

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANÁLISE DA ABORDAGEM E RESULTADOS DA
PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM EMPRESAS DO
NÚCLEO DE EXTENSÃO PRODUTIVA E INOVAÇÃO
DA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Scheila Daiana Severo Hollveg

Santa Maria, RS, Brasil.

2015

**ANÁLISE DA ABORDAGEM E RESULTADOS DA
PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM EMPRESAS DO NÚCLEO DE
EXTENSÃO PRODUTIVA E INOVAÇÃO DA REGIÃO
CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

Scheila Daiana Severo Hollveg

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação de Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Dr. Leandro Cantorski da Rosa

Santa Maria, RS, Brasil.

2015

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Hollveg, Scheila Daiana Severo

Análise da abordagem e resultados da produção mais limpa em empresas do Núcleo de Extensão Produtiva e Inovação da região central do Rio Grande do Sul / Scheila Daiana Severo Hollveg.-2015.

74 f.; 30cm

Orientador: Leandro Cantorski da Rosa

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, RS, 2015

1. Produção mais limpa (PML) 2. Núcleo de Extensão Produtiva e Inovação (NEPI) 3. Teoria inventiva de solução de problemas (TRIZ) 4. Cenários prospectivos I. Rosa, Leandro Cantorski da II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ANÁLISE DA ABORDAGEM E RESULTADOS DA PRODUÇÃO MAIS
LIMPA EM EMPRESAS DO NÚCLEO DE EXTENSÃO PRODUTIVA E
INOVAÇÃO DA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

elaborada por
Scheila Daiana Severo Hollveg

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Leandro Cantorski da Rosa, Dr. (UFSM)
Presidente/Orientador

Rodrigo Fernando dos Santos Salazar, Dr. (UNIFRA)

Sérgio Luiz Jahn, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 17 de agosto de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por essa etapa importante da minha vida mesmo com todas as dificuldades ao longo da caminhada.

Aos meus pais, meu irmão e meu noivo pelo apoio recebido e pela compreensão nos momentos da minha ausência.

Ao meu orientador professor Leandro Cantorski da Rosa, pela orientação e paciência ao longo desses dois anos de aprendizado.

À CAPES pelo apoio financeiro recebido.

Aos colegas e amigos que estiveram presentes ao longo do curso, especialmente a Ana Paula e Lucas.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

ANÁLISE DA ABORDAGEM E RESULTADOS DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA EM EMPRESAS DO NÚCLEO DE EXTENSÃO PRODUTIVA E INOVAÇÃO DA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL

AUTORA: SCHEILA DAIANA SEVERO HOLLVEG
ORIENTADOR: LEANDRO CANTORSKI DA ROSA, DR.
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 17 de agosto de 2015.

Conciliar desenvolvimento sustentável com alta produtividade é um dos grandes desafios atuais, principalmente no que tange a busca por alternativas e tecnologias focadas em idealizar processos e produtos que não gerem ou reduzam passivos ambientais. Nesse sentido, o uso de ferramentas como a Produção mais limpa (PML) pode contribuir para o aumento da eficiência no uso de matérias-primas, água e energia através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos do processo produtivo. Com isso, objetivou-se analisar parâmetros de PML utilizados por empresas do setor metalmeccânico da região central do estado do Rio Grande do Sul, participantes do Núcleo de Extensão Produtiva e Inovação (NEPI), visando a proposição de cenários prospectivos resultantes da Teoria inventiva de solução de problemas (TRIZ). Nessa perspectiva, verificou-se que as empresas pesquisadas adotam práticas de PML, apesar de não haver sua regulamentação. Contudo, há muitas potencialidades a serem desenvolvidas pelos empresários locais no que tange as questões ambientais, o que depende também das políticas públicas, sociedade e mercado.

Palavras-chave: Produção mais limpa (PML). Núcleo de Extensão Produtiva e Inovação (NEPI). Teoria inventiva de solução de problemas (TRIZ). Cenários prospectivos.

ABSTRACT

Master's Thesis
Postgraduate Program in Production Engineering
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

APPROACH ANALYSIS AND RESULTS OF CLEANER PRODUCTION IN ENTERPRISES OF PRODUCTIVE EXTENSION AND INNOVATION CORE IN THE CENTRAL REGION OF STATE OF RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

AUTHOR: SCHEILA DAIANA SEVERO HOLLVEG
ADVISOR: PROF. LEANDRO CANTORSKI DA ROSA, DR
Defense Place and Date: Santa Maria, August 17, 2015.

Balancing sustainable development with high productivity is a major current challenges, especially regarding the search for alternatives and technologies focused on devising processes and products that do not generate or reduce damage to the environment. In this sense, the use of tools such as Cleaner Production (CP) can contribute to increased efficiency in the use of raw materials, water and energy by not-generation, minimization or recycling of waste and by products from the production process. Thus, the objective is to analyze CP parameters used by companies in the metal-mechanic sector of the central region of Rio Grande do Sul state, participants Productive Extension Center and Innovation (NEPI), aiming to propose future scenarios resulting from the Theory of inventing problem solving (TRIZ). From this perspective, it was found that the surveyed companies adopt CP practices although no regulation. However, there are many potential to be developed by local entrepreneurs regarding environmental issues, which also depends on public politics, society and market.

Keywords: Cleaner Production (CP). Productive Extension Center and Innovation (NEPI). Theory of inventive problem solving (TRIZ). Prospective scenarios.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da pesquisa.....	15
Figura 2 – Gestão ambiental e suas influências.....	17
Figura 3 – Abordagem do processo de gestão ambiental através da PML.....	21
Figura 4 – Publicações PML e TRIZ portal <i>Science Direct</i>	28
Figura 5 – Periódicos com publicações PML e TRIZ portal <i>Science Direct</i>	29
Figura 6 – Evidências acerca de aplicações TRIZ na PML.....	30
Figura 7 – Metodologia do NEPI.....	36
Figura 8 – Fluxograma etapas elaboração ferramentas	38
Figura 9 – Nível matriz "9 quadrantes"	40
Figura 10 – Modelo de cenários prospectivos	41
Figura 11 – Ações tratamento resíduo e reaproveitamento interno.....	43
Figura 12 – Ações iluminação natural, reaproveitamento externo e alteração materiais, produtos e processo	44
Figura 13 – Ações adequação produto final, redução e eliminação resíduo e alteração equipamentos	46
Figura 14 – Ação reutilização água	47
Figura 15 – Ação ventilação natural.....	47
Figura 16 – Ações matriz energética e substituição resíduos tóxicos e combustíveis fósseis	48
Figura 17 – Ações matriz energética, substituição resíduos tóxicos e logística reversa	49
Figura 18 – Mineração de dados PML	51
Figura 19 – "9 quadrantes" PML setor metalmeccânico região central RS	52
Figura 20 – Ilustração matriz "9 quadrantes" de PML	54
Figura 21 – Matriz para construção de cenários prospectivos.....	55
Figura 22 – Resumo cenários prospectivos	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Etapas de implementação da PML	19
Quadro 2 – Melhorias gerais necessárias para implementação PML.....	22
Quadro 3 – Resultados publicações TRIZ e PML portal Periódicos Capes.....	26
Quadro 4 – Caracterização das empresas pesquisadas	42
Quadro 5 – Interpretação analítica da matriz 9 quadrantes	53
Quadro 6 – Cenário 1 otimista	56
Quadro 7 – Cenário 2 mediano	56
Quadro 8 – Cenário 3 pessimista.....	57
Quadro 9 – Plano de ação empresa	59
Quadro 10 – Plano de ação governo.....	60
Quadro 11 – Plano de ação sociedade e mercado	61

LISTA DE SIGLAS

AGDI	– Agência Gaúcha de Desenvolvimento e Promoção do Investimento
APL	– Arranjos Produtivos Locais
BIRD	– Banco Internacional de Desenvolvimento
COREDES	– Conselhos Regionais de Desenvolvimento
ECO-92	– Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentado
ISO	– <i>International Organization for Standardization</i>
ITEC	– Incubadora Tecnológica
MPI	– Módulo produtivo e inovação
NEPI	– Núcleo de Extensão Produtiva e Inovação
PEPI	– Projeto Extensão Produtiva e Inovação
PML	– Produção mais limpa
PNUMA	– Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROCEREDES BIRD	– Programa de Apoio à Retomada do Desenvolvimento do Rio Grande do Sul
SDPI	– Secretaria de Desenvolvimento e Promoção do Investimento
SENAI	– Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TRIZ	– Teoria da Solução Inventiva de Problemas
UNEP	– Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNIDO	– Organização Mundial das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial
UNIFRA	– Centro Universitário Franciscano
WEKA	– <i>Software Waikato Environment for Knowledge Analysis</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Tema de pesquisa	13
1.2 Problema de pesquisa	13
1.3 Objetivos.....	14
1.3.1 Objetivo geral	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 Estrutura	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Gestão ambiental	16
2.2 Produção mais limpa	18
2.3 Teoria inventiva para resolução de problemas.....	25
2.4 Cenários prospectivos.....	31
2.5 Desenvolvimento econômico	32
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 Delineamento da pesquisa	35
3.2 Coleta e análise dos dados.....	37
3.3 Elaboração matriz "9 quadrantes" e cenários prospectivos	38
3.3.1 Construção da matriz "9 quadrantes"	39
3.3.2 Construção dos cenários prospectivos	41
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	42
4.1 Incidência das premissas PML	43
4.2 TRIZ "9 quadrantes"	52
4.3 Elaboração dos cenários prospectivos	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
5.1 Quanto aos objetivos definidos	62
5.2 Quanto à contribuição científica e prática	63
5.3 Sugestões para trabalhos futuros	63
REFERÊNCIAS.....	65
ANEXO A - Questionário PML	74

1 INTRODUÇÃO

É possível verificar que, para o desenvolvimento sustentável, requer-se uma nova cultura, nova maneira de pensar o meio ambiente, assim como estar receptivo a realizar mudanças (HOLLVEG; ADAMY; ROSA, 2015) e, conseqüentemente, são necessárias ferramentas de apoio que possibilitem minimizar os passivos oriundos da cadeia produtiva. Já a inovação tecnológica e dos modelos de gestão, paralelamente a isso, tem se mostrado cada vez mais um norteador da aplicação de conhecimento.

Sabe-se que mudar o padrão de produção e consumo pode permitir a países como o Brasil aproveitar esse momento de ruptura dos efeitos das mudanças climáticas, oportunizando um salto de qualidade, buscando um novo paradigma regional e globalizado em seu escopo atento aos desafios e oportunidades do século XXI (ZYLBERSZTAJN; LINS, 2010).

Quando se trata de produtividade, o cenário mundial atual é de grande expansão, contudo, a produção de determinados bens e serviços tem ocasionado uma série de impactos ambientais. Nesse sentido, a preocupação com lucratividade e eficiência deve ir além desta premissa já definida, pois pode e deve trazer à tona a questão ambiental. Por meio de estudos direcionados é possível identificar e implementar ferramentas que atuem em questões de produção com impacto ambiental, uma delas é a Produção mais limpa (PML).

Diante desse cenário, a PML, que tem como finalidade aprimorar a eficiência dos processos produtivos e serviços, é apontada como caminho favorável de atuação das empresas de forma preventiva, em relação aos aspectos ambientais, e também na redução dos riscos das operações aos funcionários e à comunidade, logo, na busca da sustentabilidade (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012). Visando a determinação de estratégias que possibilitem a solução de problemas de forma criativa, a Teoria da Solução Inventiva de Problemas (TRIZ) permite a procura de novas soluções para os problemas existentes (FERNANDES, 2013).

Na busca do aumento da eficiência e competitividade de empresas, o Estado do Rio Grande do Sul criou o projeto Extensão Produtiva e Inovação, que visa implantar Núcleos de Extensão Produtiva e Inovação (NEPI) operacionalizados por meio de convênios com universidades públicas e comunitárias. Nesse projeto, objetiva-se estimular indústrias e agroindústrias, preferencialmente de pequeno e médio porte, participantes de Arranjos

Produtivos Locais (APLs), ao desenvolvimento de projetos para expansão, modernização e inovação.

O NEPI da região central compreende todas as cidades dos Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDES) Central e Jacuí-centro, totalizando 26 cidades, tendo como meta o atendimento de 100 empresas por ano de convênio. Dentre os APLs atendidos pelo NEPI, nesta pesquisa focou-se nas empresas do APL Metalmeccânico. O setor metalmeccânico envolve empreendimentos e um conjunto de atividades econômicas em que os bens e serviços por eles produzidos utilizam tecnologias relacionadas com a produção, processamento e utilização de metais (NEUMANN, 2009).

Segundo o CIMM (2013), os resíduos são gerados em todos os setores e processos da indústria metalomeccânica, e podem apresentar-se na forma de gases, cinzas, óleos usados e graxas, ácidos, borrachas, escórias metálicas, vidros, cerâmicas, etc., sendo a maioria dos resíduos tóxicos. A falta de conscientização ambiental, os escassos recursos financeiros, a falta de assessoria, a dificuldade de acesso às tecnologias mais limpas e a falta de mão de obra qualificada destacam-se como os fatores que contribuem para que grande parte das indústrias de pequeno e médio porte provoquem impactos consideráveis ao meio ambiente (MANTOVANI; TAUCHEN; BECK, 2010).

Nesse contexto, surge a importância de buscar, por meio da implementação da Produção mais limpa, identificar e realizar ações voltadas para melhoria da performance ambiental no setor metalmeccânico, fazendo com que os resíduos sejam minimizados antes mesmo de serem gerados. A empresa, ao se comprometer com o desenvolvimento sustentável, deve, necessariamente, mudar sua forma de atuação para, no mínimo, reduzir os impactos sociais e ambientais adversos. Isso requer uma nova maneira de encarar o modelo de negócio, a fim de incorporar a ideia de inovação sustentável, ou seja, desenvolver tipos de inovação que contribuam para o alcance do desenvolvimento sustentável (BARBIERI et. al, 2010).

Implantar práticas e processos que minimizam ou eliminem os impactos ambientais torna-se vital para a sobrevivência das organizações, o que demonstra que as práticas de gestão ambiental estão se tornando fundamentais para a manutenção dos recursos e do diferencial de mercado de qualquer empresa (MAYOLO; PERINI, 2012).

1.1 Tema de Pesquisa

No presente trabalho, o tema é avaliar a utilização da metodologia PML no setor metalmeccânico da região central do estado do Rio Grande do Sul, amparada pela elaboração de cenários prospectivos com auxílio da metodologia TRIZ (teoria da resolução de problemas inventivos), com base em um diagnóstico a fim de identificar os parâmetros de PML utilizados por empresas participantes do projeto NEPI.

O projeto atua em gestão, produção, estratégia e planejamento, em diversos aspectos das empresas que participam do mesmo, por meio da proposição de ações com foco na sustentabilidade e crescimento da empresa. O foco neste estudo é a questão ambiental levantada através dos diagnósticos de PML inerentes à execução do NEPI Central.

1.2 Problema de pesquisa

Em meio a um ambiente organizacional, onde a competitividade e as exigências se tornam cada vez maiores forçando para que as organizações estejam em constantes mudanças e buscando meios que assegurem seu sucesso empresarial, pela rentabilidade e garantia da satisfação do seu consumidor, a busca por assessoramento direto traz um importante diferencial.

O cenário apresentado traz a problemática: Como resultados diagnosticados pelo NEPI da região central do Rio Grande do Sul podem ser associados a outras ferramentas para solução de problemas e previsão de cenários de PML?

Perante as pesquisas realizadas, verifica-se que a PML ainda é vista como uma ferramenta de grande importância, mas ainda pouco difundida entre a maioria das empresas (PEREIRA, 2014). Dessa forma, esta pesquisa justifica-se com o propósito de mudar a cultura empresarial por meio da proposição de soluções resultantes dos diagnósticos do projeto NEPI, possibilitando às mesmas buscarem melhores resultados e manterem-se competitivas.

É importante evidenciar que nesta pesquisa utilizou-se, como base de estudo, os resultados do projeto NEPI no que se refere à PML e para a elaboração de soluções foi utilizada a TRIZ. Como última etapa do estudo, foram elaborados planos de ação dos “atores” que influenciam a PML.

Por fim, este estudo se justifica, também, por sua importância científica e prática continuamente presente na reflexão conceitual, pois as empresas participantes do NEPI atuam em diferentes setores industriais do estado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar parâmetros de PML utilizados por empresas do setor metalmeccânico da região central do estado do Rio Grande do Sul, participantes do NEPI, visando à proposição de cenários prospectivos resultantes da TRIZ.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Caracterizar as empresas participantes do NEPI Central estudadas no período de novembro de 2013 a agosto de 2015;
- b) Avaliar os diagnósticos de PML para elaboração de uma matriz “9 quadrantes” da TRIZ;
- c) Formular cenários prospectivos a partir dos resultados apresentados nas etapas anteriores, para proposta de planos de ação.

1.4 Estrutura

Este texto foi estruturado em cinco capítulos. No primeiro, apresenta-se a introdução, o tema e problema da pesquisa, justificativa, o objetivo geral e os específicos. No capítulo dois, destaca-se a fundamentação teórica, abordando gestão ambiental, os conceitos da PML,

TRIZ, cenários prospectivos e finaliza-se com os preceitos de desenvolvimento econômico no qual o NEPI está inserido.

Ainda, no capítulo três, são destacados os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa. Estão descritos delineamentos da pesquisa, instrumentos e métodos de coleta de dados e elaboração “9 quadrantes” e cenários prospectivos.

No capítulo quatro, reúnem-se os resultados das aplicações das ferramentas utilizadas para o delineamento da pesquisa, seguido do capítulo cinco que elenca as considerações finais da presente dissertação. Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas e os anexos utilizados para a construção teórica do estudo.

Na Figura 1, observa-se a estrutura do texto, sendo possível visualizar as abordagens de cada etapa da pesquisa.

Introdução	<ul style="list-style-type: none"> • Tema • Problema • Objetivos geral e específicos
Fundamentação teórica	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão ambiental • Produção mais limpa (PML) • Teoria inventiva para solução de problemas (TRIZ) • Cenários prospectivos • Desenvolvimento econômico
Metodologia	<ul style="list-style-type: none"> • Delineamento da pesquisa • Instrumento e método de coleta de dados • Elaboração matriz "9 quadrantes" e cenários prospectivos
Análise e discussão resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Incidência premissas PML • TRIZ "9 quadrantes" • Construção cenários prospectivos • Planos de ação
Considerações finais	<ul style="list-style-type: none"> • Conclusão • Recomendações • Contribuições
Referências	
Anexos	<ul style="list-style-type: none"> • Questionário PML

Figura 1 – Estrutura da pesquisa

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Gestão ambiental

Durante o século XX, o modelo de produção utilizado partia do pressuposto de que o planeta Terra seria uma fonte inesgotável de recursos e resíduos. A Revolução Industrial tornou-se sinônimo de desenvolvimento econômico, assim como a utilização de recursos naturais para benefício da humanidade por meio de produtos para satisfazer suas necessidades (DIAS, 2011).

Em um determinado momento, estudos demonstraram que a natureza não estava mais suportando sua exploração e muitos recursos deixariam de existir. Essa mobilização foi amplamente difundida por meio de eventos e acontecimentos que primavam pela conscientização de um desenvolvimento sustentável. A utilização do sistema “fim-de-tubo” ou *end of pipe* não era mais suficiente, pois não atendia às pressões cada vez maiores da sociedade no que se referem aos impactos ambientais e ainda de alto custo para a empresa (SCHWANKE, 2013).

