura inferior a 77 mm é sucata.

A implantação da ideia de se utilizar eletrocalhas importadas sem giro como MP aumentou a disponibilidade de espaço no almoxarifado. A Figura 10 mostra um lote destas peças que foram desdobradas e aproveitadas como MP na produção de outros itens.

FIGURA 10 – Eletrocalhas desdobradas



Fonte: Elaboração própria

Outra ideia implantada foi a 7ª (especificação de MP do duto). Duto é um conjunto formado por um canal e uma tampa que se encaixa com pressão ao longo do comprimento do canal. Foi alterada da especificação de MP como sugerido e na Tabela 2 comparam-se as medidas da chapa de aço utilizada antes e após a mudança.

TABELA 2 – Especificação de chapa para duto metálico

| CARACTERÍSTICA DA CHAPA | ANTES DA MUDANÇA | APÓS A MUDANÇA |
|-------------------------|------------------|----------------|
| Espessura (mm) | 0,8 | 0,5 |
| Largura (mm) | 1200 | 1200 |
| Comprimento (mm) | 3000 | 2000 |
| Massa (kg) | 23,0 | 9,6 |

Fonte: Elaboração própria

O duto tem comprimento de 2 metros e antes da alteração na especificação utilizava-se chapa com 3 metros de comprimento, do grupo de MP das eletrocalhas. Este procedimento gerava resíduo de 33% da área da chapa de MP que não tinha aplicação interna. Pela Tabela 2 pode-se verificar redução de 13,44 kg por chapa utilizada. Em média, requisitaram-se por ano 372 chapas no custo de US\$ 1,68/ kg (preço de US\$ 2,05/kg menos de 18 % devido à recuperação do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS)). Portanto, evita-se o desperdício de 4.998 kg por ano de chapa de aço e tem-se uma economia de US\$ 8.392,92 por ano.

No caso da 6ª ideia, relacionada aos resíduos de perfilados, foi implantada proporcionando melhor organização, no entanto, com aumento de custo de MP visto que estes resíduos eram aproveitáveis. Além da implantação da sugestão foi realizada a 3ª seção de *brainstorming* deste ciclo com um novo objetivo como descrito abaixo.

3ª seção de *brainstorming*

Foi empregada a técnica dos “5 Porquês” com objetivo de descobrir a causa raiz deste resíduo de MP e se obter idéias para eliminá-la. Abaixo se tem os dados coletados:

Pergunta 1: por que ocorrem resíduos de MP no corte do perfilado?

Resposta 1: o comprimento do perfilado (de 6000 mm) não é múltiplo dos comprimentos das peças cortadas.

Pergunta 2: por que o comprimento do perfilado é 6000 mm?

Resposta 2: sempre foi comprado perfilado neste comprimento.

Pergunta 3: por que sempre foi comprado perfilado no comprimento de 6000 mm?

Resposta 3: Não se sabe a razão. É necessário consultar o fornecedor.

O fornecedor de serviços informou a possibilidade de alterar o comprimento da barra de perfilado. A Tabela 3 compara o resultado do corte de perfilados de comprimento 6000 mm (antes da mudança) com perfilados de comprimento 6100 mm (após a mudança). Para cada corte há um resíduo inevitável de 5 mm de comprimento devido ao processo de corte.

TABELA 3 – Resultado do corte de barra de perfilado

| Comprimento da peça (mm) | ANTES DA MUDANÇA – 6000 mm | | | | APÓS A MUDANÇA – 6100 mm | | | |
|--------------------------|----------------------------|------------|--------------|-------------|--------------------------|------------|--------------|-------------|
| | Nº de peças | Reuso (mm) | Resíduo (mm) | Resíduo (%) | Nº de peças | Reuso (mm) | Resíduo (mm) | Resíduo (%) |
| 100 | 57 | 0 | 315 | 5,3% | 58 | 0 | 310 | 5,1% |
| 200 | 29 | 0 | 255 | 4,3% | 29 | 100 | 255 | 4,2% |
| 300 | 19 | 200 | 105 | 1,8% | 20 | 0 | 100 | 1,6% |
| 400 | 14 | 300 | 130 | 2,2% | 15 | 0 | 125 | 2,1% |
| 500 | 11 | 400 | 145 | 2,4% | 12 | 0 | 140 | 2,3% |
| 600 | 9 | 500 | 155 | 2,6% | 10 | 0 | 150 | 2,5% |
| 1000 | 5 | 900 | 175 | 2,9% | 6 | 0 | 170 | 2,8% |

Fonte: Elaboração própria

O novo comprimento reduziu em 0,12% a geração de resíduos, que equivale a 35 kg de aço de economia ao ano. Esta modificação não trouxe vantagens econômicas e ambientais significativas, mas reduziu a geração de resíduos de MP aproveitáveis e a necessidade de seu armazenamento, melhorando assim o ambiente de trabalho.

O ciclo efetuar *housekeeping* resultou em aumento de disponibilidade de espaço, organização de operações de armazenamento de resíduos de MP, facilidade de recuperação de resíduos de MP e redução de custo do produto com melhor aproveitamento de resíduos de corte guilhotinado.

Analisando-se os dados coletados neste ciclo concluíram-se os pontos abaixo:

- 1º Pelas respostas do 1º e 5º conjunto de “5 Porquês” do Quadro 21, verifica-se a ocorrência da especificidade de gestão da PME de centralização de decisões. Pessoas do nível operacional não participavam de decisões e não tinham retorno de suas idéias;

- 2° As pessoas do nível operacional se envolveram na geração de oportunidades de P+L e depois na implantação de melhorias. Isto indica a possibilidade de implementação de um processo de melhoria contínua e padronização de execução de processos;
- 3° Pessoas do nível operacional podem participar de decisões na sua área de atuação se alguma técnica for empregada para esta finalidade;
- 4° Este ciclo, classificado como de prioridade Nível 1 (redução na fonte), mostrou que a definição de critérios e procedimentos de armazenamento e simples alterações na especificação de MP podem facilitar a execução de processos e reduzem desperdícios;
- 5° Na revisão de especificação do comprimento do perfilado verifica-se que é preferível eliminar o resíduo na fonte de geração (Nível 1) ao invés de manter o procedimento para a reutilização (Nível 2).
- 6° Neste ciclo não ocorreu Planejamento e Análise de fluxos. Ocorreu a Geração de oportunidades e Implantação de melhorias. A análise do corte guilhotinado foi voltada principalmente as conseqüências (os resíduos) e não causa da geração dos resíduos;

7.2 SEGUNDO CICLO: VENDER SOBRAS

Este ciclo teve origem na preocupação de se gerar oportunidades de melhorias P+L e descobrir aplicações e formas de consumir os resíduos gerados no corte guilhotinado e vendidos como sucata. Conduziu-se uma única seção de *brainstorming* com os seguintes participantes: analista de logística, supervisor de produção, almoxarife, quatro operadores de produção, tres auxiliares de produção e gerente industrial. A pergunta primordial foi: o quê fazer com os resíduos de corte guilhotinado além da venda como sucata? As seguintes ideias foram apresentadas:

- 1° Vender para outras empresas metalúrgicas;
- 2° Fabricar itens pequenos usados na instalação de infraestrutura elétrica;
- 3° Enviar para terceiro fabricar itens usados na instalação de infraestrutura elétrica.

A primeira ideia teve maior suporte dos participantes seguido pela segunda. Daí definiu-se o objetivo deste ciclo de transformar parte do material vendido como sucata em resíduos aproveitáveis para outras empresas metalúrgicas. Dessa forma pode-se obter um valor monetário superior na venda de resíduos não aproveitáveis.

Vendia-se o resíduo de MP por US\$ 0,19/ kg para empresas de reciclagem. No caso de empresas metalúrgicas, definiu-se o preço de venda a US\$ 0,53/kg, posto num raio de 15 km de distância. As empresas alvo eram fabricantes de peças pequenas ou peças estreitas,

metalúrgicas próximas da unidade de pesquisa, concorrentes e fornecedores de peças e serviços de fabricação. Nos primeiros seis meses deste ciclo, o material foi ofertado por telefone e por e-mail para: quatro empresas fabricantes de arruela; um fabricante de cinta metálica para poste de iluminação pública; um fabricante de abraçadeira de mangueira plástica, cinco fabricantes de peças pequenas e eletroferragens; algumas empresas metalúrgicas vizinhas; e parceiros fornecedores de serviços de fabricação de peças.

Não ocorreu nenhum caso de venda deste tipo de material. Foram verificadas, junto aos potenciais compradores, as razões para não se comprar este tipo de material:

- 1º A maioria das empresas não utiliza o material com as características apresentadas;
- 2º Algumas empresas consomem o material em pequena quantidade e o custo de transporte inviabiliza a operação;
- 3º Fabricantes de arruelas e abraçadeiras utilizam rolos de aço em processo automático;
- 4º O fabricante de cinta tem preferência por comprar resíduos de um distribuidor de chapas de aço.

Ao se ofertar este material para um fornecedor de serviços, recebemos uma proposta semelhante para comprarmos os resíduos de seu corte guilhotinado. Verificou-se que a proposta era viável economicamente e passou-se a comprar resíduos de MP selecionadas pelo custo de US\$0,59/kg (preço de US\$0,72/kg menos 18 % de ICMS). Este material é utilizado na fabricação de acessórios de eletrocalhas e outros produtos e evita a utilização de chapas ao custo de US\$1,24/kg (preço de US\$1,52/kg menos 18 % de ICMS). Em 2014 comprou-se 6.645,7 kg deste resíduo de MP, o que representa uma redução de custo de US\$4.319,70 no período.

Este ciclo possibilitou a redução de custo de MP por meio da reciclagem externa com a compra de resíduos de outra metalúrgica, porém não atingiu o objetivo de se encontrar formas de se consumir o resíduo gerado internamente no corte guilhotinado.

Analisando-se os dados coletados, foram concluídos os pontos que seguem:

- 1º Este ciclo, qualificado como de prioridade Nível 3 (reciclagem externa), não evoluiu e as dificuldades da evolução se acentuaram à medida que se diminuía a motivação para se vender o resíduo.
- 2º Neste ciclo não foram analisados fluxos de produção para se definir a fonte de origem dos resíduos. Ao invés disso, partiu-se da consequência dos processos produtivos (resíduos) para se elaborar a pergunta inicial da seção de *brainstorming*.

7.3 TERCEIRO CICLO: PRODUZIR ITENS PEQUENOS

Este ciclo tem origem na segunda ideia da seção de *brainstorming* do 2º ciclo, que é fabricar itens pequenos usados na instalação de infraestrutura elétrica. Estes itens podem ser fabricados com resíduos do corte guilhotinado.

O objetivo final deste ciclo era aumentar o consumo de resíduos de MP por meio da redução de custo de fabricação e no preço de venda para aumentar o volume de vendas. Foram realizadas duas seções de *brainstorming* com os participantes: estagiário de projetos, analista de logística, supervisor de produção, almoxarife, quatro operadores de produção, três auxiliares de produção e gerente industrial. Os dados obtidos são apresentados na sequência.

1ª seção de *brainstorming*

A pergunta para esta seção foi: o que precisamos para produzir os itens pequenos internamente? A ideia suportada pelos integrantes foi de que seriam necessários dois conjuntos de ferramentas, uma prensa hidráulica nova e contratação de um operador.

Elaborou-se um projeto para produção interna que envolvia investimento em:

- Aquisição de prensa hidráulica - valor de US\$38.297,87;
- Compra de dois conjuntos de ferramentas - valor de US\$5.585,11;
- Contratação de um operador de produção – valor de US\$13.691,49 ao ano.

Com base em três anos anteriores, vendeu-se em média 9.274 peças de itens pequenos. No cenário mais otimista do projeto se venderia 60.000 peças no primeiro ano e 124.000 no quinto ano. Mesmo neste cenário otimista o projeto era inviável. A análise econômica apresentou Valor Presente Líquido (VPL) negativo de US\$ 9.709,57 e um *Payback* de 4,5 anos. Para cálculo do VPL utilizou-se a Taxa Mínima de Atratividade de 14,24% ao ano. Foi verificado que o fator principal para os indicadores econômicos ruins era o baixo preço de venda praticado pelo mercado. Esta inviabilidade direcionou investigação de novas soluções e a realização de reunião de obtenção de ideias como informado na sequência.

2ª seção de *brainstorming*

A pergunta definida para esta seção foi: o que podemos fazer para aproveitar resíduos do corte guilhotinado internamente sem investir? A ideia suportada por esta seção foi de produzir a maior parte do volume de itens pequenos com adaptações em ferramentas utilizando as máquinas existentes. A viabilidade técnica foi confirmada em testes e como não havia investimentos, esta ideia foi validada.

No entanto, a produção de itens pequenos começou efetivamente dois anos após o início deste ciclo em razão das vendas não aumentarem mesmo após a redução de custos.

Este ciclo reduziu os custos de fabricação e melhorou o controle no estoque de itens pequenos.

A análise dos dados coletados possibilitou a conclusão dos pontos abaixo:

- 1° Este ciclo é classificado como de prioridade Nível 2 (reciclagem interna) e evoluiu lentamente. A dificuldade da evolução foi o baixo preço praticado pelo mercado;
- 2° Neste ciclo não foram analisados fluxos de produção para se buscar a fonte de origem dos resíduos. Assim como no 1° ciclo se atacou a consequência (os resíduos) e não causa da geração dos resíduos;
- 3° A pergunta inicial da seção de *brainstorming* influencia no resultado. A pergunta da primeira seção levou ao projeto de investimento, já a pergunta da segunda seção conduziu para uma solução alternativa e mais viável;
- 4° Neste ciclo as pessoas buscaram soluções mais fáceis na sua ótica, isto é, que facilitam a execução de tarefas no dia a dia e não se importaram com a inclusão de investimentos na primeira seção de *brainstorming* para obterem as facilidades para produção;
- 5° A especificidade da PME de flexibilidade na mudança de produtos e processos se destacou e facilitou a definição de novos procedimentos e processos de produção;

7.4 QUARTO CICLO: MODIFICAR O PROJETO DO PRODUTO

O segundo e terceiro ciclos indicaram que o foco em encontrar formas de consumir os resíduos gerados no corte guilhotinado não resultou em soluções de P+L. Neste ciclo iniciou-se uma nova fase na busca de soluções para redução de resíduos. Com base no conceito de P+L, passou-se a analisar os fluxos de produção e a se indagar como é possível prevenir a geração de resíduos.

Neste ciclo foram realizadas duas seções de *brainstorming* com participação de: estagiário de projetos, analista de logística, supervisor de produção, almoxarife, quatro operadores de produção, três auxiliares de produção e gerente industrial. O objetivo e dados obtidos em cada seção são apresentados na sequência.

1ª seção de *brainstorming*

O objetivo foi descobrir a fonte de origem dos resíduos de MP gerados no corte guilhotinado empregando os conceitos de P+L em conjunto com a técnica dos “5 Porquês”. A

pergunta primordial foi: porque temos resíduos de MP no corte guilhotinado? O Quadro 22 mostra os conjuntos de “5 Porquês” que se iniciam sempre com a mesma primeira pergunta.

QUADRO 22 – Conjuntos de perguntas e respostas “5 Porquês” – 4º ciclo

| # CONJUNTO | PERGUNTAS E RESPOTAS |
|--|--|
| 1º conjunto: (P1- pergunta 1; R1 - resposta 1) | P1: Porque temos resíduos de MP no corte guilhotinado? R1: O desenho dos produtos ocasiona os resíduos; P2: Porque o desenho dos produtos ocasiona os resíduos? R2: O desenho dos produtos indica cortes inclinados; P3: Porque o desenho dos produtos indica cortes inclinados? R3: O projeto do produto originou este formato nos componentes; P4: Porque o projeto do produto originou este formato nos componentes? R4: O projeto foi baseado no de outros fabricantes brasileiros; P5: Porque o projeto foi baseado no de outros fabricantes brasileiros? R5: Não se sabe a razão. É necessário pesquisar. |
| 2º conjunto: | P1: Porque temos resíduos de MP no corte guilhotinado? R1: Devido a erros na execução da produção; P2: Porque há erros na execução da produção? R2: Devido à falta de treinamento; P2: Porque há falta de treinamento? R2: Não se tem procedimento definindo o treinamento. |
| 3º conjunto: | P1: Porque temos resíduos de MP no corte guilhotinado? R1: Na fabricação se corta retângulos para depois se cortar inclinado; P2: Porque na fabricação se corta retângulos para depois se cortar inclinado? R2: O desenho indica as medidas de retângulo e dos ângulos; P3: Porque o desenho indica as medidas de retângulo e de ângulos? R3: Os desenhos são elaborados seguindo este modelo (procedimento); P4: Porque desenhos são elaborados seguindo este modelo (procedimento)? R4: Não se sabe a razão. |

Fonte: Elaboração própria

Houve mais de uma resposta para a pergunta inicial, indicando que havia mais de uma causa raiz para geração de resíduos no corte guilhotinado. O 1º conjunto de perguntas e respostas do Quadro 22 é o dado de entrada para a 2ª seção de *brainstorming*.

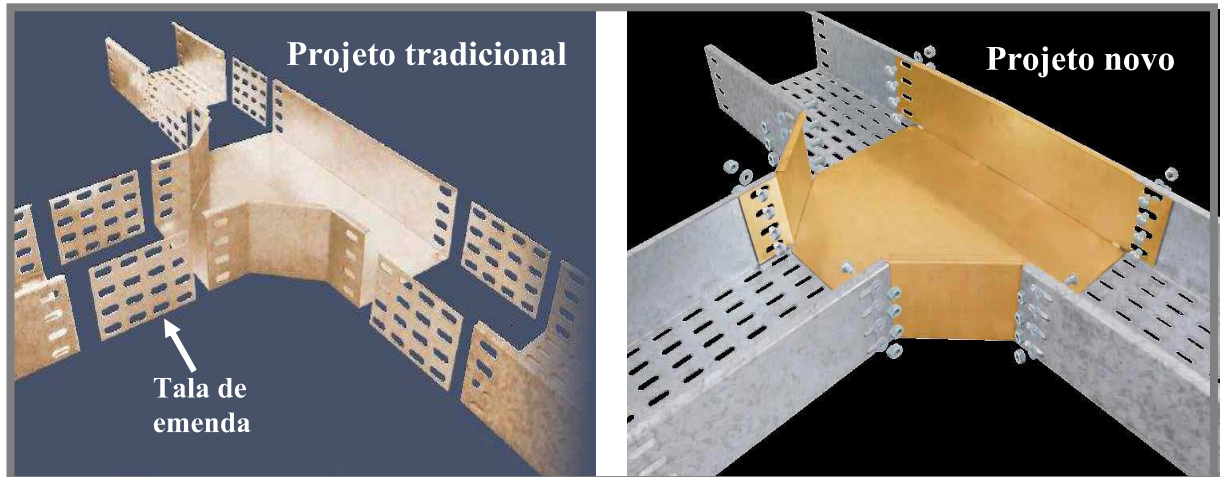
2ª seção de *brainstorming*

Focalizando-se em definir melhorias de P+L na causa raiz projeto do produto, a pergunta definida para esta seção foi: como podemos alterar o projeto do produto para se evitar resíduos no corte guilhotinado? As ideias obtidas foram:

- 1º Consultar o catálogo de fabricantes fora do Brasil para verificar alternativas de projeto;
- 2º Consultar o catálogo de fabricantes brasileiros para verificar alternativas de projeto;
- 3º Seguir a ideia do projeto da empresa matriz com sistema de encaixe;

A terceira ideia teve maior suporte. O projeto da empresa matriz privilegia cortes retos nos acessórios de eletrocalha e reduz componentes na montagem com o sistema de encaixe. A Figura 11 permite a comparação dos conceitos do projeto novo (após a mudança) e do projeto tradicional do mercado brasileiro (antes da mudança).

FIGURA 11 – Montagem do tê horizontal nos projetos tradicional e novo



Fonte: Elaboração própria

Com base nesta ideia fabricaram-se algumas amostras e se constatou o potencial de benefício de redução de geração de resíduos de MP e também de redução da massa do produto. Verificou-se a necessidade de compra de uma pequena ferramenta, com investimento de US\$ 239,36. A ideia do projeto novo foi aprovada internamente, tanto pelo pessoal operacional como pela área de vendas e diretoria. Os principais clientes também aprovaram.

Novos desenhos foram elaborados e durante a fabricação, de novas amostras dos principais acessórios, os operadores, supervisor de produção e estagiário contribuíram com ideias para facilitar a fabricação e também para reduzir a geração de resíduos. Foram verificadas as seguintes vantagens após a fabricação de amostras:

- Redução de operações de corte de peças, implicando em redução no consumo de energia elétrica, o que não foi mensurado ou estimado.
- Redução na geração de resíduos de MP em todos os tipos de acessórios;
- Redução na massa dos itens e conseqüente redução no custo de galvanização a fogo;

A implantação dos novos desenhos ocorreu gradativamente. O nível operacional apresentou sugestões de melhorias nos desenhos à medida que os itens eram produzidos proporcionando melhoria contínua dos desenhos do novo projeto. O benefício econômico e ambiental é apresentado abaixo.

A Tabela 4 apresenta o consumo de MP no projeto tradicional, no projeto novo e porcentagem de redução de consumo de MP para cada item. Apresenta também a redução anual no consumo da MP na fabricação dos principais acessórios com o novo projeto.

TABELA 4 – Redução no consumo de MP nos acessórios de eletrocalha

| Descrição do item | Consumo de MP no projeto tradicional (kg/peça) | Consumo de MP no projeto novo (kg/peça) | % de redução de consumo de MP | Quantidade vendida no ano (peça) | Redução no consumo de MP no ano (kg) |
|--|--|---|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Curva Horizontal 100x100 | 3,1 | 1,6 | 48% | 352 | 539,0 |
| Curva Horizontal 100x200 | 4,8 | 2,7 | 44% | 945 | 1.933,1 |
| Curva Horizontal 100x300 | 6,9 | 4,3 | 38% | 1.309 | 3.355,6 |
| Curva Horizontal 100x400 | 9,4 | 6,4 | 32% | 996 | 3.064,2 |
| Curva Vertical Interna 100x100 | 2,8 | 1,7 | 39% | 517 | 555,5 |
| Curva Vertical Interna 100x200 | 3,5 | 2,0 | 43% | 231 | 340,9 |
| Curva Vertical Interna 100x300 | 4,1 | 2,3 | 44% | 139 | 260,9 |
| Curva Vertical Interna 100x400 | 4,8 | 2,5 | 48% | 85 | 193,7 |
| Curva Vertical Externa 100x100 | 2,5 | 1,7 | 32% | 318 | 254,7 |
| Curva Vertical Externa 100x200 | 2,9 | 2,0 | 31% | 1.042 | 993,0 |
| Curva Vertical Externa 100x300 | 3,4 | 2,3 | 32% | 489 | 540,3 |
| Curva Vertical Externa 100x400 | 3,8 | 2,5 | 34% | 198 | 248,9 |
| Tê Horizontal 100x100 | 3,5 | 2,6 | 26% | 356 | 328,3 |
| Tê Horizontal 100x200 | 4,8 | 3,7 | 23% | 448 | 513,3 |
| Tê Horizontal 100x300 | 6,5 | 5,1 | 22% | 292 | 399,8 |
| Tê Horizontal 100x400 | 8,5 | 6,9 | 19% | 159 | 254,5 |
| Total de redução no consumo de MP nos acessórios por ano (kg) = | | | | | 13.776 |

Fonte: Elaboração própria

Similarmente, o projeto novo das tampas de acessórios reduziu o consumo de MP em 3.367 kg/ano. Portanto, juntos os acessórios e suas tampas reduziram o consumo de MP em 17.143 kg/ano (2,97% do total de MP consumida no ano). Monetariamente, ao custo de US\$ 1,24/kg de chapa de aço, tem-se benefício econômico de US\$21.310,21/ano.

O benefício relacionado à redução de massa galvanizada está na Tabela 5, que também informa a massa no projeto tradicional, no projeto novo e a porcentagem de redução de massa por item.

TABELA 5 – Redução de massa galvanizada de acessórios de eletrocalha

| Descrição do item | Massa no projeto tradicional (kg/peça) | Massa no projeto novo (kg/peça) | % de redução de massa | Quantidade galvanizada no ano (peça) | Redução de galvanização no ano (kg) |
|--|--|---------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Curva Horizontal 100x100 | 2,8 | 1,5 | 46% | 207 | 272,2 |
| Curva Horizontal 100x200 | 4,2 | 2,5 | 40% | 713 | 1.243,9 |
| Curva Horizontal 100x300 | 5,9 | 3,8 | 36% | 1.280 | 2.779,3 |
| Curva Horizontal 100x400 | 7,9 | 5,3 | 33% | 894 | 2.322,8 |
| Curva Vertical Interna 100x100 | 3,0 | 1,4 | 53% | 108 | 173,4 |
| Curva Vertical Interna 100x200 | 4,0 | 1,7 | 58% | 118 | 270,6 |
| Curva Vertical Interna 100x300 | 4,9 | 2,0 | 59% | 112 | 333,9 |
| Curva Vertical Interna 100x400 | 5,9 | 2,2 | 63% | 16 | 58,7 |
| Curva Vertical Externa 100x100 | 2,8 | 1,4 | 50% | 173 | 239,5 |
| Curva Vertical Externa 100x200 | 3,5 | 1,7 | 51% | 790 | 1.426,3 |
| Curva Vertical Externa 100x300 | 4,2 | 1,9 | 55% | 447 | 995,3 |
| Curva Vertical Externa 100x400 | 4,9 | 2,2 | 55% | 147 | 389,2 |
| Tê Horizontal 100x100 | 4,2 | 2,3 | 45% | 184 | 346,5 |
| Tê Horizontal 100x200 | 6,0 | 3,5 | 42% | 339 | 850,9 |
| Tê Horizontal 100x300 | 8,2 | 5,0 | 39% | 262 | 821,7 |
| Tê Horizontal 100x400 | 10,7 | 6,9 | 36% | 140 | 526,9 |
| Total de redução de massa galvanizada nos acessórios por ano (kg) = | | | | | 13.051 |

Fonte: Elaboração própria

Similarmente, reduziu-se 2.133 kg de massa galvanizada com o projeto novo das tampas de acessórios. Portanto, o novo projeto de acessórios de eletrocalhas junto com suas tampas reduziu 15.184 kg de massa galvanizada no ano (2,93% da massa galvanizada no ano). Com custo de US\$ 0,73/kg galvanizado, tem-se benefício econômico de UU\$11.145,84/ano.

Este ciclo proporcionou economia anual total de US\$ 32.456,05. Houve redução de 17.143 kg/ano no consumo de MP, redução de 15.184 kg/ano de massa galvanizada e pequena redução no custo de energia elétrica. Estas melhorias motivaram os funcionários na implantação e apresentação de sugestões de modificações nos desenhos no projeto novo.

A análise de dados deste ciclo permitiu concluir os seguintes pontos:

- 1º Este ciclo é classificado como de prioridade Nível 1 (redução na fonte) e evoluiu de forma rápida, indicando que oportunidades preventivas de P+L facilitam a evolução do ciclo em processo de melhoria contínua;
- 2º O investimento de US\$ 239,36, considerado de baixo valor, foi aprovado rapidamente;
- 3º Durante o ciclo a participação das pessoas do nível operacional contribuiu na geração de oportunidades preventivas de P+L, na implantação das melhorias e na melhoria contínua dos desenhos do novo projeto;
- 4º Não foi realizada seção de *brainstorming* para geração de ideias na elaboração de desenhos no projeto novo, no entanto, as pessoas do nível operacional apresentaram sugestões;
- 5º A especificidade da flexibilidade na mudança de produtos e processos facilitou a elaboração de desenhos no conceito do projeto novo;
- 6º O uso da técnica dos “5 Porquês” equivale à análise de fluxo da metodologia de P+L da UNEP DTIE (2004) e objetiva verificar a causa de geração de resíduos. Neste ciclo foi verificado pelos “5 Porquês” que a causa raiz era o uso do conceito de projeto tradicional do mercado sem pesquisar outras alternativas de conceito de projeto;
- 7º Neste ciclo foram seguidos os passos: Análise de fluxo; Geração de oportunidades; Aprovação de Vendas; Aprovação da Diretoria; Aprovação de clientes; e Implantação.

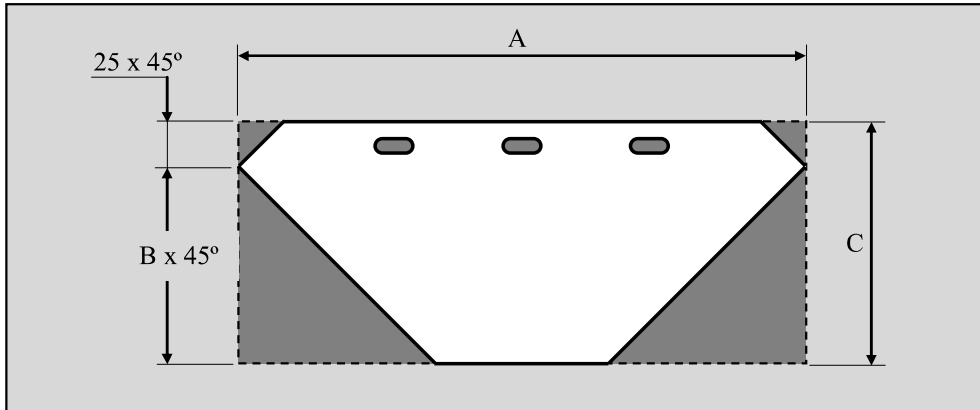
7.5 QUINTO CICLO: MODIFICAR OS MÉTODOS DE PRODUÇÃO

As alterações do projeto aguçaram as indagações dos porquês dos resíduos de MP. Com base no 3º conjunto de perguntas e respostas dos “5 Porquês” do Quadro 22, o gerente industrial junto com supervisor de produção e estagiário de projetos planejaram a tarefa de se estudar os métodos de produção com objetivo de reduzir resíduos de MP.

No início deste ciclo não foram realizadas seções de *brainstorming* de geração de oportunidades de P+L. O trabalho foi conduzido na forma de análise dos fluxos presentes à época e constatou-se que o método de fabricação era definido pelos operadores de forma tácita, por similaridade das peças e utilização de métodos tradicionais. Decidiu-se pelo registro de desenhos esquemáticos deste método antigo (denominação utilizada para caracterizar o método antes da mudança). A elaboração destes desenhos proporcionou análises do estagiário e do supervisor de produção, que geraram oportunidades de P+L e que passaram a ser referência na elaboração de novos métodos de produção.

A Figura 12 ilustra o desenho do método antigo de produção. A cor mais escura indica os resíduos de MP por peça produzida.