O primeiro acontecimento, a publicação do livro de Raquel Carson em 1962, *Primavera Silenciosa*, alertava para os perigos da utilização do inseticida DDT. A partir deste, surgiram uma grande diversidade de mobilizações de cunho mundial. Em 1972, na Suécia, surgiu a primeira manifestação dos governos de todo o mundo com as consequências da economia sobre o meio ambiente, a Conferência de Estocolmo. Posteriormente, na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil, aconteceu a “ECO-92 – Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentado”. Ambas foram mundialmente divulgadas.

A solução de problemas ambientais ou sua minimização é a exigência de uma nova atitude dos empresários e administradores, que devem passar a considerar o meio ambiente em suas decisões e adotar concepções administrativas e tecnológicas que contribuam para ampliar a capacidade de suporte do planeta (BARBIERI, 2008).

Na Figura 2, apresenta-se a gestão ambiental e suas influências, assim como as preocupações ambientais dos empresários que são influenciados pelas três forças que interagem reciprocamente: governo, sociedade e mercado. O governo, através de incentivos, leis e normas regulamentadoras, o mercado, cada vez mais exigente e ciente das questões

ambientais e a sociedade, que representa a população, em geral, que anseia por menores impactos ao meio ambiente, relacionam-se diretamente com a empresa.

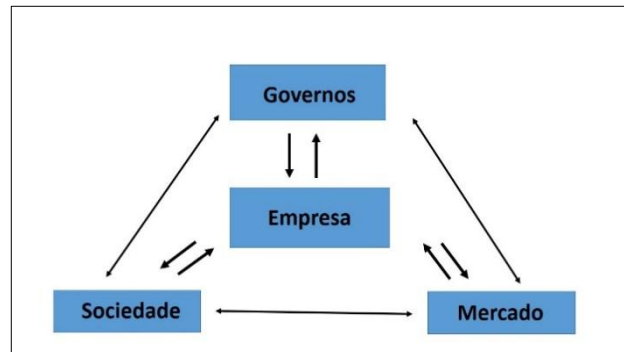


Figura 2 – Gestão ambiental e suas influências

Fonte: Adaptado de Barbieri (2008)

A reputação das organizações tem se tornado preponderante para seu reconhecimento junto à sociedade e ainda como forma de estratégia de crescimento a sustentabilidade e transparência nos negócios (ALIGLERI; ALIGLERI; KRUGLIANSKAS, 2009). Problemas ambientais são tratados como uma questão de estratégia pelas empresas que já adotam tecnologias limpas, portanto, com a busca de uma situação vantajosa em seu negócio (BARBIERI, 2008).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define gestão ambiental como um conjunto de políticas, programas, práticas administrativas e operacionais que levam em conta a saúde, a segurança das pessoas e a proteção do meio ambiente utilizado para desenvolver e implementar suas intenções e princípios em relação ao seu desempenho ambiental e ainda gerenciar seus aspectos ambientais (ABNT, 2004). Já do ponto de vista empresarial, gestão ambiental é a expressão utilizada para denominar a gestão empresarial que se orienta para evitar, na medida do possível, problemas para o meio ambiente, objetivando conseguir que os efeitos ambientais não ultrapassem a capacidade de carga do meio onde se encontra a organização, ou seja, obter-se um desenvolvimento sustentável (RODRIGUES; NETO, 2010; VAZ et al., 2011).

As propostas de gestão ambiental empresarial, decorrentes dessa visão, devem se apoiar em três critérios de desempenho: eficiência econômica, equidade social e respeito ao meio ambiente. Esses critérios devem ser considerados simultaneamente, no intuito de gerar receita e riquezas e demais objetivos básicos das empresas (BARBIERI, 2008).

Oliveira (2009), em sua obra intitulada “Pequenas empresas, arranjos produtivos locais e sustentabilidade”, verifica que, em uma amostra de 76 empresas de um APL moveleiro da região sul do Brasil, essas empresas consideram fazer parte de um arranjo mais importante em função das exportações do que de seus problemas ambientais. O cumprimento destas exigências se dá por cobrança de órgãos de regulamentação enquanto a adequação ambiental se dá por exigência de mercados como o europeu onde as exigências ambientais são maiores.

Ainda conforme Oliveira (2009), em pesquisa realizada em um distrito industrial do RJ com 20 empresas, as ações ambientais mais relevantes implementadas nos últimos 5 anos foram: programa de prevenção de acidentes, obtenção de licenciamento ambiental, implantação de coleta seletiva e educação ambiental para funcionários, onde apenas 3 delas foram realizadas de forma coletiva por 2 ou 3 empresas. As demais empresas foram executadas isoladamente, dentre elas PML, 5S e coleta e destinação de resíduos de óleo de máquina.

Vale ressaltar que, por vezes, não é necessária a implantação de inovações radicais no combate a escassez dos recursos naturais, pois simples práticas gerenciais adotadas pela administração podem trazer benefícios e provocar grande impacto em uma gestão ambiental (SILVA; MORAES; MACHADO, 2012).

Conforme Oliveira (2014), a matéria-prima e energia têm um grande custo não só econômico, mas ambiental. Sua redução de uso, portanto, é uma fonte de economia dupla. Dessa maneira, juntamente com a ascensão da variável ambiental no ambiente dos negócios, surgiram metodologias e ferramentas gerenciais com a finalidade de garantir o reaproveitamento de materiais e o menor consumo de energia, poupando o ambiente e reduzindo os custos. Entre elas, tem-se a PML (OLIVEIRA, 2014).

As tecnologias limpas, Produção mais limpa e ecoeficiência acabam por tornar-se modelos de gestão preventivos que buscam reduzir o uso de recursos naturais e energia, além de diminuir os resíduos e emissões de modo a integrar interesses ambientais e econômicos (ALIGLERI; ALIGLERI; KRUGLIANSKAS, 2009).

2.2 Produção mais limpa (PML)

Em 1995, no Brasil, foi instalado o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) junto ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), no Rio Grande do Sul,

inaugurado pela Organização Mundial das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP). O Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) postula que a abordagem da PML pode ser empregada em vários processos e segmentos dentro das indústrias, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo (CNTL, 2003).

No que se refere a implementação da PML, conforme disposto no Quadro 1, verificam-se as ações necessárias em cada uma das etapas do processo de implementação.

Etapas para implementação da PML	
Etapa 1: Planejamento e organização	Tem objetivo de obter o comprometimento da alta gerência e a definição dos profissionais da empresa que serão envolvidos na implementação da PML.
Etapa 2: Pré-avaliação e diagnóstico	Define os limites ou foco de aplicação do projeto de PML, por meio de uma avaliação preliminar na planta da potencialidade de oportunidades de PML. Nessa etapa são estimados os custos de geração dos resíduos e identificadas algumas oportunidades de fácil implementação, denominadas opções óbvias.
Etapa 3: Avaliação	Caracteriza-se pela avaliação em detalhe do foco definido na Etapa 1, cujo objetivo é identificar um conjunto de oportunidades de PML. Essa avaliação identifica, nas etapas do processo, as entradas e saídas em seus aspectos quantitativos e qualitativos no fluxo de materiais, gerando os respectivos indicadores. Também são analisadas e identificadas as causas da geração de resíduos e emissões de efluentes.
Etapa 4: Estudo de viabilidade técnica econômica e ambiental	Identificar as opções de PML mais adequadas considerando os aspectos econômicos, técnicos e ambientais.
Etapa 5: Implementação e planejamento	As opções mais adequadas à empresa são implementadas e monitoradas. Os resultados obtidos são reavaliados, caracterizando a melhoria contínua da PML. É elaborado um planejamento para a implementação das demais oportunidades, sendo também avaliada a possibilidade de extensão da implementação do programa para toda a empresa.

Quadro 1 – Etapas de implementação da PML

Fonte: Adaptado de Schwanke (2013)

No Quadro 1, detalha-se as etapas da implementação da PML. Jabbour e Jabbour (2013) destacam a etapa 4, de forma que a avaliação técnica considera as propriedades e requisitos que as matérias-primas e outros materiais devem apresentar para o produto que se deseja fabricar. Ainda conforme os autores, a avaliação ambiental observa os benefícios ambientais que poderão ser obtidos pela organização, redução de matéria-prima e carga

orgânica, inorgânica e metais tóxicos no efluente final. Por fim, a avaliação econômica considera o período de retorno do investimento, taxa interna de retorno e valor presente líquido (JABBOUR; JABBOUR, 2013).

Schwanke (2013) destaca que a implementação da PML representa um estágio de excelência para a empresa que deseja aumentar seu grau de responsabilidade social e ambiental, a partir da prática de quatro grandes princípios: preocupação; prevenção de resíduo na fonte; integração total da produção e participação democrática.

A metodologia desenvolvida e apoiada pelo CNTL oferece, aos setores produtivos, alternativas viáveis para a implementação de técnicas que permitem a minimização de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas, eficiência no uso da energia e racionalização no emprego da água (SEVERO et al., 2012). Todo e qualquer desperdício deve ser eliminado, pois não agrega valor ao produto ou serviço (OLIVEIRA; ALVES, 2007).

Pauli (1997) destaca o programa ZERI (*Zero Emissions Research & Initiatives*) ao adotarem ferramentas como a PML em sua gestão, todas as entradas de materiais, líquidos, gasosos e energia devem ser encontrados em seu produto final, desta forma através da prevenção e controle da poluição na produção.

Um ponto importante a ressaltar é quando as mudanças, nos processos que alteram as abordagens para pensar e agir dentro das organizações, exigem um foco dedicado pelos gestores e à formação de pessoal, em se tratando da minimização de resíduos, a fim de efetuar a mudança necessária ao processo (HENNINGSSON et al., 2004).

A PML não é uma ferramenta a ser implantada, mas uma meta a ser atingida utilizando-se ações como: melhoria no processo produtivo, substituição de matérias-primas, investimentos em tecnologias limpas, redesenho de produtos e reciclagem de resíduos. Utiliza-se, como base, metodologias gerenciais amplamente difundidas como: Manutenção Preventiva Total (TPM), 5S, Kaizen, Gerenciamento da Qualidade Total (TQM), entre outros (DINIZ; OLIVEIRA, 2008).

Os ganhos ou resultados também podem ser intangíveis como o desenvolvimento sustentável, melhoria da qualidade ambiental dos produtos, melhoria da imagem e reputação da empresa, de sua marca e de seus produtos, melhoria nas condições de trabalho de seus colaboradores, maior motivação dos colaboradores, benefícios à sociedade e a comunidade onde a empresa está inserida, indução e estímulo ao processo de inovação e maior segurança aos consumidores, em relação ao uso e/ou consumo dos produtos (MILAN; GRAZZIOTIN, 2012).

O PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) recomenda, aos governos, a aplicação de instrumentos de políticas públicas como um papel fundamental, possibilitando aplicação de PML por meio de reformas regulatórias, instrumentos econômicos, medidas de apoio e assistência externa (DIAS, 2011).

Na Figura 3, apresentam-se os níveis de atuação e aplicações de estratégias visando ações de PML.

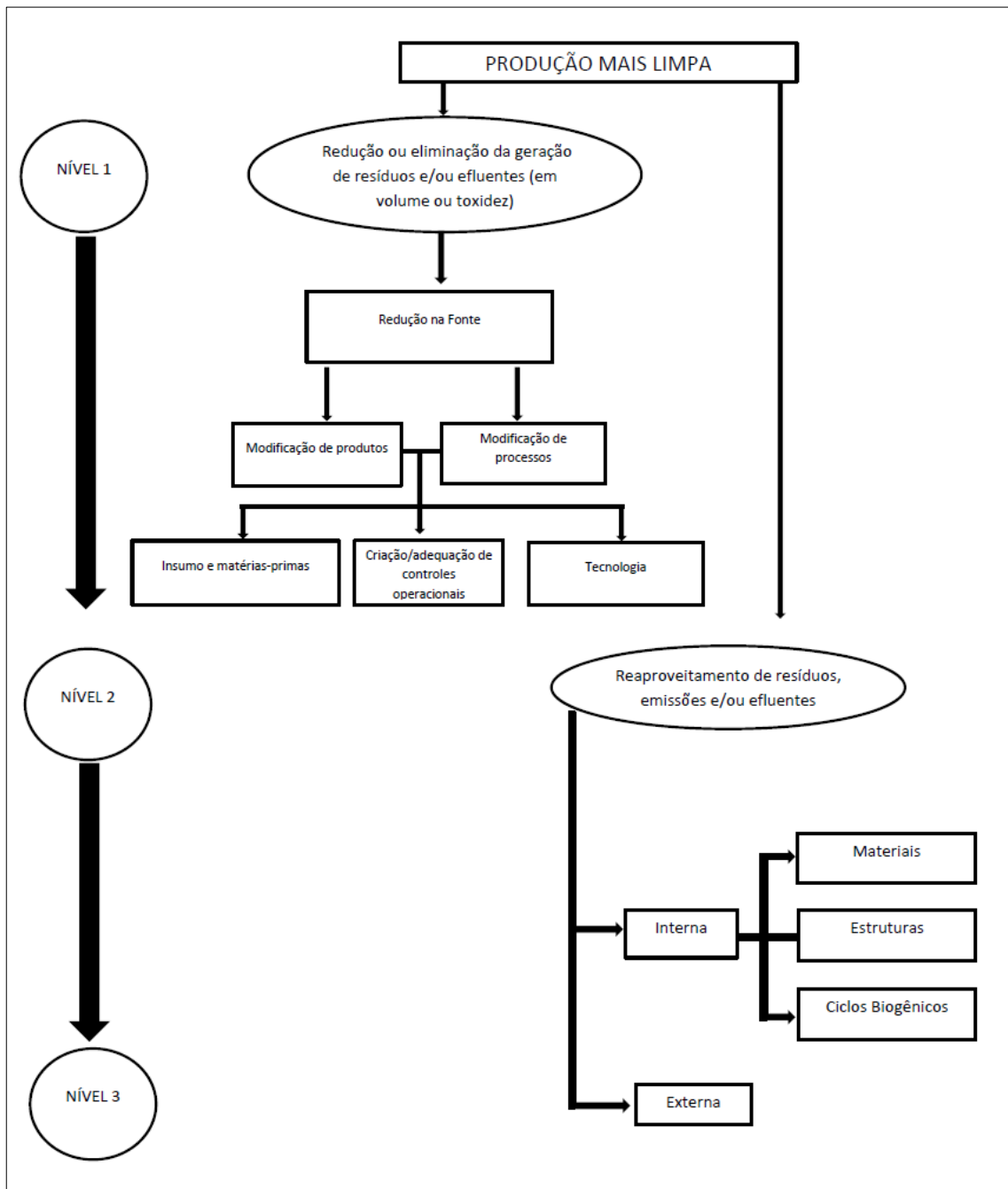


Figura 3 – Abordagem do processo de gestão ambiental através da PML
Fonte: Adaptado Seiffert (2011)

Como demonstrado na Figura 3, a estruturação da PML atua na redução ou eliminação da geração de resíduos e no reaproveitamento dos resíduos/ emissões, classificadas em nível 1, 2 e 3 de acordo com a abordagem de atuação.

A PML aborda enfoques e as mudanças implementadas, conforme detalhamento no Quadro 2.

Enfoques	Mudanças implementadas
Modificações de processo	Mudanças de concentração ou temperatura de trabalho para certas substâncias; Aumento do uso de capacidades do processo; Reorganização dos intervalos de limpeza e manutenção; Reavaliação do fluxo de substâncias de modo a evitar vazamentos; Segregação de correntes de efluentes; Evitar a perda devido a evaporação e ao vazamento; Aumento na eficiência da logística de resíduos; Processos de compra, armazenamento e distribuição aprimorada.
Modificações de produtos	Modificação das especificações do projeto do produto; Evitar o uso de insumos e matérias-primas tóxicas; Uso de materiais reciclados; Substituição de um produto; Aumento da longevidade do produto.
Substituição de matérias-primas e insumos de processo	Substituição – solventes orgânicos por agentes aquosos; de produtos petroquímicos por bioquímicos; Substituição de solventes halogenados; Uso de materiais biodegradáveis e de resíduos como matérias-primas e insumos; Escolha de materiais com quantidade menor de impurezas; Uso de substâncias que não contenham ou contenham menor quantidade de substâncias tóxicas (contaminantes inorgânicos, furanos, dioxinas, compostos aromáticos, tec.) Redução do número de componentes; Uso de fontes de energia alternativa, inclusive para o processo de iluminação.
Reciclagem interna	Reintegração do resíduo gerado ao processo; Reutilização (utilização para o mesmo propósito); Utilização de materiais para propósitos menos exigentes; Recuperação de uma substância residual através de processos físico-químicos; Uso de materiais descartados para geração de energia para o processo.
Reciclagem externa	Utilização de materiais para propósitos menos exigentes; Recuperação de uma substância residual através de processos físico-químicos; Uso de materiais descartados para geração de energia para o processo.

Quadro 2 – Melhorias gerais necessárias para implantação da PML

Fonte: Seiffert (2011)

No Quadro 2, verifica-se, detalhadamente, as ações que compreendem cada um dos enfoques de PML, modificações de processo, produto, substituição de matérias-primas e insumos de processo, reciclagem interna e externa.

A iniciativa de integrar tecnologias limpas com projetos e programas governamentais vem de longa data, conforme proposto por Ghazinoory e Huisingh (2006), por meio das percepções econômicas, culturais e ambientais. Conforme os autores, um programa de PML iraniano foi utilizado como base na experiência de outros países como China, Taiwan, Indonésia, República Tcheca, Tailândia, Egito acrescido das diretrizes da UNIDO. Já Taylor (2006) indica a iniciativa de um programa de implementação de PML no Canadá, por meio da necessidade e situação específica de cada empresa estudada, com objetivo de regulamentar, educar e financiar o programa de PML focado no desenvolvimento.

Na Austrália, utilizou-se o *benchmarking* como “gatilho” para implantação da PML em pequenas empresas, por meio de aplicabilidade na melhoria de negócios, reforçando as capacidades específicas das indústrias (ALTHAM, 2007).

Quanto a emissão da “Lei de produção mais limpa”, a China foi o primeiro país do mundo a emitir, no ano de 2002, como estratégia de crescimento econômico, equidade social e com vistas ao desenvolvimento global do país (HICKS; DIETMAR, 2007). No que tange a esta lei, encontraram-se barreiras em relação aos aspectos gerenciais e financeiros, por isso o governo empenhou-se em promover um ambiente favorável, principalmente para empresas de pequeno porte, possibilitando o cumprimento da lei (SHI et al., 2008).

Geng et al. (2010) apontam a iniciativa de diversas províncias da China, onde cada uma, por meio de iniciativas isoladas, estipulam seus próprios centros para implementação de PML de acordo com cada realidade, mas com pouco sucesso. Ressalta-se a importância de identificar as práticas eficazes além de medidas incentivadoras de inovação em PML, no conjunto industrial, e que seja institucionalizada pelas agências governamentais (GENG et al., 2010).

Desta forma, Shi et al. (2008) diverge de Geng et al. (2010) no que tange a regulamentação e institucionalização de um plano de programa de PML em território chinês.

Hoof e Lyon (2013) avaliam benefícios econômicos e ambientais de projetos de PML formulados especificamente para empresas de pequeno e médio porte, participantes de um programa de fortalecimento sustentável no México, aplicado em um grupo de 972 empresas, como forma de fortalecer os resultados positivos da aplicação da PML.

Henriques e Catarino (2015), por meio de um conceito de Valor Sustentável, avaliaram e implementaram planos de trabalho em 19 pequenas e médias empresas de

Portugal. Os autores verificaram, por meio da PML atrelada a projetos de desenvolvimento, benefícios como redução de insumos (água, energia e materiais) e redução de emissões e resíduos, ocasionando um aumento de produtividade.