FIGURA 12 – Desenho do método antigo de produção do Tê de derivação



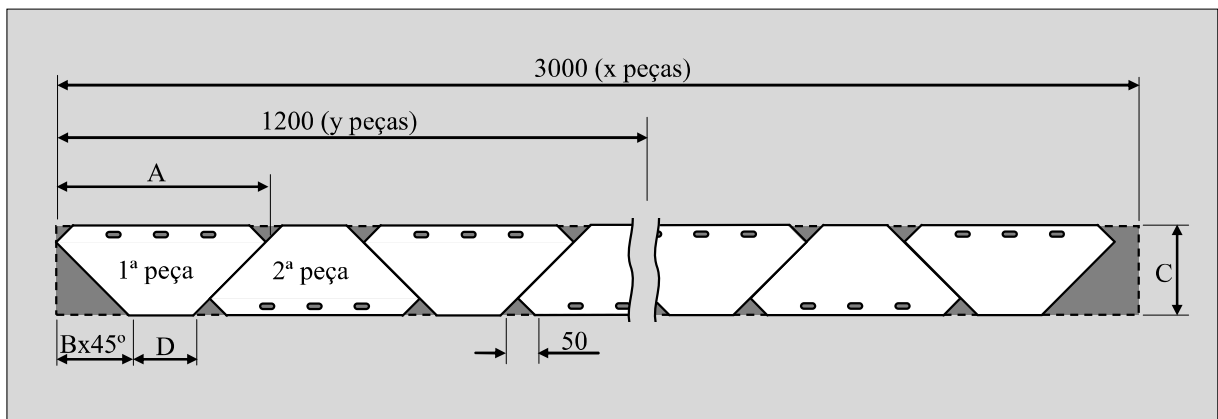
Fonte: Elaboração própria

O método antigo de produção deste item é composto pelos seguintes passos:

- 1º Cortar tira de chapa com largura C;
- 2º Cortar retângulo de medida A x C;
- 3º Traçar contorno e cortar inclinado segundo as medidas B x 45° e 25 x 45°.

As análises de fluxos e geração de oportunidades de P+L mostraram a possibilidade de se encaixar as peças de formas trapezoidais como indicado na Figura 13.

FIGURA 13 – Desenho do método novo de produção do Tê de derivação



Fonte: Elaboração própria

O método novo de produção deste item é composto pelos passos:

- 1º Cortar tira de chapa com largura C;
- 2º Traçar 1ª peça e cortar medida B x 45° e corte inclinado entre 1ª e 2ª peças;
- 3º Traçar demais peças e cortar inclinado em pares de peças até o último par de peças;
- 4º Cortar inclinado entre peças e cortar chanfros 25x45°.

Com este novo método houve redução de resíduos de MP no corte por peça produzida e também no número de cortes realizados. A Tabela 6 apresenta a redução no consumo MP nos principais itens com os novos métodos de produção. Para cada família de acessórios foi definido novo método que reduziu a geração de resíduos de MP.

TABELA 6 – Redução no consumo de MP com novos métodos de produção

| Descrição do item | Consumo de MP no método antigo (kg/peça) | Consumo de MP no método novo (kg/peça) | % de redução de massa | Quantidade vendida no ano (peça) | Redução no consumo de MP no ano (kg) |
|---|--|--|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Curva Horizontal 100x200 | 4,5 | 4,4 | 2% | 945 | 106,9 |
| Curva Horizontal 100x300 | 7,2 | 6,9 | 4% | 1.309 | 402,5 |
| Curva Horizontal 100x400 | 10,6 | 10,2 | 4% | 996 | 383,6 |
| Curva Vertical Interna | 1,8 | 1,5 | 17% | 972 | 235,3 |
| Curva Vertical Externa | 1,7 | 1,5 | 12% | 2.047 | 459,6 |
| Tampa Curva Horizontal 100 | 0,5 | 0,4 | 20% | 216 | 22,0 |
| Tampa Curva Horizontal 200 | 1,4 | 1,0 | 29% | 713 | 275,9 |
| Tampa Curva Horizontal 300 | 2,7 | 1,9 | 30% | 609 | 476,2 |
| Tampa Curva Horizontal 400 | 4,5 | 3,8 | 16% | 388 | 286,6 |
| Curva Vertical de Leito | 2,4 | 2,0 | 17% | 251 | 83,6 |
| Suporte de Eletrocalha | 0,9 | 0,7 | 22% | 2.998 | 568,7 |
| Tê de Derivação 100 | 1,4 | 1,2 | 14% | 216 | 39,7 |
| Tê de Derivação 200 | 1,6 | 1,4 | 13% | 235 | 43,4 |
| Tê Vertical | 2,8 | 2,0 | 29% | 578 | 463,0 |
| Total de redução no consumo de MP com métodos novos por ano (kg) = | | | | | 3.847 |

Fonte: Elaboração própria

Em resumo, os novos métodos reduziram em 3.847 kg/ano a geração de resíduos de MP (0,67% do total de MP consumida no ano). Em termos monetários, ao custo de US\$ 1,24/kg, tem-se economia no valor de US\$ 4.781,88 por ano.

Apesar dos benefícios, ocorreram dificuldades na implantação dos novos métodos de produção. Os operadores aprovaram os métodos novos quando foram apresentados no papel, no entanto, mantinham o método antigo durante a fabricação na maioria dos casos. Foram realizadas reuniões de conscientização sobre as vantagens, porém esta ação não foi eficaz. Percebeu-se que os operadores estavam barrando às mudanças no método.

O gerente industrial passou a monitorar visualmente a execução da produção. Em conversas durante a produção, os funcionários mais experientes apontaram que o novo método de produção é mais difícil no corte guilhotinado e tornaria a produção mais lenta. Numa reunião foi acordado que não seria cobrado tempo de produção até que os novos métodos de produção fossem aprendidos, desenvolvidos e padronizados.

Foi realizada com o pessoal operacional uma seção de *brainstorming* com a seguinte pergunta: como podemos facilitar o uso dos novos métodos? Foi suportada a ideia de se utilizar guias para os cortes angulares. A ideia foi implantada e facilitou o corte de peças no novo método. Seções de *brainstorming* envolvendo os funcionários do nível operacional passaram a ser realizadas para definir os métodos de produção de itens novos.

A análise dos dados coletados neste ciclo permitiu concluir:

- 1° O ciclo é classificado como de prioridade Nível 1 (redução na fonte), no entanto, não evoluiu de forma rápida em razão de enfrentar barreiras de resistência à mudança na fase de implantação de melhorias;
- 2° No início do ciclo não foi realizado *brainstorming* com operadores para gerar oportunidades de P+L. Isto pode ter sido um fator determinante para gerar barreiras de resistência às mudanças. Isto indica que se deve planejar a condução de análises de fluxo, definindo o quê analisar, quando analisar e quem vai analisar de forma a envolver os atores que definem e utilizam o novo método de produção.
- 3° Barreiras como a falta de envolvimento das pessoas e a especificidade da não formalização de procedimentos ocorreram e para superá-las, foram realizados monitoramento e promoção das mudanças até se atingir o padrão desejado. O ciclo de pesquisa-ação rodou mais de uma vez até se obter o padrão.
- 4° O envolvimento das pessoas mostrou ser importante para o sucesso da melhoria. Neste caso foi envolvido inicialmente o estagiário de projetos e o supervisor e mais tarde os operadores. Este ciclo também indica que o melhor procedimento seria o envolvimento de todas as pessoas participantes do processo ao mesmo tempo;
- 5° A ação preventiva neste ciclo corresponde à eliminação da forma tácita de definição de métodos de produção. Passou-se a utilizar forma criteriosa e registro em desenho para padronização entre os diferentes executantes.
- 6° Neste ciclo foram seguidos os seguintes passos: Análise de fluxo; Geração de oportunidades; Aprovação no nível operacional; Implantação; Padronização; Monitoramento e Promoção de mudanças.

7.6 SEXTO CICLO: PLANEJAR O CORTE DE CHAPAS

O 4º e 5º ciclos resultaram em ações preventivas para redução de geração de resíduos na produção de acessórios. Essa análise e principalmente a observação diária da geração de resíduos de MP em tiras de três metros conduziu ao planejamento deste ciclo, que teve como objetivo a redução de resíduos de MP em tiras de 3 metros no corte guilhotinado. Planejou-se a realização de seções de *brainstorming* com os seguintes participantes: supervisor de produção, almoxarife, 4 operadores de produção, 3 auxiliares de produção e gerente industrial. Os dados obtidos em cada seção são apresentados na sequência.

1ª seção de *brainstorming*

Utilizando-se os conceitos de P+L em conjunto com a técnica dos “5 Porquês”, a pergunta primordial foi: porque temos resíduos de MP em tiras de 3 metros no corte guilhotinado? Esta pergunta é alinhada ao objetivo definido no planejamento deste ciclo. O Quadro 23 mostra os dados obtidos na forma de perguntas e respostas.

QUADRO 23 – Conjuntos de perguntas e respostas “5 Porquês” – 6º ciclo

| # CONJUNTO | PERGUNTAS E RESPOTAS |
|--|---|
| 1º conjunto: (P1- pergunta 1; R1 - resposta 1) | P1: Porque temos resíduos de MP em tiras de 3 metros no corte guilhotinado? R1: O maior volume de produção é de produtos com 3 metros de comprimento; P2: Porque há produtos com 3 metros de comprimento? R2: A MP utilizada é de 3 metros, o que evita resíduo de MP no comprimento; |
| 2º conjunto: | P1: Porque temos resíduos de MP em tiras de 3 metros no corte guilhotinado? R1: A largura das peças ocasiona os resíduos de MP em tiras de 3 metros; P2: Porque a largura das peças ocasiona os resíduos de MP em tiras de 3 metros? R2: A largura do produto não é submúltiplo da largura da chapa; P3: Porque a largura do produto não é submúltiplo da largura da chapa? R3: O projeto do produto é que define a largura do produto; |
| 3º conjunto: | P1: Porque temos resíduos de MP em tiras de 3 metros no corte guilhotinado? R1: No pedido sempre se corta primeiro as peças de maior largura, com as sobras as de menor largura. No final das chapas tem-se o resíduo. P2: Porque no pedido sempre se corta primeiro as peças de maior largura? R2: Cortar primeiro as peças de menor largura gera mais resíduos de MP; P3: Porque cortar primeiro as peças de menor largura gera mais resíduo de MP? R3: Isto foi testado e cortar primeiro as peças menores gera mais resíduo de MP. |

Fonte: Elaboração própria

O emprego dos “5 Porquês” não foi eficaz na definição de uma provável causa raiz para a geração de resíduos em tiras de três metros. O 3º conjunto de perguntas do Quadro

23 indica como ocorria o fluxo de produção antes da mudança. Denomina-se como estratégia antiga de corte de chapas os passos detalhados abaixo:

- Para cada pedido cortam-se tiras na sequência da maior para a menor largura;
- Sempre que possível utilizam-se sobras para cortar a próxima peça de maior largura;
- Descartam-se resíduos de largura inferior a 77 mm (menor largura utilizável);
- Guardam-se resíduos maiores que 77 mm.

Esta estratégia antiga foi estabelecida pelo setor de produção e era utilizada de forma tácita. A análise do corte de dez pedidos indicou a geração de 4,51% nesta estratégia. Com esta análise planejou-se a segunda seção de *brainstorming*.

2ª seção de *brainstorming*

No início da seção foram analisados as perguntas e respostas do Quadro 23, que não apontaram uma provável causa raiz para geração de resíduos de MP em tiras de 3 metros. Para atender ao objetivo deste ciclo, definiu-se a seguinte pergunta inicial: como reduzir os resíduos em tiras com três metros no corte guilhotinado? As respostas obtidas foram:

- 1º Consultar metalúrgicas para verificar alternativas de estratégias de corte guilhotinado;
- 2º Consultar fornecedores de chapas para verificar alternativas de estratégias de corte guilhotinado;

Foi verificado que as metalúrgicas utilizavam estratégias semelhantes à estratégia antiga de corte de chapas. Foi verificado em um fornecedor que se planejava o corte longitudinal de bobinas em rolos de diversas larguras inferiores a largura da bobina. O fornecedor combinava as diversas larguras de rolos vendidos de tal forma que diminuísse o resíduo de material no corte da bobina com largura 1,2 m. A análise destas informações conduziu à geração de oportunidades de P+L. A ideia final foi de combinar o corte de várias larguras quantas vezes necessárias para se utilizar ao máximo a largura da chapa. Esta estratégia foi denominada de “Plano de corte”. Como há grande variedade de medidas de largura de tiras, corta-se material além do pedido para uso no futuro, e assim ocorre aproveitamento próximo de 100%. O Quadro 24 apresenta o plano de corte de chapas para um determinado pedido. Na relação de itens deste plano os dois últimos eram para estoque. Neste Plano de corte a geração de resíduos foi de 0,29%.

QUADRO 24 – Plano de corte de chapas

| Plano de corte de chapa # 14 – Pedido COMAU 16150413 | | | | | | |
|--|---------------------------|--|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 40 chapas largura 1010 | 40 chapas largura 1010 | 44 chapas largura 1010 | 24 chapas largura 1010 | 8 chapas largura 1010 | 5 chapas largura 1010 |
| 1º corte | 522 | 422 | 422 | 322 | 227 | 127 |
| 2º corte | 227 | 327 | 322 | 322 | 227 | 127 |
| 3º corte | 132 | 127 | 132 | 227 | 227 | 127 |
| 4º corte | 127 | 132 | 132 | 132 | 322 | 127 |
| 5º corte | | | | | | 174 |
| 6º corte | | | | | | 327 |
| sobra (mm) | 2 | 2 | 2 | 7 | 7 | 1 |
| Quantidade (peça) | Largura da tira (mm) | Descrição do item | | | | |
| 40 | 522 | Eletrocalha perfurada na base c/v 100x300x3000 mm #14 GF | | | | |
| 84 | 422 | Eletrocalha perfurada na base c/v 100x200x3000 mm #14 GF | | | | |
| 45 | 327 | Tampa de encaixe para eletrocalha 300 mm #14 GF | | | | |
| 100 | 322 | Eletrocalha perfurada na base c/v 100x100x3000 mm #14 GF | | | | |
| 88 | 227 | Tampa de encaixe para eletrocalha 200 mm #14 GF | | | | |
| 80 | 127 | Tampa de encaixe para eletrocalha 100 mm #14 GF | | | | |
| 196 | 132 | Tira para longarina de leito 100 mm #14 GF | | | | |
| 5 | 174 | Eletrocalha lisa c/v 50x50x3000 mm #14 GF | | | | |

Fonte: Elaboração própria

Organizou-se uma reunião com a equipe operacional para se obter a aprovação da estratégia do plano de corte. Foi apresentado um plano e explicada a ideia de se cortar, junto com o pedido, tiras de material para estoque de forma a se evitar a sobra no final da chapa. Os operadores solicitaram um plano de corte para testes e aprovaram o uso na prática. A implantação desta estratégia foi muito rápida e com o tempo os operadores apresentaram sugestões de melhorias para o plano de corte e desenvolveram e estabeleceram um novo padrão de método para corte de chapas.

Os planos de corte facilitaram a execução e a padronização de procedimentos do corte guilhotinado de chapas. Reduziu-se a geração de resíduos de MP em tiras e 3 metros.

Comparando-se o resíduo de 4,51% da estratégia antiga com 0,29% na estratégia do plano de corte, pode-se inferir uma redução de 4% na geração de resíduos de MP. Em média são cortados 335.738 kg por ano de chapas, portanto a economia em massa é de

13.429,52 kg/ano e economia em termos monetários (custo de US\$1,24/kg) é de US\$16.688,72 por ano.