Nadae et al. (2014) elencam ações em 20 empresas participantes de um *cluster* industrial metalmeccânico, da região de Sertãozinho – São Paulo, com intuito de capacitar, organizar e estruturar as referidas empresas. Os autores destacam as abordagens que tangem a gestão ambiental e desenvolveram um método para desenvolvimento de práticas integradas introdutórias de gestão da qualidade, meio ambiente e segurança e saúde do trabalho.

A literatura é ampla, em termos e estudos propostos de PML no setor metalmeccânico. Severo et al. (2011) relatam o acompanhamento da PML desde sua implantação em 2007, considerando os ganhos econômicos e ambientais somados à inovação em processos que permitiram o aprimoramento constante e o desenvolvimento da empresa.

Mayolo e Perini (2012), em empresas do setor metalmeccânico da região da serra do estado do Rio Grande do Sul, identificaram perfis observados nas análises dos dados, em que todas as organizações buscam, primeiramente, atender as medidas de proteção ambiental impostas pelos órgãos regulamentadores. Ainda conforme os autores, as variáveis internas, como saúde e segurança do trabalhador, e variáveis externas, tais como as exigências do mercado (clientes e potenciais clientes) e legislações ambientais, são os fatores que mais influenciam nas decisões das empresas para a utilização de técnicas e práticas de Gestão Ambiental.

O setor automotivo do RS, através da pesquisa de Madruga (2000), identificou comportamento de 8 empresas em relação às práticas de PML, o qual foi possível verificar ações que vão de encontro a ferramenta assim como a busca por maior eficiência e qualidade em seus processos.

Pesquisas que evidenciam a relevância da PML no setor metalmeccânico, como Oliveira Neto, Leite e Baptista (2014), evidenciam a viabilidade de ações referentes a implantação de uma estação de tratamento de efluentes (ETE). Conforme os autores, verificaram-se ganhos econômicos desde a implantação até o uso constante do investimento, somados ao ganho ambiental com a redução do impacto do descarte de substâncias no ambiente.

2.3 Teoria inventiva de resolução de problemas (TRIZ)

Os impactos das inovações, em geral, somente podem ser verificados quando os efeitos das atividades inovativas já estão concretizados e podem ser perceptíveis. Esses resultados se referem a decisões tomadas de antemão, baseadas, sobretudo, na expectativa de obtenção de lucros diferenciados, de modo que os principais efeitos das inovações estão relacionados ao aumento da capacidade competitiva das empresas inovadoras, do valor adicionado e da conquista de mercados (IBGE, 2013).

Dentre as várias possibilidades de inovar, aquelas que se referem às inovações de produto ou de processo são conhecidas como inovações tecnológicas. Outros tipos de inovações podem se relacionar a novos mercados, novos modelos de negócios, novos processos e métodos organizacionais, ou, até mesmo, a novas fontes de suprimentos, proporcionando um crescimento sustentável ao longo do tempo (SAMBIASE; FRANKLIN; TEIXEIRA, 2013).

A TRIZ (teoria da resolução de problemas inventivos) foi criada por Genrich S. Altshuller, que pesquisou milhares de patentes com o objetivo de sistematizar o processo de solução de problemas, composta de várias técnicas que foram validadas na Rússia na década de 1980. Somente na década seguinte a metodologia TRIZ migrou para o ocidente, mas ainda é pouco conhecida no Brasil e existe pouca literatura sobre ela em português (BACHMANN, 2010).

Por meio de uma abordagem lógica para desenvolver a criatividade para a inovação, a metodologia TRIZ conta com metodologia sistemática ou ferramentas para solução de problemas criativos (ILEVBARE; PROBERT; PHAAL, 2013). A metodologia TRIZ oferece ferramentas muito fortes para o desenvolvimento de opções de melhoria de processos em um nível genérico, sem conhecimento tecnológico específico sobre o processo que deve ser melhorado (FRESNER, 2010).

A pesquisa da metodologia TRIZ começou com a hipótese de que existem princípios universais de criatividade que são a base para inovações criativas que promovam a tecnologia (BARRY; DOMB; SLOCUM, 2008). Se esses princípios poderiam ser identificados e codificados, eles poderiam, também, tornar o processo de criatividade mais previsível. “Alguém em algum lugar já resolveu este problema (ou um muito semelhante a ele), a criatividade agora é encontrar essa solução e adaptá-la para este problema particular” (BARRY; DOMB; SLOCUM, 2008).

A busca por soluções inovadoras e criativas dentro da indústria é um processo de resolução de problemas. Os próprios processos industriais, quando estudados e implementados (ou incrementados) nas mesmas, são maneiras de resolver um problema durante o desenvolvimento de produtos/processos/serviços (KUBOTA; ROSA, 2013).

O referencial disponível no portal Periódicos CAPES, em se tratando do tema metodologia TRIZ e PML, demonstra, no Quadro 3, que o tema ainda é pouco difundido, iniciou-se em 2010 e tendo maior expansão nos anos de 2013 e 2014. Registros de 2015, não foram encontrados até a data da elaboração deste do estudo.

	Publicação	Citações	Ano	Autores	Revista
1.	Using integrated quality function deployment and theory of innovation problem solving approach for ergonomic product design	2	2014	Zhang, F.; Yang, M.; Liu, W.	Computers & Industrial Engineering
2.	Inventive guidelines for a TRIZ-based eco-design matrix	1	2014	Russo, D.; Rizzi, C.; Montelisciani, G.	Journal of Cleaner Production
3.	Eco-innovative design approach: Integrating quality and environmental aspects in prioritizing and solving engineering problems	0	2014	Chakroun, M.; Gogu, G.; Pacaud, T.; Thirion, F.	Frontiers of Mechanical Engineering
4.	A Catalyst Method for an Innovative Eco-Design Strategy Using TRIZ Approach	0	2014	Cherifi, A.; Dubois, M.; Gardoni, M.; Tairi, A.	British Journal of Applied Science & Technology
5.	Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving	12	2013	Kubota, F.I.; Rosa, L.C.	Journal of Cleaner Production
6.	Exploring the effectiveness of inventive principles of TRIZ on developing researchers' innovative capabilities	0	2013	Jafari, M.; Akhavan, P.; Zarghami, H.; Asgari, N.	Journal of Manufacturing Technology Management
7.	Toward an eco-innovative method based on a better use of resources: application to chemical process preliminary design	17	2012	Negny, S.; Belaud, J.P.; Robles, G.; Reyes, E.; Ferrer, J.	Journal of Cleaner Production
8.	Accelerating preliminary eco-innovation design for products that integrates case-based reasoning and TRIZ method	52	2011	Yang, C.J.; Chen, J.L.	Journal of Cleaner Production
9.	The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects	56	2010	Fresner, J.; Jantschgi, J.; Birkel, S.; Baerenthaler, J.; Krenn, C.	Journal of Cleaner Production

Quadro 3 – Resultados publicações TRIZ e PML portal Periódicos Capes

Além da pouca difusão do tema metodologia TRIZ associado a PML, é possível verificar que o periódico *Journal of Cleaner Production* detém o maior número de publicações, visto o enfoque do mesmo. Outro fator determinante no presente levantamento é o foco das pesquisas, em sua maioria, pela abordagem de PML por meio da adequação do produto, serem através de ACV (Avaliação do Ciclo de Vida, *Life Cycle Analysis - LCA*) ou ecodesign¹.

Yang e Chen (2001) utilizaram a metodologia TRIZ atrelada à eco-inovação e seus quatro conceitos para reformulação de produtos já existentes, enfatizando redução do impacto ambiental ao longo do ciclo de vida do produto por meio do design de produto.

Os autores austríacos Fresner et al. (2010) analisaram a indústria têxtil e alimentícia onde foi aplicada a PML e metodologia TRIZ por meio de ferramentas para o desenvolvimento de opções de melhoria de processos em um nível genérico (para ser utilizado por pessoas sem conhecimento tecnológico do processo), com enfoque principal no consumo de água e energia elétrica.

Negny et al. (2012) propuseram, também, a utilização da metodologia TRIZ e da eco-inovação na indústria química, com o intuito de acelerar e melhorar o design de soluções através do desenvolvimento de tecnologias (sistema assistido de computador) que apoia engenheiros em busca de soluções inovadoras.

Na indústria de laticínios, Kubota e Rosa (2013) detectaram problemas críticos a serem resolvidos pela PML com auxílio da metodologia TRIZ em três empresas de diferentes portes. Concluíram, assim, verificando a importância de uma análise técnica, ambiental e econômica assim como a contribuição da TRIZ para geração de soluções criativas e sustentáveis.

Jafari (2013) explora a eficácia dos 40 princípios inventivos da metodologia TRIZ na produção de produtos na área de engenharia médica. O autor evidenciou que 71% dos entrevistados utilizam a metodologia em suas inovações em um centro de estudos e pesquisas inteligentes do Irã.

Zhang, Yang e Liu (2014) propuseram uma abordagem multidisciplinar da metodologia TRIZ, buscando alternativas inovadoras por meio dos princípios inventivos para as áreas de design ergonômico, assim como uma avaliação de aplicabilidade.

¹ O ecodesign, uma abordagem pró-ativa de gestão ambiental, atua no desenvolvimento de produtos de forma a minimizar os impactos ambientais durante todo o ciclo de vida dos produtos (PIGOSSO; ROZENFELD, 2012).

Para Russo, Rizzi e Montelisciani (2014), as práticas de design devem evidenciar um padrão “real”. Dessa forma, propõem um método que une diretrizes ecológicas no desenvolvimento de novos produtos com ACV adequados a pequenas e médias empresas. Conforme os autores, o método já foi testado em empresas europeias, trazendo resultados visuais em fases de “Eco-avaliação” e “Eco-aperfeiçoamento”.

A publicação de Chakroun et al. (2014), na revista *Frontiers of Mechanical Engineering*, retrata, por meio de aspectos ambientais, uma ferramenta (matriz de não-qualidade) que prioriza resolver problemas através da sinergia entre ACV e metodologia TRIZ utilizando processos de design ecológico inovador e problemas técnicos de engenharia.

Cherifi (2014) utiliza uma matriz de avaliação qualitativa, incluindo os parâmetros relacionados, com a facilidade de utilização do produto relacionada com a preparação organizacional para a apropriação de uma abordagem *ecodesign* e ecoeficiência. A metodologia TRIZ utilizada como ferramenta para tomada de decisão para auxiliar os designers e a matriz proposta foram testadas em projetos recentemente patenteados.

O referencial disponível no portal *Science Direct* é mais amplo que o Periódicos Capes (se considerados periódicos, *journals* e livros), possibilitando uma análise anual das publicações que envolvem o tema PML (*cleaner production*) e TRIZ. Conforme apresenta-se na Figura 4, a partir de 2010 iniciou-se um aumento dos estudos.

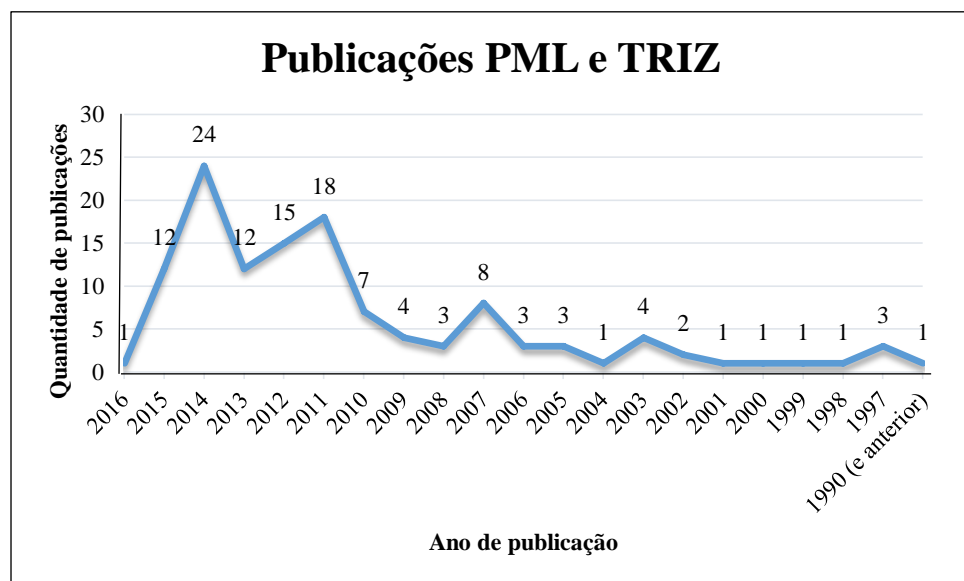


Figura 4 – Publicações PML e TRIZ portal *Science Direct*

Ainda conforme o portal *Science Direct*, os periódicos que contém os maiores números de publicações dos temas associados são o *Journal of cleaner production* e *World Patent Information*. De acordo com a Figura 5, demonstra-se sua expansão no que tange tecnologias limpas e propriedade intelectual.

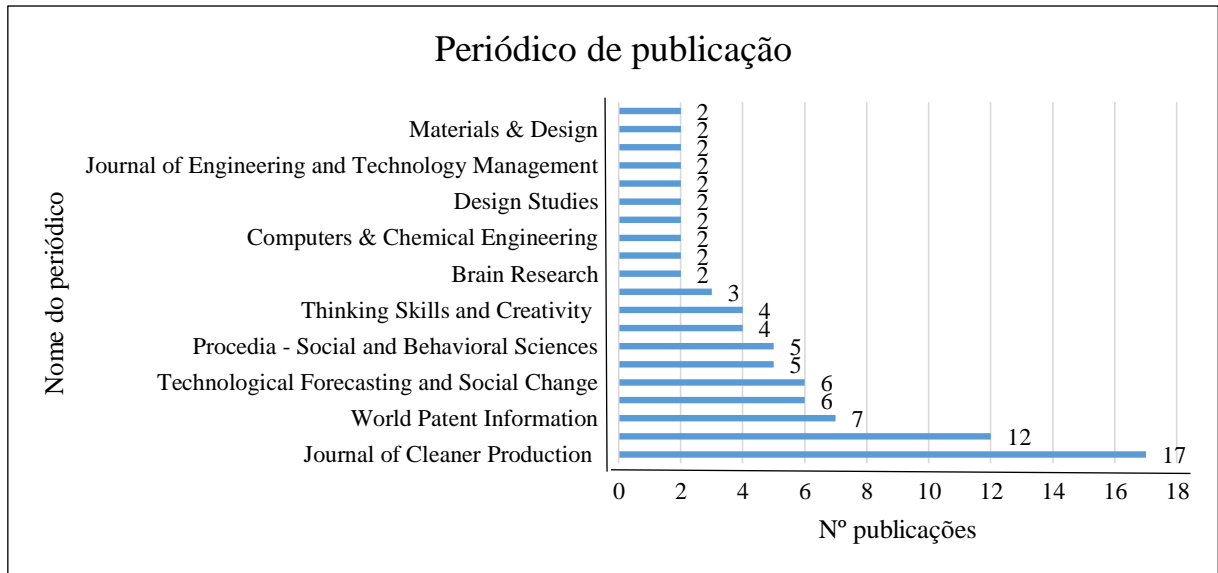


Figura 5 – Periódicos com publicações PML e TRIZ portal *Science Direct*

A distribuição evidenciada pela Figura 4 vem ao encontro ao exposto no Quadro 2. As publicações do periódico *Journal of cleaner production* propõem o maior número de abordagens dos temas pesquisados, seguida do periódico *World Patent Information*.

Diante do exposto, observa-se que a metodologia TRIZ ainda precisa ser mais explorada por áreas diferentes e ainda aprofundada dentre as pesquisas já realizadas. Conforme Kubota e Rosa (2013), as evidências da utilização da metodologia TRIZ podem ser verificadas através da matriz, Figura 6, onde são apontadas Forças e Fraquezas, assim como Oportunidades e Ameaças da relação TRIZ e PML. Observa-se que a metodologia TRIZ tem potencial para ser mais explorada o que minimizaria as fraquezas e ameaças descritas na matriz a seguir, permitindo ampliação do tema assim como das forças e oportunidades relatadas.

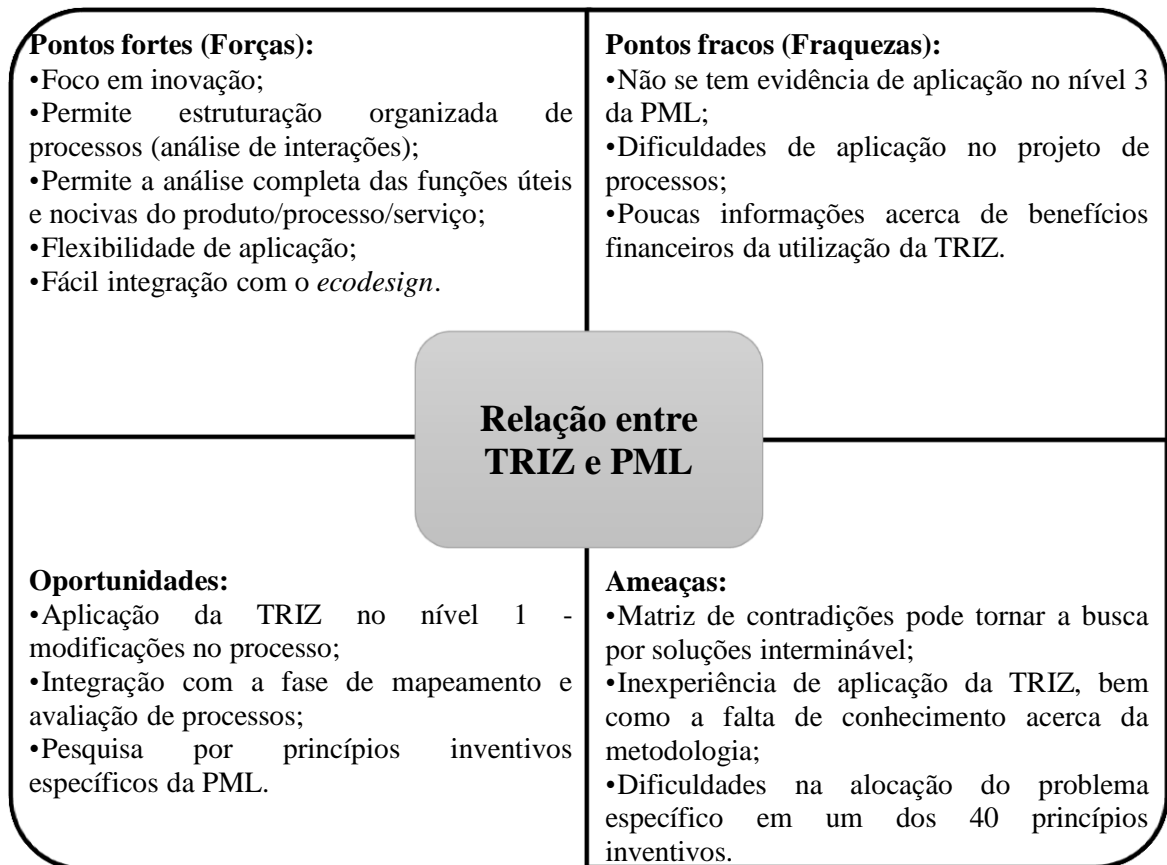


Figura 6 – Evidências acerca de aplicações da TRIZ na PML.

Fonte: Adaptado de Kubota e Rosa (2013).