A análise dos dados deste ciclo possibilitou a conclusão dos seguintes pontos:

- 1º O ciclo é de prioridade Nível 1 (redução na fonte) e evoluiu de forma rápida num processo de melhoria contínua. Isto indica que oportunidades preventivas de P+L facilitam a evolução do ciclo em processo de melhoria contínua;
- 2º Foram seguidos os passos: Planejamento; Análise de fluxo; Geração de oportunidades; Aprovação no nível operacional; Implantação; Padronização; e Monitoramento e Promoção;
- 3º As pessoas do nível operacional participaram do processo de decisão em todas as etapas neste ciclo e realizaram a padronização dos procedimentos e métodos de corte;
- 4º A causa raiz dos resíduos em tiras de 3 metros é a falta de planejamento de corte. O plano de corte realizado de forma tácita não é a causa raiz do problema. Isto indica que a análise de fluxo deve ir além dos fluxos produtivos e analisar os fluxos de engenharia e verificar se há procedimentos que definam como se deve cortar o material.
- 5º A especificidade de facilidade de comunicação na forma direta e informal, neste caso com o fornecedor, proporcionou a definição da causa raiz do problema.
- 6º Foi monitorada e promovida a mudança até atingir o padrão desejado. Não houve barreiras e a implantação foi rápida. Isto indica que promover e monitorar mudanças pode contribuir na eficácia das mudanças num processo de melhoria contínua.

7.7 SÉTIMO CICLO: ESPECIFICAR A PERFURAÇÃO DE CHAPAS

O monitoramento frequente dos resíduos mostrou que não houve redução nos resíduos de chapas perfuradas. Isto conduziu ao planejamento deste ciclo com objetivo de reduzir a geração deste tipo de resíduo. No planejamento se verificou que a estratégia do plano de corte não era eficaz no caso de chapas perfuradas em razão da pequena variedade de itens. A chapa perfurada é a MP exclusiva para se fabricar eletrocalhas perfuradas.

Planejou-se a participação de: supervisor de produção, almoxarife, quatro operadores de produção, três auxiliares de produção e gerente industrial na única seção de *brainstorming* deste ciclo. Alinhado ao objetivo do ciclo e com emprego da técnica dos “5 Porquês” foi definida a seguinte pergunta inicial: Porque temos resíduos no corte guilhotinado de chapas perfuradas? O Quadro 25 apresenta os dados obtidos.

QUADRO 25 – Perguntas e respostas dos “5 Porquês” – 7º ciclo

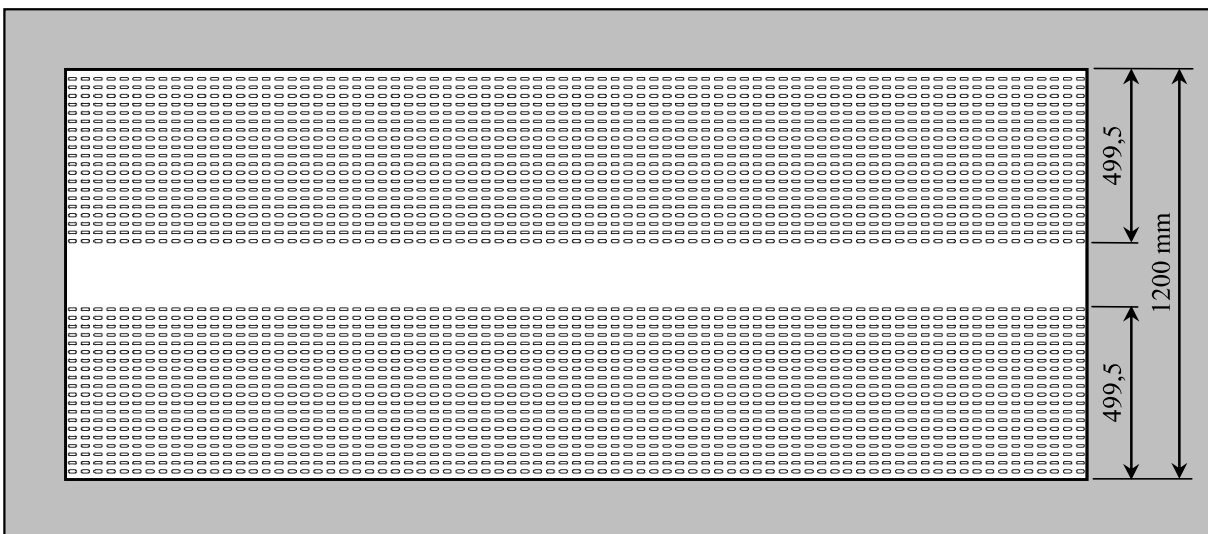
| # CONJUNTO | PERGUNTAS E RESPOTAS |
|--|---|
| 1º conjunto: (P1- pergunta 1; R1 - resposta 1) | <p>P1: Porque temos resíduos no corte guilhotinado de chapas perfuradas? R1: A largura das peças perfuradas ocasiona resíduos no corte de chapas perfuradas;</p> <p>P2: Porque a largura das peças perfuradas ocasiona resíduos no corte de chapas perfuradas? R2: Compra-se serviço de perfurar chapa e não de tira na largura da peça;</p> <p>P3: Porque se compra serviço de perfurar chapa e não de tira na largura da peça? R3: Provavelmente é mais caro a logística de cortar tiras e perfurar em relação a perfurar a chapa. É necessário consultar o fornecedor;</p> |

Fonte: Elaboração própria

Na continuidade da análise de fluxos, o gerente industrial visitou o fornecedor de perfuração de chapas com objetivo de verificar o processo e a respeito de perfuração de tiras. Ao se analisar o fluxo de produção de outro produto, foi verificada a utilização de desenhos para especificar a perfuração de chapas. Perguntou-se ao fornecedor sobre a ideia de utilização de desenhos para se manter faixas sem perfuração nas chapas para eletrocalhas perfuradas. O fornecedor concordou com a utilização de desenhos para especificar a perfuração que mantém faixas sem perfuração.

A Figura 14 apresenta um desenho de especificação para perfuração de chapas. Tem-se duas faixas com 20 filas de furos, o que equivale à largura da eletrocalha perfurada em perfil ‘U’ de 100 x 300 mm. A faixa central lisa pode ser utilizada para produzir tampas, longarina, acessórios de eletrocalha, eletrocalha lisa, etc.

FIGURA 14 – Chapa perfurada com faixa central lisa



Fonte: Elaboração própria

Para promover a ideia da especificação de perfuração por desenhos, realizou-se uma reunião com a equipe operacional. A aprovação dos operadores se firmou no primeiro lote de chapas perfuradas. O corte das chapas perfuradas com desenho ficou mais fácil. A implantação e padronização dos novos métodos de produção foram acompanhadas, promovidas e monitoradas pelo gerente industrial e ocorreram de forma fácil e rápida.

Tem-se em média a perfuração de 57.187 kg/ano de chapas de aço e geração de 7,42% de resíduos de MP no corte guilhotinado na estratégia antiga. Com a estratégia de especificar a perfuração de chapas tem-se resíduo zero. A análise destes dados mostra os seguintes benefícios: redução de 4.232 kg/ ano na geração de resíduo de MP, o que equivale à economia de US\$ 5.260,51/ ano (custo de US\$ 1,24/kg).

Para a finalidade da pesquisa, a análise de dados coletados permitiu concluir:

- 1° O ciclo é de prioridade Nível 1 (redução na fonte) e evoluiu de forma rápida num processo de melhoria contínua. Isto reforça que oportunidades preventivas de P+L facilitam a evolução do ciclo em processo de melhoria contínua;
- 2° Executaram-se neste ciclo os passos: Planejamento; Análise de fluxo; Geração de oportunidades; Aprovação no nível operacional; Implantação; Padronização; e Monitoramento e Promoção;
- 3° O nível operacional participou do processo de decisão em todas as etapas neste ciclo e implantou e padronizou os procedimentos de métodos de corte de chapa perfurada.
- 4° A causa raiz dos resíduos de chapas perfuradas é a falta de especificação de perfuração que considere a redução de geração de resíduos na sua elaboração. Isto reforça que a análise de fluxo deve ir além da produção e analisar os fluxos de engenharia que especificam os serviços de terceiros.
- 5° A especificidade de facilidade de comunicação, na forma direta e informal, com o fornecedor contribuiu na eliminação da causa raiz do problema;
- 6° Foi monitorada e promovida a mudança até se atingir o padrão desejado. Não ocorreram barreiras como resistência às mudanças. Isto reforça que monitorar e promover mudanças pode facilitar mudanças num processo de melhoria contínua.

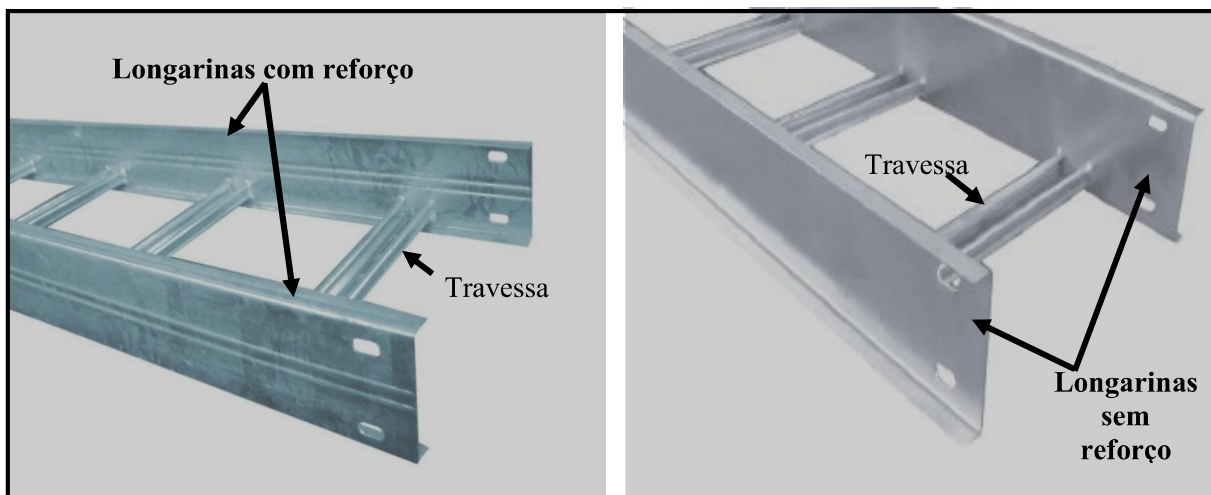
7.8 OITAVO CICLO: DESENVOLVER UM NOVO PRODUTO

Os ciclos de mudança de projeto de produto e mudança de métodos de produção promoveram poucas mudanças na linha do produto “leitos para cabos”. Isto conduziu as ações

planejamento desse ciclo. Nesta etapa confirmou-se que a causa principal de poucas mudanças era a utilização de um determinado tipo de MP em sua longarina.

A Figura 15 mostra o produto leito para cabos em duas possibilidades, isto é, leito de longarinas com reforço e leito de longarina sem reforço.

FIGURA 15 – Leito para cabos – de longarina com e sem reforço



Fonte: Elaboração própria

Longarinas com reforço são perfiladas na seção ‘U’, isto impõe processos de corte com disco abrasivo na fabricação de acessórios, o que limita as melhorias de P+L, enquanto longarinas dobradas permitem a utilização de corte guilhotinado.

Em várias conversas, durante os monitoramentos e promoção de melhorias, os operadores apontaram este problema e também apresentaram sugestões de oportunidades de P+L para esta linha de produto. A ideia básica era a substituição de longarinas com reforço por longarinas sem reforço. A gerência geral não aprovava esta mudança por razões estratégicas de mercado. Propôs-se, então, a criação de uma linha adicional de leitos fabricados de longarinas dobradas, que foi aprovada pelo gerente geral.

O desenvolvimento e implantação da linha adicional de leitos foram fáceis. A flexibilidade para alterações, participação dos operadores na geração de oportunidades, conhecimento dos desenhos dos acessórios e o conhecimento dos métodos de produção (5º ciclo) proporcionaram o desenvolvimento e padronização de novos métodos de produção e de desenhos num processo de melhoria contínua na redução de geração de resíduos.

A linha de leitos com longarinas dobradas proporciona custo menor em US\$5,06 por unidade na obtenção da MP em relação à linha de leitos com longarina perfilada. No entanto, o custo menor não é considerado uma vantagem econômica, neste caso, tem-se maior competitividade com o desenvolvimento de uma linha adicional de produto mais barato.

Esta mudança proporcionou a utilização da mesma ideia apresentada no quarto ciclo (modificar o projeto do produto), isto é, do projeto novo de acessórios para a linha adicional de leito. Em relação ao projeto tradicional utilizado no mercado brasileiro proporcionou-se viabilidade ambiental com:

- Redução na geração de resíduos de MP em todos os tipos de acessórios;
- Redução na massa final (redução na massa de galvanização) de cada acessório;

A Tabela 7 resume a redução de consumo de MP anual e compara a massa consumida de MP na produção dos principais acessórios no projeto tradicional do mercado e no projeto novo dos acessórios da linha adicional de leito.

TABELA 7 – Redução no consumo de MP nos acessórios de leito

| Descrição do item | Consumo de MP no projeto tradicional (kg/peça) | Consumo de MP projeto novo (kg/peça) | % de redução de consumo de MP | Quantidade vendida no ano (peça) | Redução no consumo de MP no ano (kg) |
|--|--|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Cruzeta LSP de 300 | 9,0 | 4,7 | 48% | 12 | 51,3 |
| Cruzeta LSP de 500 | 10,9 | 7,5 | 31% | 24 | 80,7 |
| Cruzeta LSP de 800 | 16,2 | 9,1 | 44% | 17 | 122,1 |
| Curva horizontal LSP de 300 | 5,1 | 3,7 | 27% | 73 | 107,8 |
| Curva horizontal LSP de 400 | 5,8 | 4,2 | 28% | 14 | 22,6 |
| Curva horizontal LSP de 600 | 7,9 | 5,6 | 29% | 18 | 42,2 |
| Curva horizontal LSP de 800 | 9,7 | 7,0 | 28% | 109 | 297,9 |
| Curva vertical externa LSP | 5,2 | 2,3 | 56% | 202 | 580,9 |
| Curva vertical interna LSP | 5,8 | 2,9 | 50% | 200 | 574,2 |
| Redução concêntrica LSP | 4,0 | 3,3 | 18% | 119 | 82,8 |
| Tê horizontal LSP de 300 | 7,4 | 4,3 | 42% | 47 | 142,8 |
| Tê horizontal LSP de 400 | 8,1 | 5,7 | 30% | 24 | 57,8 |
| Tê horizontal LSP de 600 | 10,2 | 7,9 | 23% | 63 | 146,6 |
| Tê horizontal LSP de 800 | 12,9 | 10,1 | 22% | 65 | 187,7 |
| Tê vertical LSP | 10,3 | 7,5 | 27% | 40 | 113,5 |
| Total de redução no consumo de MP nos acessórios por ano (kg) = | | | | | 2.611 |

Fonte: Elaboração própria

Em resumo tem-se uma redução de 2.611 kg de consumo anual de MP (0,45% do total de MP consumida no ano) em comparação ao produto de outros fabricantes brasileiros.

Ainda na viabilidade ambiental, a Tabela 8 compara as massas finais no projeto tradicional e novo dos principais acessórios de leito. Em resumo, a linha adicional de leito proporciona redução de 2.447 kg/ano de massa galvanizada a fogo (0,47% da massa galvanizada no ano) em comparação ao produto de outros fabricantes do mercado brasileiro.