Sobre a interpretação e aplicação da metodologia TRIZ, Mann (2001) destaca a utilização da ferramenta *9 box* (também chamada de *nine box*, *9 windows*, *9 janelas*, mapa de soluções ou *9 quadrantes*) elaboradas através de uma matriz com 9 segmentos de espaço e tempo. Destaca-se, no preenchimento desta matriz, a forma como ela pode ser complementada com outras ferramentas TRIZ (GADD, 2011).

Para Gadd (2011), pode se traçar eventos (incluindo grandes invenções) em 9-boxes para compreender o seu significado ao longo do tempo e espaço, traçar suas interfaces ao longo do tempo com os seus supersistemas e subsistemas, utilizando-se estruturas de sistemas de contexto e seu impacto local ou globalmente. Conforme a autora, também pode ser utilizada para entender as ligações entre níveis do sistema e os efeitos que as mudanças em um nível terão sobre outros níveis ao longo do tempo e lugar.

De acordo com a literatura, a matriz 9 quadrantes (*nine box*) é utilizada na área de gestão de pessoas, buscando evidenciar por meio do cruzamento das avaliações de potencial e

desempenho, os funcionários prontos para um processo de crescimento na empresa (LEME, 2014).

A maior conscientização da importância da inovação fez com que ela fosse incluída na agenda política da maioria dos países desenvolvidos, decorrendo, primordialmente, das políticas de ciência e tecnologia associadas às políticas industriais (OCDE, 2005).

2.4 Cenários prospectivos

Os cenários expressam e comunicam uma visão comum, um entendimento compartilhado das novas realidades para todas as partes da organização, trazendo uma visão global e servindo de estratégia (MONTGOMERY; PORTER, 1998).

A técnica de elaboração de cenários tem se consolidado como o principal recurso metodológico, tendo sido incorporada aos processos de planejamento estratégico tanto empresarial quanto sócio governamental (BUARQUE, 2003). Como todo estudo prospectivo, os cenários procuram descrever futuros alternativos – com eventos e processos incertos – para apoiar a decisão e a escolha de alternativas. Destacam-se, portanto, como ferramentas de planejamento em uma realidade carregada de riscos, surpresas e imprevisibilidades (BUARQUE, 2003).

Os estudos prospectivos são um mecanismo de planejamento, identificação de oportunidades e definição de ações, considerado um processo continuado de pensar o futuro e identificar elementos para a tomada de decisão, considerando aspectos econômicos, sociais, ambientais, científicos e tecnológicos (MARCIAL; GRUMBACH, 2006).

A utilização de cenários prospectivos mostra-se uma ferramenta que pode auxiliar a definir a estratégia da organização, permitindo, ao mesmo tempo, uma posição mais flexível e apropriada para lidar com a incerteza e o novo, tornando-a mais robusta no posicionamento estratégico (ROCHA, 2004).

É comum que um estudo prospectivo envolva o uso de múltiplos métodos ou técnicas, quantitativos e qualitativos, a fim de complementar as características diferentes de cada um, buscando compensar as possíveis deficiências trazidas pelo uso de técnicas ou métodos isolados (SANTOS et al, 2004).

Wack (1985) destaca a experiência de cenários no grupo Shell através de simulações referentes ao mercado do petróleo nos anos 70, que mostraram sua eficiência nas análises propostas e que vieram a cumprir-se no futuro.

Moritz (2004), em sua tese, propõe uma esquematização de um mecanismo prospectivo, chamado Ciclo Estimulador de Cenários, com o intuito de ser aplicado nas organizações e que contribua para aumentar a cultura de visão de futuro no espaço gerencial das decisões.

Allwood et al. (2008) apresentam uma análise de cenários associados à metodologia *Triple Bottom Line* para o setor têxtil, em empresas do Reino Unido, visando antecipar estratégias úteis ao setor, utilizando-se de técnicas como ACV. Ainda conforme os autores, o estudo apontou a redução de matérias-primas e eficiência nos processos como resultado.

A combinação qualitativa e quantitativa das questões ambientais foi considerada no estudo de Höjer et al. (2008). Os autores exploram as conexões entre uma série de ferramentas gerenciais para análise de sistemas ambientais e diferentes cenários.

Song (2013) destaca o desenvolvimento econômico de províncias chinesas, avaliando estatisticamente relações de meio ambiente e economia (importações, exportações, nível de industrialização, entre outros), evidenciando uma eficiência ambiental de baixo nível assim como diferenças locais, principalmente em se tratando de políticas públicas.

No intuito de antecipar as condições futuras no contexto externo das regiões ou no “ambiente de negócios” das empresas, os cenários permitem que as ações sejam organizadas e os investimentos sejam orientados na perspectiva de otimizar os resultados e favorecer a construção do futuro desejado (BUARQUE, 2003).

2.5 Desenvolvimento econômico

A história do desenvolvimento econômico parte da formação de uma sociedade baseada essencialmente no extrativismo e na economia de subsistência, para ser substituída por uma sociedade atual de consumo sugerida com o advento da revolução industrial (ADISSI; PINHEIRO; CARDOSO, 2013)

O conceito de desenvolvimento econômico regional não deve ser associado exclusivamente ao emprego, produção e consumo, cabendo aos governos locais desempenhar

o papel de protagonistas na condução de políticas públicas inovadoras, sem vícios burocráticos e com a participação das comunidades locais (AMATO NETO, 2011).

O Tratado de Assunção – firmado entre Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, em 26 de março de 1991, documento constitutivo do bloco de integração do Mercosul, faz alusão à questão ambiental, mas não está claramente contemplada ou diretamente referida. Os objetivos desse Tratado estão essencialmente focados na inserção mais competitiva dos países membros de um mundo em que se busca a consolidação de grandes espaços econômicos e em que a necessidade do progresso técnico se faz essencial (IRACHANDE; ALMEIDA; VIEIRA, 2010).

Atualmente, o estado do Rio Grande do Sul está baseado no Plano de Implantação da Política Industrial – Desenvolvimento Econômico do RS, que sintetiza e amplia o escopo de trabalho realizado no estado até o momento, sob as diretrizes da governança e do planejamento. Ressalta-se o desenvolvimento econômico como um de seus objetivos para uma indústria mais competitiva e com base em elevada produtividade. As medidas que buscam fortalecer diversos setores industriais são: ações transversais, destinadas à economia como um todo para aumentar a eficiência das unidades produtoras, e ações setoriais, com foco na implantação de programas e projetos voltados para o fortalecimento de setores industriais selecionados. Consoante com os eixos da Política Industrial, através da Lei nº 13.389/2011 que estabelece a Política da Economia da Cooperação do Rio Grande do Sul, o Projeto Extensão Produtiva e Inovação surge com o objetivo do aumento de produção, do emprego e da renda.

A Agência Gaúcha de Desenvolvimento e Promoção do Investimento (AGDI), vinculada à Secretaria de Desenvolvimento e Promoção do Investimento (SDPI) do estado do Rio Grande do Sul, constituiu, a partir de 2012, parcerias com instituições universitárias e tecnológicas implantando, em todo estado, um total de 20 Núcleos de Extensão Produtiva e Inovação (NEPI).

Os NEPIs buscam desenvolver a cultura de acesso, geração e oferta permanente de serviços de planejamento, pesquisa, tecnologia, inovação, financiamento e cooperação, como meios de a empresa: assegurar sua sustentabilidade no mercado; aumentar a produtividade; tornar-se mais competitiva e planejar-se para expandir, modernizar e inovar (AGDI, 2014).

O projeto destina-se a indústrias e agroindústrias de pequeno e médio portes, participantes de Arranjos Produtivos Locais (APL), atuantes nos setores estratégicos da Política Industrial do Estado ou em setores econômicos priorizados pelas comunidades

regionais e pelos planos dos COREDES (AGDI, 2012). O projeto é gratuito, mas há uma contrapartida de aplicação de recursos na própria empresa.

A execução do projeto foi possível por meio do financiamento do Banco Internacional de Desenvolvimento (BIRD), em 2011, com garantia da União, para financiamento do Programa de Apoio à Retomada do Desenvolvimento do Rio Grande do Sul (PROCEREDDES BIRD). Os recursos totalizam US\$ 903,5 milhões de dólares, sendo US\$ 480 milhões financiados pelo Banco Mundial e US\$ 423,5 como contrapartida interna. O desenvolvimento do mesmo conta com US\$ 23,5 milhões para prestação de serviços do NEPI até o primeiro semestre de 2016 (GRIEBELER, 2014).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, objetiva-se descrever os procedimentos metodológicos utilizados para a realização da pesquisa a partir da fundamentação descrita anteriormente. A metodologia é de grande importância no desenvolvimento de trabalhos científicos e, desta forma, utilizou-se a metodologia aplicada na engenharia de produção de acordo com Miguel (2012).

3.1 Delineamentos da pesquisa

Quanto aos objetivos, a presente pesquisa é caracterizada como exploratória por proporcionar maior familiaridade com o problema para torná-lo mais explícito ou construir hipóteses, possibilitando o aprimoramento de ideias. Dessa forma, a modalidade de delineamento assume a configuração de um estudo de caso (GIL, 2009a), pois constitui a produção de conhecimento em um campo específico e, embora caracterizado pela flexibilidade, não deixa de ser rigoroso (GIL, 2009b). Para tanto, o estudo de caso considera diversos métodos ou técnicas de coleta de dados podendo ser estes, observação, entrevista e a análise de documentos (GIL, 2009b). O NEPI região central do estado do Rio Grande do Sul foi a unidade de estudo da pesquisa.

A presente pesquisa utilizou dados primários e secundários. Os dados primários foram coletados através dos diagnósticos de PML aplicados pelo NEPI e compreendem o período da execução de dois convênios que compreende o período de novembro de 2013 até abril de 2015 (o projeto terá sua finalização em outubro/2015). Os dados secundários foram obtidos através de publicações de livros, revistas (nacionais e internacionais), dissertações e teses referentes às áreas de estudo.

A abordagem da pesquisa foi combinada, qualitativa e quantitativa, de forma que apenas um dos métodos não seria suficiente para evidenciar o entendimento isoladamente, promovendo evidências mais abrangentes do estudo.

No que se refere à unidade de estudo, o NEPI estudado abrange o COREDES Central e Jacuí Centro e é composto pelas cidades de Agudo, Dilermando de Aguiar, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Formigueiro, Itaara, Ivorá, Jari, Júlio de Castilhos, Nova Palma, Pinhal

Grande, Quevedos, Santa Maria, São João do Polêsine, São Martinho da Serra, São Pedro do Sul, Silveira Martins, Toropi e Tupanciretã. Jacuí centro compreende as cidades de Cachoeira do Sul, Cerro Branco, Novo Cabrais, Paraíso do Sul, Restinga Seca, São Sepé e Vila Nova do Sul.

A instituição executora do NEPI Central e Jacuí centro, selecionada por meio da AGDI, é o Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). O projeto está sediado no prédio nº 8, situado na Avenida Rio Branco, 639 – 4º andar, juntamente com a Incubadora Tecnológica do Centro Universitário Franciscano (ITEC). A equipe é composta por cinco técnicos extensionistas, dois bolsistas ligados ao projeto e uma coordenadora. Para tal estrutura, tem-se como meta o atendimento a 100 empresas no período de 12 meses.

Na Figura 7, apresenta-se a estruturação do projeto dividido em duas etapas que contemplam assistência à empresa em gestão, produção, estratégia e planejamento, por meio da proposição de ações com foco na sustentabilidade e crescimento da empresa.

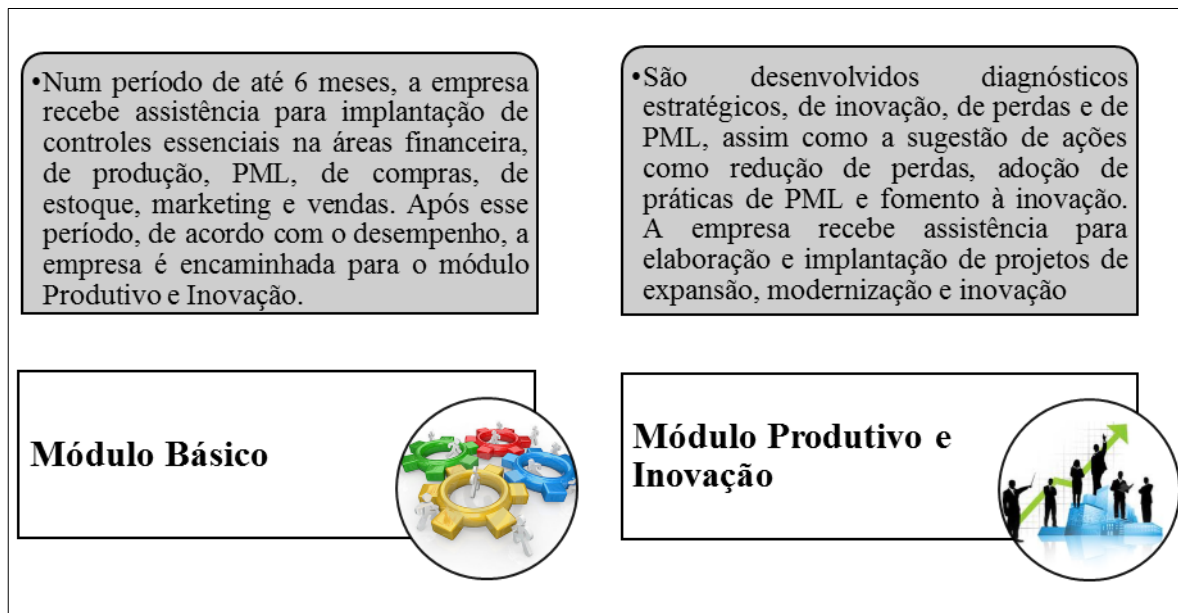


Figura 7 – Metodologia do NEPI

Fonte: Elaborado pela autora a partir de AGDI

Verificou-se, por meio da análise teórica da literatura disponível, quanto a projetos semelhantes ao do NEPI, que há um diferencial na metodologia desenvolvida, pois este passa a tratar de questões ambientais, não abordadas em projetos anteriores. Junto ao governo do estado, com um convênio, o Grupo de Pesquisa em Modelagem e Aprendizagem (GMAP) da

Universidade do Vale dos Sinos (UNISINOS) norteia toda metodologia aplicada ao projeto NEPI.

3.2 Coleta e análise dos dados

A consulta a fontes documentais é imprescindível em qualquer estudo de caso, conforme Gil (2009b). Dessa forma, a pesquisa analisou diagnósticos de empresas do setor metalmeccânico, participantes do NEPI no Módulo Produtivo e Inovação (MPI). A partir da análise documental dos diagnósticos, foi realizado um panorama da incidência das premissas de PML quantificadas por quadros progressivos.

A coleta de dados compreende o período de dois convênios do projeto conforme descrito no item anterior. Dessa forma, foi aplicado o questionário (Anexo A) com 20 questões fechadas (respostas “sim” e “não”). O questionário aplicado é parte da metodologia utilizada no NEPI disponibilizado pela AGDI para o atendimento das empresas.

O NEPI realizou o atendimento de 31 empresas do setor metalmeccânico durante o período estudado, mas apenas 10 destas empresas atingiram a pontuação que os considerava mais estruturados, sendo então habilitados a participar do módulo avançado (MPI), portanto este passa a ser a amostra para estudo.

As técnicas utilizadas na pesquisa foram, primeiramente, o *Microsoft Excel* utilizado para tabulação do questionário assim como para gerar gráficos abordados no capítulo 4, realocados na presente pesquisa.

Na sequência, foi utilizado o software *Software Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)* que possibilitou a mineração de dados². Para sua utilização foi necessário a tabulação dos dados através do *Bloco de notas do Windows*, utilizando o arquivo com a extensão *.arrrf*, para que o WEKA identifique o arquivo na forma de um banco de dados.

Sua importância e utilização justifica-se por ser um grupo de respostas com poucas empresas e variáveis que são independentes, frente às possibilidades de cálculos estatísticos.

No presente estudo, objetiva-se a elaboração das ferramentas: metodologia TRIZ por meio de sua matriz “9 quadrantes” e cenários prospectivos, permitindo a posterior elaboração

² A extração do conhecimento por meio da utilização da mineração de dados possibilita descobrir novas correlações, padrões e tendências entre as informações de uma empresa, contidas em uma grande base de dados (MACEDO; MATOS, 2010).

de planos de ação que irão contribuir com a ampliação da PML em empresas do setor estudado.

3.3 Elaboração da matriz 9 quadrantes e cenários prospectivos

Após a realização da coleta dos dados, foi possível realizar as análises necessárias para a elaboração das ferramentas objetivadas no presente estudo. Para elucidar as etapas, bem como a sequência de trabalho e sua realização, na Figura 7 apresenta-se o fluxograma explicativo.

Pode-se verificar, por meio do fluxograma, as etapas em que consistem a elaboração dos resultados apresentados. Primeiramente, reuniu-se os dados e informações das empresas participantes do NEPI delimitadas pelo setor que estaria se priorizando no estudo para tais análises. Para o tratamento e tabulação dos dados foi utilizado o programa *Microsoft Excel* assim como para elaboração dos gráficos utilizados para demonstração dos resultados.

Na Figura 8, observa-se o fluxograma que contém as etapas e ferramentas de acordo com sua elaboração respectivamente.

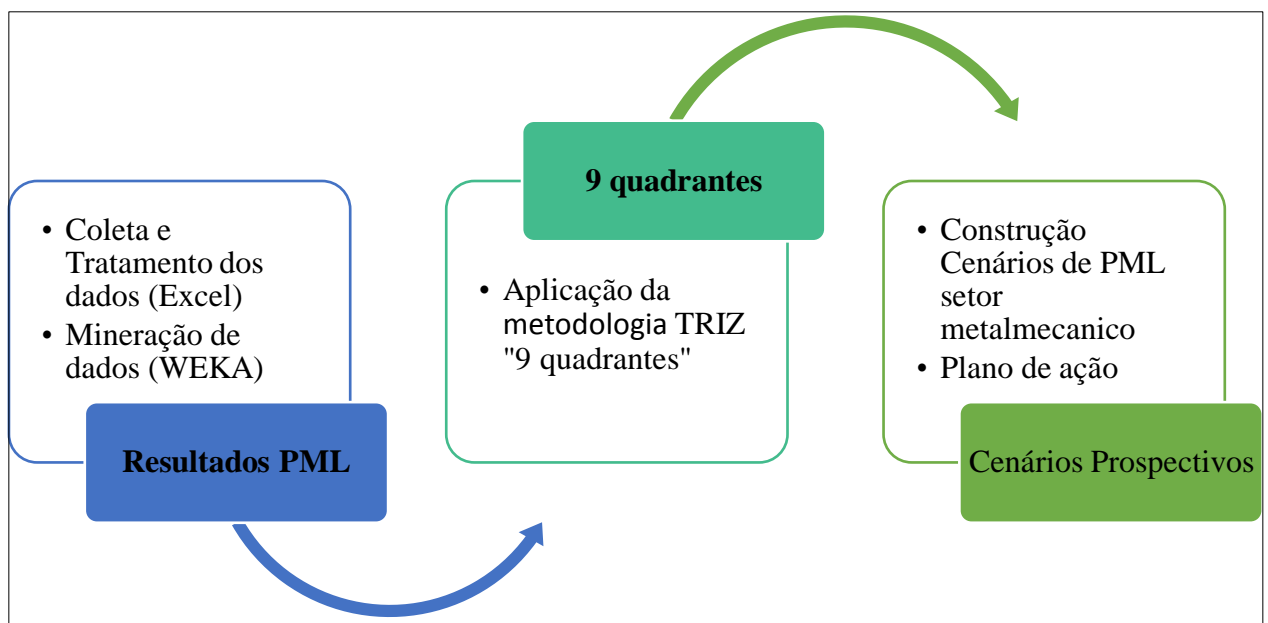


Figura 8 – Fluxograma etapas elaboração ferramentas

Após a coleta e tratamento dos dados foi possível a elaboração da ferramenta “9 quadrantes” e, na sequência, os cenários prospectivos descritos conforme Figura 8.

Elencados os resultados da PML do setor metalmecânico, das empresas da região central do estado do Rio Grande do Sul, foi possível elaborar a matriz “9 quadrantes”, ferramenta pertencente à metodologia TRIZ que possibilita a evidenciação do problema a ser estudado pela aplicação da metodologia completa da TRIZ (este estudo restringe-se à matriz “9 quadrantes”).

Por fim, a partir dos resultados obtidos, foi possível a projeção de cenários de PML no âmbito do tempo e escala. Dessa forma, direciona-se para o entendimento, por meio de um espaço-tempo, a contribuição das tecnologias limpas para o setor em estudo.

Para elaboração das ferramentas utilizadas, foram selecionadas 10 empresas do setor metalmecânico participantes e pertencentes ao Arranjo Produtivo Local (APL) que aderiram ao NEPI no período estudado. Dentre as empresas participantes do APL, 31 delas participaram no NEPI, no entanto a maioria enquadrou-se no módulo básico. Desta forma foram selecionadas as 10 empresas do APL que estavam habilitadas a participar do MPI.

3.3.1 Construção da matriz 9 quadrantes

Mann (2001) destaca a utilização da matriz “9 quadrantes” no intuito de detalhar e expor o problema para qual se está estudando uma solução por meio da aplicação da metodologia TRIZ. Na Figura 9, é possível verificar através de uma escala do sistema a ser estudado.

Optou-se por utilizar a ferramenta matriz “9 quadrantes” por sua característica de problematização e caracterização acerca de tempo e espaço do objeto a ser estudado. Também por se tratar de uma etapa anterior a aplicação própria da metodologia TRIZ ou suas ferramentas auxiliares como matriz de contradição ou princípios inventivos.

Para a elaboração da matriz “9 quadrantes”, inicia-se pela situação ou problema central, direcionando-se aos extremos da matriz utilizando escala e tempo. O tempo pode ser utilizado como presente, passado e futuro, e as escalas de acordo com o estudo. A ferramenta, permite a verificação do problema a ser estudado pela metodologia TRIZ, o que permite a utilização dos princípios inventivos a partir desta etapa.

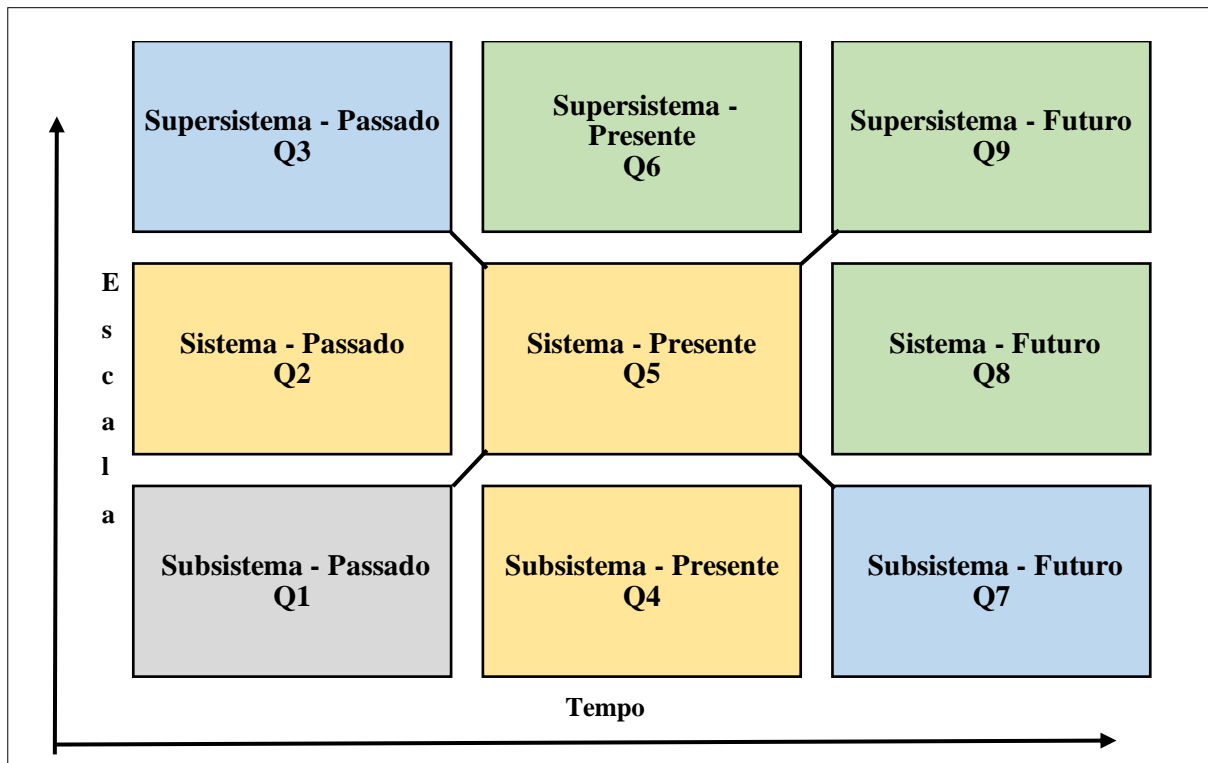


Figura 9 – Nível matriz “9 quadrantes”

Fonte: Adaptado de Mann, 2001

Seu preenchimento e análise consideram a convergência que há entre escala e tempo de acordo com o quadrante de estudo:

- Q1 – identifica a situação ou assunto de menor prioridade, no tempo passado, considera-se que já não existe mais ou que deve ser eliminada;
- Q2, Q5, Q4 – ações passadas ou presentes com prioridade média, sugere-se acompanhamento pois delimita um impacto à longo prazo;
- Q3, Q7 – ações passadas ou futuras de alto impacto, mas pouco difundidas, caracteriza-se pela busca de melhoria;
- Q6, Q8, Q9 – Potencial levantado acerca do assunto abordado, oportunidade de melhoria e expansão.

A partir do preenchimento dos campos da “9 quadrantes”, foi possível ter um panorama geral do problema a ser solucionado com a metodologia TRIZ. No presente estudo, após a etapa de elaboração da “9 quadrantes”, foi possível ter uma visão sistêmica da PML no setor metalmeccânico, possibilitando a elaboração de cenários prospectivos, permitindo a projeção futura frente à utilização das tecnologias limpas.

3.3.2 Construção dos cenários prospectivos

A terceira etapa do estudo é a composição de 3 cenários de PML em relação ao setor estudado a partir das 2 ferramentas anteriores. Sendo um primeiro cenário otimista que considera a implementação total de ações de PML nas empresas estudadas. O segundo cenário caracterizado como mediano prevê implementações parciais de PML. Por fim, um terceiro cenário pessimista sugere que não sejam implementadas nenhuma ação além das que já existem nas empresas.

Wack (1985) utiliza em seu modelo situações dos cenários e posterior a cada uma delas uma variável de decisão, podendo ser outras situações até que se atinja um cenário resultante. Para elaboração dos cenários na presente pesquisa utilizou-se a situação “Sim” e “Não” considerando implementação da PML ou ainda a negativa para a ação descrita. Através da Figura 10 a construção do modelo, conforme Wack (1985), utilizado para elaboração dos cenários de PML propostos.

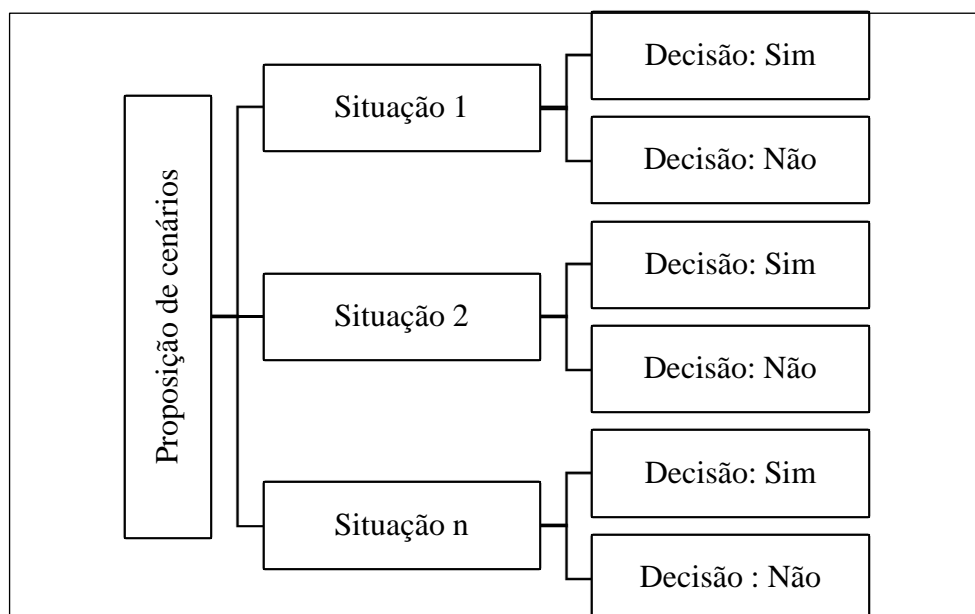


Figura 10 – Modelo cenários prospectivos.

Como forma de solucionar os problemas elencados nas ferramentas utilizadas, neste estudo sugerem-se grupos de ações dispostas em planos que elencam potencialidades para ampliação da utilização de PML no APL de estudo.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na realização do presente estudo, as empresas participantes do APL Metalmecânico, devidamente enquadradas, é composto por 44 empresas, possuem estrutura física, gestão e sua governança, da qual o NEPI faz parte. Através da assessoria do NEPI, foram realizados atendimentos em 31 empresas deste APL no período de 2 anos de convênio. Para realização da pesquisa considerou-se 10 empresas pois estas foram atendidas no MPI, o módulo mais avançado da metodologia do NEPI.

Ressalta-se ainda que de acordo com a metodologia utilizada pelo NEPI, empresas mesmo sendo de pequeno porte ou microempresas também tiveram acesso ao módulo avançado, permitindo inclusive trabalhar ações mais focadas em PML, inovação e planejamento estratégico.

Para tanto, elencou-se uma avaliação em empresas do setor metalmecânico da região central do estado do Rio Grande do Sul, descritas no Quadro 4, possibilitando conhecer demais características diferentes de exclusivamente PML. O nome das empresas não será divulgado e o porte será classificado de acordo com o BNDES, considerando faturamento anual bruto.

Nome	Porte	Nº funcionários
A	Pequeno	80
B	Médio	87
C	Microempresa	14
D	Microempresa	19
E	Microempresa	14
F	Pequeno	7
G	Microempresa	9
H	Pequeno	45
I	Microempresa	9
J	Pequeno	35

Quadro 4 – Caracterização das empresas pesquisadas

O grupo de indústrias estudado é composto por empresas de pequeno porte, uma de médio porte e a metade é microempresa. A empresa com maior número de funcionários tem 87 colaboradores, ao passo que as microempresas possuem 7 colaboradores na menor empresa e 19 na maior entre as microempresas.

Dessa forma, é possível verificar que o grupo de empresas abrange mais empresas de menor porte em se tratando de faturamento e/ou número de funcionários. Dentre o grupo de empresas estudado, apenas uma delas (empresa B) possui certificação ISO 9001 de sistemas de gestão da qualidade.

4.1 Incidência das premissas de PML

Foram avaliadas um total de 20 premissas de PML com apoio do questionário descrito no item 3.2, e verificadas as interações com o setor pesquisado, originando figuras descritas em sequência, a partir do maior número de incidências positivas observadas. Não houve premissas distribuição de pontuação de 10 ou 9 respostas “sim” ou “não” das premissas analisadas nas empresas pesquisadas.

As avaliações seguem descritas e ordenadas de forma crescente de pontuação. Portanto, na Figura 11, verifica-se o maior número de premissas positivas de 8 em cada 10 empresas presentes nas pesquisadas.

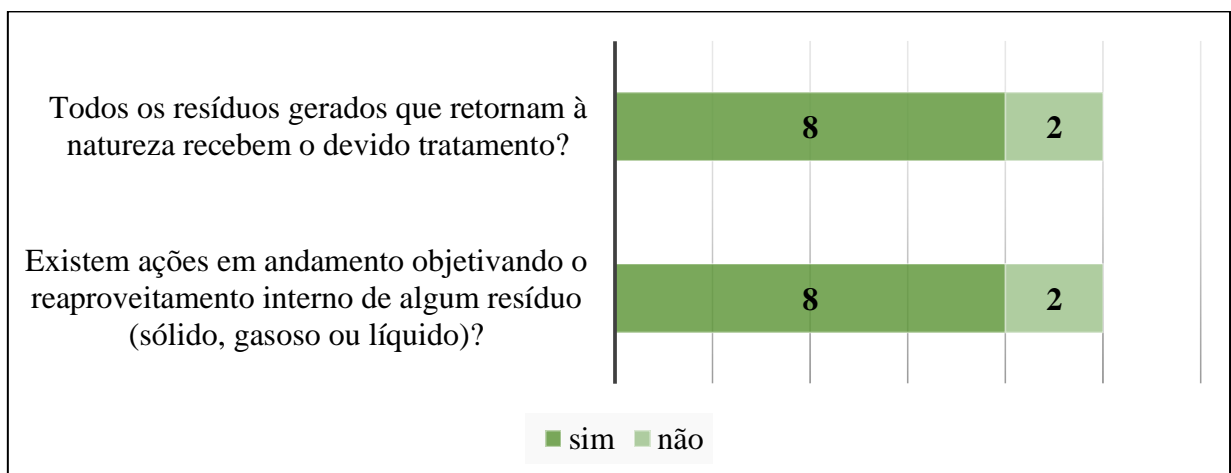


Figura 11 – Ações PML tratamento resíduo e reaproveitamento interno.

Primeiramente, verifica-se que as premissas descritas fazem menção aos resíduos e demonstram o cuidado das empresas quanto ao retorno do recurso a natureza. Nesse caso há o tratamento necessário em 8 das 10 empresas pesquisadas. Madruga (2000) identificou o tratamento dos resíduos em 40% das empresas do setor automotivo pesquisado no Rio Grande do Sul, o que demonstra uma situação mais favorável ao setor metalmeccânico da presente pesquisa.

Na maioria das empresas pesquisadas também existem ações em andamento, objetivando o reaproveito interno de algum resíduo, tanto na produção quanto para elaboração de algum subproduto, não se restringindo apenas a resíduos sólidos. Silva, Moraes e Machado (2015) evidenciam através de sua pesquisa a utilização de resíduos interna originou subprodutos também comercializáveis pela empresa estudada.

Foram verificadas 5 premissas com o mesmo número de incidências positivas. Na Figura 12 estão agrupadas as pontuações com 7 respostas positivas.



Figura 12 – Ações PML iluminação natural, reaproveitamento externo e alteração materiais, produto e processo.

Verificaram-se, em grande parte das empresas, ações que visam à substituição de sistema de iluminação artificial por iluminação natural com a remodelagem do prédio da fábrica, ocasionando utilização de recursos no que tange ao parâmetro iluminação. Silva, Moraes e Machado (2015), seguem em seu estudo ações como desligar a iluminação nos locais que não estão sendo ocupados, utilizar interruptores individuais e utilizar lâmpadas de alta eficiência luminosa, com maior vida útil e melhor relação custo-benefício atrelados à remodelagem fabril como ação de PML simples, porém de resultado significativo.

Ações que objetivam o reaproveitamento externo de algum tipo de resíduo são verificadas com uma avaliação positiva, em um resultado pouco menor que para o reaproveitamento interno, o que demonstra interesse em um ciclo fechado na própria empresa.

Conforme Venanzi e Moris (2013), metade das empresas estudadas fabricantes de peças automotivas de SP (total de 6), buscam por destinação o reaproveitamento externo do resíduo, o que demonstra um resultado favorável das empresas do RS.

Igualmente, verifica-se a alteração de processos, produtos e materiais por outro que consuma ter menos recursos na atividade produtiva. Tal preocupação é enfatizada pela adequação às normas reguladoras, como por exemplo à NR12 que trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. O mesmo percentual preocupa-se com a destinação do produto final, permitindo que o mesmo possa ser reciclado ou reaproveitado, demandando estudos das mais diversas áreas para que seja possível atingir este objetivo.

Na Figura 13, representa-se um grupo composto de 4 premissas com 6 questões positivas apontadas com ações coincidentes.

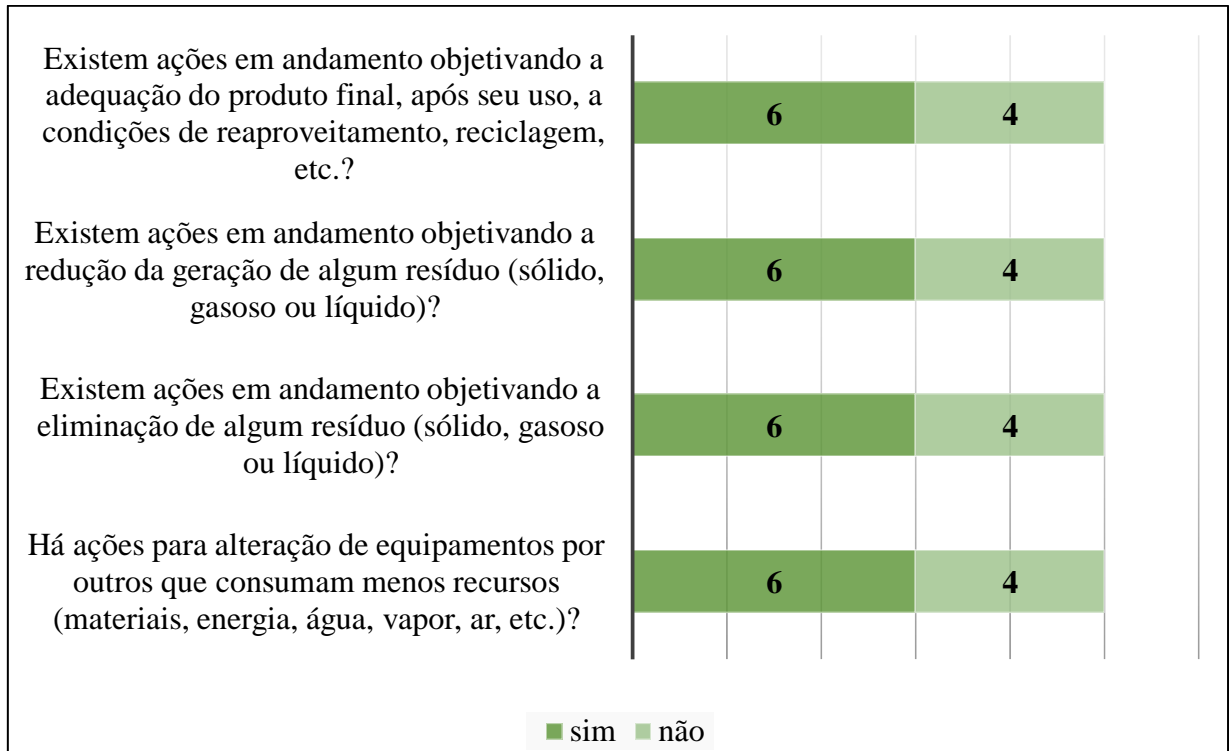


Figura 13 – Ações PML adequações produto final, redução e eliminação resíduo e alteração equipamentos.