TABELA 8 – Redução de massa galvanizada de acessórios de leito

| Descrição do item | Massa do projeto tradicional (kg/peça) | Massa do projeto novo (kg/peça) | % de redução de Massa | Quantidade vendida no ano (peça) | Redução de galvanização no ano (kg) |
|--|--|---------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Cruzeta LSP de 300 | 8,8 | 4,2 | 52% | 12 | 55,4 |
| Cruzeta LSP de 500 | 10,7 | 7,0 | 35% | 24 | 88,1 |
| Cruzeta LSP de 800 | 16,0 | 8,6 | 46% | 17 | 126,7 |
| Curva horizontal LSP de 300 | 5,1 | 3,4 | 33% | 13 | 120,4 |
| Curva horizontal LSP de 400 | 5,8 | 4,0 | 31% | 14 | 25,0 |
| Curva horizontal LSP de 600 | 7,8 | 5,4 | 31% | 18 | 44,7 |
| Curva horizontal LSP de 800 | 9,6 | 6,7 | 30% | 109 | 312,7 |
| Curva vertical externa LSP | 5,2 | 2,2 | 58% | 202 | 611,8 |
| Curva vertical interna LSP | 5,8 | 2,7 | 53% | 200 | 604,8 |
| Redução concêntrica LSP | 4,0 | 3,1 | 23% | 119 | 105,4 |
| Tê horizontal LSP de 300 | 7,4 | 4,0 | 46% | 47 | 159,5 |
| Tê horizontal LSP de 400 | 7,1 | 5,4 | 24% | 24 | 40,5 |
| Tê horizontal LSP de 600 | 7,8 | 7,5 | 4% | 63 | 19,9 |
| Tê horizontal LSP de 800 | 9,9 | 9,7 | 2% | 65 | 9,9 |
| Tê vertical LSP | 10,0 | 6,4 | 36% | 40 | 141,8 |
| Total de redução de massa galvanizada nos acessórios por ano (kg) = | | | | | 2.466,5 |

Fonte: Elaboração própria

Para a finalidade da pesquisa, a análise de dados deste ciclo permite concluir que:

- 1º O ciclo é de prioridade Nível 1 (redução na fonte) e evoluiu de forma rápida num processo de melhoria contínua. Isto reforça que oportunidades preventivas de P+L facilitam a evolução do ciclo em processo de melhoria contínua;

- 2º Executou-se neste ciclo: Planejamento; Análise de fluxo; Geração de oportunidades; Aprovação da diretoria; Implantação; Padronização; e Monitoramento e Promoção;
- 3º Neste ciclo as pessoas do nível operacional participaram na implantação, padronização e no processo de decisão ao apontar a causa raiz e apresentar ideias de melhorias;
- 4º Foi monitorada e promovida a mudança até se atingir o padrão desejado, o que ocorreu de forma rápida e sem barreiras como resistência às mudanças.
- 5º Este ciclo permitiu a descoberta de novos métodos de produção. Os operadores visualizaram formas de se reduzir o consumo de MP. Isto indica que os participantes contribuíram no processo de melhoria contínua na redução de geração de resíduos.

7.9 ANÁLISES COMPARATIVAS E INDICADOR DE DESEMPENHO

O Quadro 26 resume os benefícios quantitativos, apresenta a classificação em níveis de prioridade da P+L para cada uma das estratégias de P+L dos ciclos de pesquisa-ação e a velocidade de evolução de cada ciclo.

QUADRO 26 – Nível de prioridade das estratégias de P+L

| Estratégia de P+L | Nível de Prioridade | Velocidade de evolução do ciclo | Redução no consumo de MP (Kg/ano) | Benefício monetário (US\$/ ano) |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Efetuar <i>housekeeping</i> | 1 | Semanas | 4.998 | 8.392,92 |
| Vender sobras | 3 | Parou | 0 | 4.319,70 |
| Produzir itens pequenos | 2 | Anos | 0 | Não medido |
| Modificar o projeto do produto | 1 | Semanas | 17.143 | 32.456,05 |
| Modificar os métodos de produção | 1 | Meses | 3.847 | 4.781,88 |
| Planejar o corte de chapas | 1 | Semanas | 13.430 | 16.688,72 |
| Especificar a perfuração de chapas | 1 | Semanas | 4.232 | 5.260,51 |
| Desenvolver um novo produto | 1 | Semanas | 0 | 0 |

Fonte: Elaboração própria

Pela comparação dos dados do quadro conclui-se que:

- 1º Os ciclos de prioridade Nível 1 apresentaram vantagem em relação aos de Nível 2 e Nível 3 na redução de consumo de matéria prima e benefícios econômicos. O oitavo ciclo também apresenta vantagens que não foram contabilizadas;

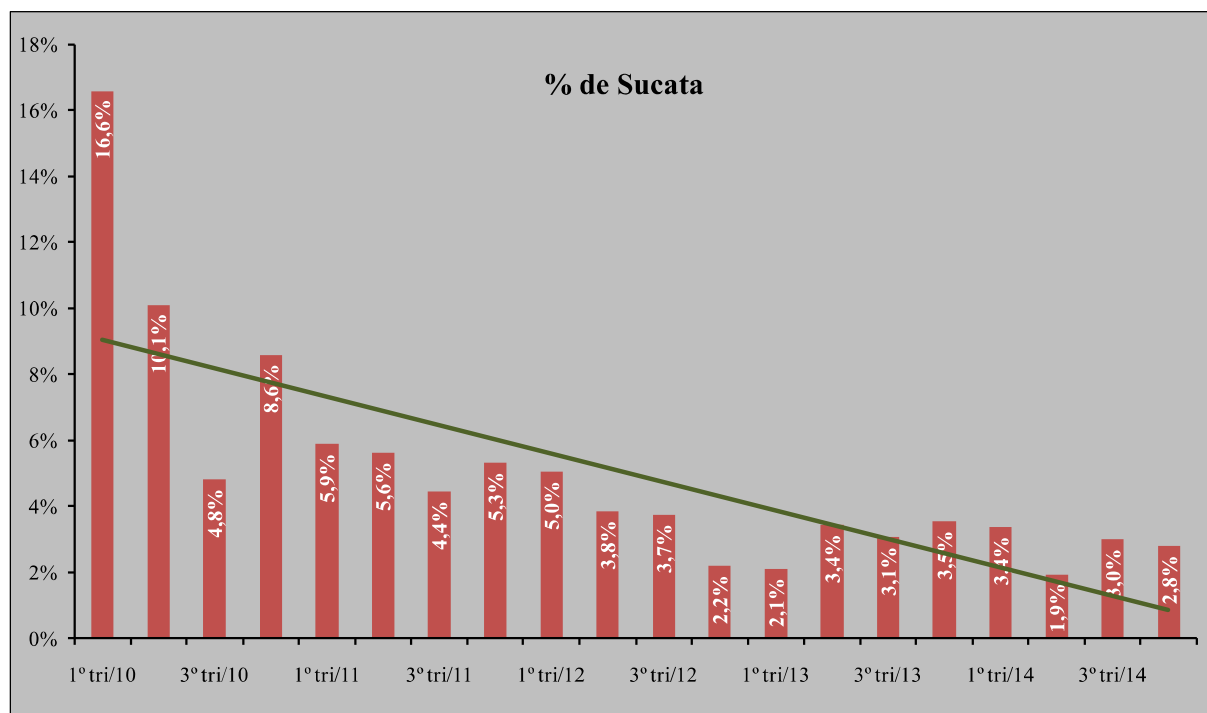
- 2º Ciclos de prioridade Nível 1 tiveram evolução rápida, exceto no ciclo ‘Modificar os métodos de produção’ enquanto que ciclos de prioridade Nível 2 ou Nível 3 praticamente não evoluíram;
- 3º O ciclo ‘Modificar os métodos de produção’ é o único que tem prioridade Nível 1 e evoluiu lentamente. Dentre os ciclos de prioridade Nível 1, este é o único ciclo que as pessoas do nível operacional não foram envolvidas no processo de geração de oportunidades de P+L.

O terceiro item listado reforça que a estratégia de envolvimento do nível operacional nos processos de decisão das estratégias de P+L contribuiu para a velocidade de evolução dos ciclos de melhorias.

Ações de monitoramento de execução da produção e promoção de mudanças com envolvimento do nível operacional no ciclo ‘Mudança no método de produção’ proporcionaram a evolução deste ciclo de forma satisfatória. Este dado também reforça que o envolvimento das pessoas interfere na evolução dos ciclos de prioridade Nível 1.

Outra análise comparativa é apresentada na forma de indicador de desempenho para se verificar a evolução das estratégias de P+L implantadas em relação ao tempo. Em todos os oito ciclos de pesquisa-ação tem-se o objetivo de reduzir a geração de resíduos, daí define-se o indicador de desempenho porcentagem (%) de sucata. A Figura 16 apresenta o indicador % de sucata gerada em intervalos trimestrais para o período de 5 anos.

FIGURA 16 – Indicador % de sucata



Fonte: Elaboração própria. Nota: 1º tri/10 é a abreviação para primeiro trimestre de 2010.

Verifica-se que ocorreu maior intensidade na redução de geração de sucata até o 2º trimestre de 2012 e em menor intensidade do 3º trimestre de 2012 em diante.

A linha inclinada do gráfico é a linha de tendência do indicador % de sucata. Esta linha aponta para o estabelecimento do processo de melhoria contínua. Isto reforça a eficácia das seguintes estratégias empregadas nos ciclos:

- Envolvimento das pessoas do nível operacional no processo de decisão de aprovação da melhoria, de definição da causa raiz e na geração de oportunidades de P+L e também na implantação de melhorias de P+L;
- Ações de monitoramento e promoção das mudanças, definindo o início de uma nova rodada do ciclo para superar barreiras encontradas e para se atingir o padrão desejado da melhoria de P+L;
- Ações de definição da causa raiz da geração de resíduos com aplicação da técnica dos “5 Porquês” em seções de *brainstorming*;
- A validade do critério de priorização dos ciclos: primeiro as estratégias do Nível 1 (redução na fonte); segundo as estratégias do Nível 2 (reutilização) e por último o Nível 3 (reciclagem externa), isto é, confirma que quanto mais próximo se ataca o problema de sua causa raiz, mais rápidos e mais eficazes são os ciclos.

A Tabela 9 mostra a massa de resíduos gerada (sucata), o consumo de MP e a % de sucata para cada ano da pesquisa. Os valores de consumo de MP variam aleatoriamente, mas a % de sucata diminuiu ano a ano.

TABELA 9 – Indicador % sucata anual

| Ano | Sucata (kg) | Consumo de MP (kg) | % de sucata |
|------|-------------|--------------------|-------------|
| 2010 | 31.623 | 318.301 | 9,93% |
| 2011 | 30.732 | 576547 | 5,33% |
| 2012 | 24.149 | 642.667 | 3,76% |
| 2013 | 11.960 | 420.996 | 2,84% |
| 2014 | 8.529 | 307.273 | 2,78% |

Fonte: Elaboração própria

Estes dados permitem inferir uma redução de níveis próximos a 10% de sucata para um nível inferior a 3% com a implantação de melhorias preventivas de P+L durante os 5 anos da pesquisa.

8 PROPOSTA DE METODOLOGIA DE GESTÃO DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA NAS PEQUENAS EMPRESAS

Esta seção é dedicada à apresentação do resultado relacionado ao principal objetivo desta pesquisa, isto é, da metodologia de gestão de P+L em pequenas empresas.

A análise de dados realizada durante o trabalho de campo indica a execução dos seguintes passos metodológicos na aplicação de estratégias de P+L: Planejamento; Monitoramento e Promoção; Análise de fluxos de produção; Análise de fluxos de engenharia; Análise de fluxos de fornecedores; Geração de oportunidades; Aprovação no nível operacional; Aprovação de vendas; Aprovação da Diretoria; Aprovação do cliente; Implantação de melhorias; e Padronização.

A análise de dados do trabalho de campo também indica pontos de ajuste na estrutura prévia apresentada no Quadro 18, no final da revisão da literatura. O Quadro 27 apresenta os itens a serem considerados neste ajuste.

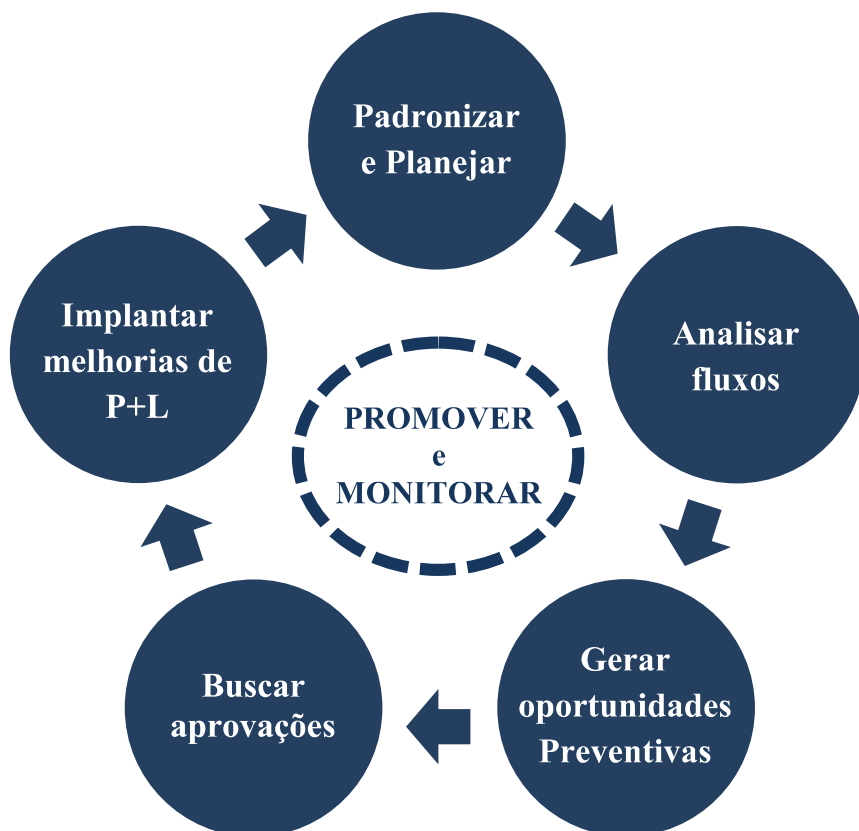
QUADRO 27 – Pontos de ajuste na estrutura prévia da metodologia

| Ponto de ajuste | Descrição |
|--------------------------------------|--|
| Padronização | Deve-se buscar a padronização de novos procedimentos, novos desenhos e novos métodos de produção. Se há barreiras às mudanças, o ciclo deve ter novas rodadas com novas ações até que a melhoria se efetive. |
| Monitoramento e Promoção | Ações de monitoramento e promoção das mudanças devem ser realizadas com o objetivo de se obter a padronização. O monitoramento fornecerá os dados necessários para avaliar se o ciclo de melhorias deve ter nova rodada. |
| Responsável por monitorar e promover | Um responsável deve ser designado para monitorar e promover mudanças, garantir o envolvimento do nível operacional na análise de fluxos, na geração de oportunidades, na aprovação e na implantação da melhoria. |
| Processo de buscar aprovações | Toda e qualquer mudança deve ser aprovada em primeiro lugar no nível operacional (operadores, desenhistas, analistas). Na sequência a aprovação deve ser na área de vendas, depois na direção da empresa e, por último, o cliente se houver alterações no produto acabado. |
| Priorização de mudanças | Devem-se priorizar modificações mais fáceis de serem executadas com os recursos disponíveis e ao mesmo tempo priorizar as modificações de menor investimento; |
| Área de análise de fluxo | A análise de fluxo deve ocorrer na produção, inclusive dos fornecedores, e especialmente nas áreas de engenharias de definição de desenhos, métodos, processos e especificações. |

Fonte: Elaboração própria

Com base nestes pontos de ajustes e nos passos metodológicos que ocorreram durante o trabalho de campo, a Figura 17 ilustra de forma esquemática a metodologia proposta nesta pesquisa.