É possível identificar a preocupação das empresas com ações que objetivam a adequação do produto final, quando o mesmo deverá ser descartado, pois não serve mais para uso, permitindo reuso ou reciclagem correta do produto.

Observam-se, também, ações em andamento não só para a redução, mas também a eliminação de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Em se tratando de um processo produtivo, nem sempre é possível a total eliminação de resíduo, dessa forma ficou evidenciado que a redução do mesmo também é necessária em se tratando de PML.

A adequação de equipamentos motivada pela diminuição do seu consumo é vista nesse grupo de empresas. São consideradas, não apenas fonte de energia elétrica, mas qualquer outra fonte de recuso e atendimento às normas técnicas.

Na Figura 14, segue listada uma premissa onde 50% das empresas evidencia um circuito fechado para captação de água da chuva.

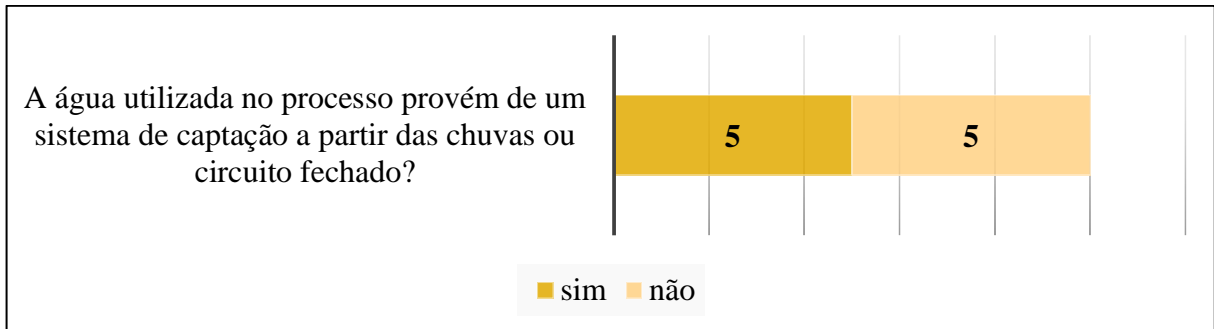


Figura 14 – Ação PML reutilização água.

A captação de água das chuvas é um recurso amplamente utilizado na indústria e pode ser realizado de várias formas como uso de cisternas ou caixas d'água para a posterior utilização na produção da empresa. Tais medidas diminuem o uso da água tratada vinda da companhia de abastecimento por ser substituída no uso para limpezas, por exemplo.

A pesquisa realizada por Madruga (2000) evidencia a utilização da água em circuito fechado ou seu reaproveitamento em 5 das 8 empresas estudadas (representando aproximadamente 60%), o que demonstra um resultado superior ao da região central do RS.

A partir da Figura 15, as incidências de pontuações positivas já são em menor número de empresas, o que demonstra as práticas de PML em menor quantidade.

Verifica-se que poucas empresas utilizam formas de climatização por meio de ventilação natural na construção da fábrica, visando a diminuição de consumo de energia elétrica. Para tanto, entende-se que adequações como esta são estruturais e requerem mais recursos financeiros empregados.

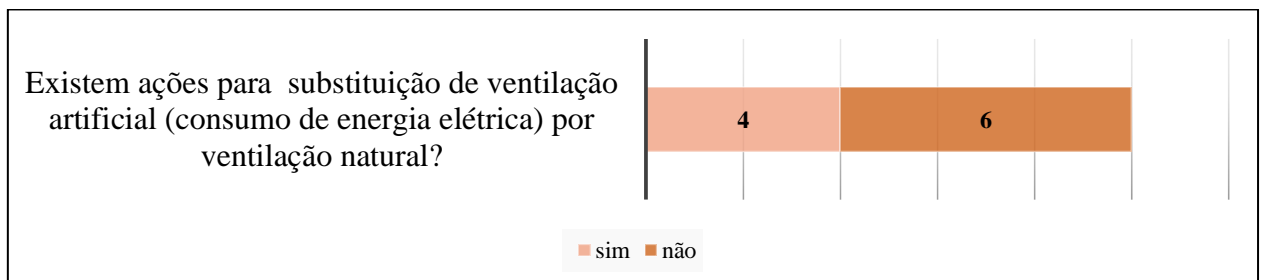


Figura 15 – Ação ventilação natural

Dessa forma, pode-se, ainda, notar que há, na empresa, precauções para o bem-estar e conforto dos colaboradores no que se refere a climatização do espaço fabril. Ressalta-se, ainda, que há intensão de adequação nesse quesito no que se refere à ventilação.

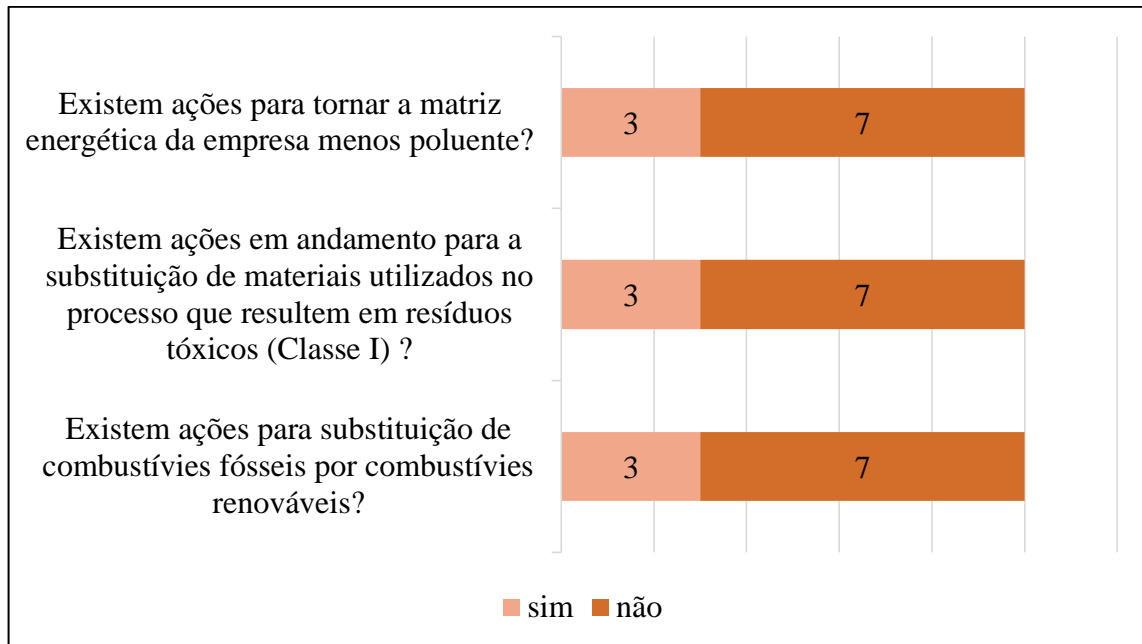


Figura 16 – Ações PML matriz energética e substituição resíduo tóxico e combustível fóssil.

Na Figura 16, é possível elencar 3 premissas com apenas 3 apontamentos positivos, o que demonstra itens de maior dificuldade em adequação a PML. Há também, em andamento, ações para substituição de materiais que resultem em resíduos tóxicos de classe I, utilizados no processo de produção, pois a prioridade das empresas é a eliminação e não a substituição destes resíduos.

Verificou-se, nas ações de poucas empresas, a preocupação em substituir combustíveis fósseis por renováveis, assim como a matriz energética, sendo essa avaliação justificada pelo alto nível de investimento necessário para implementar tais ações.

Na Figura 17, representa-se as empresas com menor incidência de ações de PML dentre o delineamento apresentado.

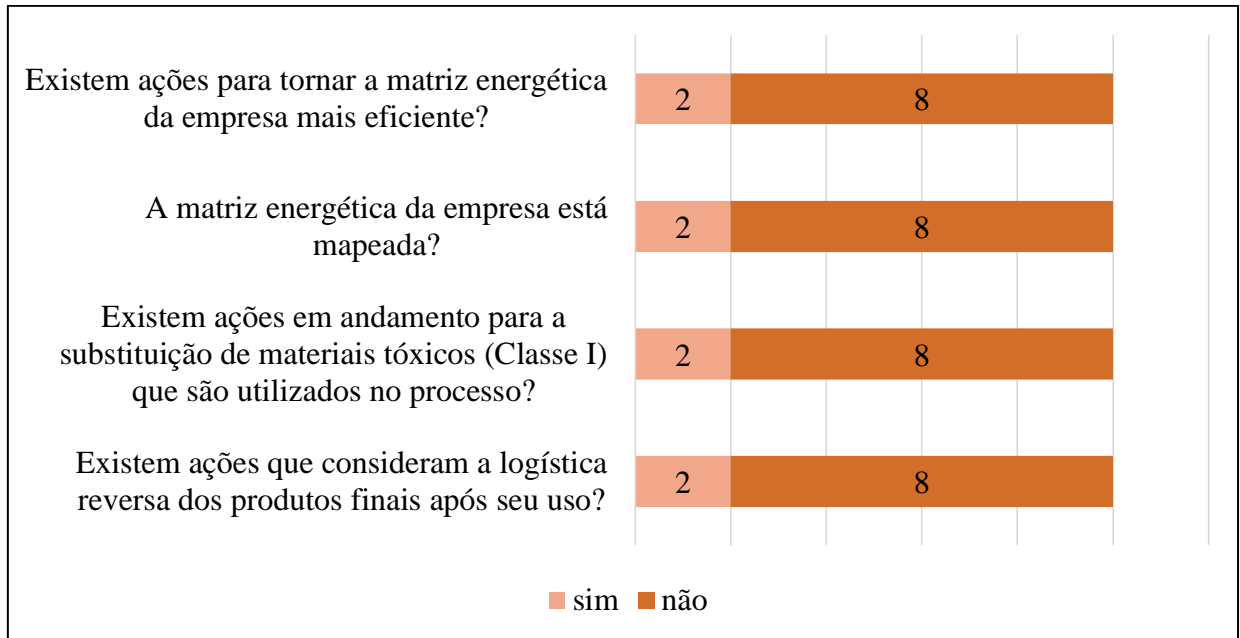


Figura 17 – Ações PML matriz energética, substituição resíduo tóxico e logística reversa

O menor percentual de empresas considera a logística reversa do produto final após seu uso, sendo não apenas a questão de transporte, mas o atendimento à legislação vigente que contempla fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes.

Verifica-se, ainda, no que tange a matriz energética, que não há sequer seu mapeamento, o que impossibilita qualquer outra ação para torná-la mais eficiente.

No que se refere às ações em andamento para substituição de materiais tóxicos, verificou-se na pesquisa de Madruga (2000) que em 4 das 8 empresas estudadas há estas ações em andamento, o que mostra um resultado superior mas não discrepante em relação ao estudo do setor metalmeccânico estudado.

Com a verificação das premissas de PML, de acordo com a sua incidência nas empresas, iniciou-se a mineração de dados. Para aplicação desta técnica utilizou-se o *software WEKA*, o qual possibilitou verificar o grupo de respostas referentes à PML e relacioná-las com o porte da empresa.

Verifica-se, com a Figura 18, gerada pelo *software WEKA*, que cada uma das questões engloba duas alternativas (referentes a “sim” e “não” respectivamente) com o preenchimento das cores referentes ao porte da empresa (quatro empresas na cor azul-pequeno porte, uma empresa em vermelho-médio porte e cinco empresas na cor verde claro-microempresas).

A mineração de dados permitiu o reconhecimento de padrões assim como cálculos estatísticos através de seus algoritmos. Para tanto, na amostra deste estudo não se permite sua

utilização com este enfoque, pois trata de 21 variáveis (20 questões referentes à PML e 1 questão referente ao porte da empresa) independentes entre si, evidenciando ações que não dependem umas das outras em sua incidência.

Na Figura 18, permite-se a visão de um panorama geral de ações PML em função do porte das empresas estudadas, revelando um “mapa” da situação atual do setor metalmeccânico.

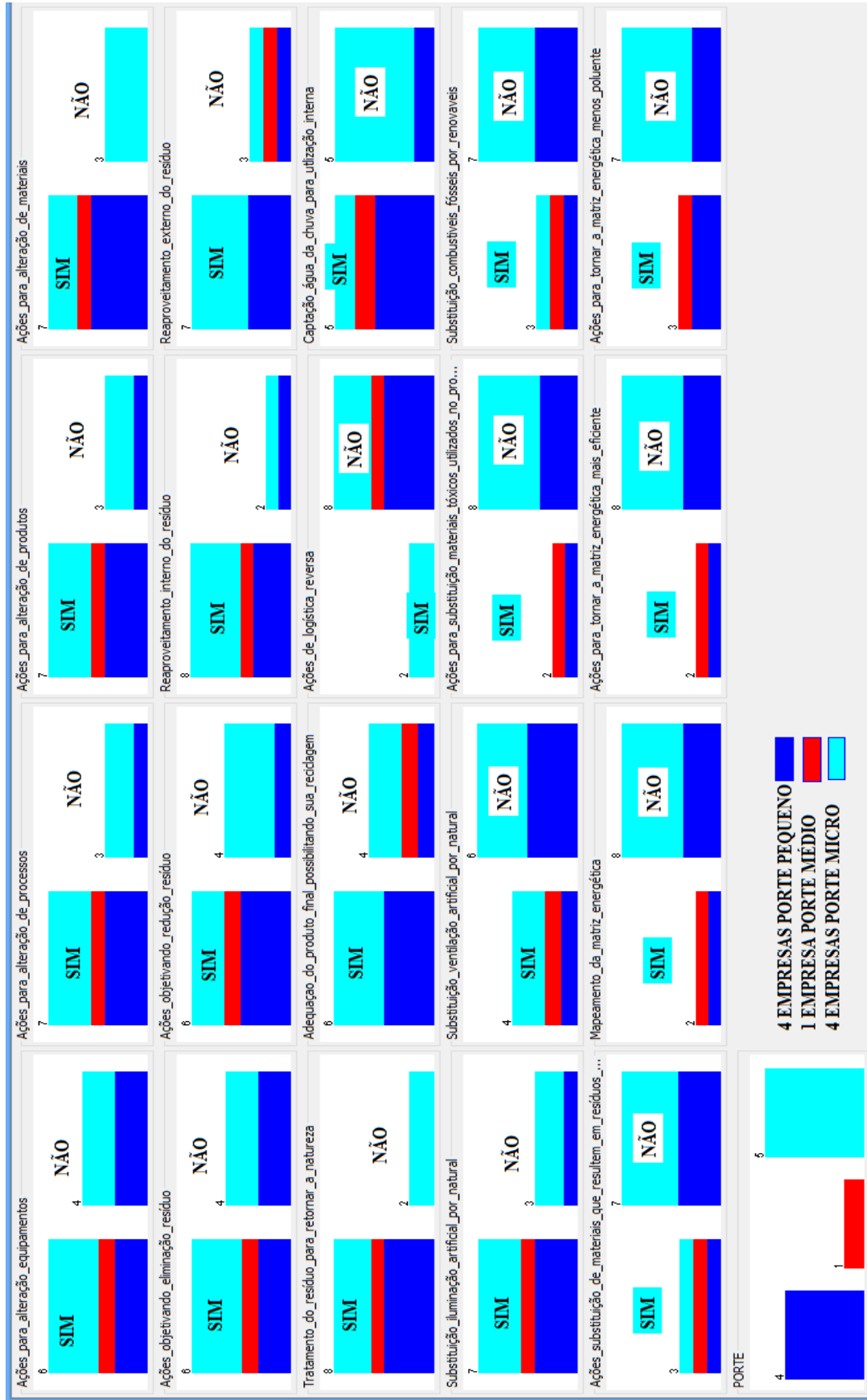


Figura 18 – Mineração de dados PML

4.2 TRIZ “9 quadrantes”

Utilizando-se os resultados obtidos das premissas de PML no setor metalmeccânico da região central do estado, foi possível a elaboração da matriz “9 quadrantes”. Esta se baseia no cruzamento de informações de escala, nesse caso ações de PML e tempo, um período anterior, atual e ações potenciais para o futuro.

Com base na ferramenta apresentada, foi possível a elaboração da Figura 19, onde estão relacionadas as possibilidades de PML a partir da TRIZ, baseadas nos estudos Mann (2001) e Leme (2014).

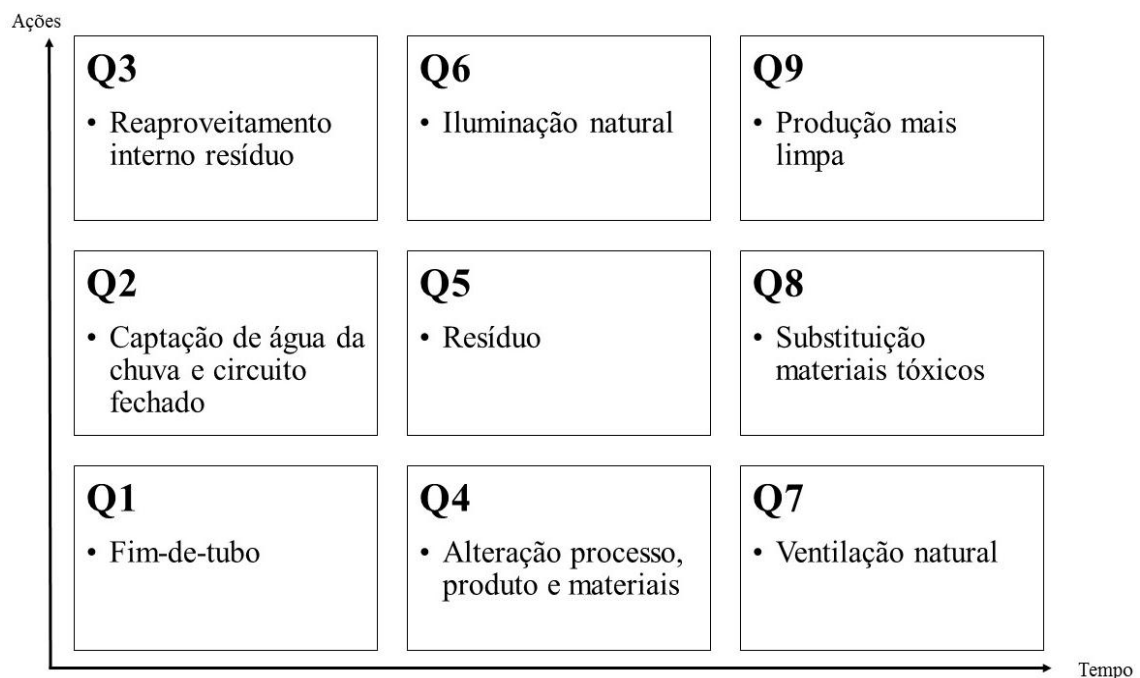


Figura 19 – “9 quadrantes” PML setor metalmeccânico da região central do RS

Na matriz apresentada, sintetiza-se a situação problema de PML no setor metalmeccânico da região central do Rio Grande do Sul, tornando possível observar a evolução na utilização das técnicas de PML anteriormente originárias da produção por “fim-de-tubo”, havendo preocupação apenas ao final do processo na destinação do resíduo.

A análise da matriz “9 quadrantes” se dá por meio de diferentes pontos de vista, conforme descrito no item 3.3.1. Com uma análise vertical considera-se a questão tempo

(anterior, atual e futuro) e o cruzamento com as ações de PML. No Quadro 5, identifica-se a interpretação analítica da matriz “9 quadrantes” elaborada.

Quadrante	Ações	Tempo	Interpretação
Q1	Baixa prioridade	Anterior	Eliminar: prática que deve ser substituída e/ou verificar alternativa para eliminação.
Q2	Média prioridade	Anterior	Melhoria: prática que deve ser potencializada e melhorada ao longo do tempo.
Q3	Alta prioridade	Anterior	Alto impacto: ações de alto impacto que devem ser realizadas ao longo do tempo
Q4	Baixa prioridade	Atual	Ações de alteração já realizada, permitem ampliação.
Q5	Média prioridade	Atual	Quadrante problema central: delimita a aplicação das demais técnicas e ações.
Q6	Alta prioridade	Atual	Ações já realizadas em menor número, permite ampliação.
Q7	Baixa prioridade	Futuro	Ações pouco difundidas, indica-se aplicação em maior número.
Q8	Média prioridade	Futuro	Ações que ainda necessitam de oportunidades para tornarem-se melhorias
Q9	Alta prioridade	Futuro	Potencial para resolução demais quadrantes.

Quadro 5 – Interpretação analítica matriz 9 quadrantes

A matriz permite analisar ações já implementadas em maior número, reaproveitamento interno do resíduo, captação de água da chuva e técnicas “fim-de-tubo”. A preocupação com os resíduos se dá apenas ao final do processo. Ações de alteração de processo, produto ou materiais e uso de tecnologia para iluminação natural são determinadas como atuais, sua incidência deve ser mantida e ampliada. Por fim, verifica-se as potencialidades apontadas pela matriz, aplicação regulamentada de PML, substituição de materiais tóxicos pertencentes ao processo, assim como produto resultante e incentivo a tecnologias de ventilação natural, ainda pouco explorados.

De forma ilustrativa, a matriz “9 quadrantes” pode ser verificada na Figura 20. Permite uma análise simplificada do “problema” central e a evolução necessária para que haja a solução indicada pela análise resultante da matriz.

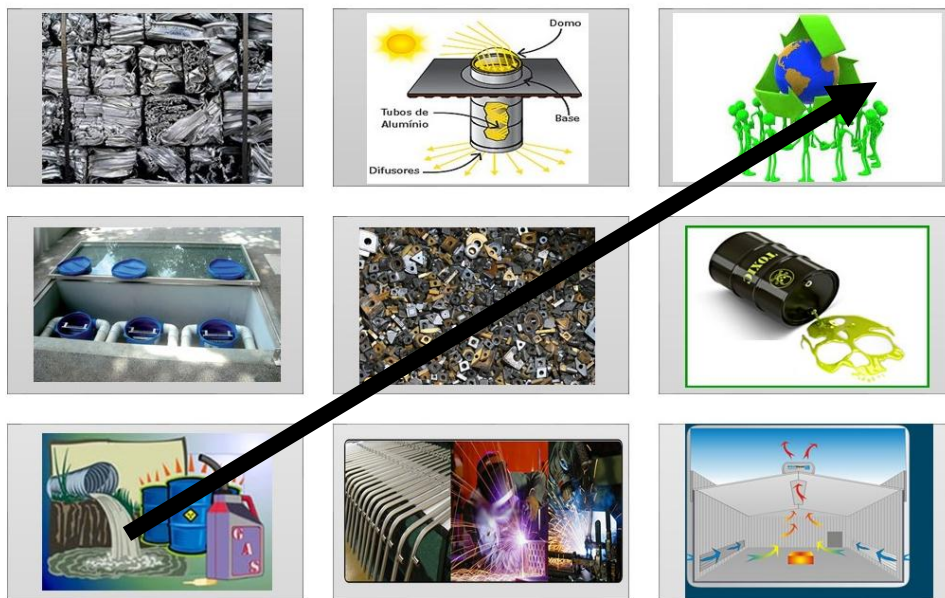


Figura 20 – Ilustração matriz “9 quadrantes” de PML.

Isoladamente, cada um dos quadrantes representa ações, mas de forma integrada, permite a visualização, em termos de PML, pensar efetivamente em problemas e soluções resultantes do resíduo do processo produtivo não só das empresas estudadas, mas também de outras indústrias. A atuação das empresas evidenciada pela matriz “9 quadrantes” possibilita a elaboração da terceira etapa deste estudo, que se utiliza das ferramentas já elencadas para proposição de cenários prospectivos também caracterizados pela utilização de premissas de PML.

4.3 Elaboração dos cenários prospectivos

As técnicas de cenários em ambientes de negócios já são vistas e vem sendo utilizadas ao longo de vários anos. Wack (1985) remete aos anos 50, 60 e 70. Sua necessidade sustenta-se no sentido de entender que a incerteza é característica que pode acabar ou potencializar qualquer planejamento realizado pelas empresas.

No presente estudo, realizado de uma forma bastante abrangente, por tratar de um grupo de empresas, propõe-se a utilização das análises resultantes da matriz “9 quadrantes” para uma elaboração da terceira etapa de análise da PML no setor estudado.

Com a elucidação disposta, foi possível a elaboração de três cenários referentes a PML no setor metalmeccânico da região central do estado do Rio Grande do Sul, de acordo com a Figura 21.

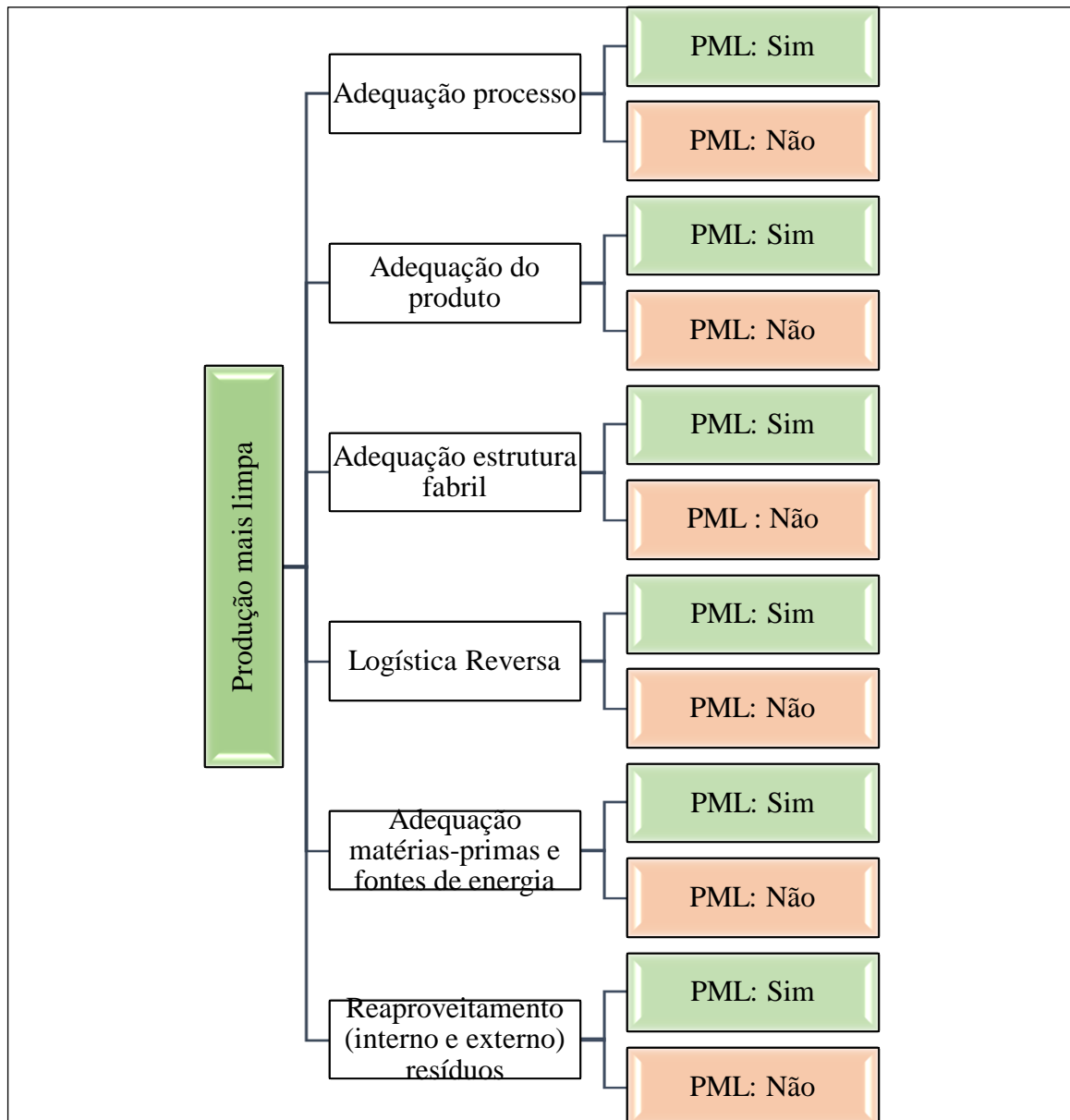


Figura 21 – Matriz para construção de cenários prospectivos

Conforme verificado na Figura 19, foram elencadas 6 variáveis de PML. Em seguida, foram atribuídas as possibilidades “Sim” e “Não” indicando a ocorrência das mesmas. Dessa forma, foram elaborados 3 cenários, um otimista, o segundo mediano e o terceiro pessimista.

- **Cenário 1 Otimista:** A previsão é de que haja todas as respostas positivas:

1. Adequação processo	Ocorre
2. Adequação do produto	Ocorre
3. Adequação estrutura fabril	Ocorre
4. Logística reversa	Ocorre
5. Adequação matérias-primas e fontes de energia	Ocorre
6. Reaproveitamento (interno e externo) resíduos	Ocorre

Quadro 6 – Cenário 1 otimista

O presente cenário possui as características que o tornam o mais improvável, visto que atende a todas as premissas de PML. As transformações destacadas no Quadro 6 envolvem grandes investimentos e, tendo em vista o porte das empresas, também é um indicativo de que este cenário não ocorra.

Para que o cenário 1 aconteça são necessárias ações como: legislação, incentivo a empresas com PML (técnica e financeiramente) que possibilitam o acontecimento desta previsão. Ressalta-se que, mesmo com essas ações, não há como garantir que todos os parâmetros sejam atendidos.

- **Cenário 2 mediano:** A previsão é de que a metade das proposições sejam atendidas

1. Adequação processo	Ocorre ou não ocorre
2. Adequação do produto	Ocorre ou não ocorre
3. Adequação estrutura fabril	Ocorre ou não ocorre
4. Logística reversa	Ocorre ou não ocorre
5. Adequação matérias-primas e fontes de energia	Ocorre ou não ocorre
6. Reaproveitamento (interno e externo) resíduos	Ocorre ou não ocorre
3 ações <u>ocorrem</u> / 3 ações <u>não ocorrem</u> distintamente	

Quadro 7 – Cenário 2 mediano

O cenário 2 aparentemente é o mais aceitável ao ser analisada uma situação futura, visto que as empresas buscarão atender mais algum quesito além dos já atendidos atualmente. Considera-se, portanto, a evolução em parte das ações (sugerido 3 ações), o que demonstra uma evolução para as empresas diante da situação atual de PML. Novamente, considera-se a atuação do poder público por meio do incentivo e/ou legislação que priorize a PML em empresas.

Para que esse cenário seja viabilizado, requer do empresário conscientização da PML assim como investimento financeiro, mas valores inferiores aos do cenário 1. Tendo em vista que nas empresas as questões legais e financeiras têm a maior prioridade, o cenário demonstrado tem maiores chances de acontecer, porém ainda não seria uma situação “ideal” no que tange a enquadrar-se em PML.

- **Cenário 3 Pessimista:** A previsão é de que haja todas as respostas negativas:

1. Adequação processo	Não ocorre
2. Adequação do produto	Não ocorre
3. Adequação estrutura fabril	Não ocorre
4. Logística reversa	Não ocorre
5. Adequação matérias-primas e fontes de energia	Não ocorre
6. Reaproveitamento (interno e externo) resíduos	Não ocorre

Quadro 8 – Cenário 3 pessimista

O Cenário pessimista converge na situação atual da PML nas empresas estudadas, pois delimita não haver implantação de ações além das que já existem.

Nesse cenário, parte-se do pressuposto de que a empresa permaneça em sua inércia atual, sem agregar novas ações referidas a PML. Da mesma forma que o cenário 1, depende de medidas adotadas ou não pelo poder público e para o caso de a legislação não convergir em implantação de ações de PML.

Considerando que os empresários conhecem a importância da PML, sendo que já há premissas em PML em andamento, este cenário pessimista tem poucas chances de ocorrer da forma descrita, ao passo que eles entendem os ganhos atrelados às ações descritas.

Os cenários propostos seguem dispostos na Figura 22, sendo possível a visualização dos mesmos e juntamente com a principal variável que irá determinar o que é necessário para que cada um deles ocorra no setor de estudo.

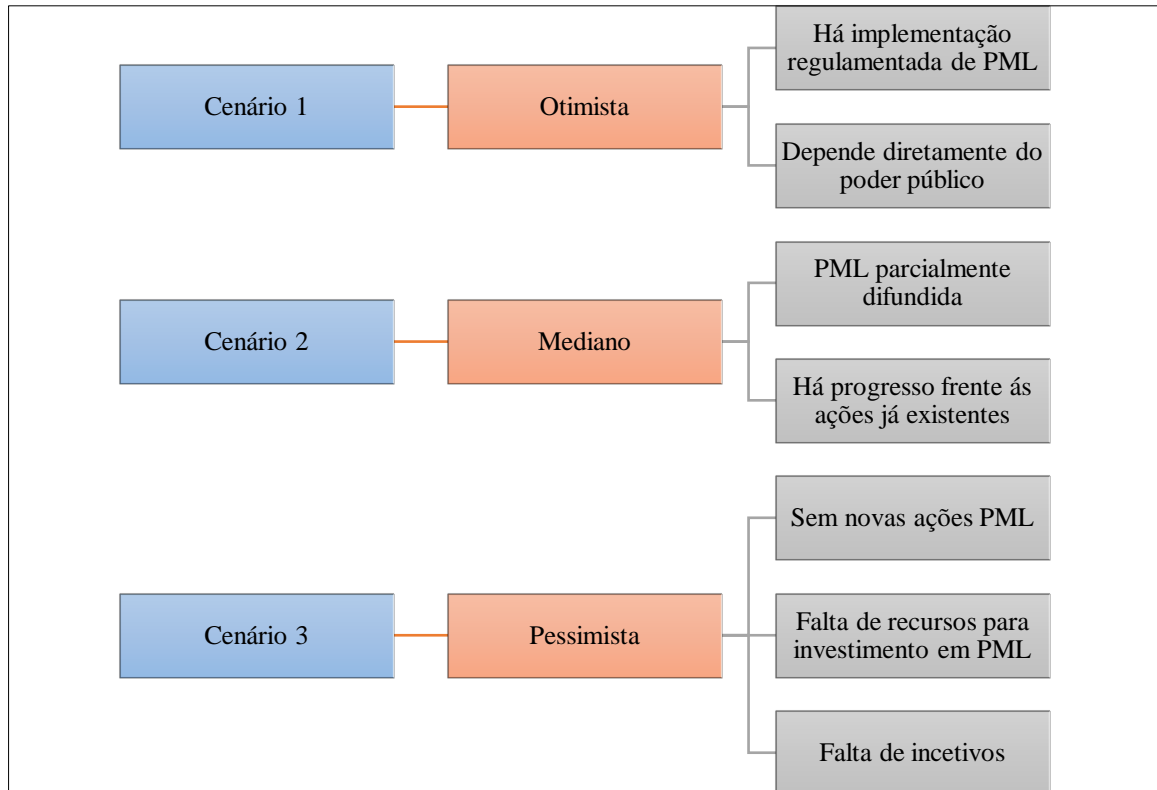


Figura 22 – Resumo cenários propostos

As variáveis apontadas estão associadas ao acontecimento dos cenários, mas não exclusivamente dependente para que haja incidência do mesmo. Pode haver outras ações que também permitam que o cenário ocorra, assim como a falta de efetividade de alguma delas implicará falta de sucesso do cenário.

Conforme destaca Barbieri (2008), as questões ambientais são influenciadas pelo governo, sociedade e mercado. Por meio de sua integração com a empresa, demandam ações para que seja oportunizada à empresa a diminuição dos seus impactos produtivos.

No presente estudo, após aplicadas ferramentas que evidenciam e analisam a projeção de PML em empresas do setor metalmeccânico da região estudada, propôs-se planos com ações a serem desenvolvidas pelas empresas que oportunizam a existência do cenário 1 de forma otimista.

Para elaboração dos planos de ação utilizou-se o modelo de Aguiar (2002), baseado na metodologia 5W1H (*What? Who? When? Where? Why? How?*) para definição das características das ações propostas. Foram elaborados três planos de ação para cada um dos atores destacados por Barbieri (2008) visando o alcance das projeções presentes no Cenário 1 desta pesquisa.

Severo et al. (2009) evidencia em sua pesquisa do APL metalmeccânico automotivo da serra gaúcha, um diferencial competitivo ao adotar a PML em seus processos, pois além do nível estratégico, foi possível verificar aumento da qualidade, segurança do trabalho e operacional primando pela melhoria contínua trazendo assim maior visibilidade no que tange as questões ambientais das empresas estudadas.

Ação O que (<i>what</i>)?	Responsável Quem (<i>Who</i>)?	Prazo Quando (<i>When</i>)?	Local Onde (<i>Where</i>)?	Justificativa Porque (<i>Why</i>)?	Procedimento Como (<i>How</i>)?
Implementar PML	Alta gerência	Previsão de 12 meses	Empresa	Para regulamentar e tornar pública a utilização da PML como estratégia empresarial	Etapas de implementação da PML, conforme Quadro 1 (SCWANKE, 2013)
Buscar capacitação	Disseminadores conhecimento	Previsão de 1 a 3 meses	Empresa e/ou centro de treinamento	Para haver a conscientização dos funcionários e alta gerência	Através de programas de apoio à PML
Participação em projetos de desenvolvimento locais.	Disseminadores conhecimento	Previsão de 1 a 12 meses	Empresa e/ou centro de treinamento	Para haver a conscientização e apoio para ampliação das ações de PML	Buscar conhecimento local, divulgações
Ampliação do número de ações de PML já utilizadas	Alta gerência	Previsão 12 meses ou conforme projeto	Empresa	Para aumentar número de ações PML	Através de programas de apoio à PML

Quadro 9 – Plano ação empresa

No Quadro 10, verificam-se ações governamentais para que seja possível, no futuro, haver efetivamente PML nas empresas. Pereira (2014) ressalta que há lacunas na intersecção das ações políticas, administrativas e privadas, relacionadas à PML no Brasil ao longo dos últimos anos. Ainda conforme a autora, iniciativas de estímulo de adoção da PML ocorrem

em vários órgãos governamentais, em alguns com parceria de instituições privadas, porém há falta de articulação e ausência de uma coordenação.

Silva, Moraes e Machado (2015), evidenciam em sua pesquisa que os programas de capacitação e treinamentos da mão de obra da empresa estudada, como fator de sucesso da PML, principalmente quando envolvem técnicas de boas práticas.