FIGURA 17 – Proposta da metodologia de gestão de Produção mais Limpa nas pequenas empresas



Fonte: Elaboração própria

Sucintamente, a metodologia é composta por uma meta fase e uma fase cíclica de 5 passos para gerar oportunidades preventivas e implantar melhorias de Produção mais Limpa nas pequenas empresas. O objetivo da meta fase é focado em proporcionar o processo de melhoria contínua, por meio da promoção e monitoramento das melhorias de P+L.

A metodologia proposta visa simplificar e orientar ações internas nas pequenas empresas para se gerar um ciclo de melhorias contínuas baseadas nos conceitos de Produção mais Limpa. Nas pequenas empresas as barreiras internas (HILLARY, 2004) representam maior impacto na obstrução ao progresso de sistemas de gestão ambiental.

Os objetivos, as justificativas baseadas na revisão da literatura e uma apresentação mais detalhada da meta fase e de cada passo da fase cíclica da metodologia proposta estão descritos nas subseções seguintes. As justificativas apresentadas reforçam as etapas e passos definidos nesta metodologia durante o trabalho de campo.

8.1 META FASE: PROMOVER E MONITORAR

O papel da meta fase ‘Promover e Monitorar’ é fazer o ciclo de 5 passos da metodologia rodar com qualidade e eficácia para se atingir os objetivos de redução na geração de resíduos. Esta fase se justifica pela falta (KHALILI *et al.*, 2015) de sistemas de monitoramento e manutenção da P+L nas pequenas empresas e porque a P+L acontece num processo de melhoria contínua (UNEP DTIE, 2004) com resultados em longo prazo.

Outro ponto relacionado à meta fase ‘Promover e Monitorar’ é a necessidade de inserção da P+L nas atividades cotidianas das empresas (DIELEMAN, 2007). As empresas devem dedicar maior atenção (LUKEN e ROMPAEY, 2008) ao que realmente tem-se implantado e sustentado em termos de melhoria contínua e se concentrar menos (DIELEMAN, 2007) em “convencer” e “mostrar” os benefícios da P+L. Neste sentido, a promoção e o monitoramento são relevantes, já que há dificuldades na aprendizagem e nas mudanças nas organizações (STONE, 2006a) na direção do processo de melhoria contínua.

Nas ações de promoção e monitoramento inclui-se a superação de barreiras à P+L, tais como (SILVA *et al.*, 2013): implementação não integrada e não sistemática; pessoa responsável sem autoridade para conduzir a P+L na empresa; programas não monitorados e revisados; falta de envolvimento de funcionários; e sistema de comunicação falho.

A competência do responsável pelas ações de promoção e monitoramento é crucial para o sucesso do processo da melhoria contínua na utilização de P+L (STONE, 2006a). Uma boa escolha no caso das microempresas é o proprietário dirigente, já que (DRUCKER, 1981) ele utiliza a maior parte do tempo em tarefas operacionais. No caso das empresas de pequeno porte e médio porte, a pessoa escolhida deve estar no nível tático - média gerência, isto se justifica por este nível ter atribuições e condições de obter o comprometimento e envolvimento das pessoas (STONE, 2006a). Na empresa de pequeno porte, a pessoa escolhida deve ter autonomia nas áreas de engenharia, produção, qualidade, almoxarifado e suprimentos e deve também acompanhar frequentemente a execução, para garantir que as mudanças propostas sejam de fato realizadas. Na empresa de médio porte a pessoa escolhida pode coordenar as atividades de um pequeno grupo de pessoas. Cada integrante do grupo deve contribuir na geração de oportunidades e na implantação das melhorias de P+L, monitorando e promovendo os processos em sua área de atuação.

Nas pequenas empresas, a pessoa escolhida para ‘Promover e Monitorar’ as melhorias contínuas de P+L deve ter características adequadas para esta tarefa. As características mais significativas são: poder de decisão e competência de atuar em equipe,

que são necessárias para promover mudanças duradoras quando se enfrentam os seguintes fatores que restringem o potencial de melhoria contínua apontadas por Stone (2006a, 2006b): falta de comprometimento, falta de liderança, falta de suporte interno para membros da equipe, comunicação interna pobre e falha no envolvimento dos funcionários.

No quesito conhecimento específico dos conceitos de Produção mais Limpa, o requisito mínimo é que a pessoa escolhida tenha atitudes (UNEP DTIE, 2006) de conservar materiais e reduzir desperdícios, norteados por aumentar a produtividade, reduzir consumo de material, reduzir a geração de resíduos e risco para o meio ambiente. Com relação às especificidades da pequena empresa a pessoa escolhida deve explorar as especificidades positivas, tais como (TERENCE e ESCRIVÃO FILHO, 2007): flexibilidade e agilidade para efetuar mudanças, engajamento dos funcionários e dedicação dos dirigentes. Por outro lado, deve estar ciente de restrições como: falta de recursos humano e financeiro, processos não formalizados; e centralização de decisão no dirigente.

Na unidade de análise da presente pesquisa, a pessoa responsável pela meta fase ‘Promover e Monitorar’ é o gerente industrial, autor deste estudo. A interação junto à equipe operacional e também junto à gerência geral na definição de oportunidades de melhorias, para a logística de produção, qualificam o autor desta pesquisa para a condução da meta fase na empresa adotada como unidade de estudo.

A abreviação RPC (responsável pelo ciclo) é utilizada no texto para designar o responsável pelas ações de promoção e monitoramento da meta fase. O RPC tem atribuições em todas as etapas do ciclo de 5 passos e deve ter a habilidade de envolver as pessoas da equipe nos momentos adequados para evolução na utilização de P+L.

8.2 PADRONIZAR E PLANEJAR

Planejar é uma fase do ciclo PDCA e está presente nas metodologias de P+L avaliadas nessa pesquisa (CETESB, 2002; CNTL, 2007; UNEP DTIE, 2004), e assim, da mesma forma, nessa proposta a ação de ‘Planejar’ também está presente.

A ação de ‘Planejar’ deve buscar a simplicidade requerida. Contando o ciclo de 5 passos está rodando, o planejamento de um novo ciclo pode ocorrer após se obter os padrões da estratégia de P+L implantada quando então se deve:

- Analisar e revisar melhorias já implantadas e afetadas negativamente pelo ciclo anterior. A fase cíclica de 5 passos deve ser empregada na revisão;

- Definir ações de revisão de procedimentos, desenhos e processos de produção, afetados positivamente pelas melhorias do ciclo anterior.
- Definir os fluxos a serem abordados no novo ciclo, estabelecer metas ambientais, econômicas e de segurança;

Já a ação de ‘Padronizar’ contribui com a melhoria contínua, ao fazer o ciclo de 5 passos rodar para garantir que alterações sejam padronizadas antes de se iniciar as análises de uma nova estratégia de P+L. A padronização é importante para: eliminar barreiras às mudanças e garantir que todas as pessoas executem as tarefas da mesma forma; quantificar os benefícios com base em padrões; planejar novas oportunidades de melhoria com base em padrões; e realizar o monitoramento visual durante a produção.

O RPC deve se certificar, pelo monitoramento visual, que todos os operadores estejam seguindo o novo processo implantado. É comum a ocorrência de conhecimento tácito (ATES *et al.*, 2013), resistência às mudanças (UNEP DTIE, 2004; HILLARY, 2004) e falha no envolvimento dos funcionários (STONE, 2006a). Com isso, os novos procedimentos não são seguidos por todos os envolvidos, não se obtém a padronização, perde-se parte dos benefícios e a análise dos resultados é comprometida. O RPC deve trabalhar junto com outras pessoas da equipe para remover essas barreiras e realizar ações, tais como: comunicação interna do que será implantado, conversas informais para obter sugestões das pessoas que realizam as operações; reuniões frequentes com a equipe para gerar oportunidades de melhoria P+L; e treinamentos durante a execução de processos operacionais. Estas ações contribuirão para promover a P+L e garantir a eficácia das mudanças.

Outra atribuição do RPC na ação de ‘Planejar’ é a consideração dos valores, políticas e dos recursos disponíveis da organização. O objetivo é que se obtenha a eficácia nas ações e se evitem desperdícios de tempo e recursos com melhorias de P+L que ainda não podem ser implantadas.

8.3 ANALISAR FLUXOS

Na análise dos fluxos, o objetivo fundamental é descobrir a origem dos resíduos. É na origem dos resíduos (UNIDO, 2015b; VAN BERKEL, 2011) que se devem aplicar medidas preventivas de P+L para se evitar sua geração.

O passo anterior (‘Padronizar e Planejar’) define os fluxos que serão abordados no ciclo, portanto o passo ‘Analisar fluxos’ já tem um planejamento macro. O RPC deve elaborar o micro planejamento e definir: quando, quem, como e com quais recursos executar a análise.

Deve-se dar atenção também aos fluxos de engenharia que definem especificações de compra, desenhos e métodos de produção. O RPC deve monitorar e promover mudanças que eliminem o conhecimento tácito na elaboração de métodos e a falta de especificações de engenharia.

No contexto das pequenas empresas há escassez de recursos humanos e a habilidade gerencial e operacional é limitada (COCCA e ALBERTI, 2010), daí normalmente não se realiza o micro planejamento e nem se registram as análises dos fluxos realizadas. No entanto, as pessoas envolvidas nos fluxos em análise devem obter e registrar as seguintes informações: os resíduos gerados, a quantidade de cada resíduo gerado, onde os resíduos são gerados e principalmente identificar os motivos da geração dos resíduos.

O RPC deve considerar o uso de recursos simples e que envolvam as pessoas no processo de decisão na análise de fluxos. No trabalho de campo, as seções de *brainstorming* com emprego dos “5 Porquês” mostraram ser interessantes neste sentido.

8.4 GERAR OPORTUNIDADES PREVENTIVAS

Este passo centra-se na geração de oportunidades preventivas de P+L.

Os objetivos além da geração de oportunidades preventivas são: primeiro envolver as pessoas no processo e, segundo, reduzir o tempo na identificação de ações eficazes que evitem a geração de resíduo. Normalmente (UNIDO, 2015b) quanto mais se previne a geração de resíduos, menores serão os ciclos na implantação de melhorias e mais eficazes serão estas ações.

Este passo é uma continuidade e sua eficácia é dependente das saídas do passo anterior. Depois de identificar as fontes causadoras da geração de resíduos, deve-se aplicar o princípio da prevenção nestas fontes. Ao se indagar: “O que fazer para não gerar resíduos?” se realiza um mecanismo de geração de oportunidades preventivas de P+L (CNTL, 2007). O RPC é o responsável por inserir mecanismos de geração de oportunidades preventivas de P+L. As seções de *brainstorming* e conversas informais durante o monitoramento e promoção mostraram ser eficazes durante o trabalho de campo na geração de oportunidades de P+L e no envolvimento das pessoas neste processo.

O centro das atenções na geração de oportunidades preventivas não deve limitar o processo de sugestões. O RPC deve registrar todas as oportunidades de melhoria de P+L sugeridas e priorizar as preventivas. Deve-se utilizar o critério de priorização da Figura 4, isto é, priorizar ações que atacam a geração de resíduo na sua fonte (Nível 1), somente depois considerar a reciclagem interna (Nível 2) e em último caso a reciclagem externa (Nível 3).

8.5 BUSCAR APROVAÇÕES

Um dos objetivos do passo ‘Buscar aprovações’ é checar as viabilidades técnica, ambiental, econômica e também a estratégica de implantação. Outros objetivos são:

- Funcionar como ponto de checagem de metas definidas no planejamento;
- Contribuir na superação da falta de consciência aos benefícios P+L (FRIJNS e VAN VLIET, 1999; SHI *et al.*, 2008) e da resistência à mudança (FRIJNS e VAN VLIET, 1999; SILVA *et al.*, 2013) pelo envolvimento das pessoas no processo de decisão;
- Contribuir para a P+L atuar como agente de mudanças organizacionais (STONE 2006a, 2006b) para alcançar: comprometimento, liderança, comunicação, suporte interno à equipe e envolvimento das pessoas;
- Priorizar as melhorias de P+L segundo critério Investimento x Dificuldade de implantação, conforme explicado na sequência.

Todas as melhorias de P+L, especialmente as mais simples, devem ser aprovadas. Todos os níveis devem ser envolvidos no processo de busca de aprovações, iniciando pelo nível operacional. Dependendo da alteração, a área de vendas e a direção da empresa devem ser envolvidas na aprovação e pode ser necessário obter a aprovação do cliente, como no caso de alterações no produto. Um dos fatores de sucesso do *3P-program* da 3M (VAN BERKEL, 2000) é o envolvimento de todas as pessoas. Pode-se considerar que o processo de aprovação se inicia no nível do idealizador da sugestão.

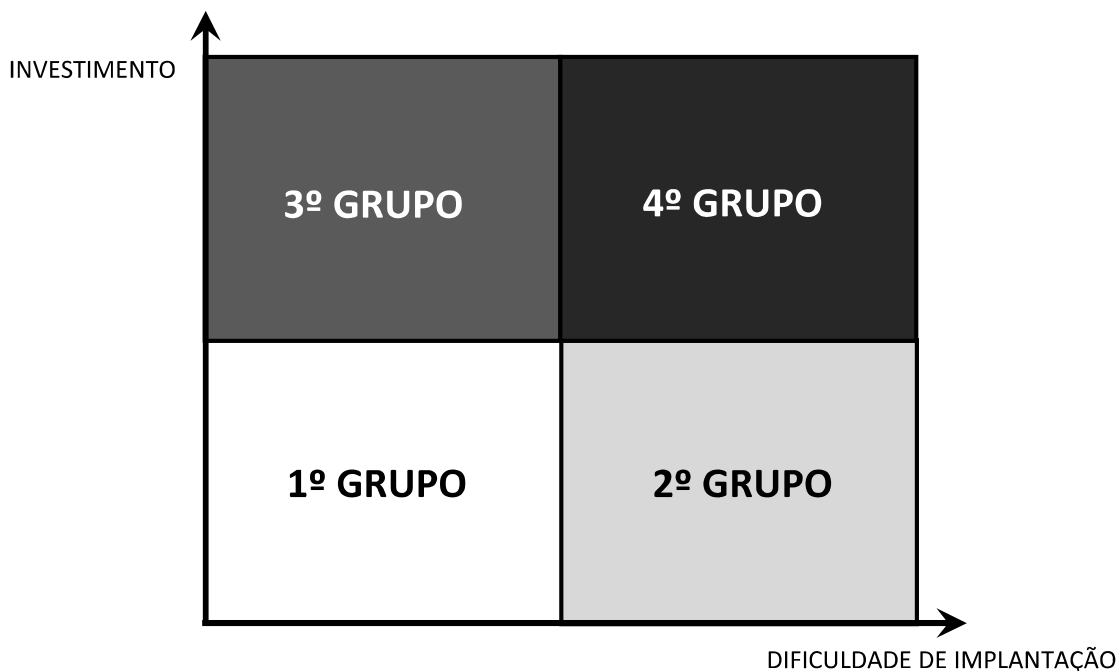
O RPC deve divulgar e proporcionar a discussão sobre as oportunidades de melhoria P+L na busca das suas aprovações por meio de ações na meta fase ‘Promover e Monitorar’, tais como conversas informais com funcionários da alta gestão e operacionais e *brainstormings*. As ações de divulgar e discutir podem gerar informações relacionadas principalmente à dificuldade de implantação e que serão utilizadas no processo de priorização.

O critério de priorização das propostas, que é parte integrante desta etapa da metodologia, tem como objetivo principal mostrar que muitas das oportunidades de melhoria P+L são de baixo ou sem custo (UNIDO, 2015a; VAN BERKEL, 2011; LUKEN e ROMPAEY, 2008). Com este objetivo busca-se evitar que os integrantes da equipe coloquem como barreira o alto custo de capital. Muitos estudos (FRIJNS e VAN VLIET, 1999; GALLUP e MARCOTE, 2004; OLIVEIRA NETO *et al.*, 2015) classificam o investimento entre as principais barreiras à P+L. Outro objetivo é evitar o equívoco (UNEP DTIE, 2006) cometido por empresários que consideram que a gestão ambiental sempre tem custo. A P+L gera viabilidade ambiental e econômica (BAAS, 2007; DOMINGOS e PAULINO, 2009;

GIANNETTI *et al.* 2008; KHALILI *et al.*, 2015; STONE, 2006a), ao passo que o tratamento de resíduos pelas técnicas de “fim-de-tubo” não têm retorno financeiro (UNEP DTIE, 2006).

A Figura 18 mostra graficamente o critério de priorização que deve ser utilizado nesta etapa. Considerando a variável Investimento, em termos monetários, e a variável Dificuldade de Implantação tem-se quatro grupos de priorização.

FIGURA 18 – Critério de priorização Investimento x Dificuldade de implantação



Fonte: Elaboração própria

Deve-se em primeiro lugar implantar as melhorias do 1º grupo, isto é, as de baixo investimento e baixa dificuldade de implantação; em segundo lugar, devem-se implantar as melhorias de baixo investimento e alta dificuldade de implantação (2º grupo); em terceiro lugar devem-se implantar as melhorias de alto investimento e de menor dificuldade; e por último implantar as melhorias classificadas no 4º grupo, isto é, as mais difíceis e de maior investimento. As melhorias de fácil implantação não implicam que sejam de fácil idealização.

Em Giannetti *et al.* (2008), não se explicita um critério de priorização, no entanto, é mencionado que primeiro implantou-se melhorias de baixo investimento, ou sem investimento, e relatam plano de ações com itens de maior complexidade.

8.6 IMPLANTAR MELHORIAS DE P+L

Todas as melhorias efetivadas passam por uma etapa de implantação. O objetivo desta etapa é realizar as alterações necessárias nos processos.

Esta etapa também deve ser explorada para promover a melhoria contínua baseada nos conceitos de P+L. O RPC deve envolver o nível operacional na implantação da melhoria com o objetivo de promover a superação das barreiras internas à P+L como: falta de comprometimento da gestão (DIELEMAN, 2007); resistência à mudança; falta de informações, falta de experiência e formação adequada; falta de comunicação; e prioridades concorrentes - em particular a pressão por lucros a curto prazo (UNEP DTIE, 2004).

Na execução desta etapa deve-se buscar a simplicidade requerida nas pequenas empresas (ATES *et al.*, 2013; COCCA e ALBERTI, 2010; TERENCE e ESCRIVÃO FILHO, 2007). Não há necessidade de elaboração de planos formais e detalhados, no entanto, o RPC deve registrar datas, acompanhar e definir prazos de implantação. No período de adaptação às alterações dos processos o RPC deve acompanhar e monitorar visualmente a execução das atividades operacionais. O objetivo é avaliar a eficácia da implantação e verificar se há necessidade de novas alterações em procedimentos, em instalações e de realização de treinamentos no local de trabalho dos envolvidos nos processos afetados.

Para um monitoramento em médio e longo prazo é necessário definir indicadores de desempenho, que devem ser de tal forma que os integrantes da equipe o entendam e concluam se a melhoria contínua está ocorrendo. Exemplos de indicadores: consumo de água, consumo de energia, consumo de gás e redução de geração de resíduos. O monitoramento por indicadores não exige o RPC de realizar o monitoramento visual e frequente das atividades operacionais, conforme os padrões obtidos na etapa de ‘Planejar e Padronizar’.

A apresentação da etapa ‘Implantar melhorias de P+L’ finaliza a exposição da proposta da metodologia de gestão de P+L nas pequenas empresas.

O comprometimento das pessoas é necessário no processo de melhoria contínua, que é essencial para se alcançar os benefícios da gestão ambiental baseada na P+L (STONE, 2006a). Esta é a razão de se enfatizar a melhoria contínua em todas as etapas da metodologia, que apresenta diretrizes gerais no papel de promoção e monitoramento. Cada empresa apresenta características específicas em termos de seus valores e cultura e, em razão disto, cabe ao RPC definir as ações necessárias e específicas para garantir o comprometimento das pessoas. A principal mensagem na literatura é (DIELEMAN, 2007) que as inovações precisam ser adaptadas às características específicas de uma organização para serem bem sucedidas. A adaptação e integração de inovações são realizadas (DIELEMAN, 2007) por meio de “aprender fazendo” (processo para mudar e melhorar uma tecnologia de produção) e “aprender usando” (processo de integrar uma nova tecnologia no processo de produção).

8.7 SÍNTESE PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA

Uma estrutura dinâmica que ilustra aplicação da metodologia proposta de gestão da P+L em pequenas empresas é apresentada pela Figura 17, enquanto uma síntese para esta aplicação é apresentada no Quadro 28. Os procedimentos e ações na meta fase devem ser de responsabilidade de uma pessoa (proprietário ou gerente industrial) hábil no envolvimento das pessoas e com poder de decisão nos processos de fabricação, engenharias e compras de materiais e de serviços.

QUADRO 28 – Síntese para aplicação da metodologia proposta

| ETAPAS | PROCEDIMENTO | |
|--|--|---|
| | PASSO CÍCLICO | META FASE |
| Padronizar | <ol style="list-style-type: none"> 1. Padronizar a forma de execução das tarefas entre todos os executantes; 2. Rodar ciclos de cinco passos até se obter metas planejadas. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Monitorar visualmente a execução da produção segundo novo padrão. 2. Promover treinamentos para que todos sigam o novo método implantado. |
| Planejar | <ol style="list-style-type: none"> 3. Revisar desenhos e métodos afetados pela melhoria anterior; 4. Definir novo fluxo a ser analisado; 5. Definir metas ambientais, econômicas e de segurança. | <ol style="list-style-type: none"> 3. Comunicar equipe sobre nova análise; 4. Conversar informalmente para obter sugestões de melhorias; 5. Considerar valores, políticas e recursos disponíveis da organização. |
| Analisar Fluxos | <ol style="list-style-type: none"> 6. Investigar a origem dos resíduos. Considerar fluxos de engenharia; 7. Registrar o local e a quantidade de cada resíduo gerado; 8. Identificar a causa da geração do resíduo. | <ol style="list-style-type: none"> 6. Envolver a equipe no processo de decisão de análise de fluxos; 7. Definir: quando, quem, como e com quais recursos executar a análise; 8. Definir uso de recursos simples. |
| Gerar Oportunidades Preventivas | <ol style="list-style-type: none"> 9. Gerar oportunidades que evitem a geração de resíduo; 10. Priorizar redução de geração de resíduo na fonte (Nível 1). | <ol style="list-style-type: none"> 9. Envolver equipe na geração de ideias. Reuniões, <i>brainstormings</i>, etc.; 10. Inserir mecanismos de geração de oportunidades de melhorias; 11. Registrar todas as oportunidades de melhorias sugeridas. |
| Buscar Aprovações | <ol style="list-style-type: none"> 11. Priorizar as melhorias de menor investimento e mais fáceis de implantar; 12. Checar as viabilidades: técnica, ambiental, econômica da implantação; 13. Incluir todas as melhorias, inclusive as mais simples, no processo. | <ol style="list-style-type: none"> 12. Envolver todos os níveis no processo de aprovação, iniciando pelo nível operacional; 13. Divulgar as oportunidades de melhoria de P+L na busca da aprovação. |
| Implantar Melhoria de P+L | <ol style="list-style-type: none"> 14. Implantar as melhorias aprovadas; | <ol style="list-style-type: none"> 14. Envolver o nível operacional na implantação da melhoria; 15. Registrar datas, acompanhar e definir prazos de implantação; 16. Definir indicadores de desempenho para monitoramento de longo prazo. |

Fonte: Elaboração própria

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos desta pesquisa foram atingidos. Em resposta ao problema de pesquisa: ‘como estruturar as ações de Produção mais Limpa em pequenas empresas?’, a contribuição deste trabalho é uma proposta de metodologia de gestão de Produção mais Limpa em pequenas empresas. A revisão da literatura permitiu a elaboração da estrutura prévia da metodologia e a análise dos dados do trabalho de campo indicou modificações nesta estrutura prévia para se propor uma metodologia de gestão da P+L mais apropriada às PME. O trabalho de campo também contribuiu para a aplicação da metodologia proposta, implantação das estratégias de P+L e obtenção dos benefícios ambientais e econômicos.

A motivação inicial desta pesquisa foi a superação da falta de apoio da direção de uma pequena empresa ao programa de P+L e posteriormente das diversas barreiras verificadas na literatura. A metodologia proposta visa simplificar e incentivar as ações de gestores na superação de barreiras internas e de dificuldades relacionadas às especificidades das PME. A estratégia de monitorar e promover visa superar a centralização das decisões no dirigente e a falta de envolvimento das pessoas no processo de decisão. A padronização visa superar a não formalização de processos e a dificuldade de aprendizado na direção do processo de melhoria contínua. A priorização das oportunidades visa superar a barreira do investimento.

A metodologia proposta mostrou bom desempenho na unidade de pesquisa. Houve redução de aproximadamente 70% na geração de resíduos nos 5 anos analisados numa tendência de queda, o que indica o estabelecimento do processo de melhoria contínua. As estratégias de P+L de maior impacto na redução de geração de resíduos foram implantadas nos primeiros 2 anos e aprimoradas nos outros 3 anos. Foram implantadas melhorias de P+L, com modificações em: projeto de produtos; especificação de MP e especificação de prestação de serviços; processos e métodos de fabricação; política de compras de MP e de estoque de produto acabado; organização de materiais e *lay out*. Juntas estas alterações melhoraram as condições de trabalho e segurança do ambiente fabril. Estima-se redução de 43.652 kg de aço na geração de resíduo no ano de 2012, economia de US\$ 71.899,79, com investimento inferior a US\$ 240,00. O resultado mais relevante é a ocorrência do processo de melhoria contínua que mostra a eficácia e eficiência da metodologia proposta.

O estabelecimento do processo de melhoria contínua na geração de resíduos suporta a conclusão de que são eficazes e eficientes as ações de monitoramento e promoção para envolvimento das pessoas do nível operacional na definição de causa raiz, na geração de oportunidades preventivas, no processo de aprovação, na implantação e na padronização da

melhoria da P+L. O não envolvimento das pessoas nestas etapas pode restringir a velocidade de implantação e padronização e dificultar a ocorrência da melhoria.

Outra conclusão suportada pelo processo de melhoria contínua é a eficácia e eficiência do critério de priorização: primeiro as estratégias do Nível 1 (redução na fonte); segundo as do Nível 2 (reciclagem interna) e por último as do Nível 3 (reciclagem externa). Quanto mais próximo se ataca o problema de sua causa raiz, mais rápidos e mais eficazes são os ciclos. A definição da causa raiz com aplicação da técnica dos “5 Porquês” e de geração de oportunidades preventivas em seções de *brainstorming* mostraram ser técnicas apropriadas na metodologia proposta para este critério de priorização.

O processo de melhoria contínua obtido suporta a conclusão de que a metodologia proposta contribui na redução da influência de especificidades negativas das PME, tais como a não formalização de procedimentos e uso de conhecimento tácito. A maioria das causas raízes de geração de resíduos nesta pesquisa-ação estava na engenharia, que não especificava adequadamente as entradas do processo de produção (projeto, métodos, materiais, planos de corte, serviços de perfuração) com objetivo de se reduzir resíduos.

A metodologia foi aplicada somente numa pequena metalúrgica, com potencial para melhorias de P+L. Soma-se que a equipe apresentou motivações para as mudanças e a atuação do autor da pesquisa com foco na obtenção dos resultados apresentados. Reconhece-se que a amostragem utilizada no resultado obtido nesta pesquisa representa uma fração muito pequena do público necessário para se generalizar a metodologia proposta.

Cabem muitas indagações, pode-se perguntar se as etapas e fases são necessárias e suficientes na gestão de P+L em empresas de médio porte e nas microempresas. Pode-se, como sugestão para trabalhos futuros, avaliar a aplicação desta metodologia em empresas de médio porte e microempresas. Pode-se investigar se a metodologia proposta é apropriada para outros setores industriais (alimentos, confecção de vestuário, têxtil, autopeças), para o setor de serviços (bancos, escolas), para empresas do comércio. Por exemplo, como se comportaria esta metodologia num comércio de administração tipo familiar?

A metodologia proposta prevê resultados em longo prazo, para esta situação sugere-se a condução de trabalhos por grupos de pesquisa em prazos adequados ou de estudos de caso longitudinais, mas também se sugere estudos de casos de menor duração para investigar a opinião dos participantes com relação à aplicação da metodologia proposta.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001:2008: Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. Rio de Janeiro, 2008.
- AGNELLO, X.; NAVEEN J.; RAVICHANDRAN, M.; BALAMURUGAN, J. Clean Technology and its Efficacy: Strategies of Environmental Management. *Journal of Environmental and Social Sciences*, v. 2, n. 2, p. 1-6, 2015.
- ALEM, D.; MORABITO, R. O problema combinado de planejamento da produção e corte de estoque sob incertezas: Aplicação em fábricas de móveis de pequeno porte. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 20, n. 1, p. 111 - 133, jan - mar 2013.
- ALMEIDA, C.M.V.B., AGOSTINHO, F., GIANNETTI, B.F., HUISINGH, D. Integrating cleaner production into sustainability strategies: an introduction to this special volume. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p.1-9, 2015.
- ALVES, F.P.; LISBOA, W.T. Vida e morte da pequena empresa no Brasil: aspectos conceituais e contextuais com vistas ao reposicionamento estratégico. *Revista Cesumar Ciências Humanas e Sociais Aplicadas*, v.19, n.2, p. 479-500, jul/dez 2014.
- ANASTAS, P.T.; KIRCHHOFF, M.M. Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. *Accounts of Chemical Research*, v. 35, p. 686-694, 2002.
- ANDREWS, S.K.T.; STEARNE, J.; ORBELL J.D. Awareness and adoption of cleaner production in small to medium-sized businesses in the Geelong region, Victoria, Australia. *Journal of Cleaner Production*, v.10, n. 4, p. 373–380, 2002.
- ATES, A.; GARENCO, P.; COCCA, P.; BITITCI, U. The development of SME managerial practice for effective performance management. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, v. 20, n. 1; p. 28 – 54, 2013.
- AYYAGARI, M.; BECK, T.; KUNT, A.D. Small and Medium Enterprises Across the Globe. *Small Business Economic*, n. 29, p. 415-434, 2007.
- BAAS, L.W. To make zero emissions technologies and strategies become a reality, the lessons learned of cleaner production dissemination have to be known. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, p. 1205-1216, 2007.
- BAUMANN, H.; BOONS, F.; BRAGD, A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, p. 409-425, 2002.
- BAYRAKTAR, E.; JOTHISHANKAR, M.C.; TATOGLU, E.; WU, T. Evolution of operations management: past, present and future. *Management Research News*, v. 30, n. 11, p. 843-871, 2007.
- BECK, T.; KUNT, A.D.; LEVINE, R. SMEs, Growth, and Poverty: Cross-Country Evidence. *Journal of Economic Growth*, n. 10, p. 199-229, 2005.

BOIRAL, O. The Impact of Operator Involvement in Pollution Reduction: Case Studies in Canadian Chemical Companies. *Business Strategy and the Environment*, v. 14, p. 339–360, 2005.

BONILLA, S.H., ALMEIDA, C.M.V.B., GIANNETTI, B.F., HUISINGH, D. The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 1, p.1-5, 2010.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2010. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1, n. 147, p. 3-7. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=03/08/2010&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=84>>. Acesso em: 07 jul 2015.

BRASIL. Lei complementar Nº 123, de 2006. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 dez. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp123.htm>. Acesso em: 21 jul 2015.

MIGUEL, P.A.C. Aspectos relevantes no uso da pesquisa-ação na engenharia de produção. Exacta, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 59-70, 2011.

CETESB. Implementação de um programa de Prevenção à Poluição. Guias da Série P+L. São Paulo, 19 p. 2002. Disponível em: <http://consumosustentavel.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/39/2013/11/manual_implem.pdf>. Acesso em: 25 set 2015.

CNTL. Produção mais limpa em edificações. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI/UNIDO/UNEP. Porto Alegre - RS, 88 p., 2007. Disponível em: <<http://www.senairs.com.br/cntl/>>. Acesso em: 27 ago 2015.

COCCA, P.; ALBERTI, M. A framework to assess performance measurement systems in SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 59, n. 2, p. 186-200, 2010.

COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operation management. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

DIELEMAN, H. Cleaner Production and Innovation Theory. Social experiments as a new model to engage in Cleaner Production. *Rev Int Contam Ambient*, v. 23, n. 2, p. 79-94, 2007.

DOMINGUES, R.M.; PAULINO, S.R. Potencial para implantação da Produção mais Limpa em sistemas locais de produção: o polo joalheiro de São José do Rio Preto. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 691-704, out/dez 2009.

DRACE, K.; KIEFER, A.M.; VEIGA, M.M.; WILLIAMS, M.K.; ASCARI, B.; KNAPPER, A.; LOGAN, K.M.; SKIDMORE, A.; BOLT, D.A.; GEIST, G.; REIDY, L.; CIZDZIEL, J. Mercury-free, small-scale artisanal gold mining in Mozambique: utilization of magnets to isolate gold at clean tech mine. *Journal of Cleaner Production*, v. 32, p. 88-95, 2012.

DRUCKER, P.F. Práticas da Administração de Empresas. São Paulo, Pioneira, 1981. 381 p.

EUROPEAN COMMISSION. SMEs, Resource Efficiency and Green Markets. Flash Eurobarometer 342 - TNS Political & Social, 2012.

FRIJNS, J.; VAN VLIET, B. Small-Scale Industry and Cleaner Production Strategies. *World Development*, v. 27, n. 6, p. 967-983, 1999.

FLYNN, B.B.; SAKAKIBARA, S.; SCHROEDER, R.G.; BATES, K.A.; FLYNN, E.J. Empirical Research Methods in Operations Management. *Journal of Operations Management*, v. 9, n. 2, p. 250-284, 1990.

GALLUP, J.; MARCOTTE, B. An assessment of the design and effectiveness of the Environmental Pollution Prevention Project (EP3). *Journal of Cleaner Production*, v. 12, p. 215-225, 2004.

GÄRDSTRÖN, 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.

GARENGO, P.; BIAZZO, S.; BITITCI, U. "Performance measurement systems in SMEs: a review for a research agenda", *International Journal of Management Reviews*, v. 7, n. 1, p. 25-47, 2005.

GIANNETTI, B.F.; BONILLA, S.H.; SILVA, I.R.; ALMEIDA, C.M.V.B. Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, p. 1106-1117, 2008.

GIL, A. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4. ed., São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GODOY, A.S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresa*, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GOMBAULT, M.; VERSTEEGE, S. Cleaner production in SMEs through a partnership with (local) authorities: successes from the Netherlands. *Journal of Cleaner Production*, v. 7, p. 249-261, 1999.

GRAMANI, M.C.N.; FRANÇA, P.M. The combined cutting stock and lot-sizing problem in industrial processes. *European Journal of Operational Research*, v. 174, p. 509-521, 2006.

HARREMOËS, P. Ethical aspects of scientific uncertainty in environmental analysis and decision making. *Journal of Cleaner Production*, v. 11, p. 705-712, 2003.

HILLARY, R. Environmental management systems and the smaller enterprise. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, p. 561-569, 2004.

HILSON, G.; NAYEE, V. Environmental management system implementation in the mining industry: a key to achieving cleaner production. *International Journal of Mineral Processing*, v. 64, p. 19-41, 2002.

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, p. 787-797, 2007.

IBGE. As micro e pequenas empresas comerciais e de serviços no Brasil: 2001. Estudos e pesquisas. Informação econômica, n. 1,102 p., Rio de Janeiro, 2003.

KHALILI, N.R.; DUECKER, S.; ASHTON, W.; CHAVES, F. From cleaner production to sustainable development: the role of academia. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p. 30-43, jun. 2015.

KHAN, Z. Cleaner production: an economical option for ISO certification in developing countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 1, p. 22-27, 2008.

KLEWITZ, J.; HANSEN, E.G. Sustainability-oriented innovation of SMEs: a systematic review. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p. 57-75, 2014.

LEONE, N.M.C.G. As especificidades das pequenas e médias empresas. *Revista de Administração*, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 91-94, abr./jun. 1999.

LUKEN, R.; ROMPAEY, F.V. Drivers for and barriers to environmentally sound technology adoption by manufacturing plants in nine developing countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 16S1, p. S67 - S77, 2008.

LUKEN, R.A.; NAVRATIL, J. A programmatic review of UNIDO/UNEP national cleaner production centres. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, p. 195-205, 2004.

LUKEN, R.A.; VAN BERKEL, R.; LEUNBERGER, H.; SCHWAGER, P. A 20-year retrospective of the National Cleaner Production Centres programme. *Journal of Cleaner Production*, in press, p. 1-10, 2015.

MARCONI, M.A., LAKATOS, E.M. Fundamentos de metodologia científica. 5ª edição, São Paulo: Atlas, 2005. 315 p.

MIGLIATO, A.L.T; ESCRIVÃO FILHO, E. A pequena empresa e suas especificidades: uma proposta de classificação fundamentada em um modelo de concepção organizacional. In: SEMEAD - SEMINÁRIOS DE ADMINISTRAÇÃO, 7., 2004, São Paulo. Anais ... São Paulo: FEA/USP, 2004.

MILLER, G.; BRRKE, J.; MCCOMAS, C.; DICK, K. Advancing pollution prevention and cleaner production - USA's contribution. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, p. 665-672, 2008.

MOL, A.; LIU, Y. Institutionalising cleaner production in China: the cleaner production promotion law. *International Journal of Environment and Sustainable Development*, v. 4, n. 3, p. 227-245, 2005.

MORAES, G.D.A.; ESCRIVÃO FILHO, E. A gestão da informação diante das especificidades das pequenas empresas. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 35, n. 3, p. 124-132, set./dez. 2006.

MURPHY, J. From Production to Consumption: Environmental Policy in the European Union. In: COHEN, M.J.; MURPHY, J. Exploring Sustainable Consumption: Environmental Policy and the Social Sciences. 1st. ed. United Kingdom, 2001, cap. 3, p. 39-58.

OHNO, T. Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. 149 p.

OLIVEIRA, J.F.G.; ALVES, S.M. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. *Produção*, v. 17, n. 1, p. 129-138, jan-abr 2007.

OLIVEIRA NETO, G.C.; LEITE, R.R.; LUCATO, W.C.; SHIBAO, F.Y. Mitigação de Barreiras para Implantação de Produção Mais Limpa em uma Pequena Empresa Metalúrgica. In: 5th INTERNATIONAL WORKSHOP – ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, São Paulo, 2015. Cleaner Production Towards a Sustainable Transition. Disponível em <<http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/ptbr/site/downloads.html>>. Acesso em: 22 nov 2015.

OLIVEIRA NETO, G.C.; VENDRAMETTO, O.; CHAVES L.E.C. Vantagens Ambientais e Econômicas na Implementação da Produção mais Limpa em uma Empresa Galvânica. In: 3rd INTERNATIONAL WORKSHOP – ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, São Paulo, 2011. Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World. Disponível em <<http://www.advancesincleanerproduction.net/third/ptbr/site/downloads.asp>>. Acesso em: 22 nov 2015.

ORTOLANO, L.; SANCHES-TRIANA, E.; AFZAL, J.; ALI, C.L.; REBELLÓN, S.A. Cleaner production in Pakistan's leather and textile sectors. *Journal of Cleaner Production*, v. 68, p. 121-129, 2014.

RANGEL, S.; FIGUEIREDO, A. O problema de corte de estoque em indústrias de móveis de pequeno e médio porte, *Pesquisa Operacional*, v. 28, p. 451-472, 2008.

SEBRAE. Anuário das pesquisas sobre as Micro e Pequenas Empresas (2011). Série Estudos e pesquisas. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, Brasília, 116 p., 2012.

SEBRAE. Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa 2014. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas; Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos, 7^a edição, São Paulo, 296 p., 2015.

SEVERO, E.A.; GUIMARÃES, J.C.F.; CRUZ, M.R.; DORIOND, E. Produção Mais Limpa, Inovação em Processo e Benefício Ambiental: Um Estudo de Caso em uma Indústria do Polo Metal-Mecânico da Serra Gaúcha. In: 3rd INTERNATIONAL WORKSHOP – ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, São Paulo, 2011. Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World. Disponível em <<http://www.advancesincleanerproduction.net/third/ptbr/site/downloads.asp>>. Acesso em: 22 nov 2015.

SHI, H.; PENG, S.Z.; LIU, Y.; ZHONG, P. Barriers to the implementation of Cleaner Production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholders' perspectives. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, p. 842 – 852, 2008.

SILVA, A.D.L.; DELAI, I.; CASTRO, M.A.S.; OMETTO, A.R. 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.S.; 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, p 809-817, 2014.

STONE, L.J. Limitations of cleaner production programmes as organisational change agents. I. Achieving commitment and on-going improvement. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, p. 1-14, 2006a.

STONE, L.J. Limitations of cleaner production programmes as organizational change agents. II. Leadership, support, communication, involvement and programme design. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, p. 15-30, 2006b.

TERENCE, A.C.F.; ESCRIVÃO FILHO, E. Elaboração do planejamento estratégico: estudo e aplicação de um roteiro em pequenas empresas. *Revista da Micro e Pequena Empresa*, Campo Limpo Paulista, v.1, n.2, p.34-50, 2007.

TERENCE, A.C.F.; ESCRIVÃO FILHO, E. Mapa do processo de criação de estratégias das pequenas empresas de base tecnológica. In: EnANPAD – ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 34., Rio de Janeiro 2010, Anais...Rio de Janeiro, 2010.

TERENCE, A.C.F.; ESCRIVÃO FILHO, E. Planejamento estratégico na pequena empresa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., Salvador, 2001. Anais... Salvador, BA, 2001.

THIOLLENT, M. Action research and participatory research: an overview. *International Journal of Action Research*, v. 7, n. 2, p. 160-175, 2011.

THIOLLENT, M. Pesquisa-Ação nas Organizações. 2ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2009. 165 p.

UN. Report of the United Nations Conference on the Human Environment. Stockholm, 80 p., 1972. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf>>. Acesso em: 12 set 2015.

UN. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-4.htm>>. Acesso em: 12 set 2015.

UN. Report of the World Summit on Sustainable Development. The Johannesburg Declaration on Sustainable Development and Plan of Implementation. 2002. Disponível em:

<http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/CONF.199/20&Lang=E>. Acesso em: 31/10/2015

UN. World Commission on Environmental and Development: Our Common Future. Oxford University Press. 1987 Disponível em: <http://www.bne-portal.de/fileadmin/unesco/de/Downloads/Hintergrundmaterial_international/Brundtlandberic ht.File.pdf?linklisted=2812>. Acesso em: 04 out 2015

UNEP. Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability. UNEP DTIE, Paris, França, 52 p, 2007. Disponível em: <<http://www.unep.org/pdf/dtie/DTI0889PA.pdf>>. Acesso em: 11 out 2015.

UNEP DTIE. Applying Cleaner Production to Multilateral Environmental Agreements. 170 p., 2006. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=DTI/0899/PA>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

UNEP DTIE. UNIDO/UNEP Guidance Manual on How to Establish and Operate Cleaner Production Centres. UNEP DTIE, Paris, França, 231 p, 2004. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=WEB/0072/PA>>. Acesso em: 18 ago 2015

UNIDO. 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: 22 ago 2015a.

UNIDO. CP Toolkit (English): Volume 1-Introduction to Cleaner Production. Disponível em: <https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_english/PR-Volume_01/PR-1-Textbook-1-a_neu.pdf>. Acesso em: 27 ago 2015b.

UNIDO. Independent Evaluation of the UNIDO-UNEP Cleaner Production Programme. Vienna, Austria, 208 p. 2008. Disponível em: <http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/documents/CP_Program_Evaluation_Report_May_2008%20%282%29.pdf>. Acesso em: 19 ago 2015.

VAN BERKEL, R. Assessment of the impact of the DESIRE project on the uptake of waste minimization in small scale industries in India (1993–1997). *Journal of Cleaner Production*, v. 12, p 269-281, 2004.

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

VAN BERKEL, R.C.W.M.; KORTMAN J.J.G.M. Waste prevention in small and medium sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, v. 1, n. 1, p. 21-28, 1993.

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

VAN BERKEL, R. Cleaner Production for process industry: Overview of the cleaner production concepts and relation with other environmental management strategies. Plenary Lecture, Chemeca. Perth WA, p. 9-12 July 2000.

VAN BERKEL, R. Evaluation of the global implementation of the UNIDO-UNEP National Cleaner Production Centres (NCPC) Programme. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 13, p.161–175, 2011.

VAN BERKEL, R. Evolution and diversification of National Cleaner Production Centres (NCPCs). *Journal of Environmental Management*, v. 91, p.1556-1565, 2010.

VAN BERKEL, R. Introduction to cleaner production assessments with applications in the food processing industry. *UNEP Industry and Environment*, v. 18, n. 1, p. 7-15, Jan. – Mar. 1995.

VAN HOOFF, B.; LYON, T.P. Cleaner production in small firms taking part in Mexico's Sustainable Supplier Program. *Journal of Cleaner Production*, v.41, p. 270-282, 2013.

VENANZI, D.C.; MORIS, V.A.S. Produção mais Limpa: estudo sobre as empresas fabricantes de componentes automotivos localizadas na cidade de Sorocaba-SP. *Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, Ano 8, n. 1, p. 119-132, jan - mar 2013.

VERGA, E.; TERENCE, A.C.F.; ALBUQUERQUE, A.F. A Pequena Empresa e o Planejamento Estratégico: análise de suas especificidades de gestão. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30, São Carlos, 2010, Anais... São Carlos/SP: ENEGEP, 2010.

VERGARA, S.C; CALDAS, M.P. Paradigma interpretacionista: a busca da superação do objetivismo funcionalista nos anos 1980 e 1990. *Revista de Administração de Empresa*, v. 45, n. 4, p. 66-72, 2005.

VERGARA, S. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 7ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2006. 96 p.

ZHANG, D.; LIU, J.; LI, B. Tackling Air Pollution in China - What do We Learn from the Great Smog of 1950s in London. *Sustainability*, v. 6, p. 5322-5338, 2014.

ZOTTER, K.A. “End-of-pipe” versus “process-integrated” water conservation solutions. A comparison of planning, implementation and operating phases. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, p. 685–695. 2004.

YANASSE, H.H.; MORABITO, R. Linear models for one-group two-dimensional guillotine cutting problems. *International Journal of Production Research*, v. 44, p. 3471-3491, 2006.