Ação O que (<i>what</i>)?	Responsável Quem (<i>Who</i>)?	Prazo Quando (<i>When</i>)?	Local Onde (<i>Where</i>)?	Justificativa Porque (<i>Why</i>)?	Procedimento Como (<i>How</i>)?
Oportunizar para empresas a regulamentação de PML	Governantes	Indeterminado	Sede de governo	Haver incentivo para os empresários na adoção da PML	Políticas públicas de incentivo à PML
Oportunizar para empresas a regulamentação de PML	Governantes	Indeterminado	Sede de governo	Haver incentivo para os empresários na adoção da PML	Disponibilização de assessoria e capacitação em PML
Oportunizar para empresas a regulamentação de PML	Governantes	Indeterminado	Sede de governo	Haver incentivo para os empresários na adoção da PML	Ajuste de normas técnicas

Quadro 10 – Plano de ação governo

Sociedade e mercado reforçam a adoção de PML nas empresas através de ações, representadas no Quadro 11.

Vanalle e Santos (2014), destacam em sua pesquisa de campo no setor automotivo brasileiro, que o atendimento à legislação ambiental é uma das práticas que comprova que as empresas estão disseminando sua responsabilidade ambiental perante os integrantes das suas cadeias de suprimentos, como, também, preocupadas com suas próprias imagens perante a sociedade.

Jabbour et al. (2013) destaca as diretrizes de compras verdes, por parte dos clientes, que podem ser estabelecidas por meio da seleção de fornecedores com base na RoHS³, em certificações ISO e na realização de auditorias ambientais.

³ Diretiva Europeia RoHS (*Restriction of Hazardous Substances*), que consiste na restrição do uso de substâncias perigosas na produção de produtos eletroeletrônicos. Isto se justifica pelo fato de as empresas estudadas serem filiais de multinacionais e/ou por exportarem seus produtos para mercados europeus (JABBOUR et al., 2013).

Ação O que (<i>what</i>)?	Responsável Quem (<i>Who</i>)?	Prazo Quando (<i>When</i>)?	Local Onde (<i>Where</i>)?	Justificativa Porque (<i>Why</i>)?	Procedimento Como (<i>How</i>)?
Oportunizar para empresas a regulamentação de PML	Sociedade e mercado	Indeterminado	Sociedade	Haver incentivo para os empresários na adoção da PML	Busca por produtos de baixo impacto ambiental
Oportunizar para empresas a regulamentação de PML	Sociedade e mercado	Indeterminado	Sociedade	Haver incentivo para os empresários na adoção da PML	Pressão por melhoria em processos e produtos

Quadro 11 – Plano de ação sociedade e mercado

Por fim, verifica-se que, em virtude de as empresas estudadas estarem enquadradas na forma de um APL, facilita seu acesso à programas de governo, assim como para proposição de sugestões ao poder público por meio da entidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grupo de empresas participantes do estudo evidencia que há ações de PML praticadas e, mesmo que em menor número, questões ambientais estão sendo solucionadas de alguma forma. Mesmo que não haja a metodologia da PML implantada nas empresas, verifica-se as práticas podendo ser consideradas um primeiro passo para a regulamentação.

A partir do panorama atual evidenciado pelas ferramentas “9 quadrantes” da metodologia TRIZ e cenários prospectivos, verifica-se que são necessários incentivos para que as empresas adotem um maior número de ações de PML. Verifica-se a integração empresa, governo, mercado e sociedade como ponto crucial para uma produção direcionada aos impactos ambientais no setor estudado, assim como nos demais.

A técnica de cenários prospectivos demonstra a expansão e potencialidades a serem desenvolvidas pelos empresários locais em se tratando de tecnologias limpas. As referidas empresas possuem a vantagem de estarem enquadradas em um APL, o que as permite, por meio de sua governança, expor as fragilidades das empresas que não as permitem avançar no desenvolvimento de ações de PML.

Por fim, destaca-se o papel importante do NEPI nas regiões de abrangência, visto que o projeto atua de forma direcionada, com consultoria individual, pois prevê um módulo específico que trata de PML. Utiliza-se de uma metodologia capacitada pelo CNTL que permite ao técnico extensionista a utilização do software da AGDI (desenvolvido pelo CNTL) para o assessoramento de empresas interessadas em aderir ao módulo.

5.1 Quanto aos objetivos definidos

Para o cumprimento do objetivo geral, de analisar parâmetros de PML utilizados por empresas do setor metalmeccânico da região central do estado do RS, participantes do NEPI, visando a proposição de cenários prospectivos resultantes da metodologia TRIZ, foram utilizados 3 objetivos específicos plenamente atingidos no estudo.

- Caracterizar as empresas participantes do NEPI Central estudadas, no período de novembro de 2013 a agosto de 2015: as 10 empresas participantes do estudo em sua

maioria são micro ou pequenas empresas, sendo apenas uma delas médio porte, esta possui ISO 9001 (gestão da qualidade).

- Avaliar os diagnósticos de PML para elaboração de uma matriz “9 quadrantes” da metodologia TRIZ: foram evidenciadas as premissas de PML de acordo com a sua incidência, permitindo a utilização de mineração de dados e a elaboração da matriz com uma escala de ações-tempo, o que permitiu a visualização do “problema central”.
- Formular cenários prospectivos, a partir dos resultados apresentados nas etapas anteriores, para proposta de planos de ação: Através dos cenários propostos foi possível verificar e indicar ações utilizadas, assim como a expansão das práticas de PML. Os planos de ação evidenciaram a influência de fatores externos governo, empresas, mercado e sociedade. Norteiam a regulamentação e divulgação da PML no setor estudado apontando caminhos para que as empresas produzam com menores impactos ambientais.

5.2 Quanto à contribuição científica e prática

Considera-se como contribuição importante para a elaboração de informações resultantes de diferentes ferramentas, que reunidas buscam entender e solucionar problemas de PML, ainda não encontradas na literatura.

No estudo, reforça-se a busca de ações de PML, tendo como sua principal contribuição possibilitar aos empresários que, por meio de um “autodiagnóstico”, adotem formalmente o uso de tecnologias limpas em seus processos produtivos.

A contribuição da pesquisa também está no fato de avançar em pesquisas de sustentabilidade associada à APL ainda pouco difundida na literatura nacional e internacional.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

No presente trabalho, não se esgota o tema de PML em empresas do setor estudado ou de um APL. Verificou-se dados que formaram informações que servem como “gatilho” para

divulgação de indicadores ambientais locais. Como limitação do estudo, o número reduzido de empresas participantes da pesquisa é um fator de impacto direto nos resultados.

Para futuros estudos, sugere-se a aplicação das ferramentas para outros APLs do mesmo setor em diferentes regiões, permitindo o uso de comparativos dos resultados encontrados. Ou, ainda, aplicação em outros APLs e setores diferentes no intuito de traçar um quadro de PML regional ou nacional.

Sugere-se, também, a aplicação futura dos questionamentos, possibilitando uma nova versão das ferramentas para utilização de um posterior quadro evolutivo e/ou técnicas de monitoramento. Destaca-se a utilização isolada das ferramentas usadas e não necessariamente o conjunto apresentado.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001:** Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2004.

ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. (Org.). **Gestão Ambiental**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 480p.

AGDI, AGÊNCIA GAÚCHA DE DESENVOLVIMENTO E PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO. **Manual Global do Projeto Extensão Produtiva e Inovação**. Porto Alegre, 2012, CD-ROM.

_____. **Projeto Extensão Produtiva e Inovação: O que é?** Disponível em: <<http://www.agdi.rs.gov.br/?model=conteudo&menu=980>> Acesso em: 28 fev. 2014.

AGUIAR, S. Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2002. 234p.

ALIGLERI, L.; ALIGLERI, L. A.; KRUGLIANSKAS, I. **Gestão Socioambiental:** Responsabilidades e Sustentabilidade do Negócio. São Paulo: Atlas, 2009. 234p.

ALLWOOD, J. M.; LAURSEN, S. E.; RUSSELL, S. N. C.; MALVIDO DE RODRÍGUEZ, C. M.; BOCKEN, N. M. P. An approach to scenario analysis of the sustainability of an industrial sector applied to clothing and textiles in the UK. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1234-1246, 2008.

ALTHAM, W. Benchmarking to trigger cleaner production in small businesses: drycleaning case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 798-813, 2007.

AMATO NETO, J. (Org.). **Sustentabilidade & Produção:** Teoria e prática para uma gestão sustentável. São Paulo: Atlas, 2011. 245p.

BACHMANN, D. **Guia para a Inovação Instrumento de orientação de ações para melhoria das dimensões da Inovação**. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Paraná – SEBRAE/PR. Curitiba: SEBRAE, 2010. 116p.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial:** Conceitos, modelos e instrumentos. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2008. 382p.

BARBIERI, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.

BARRY, K.; DOMB, E.; SLOCUM, M. S. TRIZ - What Is TRIZ? **The TRIZ Journal**, v. 22, p. 1-13, 2014.

BUARQUE, S. C. **Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais**. Brasília: IPEA, 2003. 75p.

CHAKROUN, M. et al. Eco-innovative design approach: Integrating quality and environmental aspects in prioritizing and solving engineering problems. **Frontiers of Mechanical Engineering**, v. 9, p. 203-217, 2014.

CHERIFI, A. et al. A Catalyst Method for an Innovative Eco-Design Strategy Using TRIZ Approach. **British Journal of Applied Science & Technology**, v. 4, p. 4156-4174, 2014.

CIMM, Centro de Informação Metal Mecânica. **Tipos de resíduos da indústria metal mecânica**. Disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal>. Acesso em: 20 de outubro de 2014.

CNTL, CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. **O que é a Produção mais Limpa**: Disponível em: <http://srvprod.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/O%20que%20E98%20Produ%E7%E3o%20mais%20Limpa.pdf> Acesso em: 18 out. 2013.

CNTL (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS). **Curso de Formação de Consultores em Produção mais Limpa para Pequenas e Microempresas**. Módulo1, Porto Alegre: CNTL, 2003.

DIAS, R. **Gestão ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011. 220p.

DINIZ, A. G. F.; OLIVEIRA, I. L. Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos de fundição com base na produção mais limpa. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, p. 123-144, 2008).

FERNANDES, J. N. S. **Aplicação da Metodologia TRIZ em Empresas Industriais**. 2013. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.

FRESNER, J. The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p. 128-136, 2010.

GADD, K. **TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving**. Chichester: John Wiley & Sons, 2011, p. 486.

GENG, Y. et al. Regional initiatives on promoting cleaner production in China: a case of Liaoning. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p. 1502-1508, 2010.

GHAZINOORY, S.; HUISINGH, D. National program for cleaner production (CP) in Iran: a framework and draft. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, p. 194-200, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 175p.

_____. **Estudo de caso**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 148p.

GRIEBELER, M. P. D. **Projeto Extensão Produtiva e Inovação PEPI: Um ano de atuação na região Noroeste Colonial do Rio Grande do Sul – Relatos e perspectivas**. Porto Alegre: Conceito, 2014. 132p.

HENNINGSSON, S. et al. The value of resource efficiency in the food industry: a waste minimisation project in East Anglia, UK. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 505-512, 2004.

HENRIQUES, L.; CATARINO, J. Sustainable Value and Cleaner Production e research and application in 19 Portuguese SME. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 379-386, 2015.

HICKS, C.; DIETMAR, R. Improving cleaner production through the application of environmental management tools in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 395-408, 2007.

HOJER, M.; SOFIA AHLROTH, S.; DREBORG, K. H.; EKVALL, T.; FINNVEDEN, G.; HJELM, O.; HOCHSCHORNER, E.; NILSSON, M.; PALM, V. Scenarios in selected tools for environmental systems analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1958-1970, 2008.

HOLLVEG, S. D. S.; ADAMY, A. P. A.; ROSA, L. C. Evaluation of cleaner production in the mechanical metal sector of the central region of Rio Grande do Sul. In: International Workshop on Advances in Cleaner Production, 5., 2015. **Anais eletrônicos...** São Paulo: UNIP, 2015. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/proceedings_5th.pdf. Acesso em 23 mai. 2015.

HOOFF, B. V.; 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.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Inovação 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

ILEVBARE, I. M.; PROBERT, D.; PHAAL, R. A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. **Technovation**, v. 33, p. 30-37, 2013.

IRACHANDE, A. M.; ALMEIDA, L. B.; VIEIRA, M. M. A. O Mercosul e a construção de uma política ambiental para os países do Cone Sul. **Política & Sociedade**, v. 9, n. 16, p.205-223, 2010.

JABBOUR, A. B. L. S.; JABBOUR, C. J. C. **Gestão ambiental nas organizações: fundamentos e tendências**. São Paulo: Atlas, 2013. 104p.

JABBOUR et al. Esverdeando a cadeia de suprimentos: algumas evidências de empresas localizadas no Brasil. **Gest. Prod.**, v. 20, n. 4, p. 953-962, 2013.

JAFARI, M. et al. Exploring the effectiveness of inventive principles of TRIZ on developing researchers' innovative capabilities. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, p. 747-767, 2013.

KUBOTA, F. I.; ROSA, L. C. Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving. **Journal of Cleaner Production**, v. 47, p. 199-210, 2013.

LEME, R. **[Re]descobrimo a matriz nine box: identifique talentos e potenciais da sua empresa**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014. 111p.

MACEDO, D. C.; MATOS, S. N. Extração de conhecimento através da mineração de dados. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 22-30, 2010.

MADRUGA, K. C. R. **Produção mais limpa na indústria automotiva: um estudo de fornecedores no estado do Rio Grande do Sul**. 2000. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

MANN, D. L. System Operator Tutorial - 1) 9-Windows On The World. **The TRIZ Journal**, v. 11, p. 1-12, 2001.

MANTOVANI, C. A.; TAUCHEN, J. A.; BECK, V. V. Diagnóstico ambiental das indústrias do setor metal-mecânico da região fronteira noroeste do Rio Grande do Sul. In: Semana Acadêmica da Engenharia de Produção Fahor, 1, 2010. **Anais eletrônicos...** Horizontina: FAHOR, 2010. Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/saep/2010_diagnostico_ambiental_industrias_metal_mecanico.pdf> Acesso em: 25 out. 2014.

MARCIAL, E. C.; GRUMBACH, R. J. S. **Cenários prospectivos: como construir um futuro melhor**. 4 ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 148p.

MAYOLO, L. L. K.; PERINI, R. L. diagnóstico do perfil de gestão ambiental das empresas de médio porte do setor metalmeccânico de Caxias do Sul. **Revista Global Manager Acadêmica**. v. 1, n. 2, p. 1-20, 2012.

MIGUEL, P. A. C. (Coord.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier – ABEPRO, 2012. 260p.

MILAN, G. S.; GRAZZIOTIN, D. B. Um estudo sobre a aplicação da Produção mais Limpa (P+L). **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, n. 1, p. 127-140, 2012.

MONTGOMERY, C. A.; PORTER, M. E. **Estratégia: A busca pela vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 500p.

MORITZ, G. O. **Planejando por cenários prospectivos: a construção de um referencial metodológico baseado em casos**. 2004. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

NADAE, J.; GALDAMEZ, E. V. C.; CARPINETTI, L. C.; SOUZA, F. B.; OLIVEIRA, O. J. Método para desenvolvimento de práticas de gestão integrada em *clusters* industriais. **Production**, v. 24, n. 4, p. 77-786, 2014.

NEGNY, S. et al. Toward an eco-innovative method based on a better use of resources: application to chemical process preliminary design. **Journal of Cleaner Production**, v. 32, p. 101-113, 2012.

NEUMANN, S. E. **Planejamento estratégico**: uma investigação da prática nas empresas do setor metal mecânico da Serra Gaúcha. Universidade de Caxias do Sul, agosto de 2009.

OCDE, ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Manual de Oslo**. 3. ed. (tradução FINEP), 2005.

OLIVEIRA, J. A. P. **Pequenas empresas, arranjos produtivos locais e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009. 228p.

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, 2007.

OLIVEIRA, J. O. (Org.). **Gestão da produção e operações**: Bases para Competitividade. São Paulo: Atlas, 2014. 352p.

OLIVEIRA NETO, G. C.; LEITE, R. R.; BAPTISTA, E. A. Avaliação econômica e ambiental da aplicação da produção mais limpa na estação de tratamento de efluentes de uma empresa do ramo metal mecânico. **Exacta**, v. 12, n. 1, p. 33-42, 2014

PAULI, G. Zero emissions: the ultimate goal of cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 5, p. 109-113, 1997.

PEREIRA, G. R. **Subsídios para implantação da produção mais limpa no Brasil**. 2014. 256P. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

PIGOSSO, D.; ROZENFELD, H. Métodos e ferramentas de Ecodesign: revisão bibliográfica sistemática. **Produto & Produção**, v. 13, n. 1, p. 16-33, 2012.

PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P. A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: Um estudo no estado do Rio Grande do Norte. **Produção**, v. 22 n. 3, p. 462-476, 2012.

- ROCHA, H. M. Cenários prospectivos: ferramentas estratégicas para obtenção e manutenção da vantagem competitiva das organizações. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa (RECADM)**, v. 3, n. 2, 2004.
- RODRIGUES, V. C.; NETO, A. C. J. A gestão ambiental e sua importância nas organizações. **Omnia Humanas**, v. 3, n. 1, p. 54-64, 2010.
- RUSSO, D.; RIZZI, C.; MONTELISCIANI, G. Inventive guidelines for a TRIZ-based eco-design matrix. **Journal of Cleaner Production**, v. 76, p. 95-105, 2014.
- SAMBIASE, M. F.; FRANKLIN, M. A.; TEIXEIRA, J. A. Inovação para o desenvolvimento sustentável como fator de competitividade para as organizações: um estudo de caso Duratex. **Revista de Administração e Inovação**, v. 10, n. 2, p. 144-168, 2013.
- SANTOS, M. M.; COELHO, G. M.; SANTOS, D. M.; FELLOWS FILHO, L. Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. **Parcerias estratégicas**, v. 1, n. 19, 2004.
- SCHWANKE, C (Org.). **Ambiente: Tecnologias**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 256p.
- SEIFFERT, M. E. B. **Sistemas de gestão ambiental (SGA-ISO 14001):** Melhoria Contínua e Produção Mais Limpa na Prática e Experiências de 24 Empresas. São Paulo: Atlas, 2011. 168p.
- SEVERO, E. A. et al. Inovação de processo e produção mais limpa em uma indústria de plásticos da serra gaúcha. **Gestão Contemporânea**, edição especial, 2012.
- _____. et al. Produção mais limpa, inovação em processo e benefício ambiental: um estudo de caso em uma indústria do polo metalmeccânico da Serra Gaúcha. In: International Workshop on Advances in Cleaner Production, 3. 2011. **Anais eletrônicos...** São Paulo: UNIP, 2011. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/4B/3/Severo_EA%20-%20Paper%20-%204B3.pdf>. Acesso em 23 mai. 2015.
- _____. et al. Produção mais limpa: O caso do arranjo produtivo local metalmeccânico automotivo da Serra Gaúcha. In: International Workshop on Advances in Cleaner Production, 2. 2009. **Anais eletrônicos...** São Paulo: UNIP, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/5b/5/E.%20A.%20Severo%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em 23 mai. 2015.

SHI, H. et al. 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. L. E.; MORAES, J. A. R.; MACHADO, E. L. Proposta de um programa de P+L como ferramenta para promoção da gestão ambiental: Estudo de Caso. **Tecno-Lógica**, v. 16, n. 1, p. 40-47, 2012.

_____. Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa. **Eng Sanit Ambient**, v. 20, n. 1, p. 29-37, 2015

SONG, M. Statistical analysis and combination forecasting of environmental efficiency and its influential factors since China entered the WTO: 2002-2010-2012. **Journal of Cleaner Production**, v. 42, p. 42-51, 2013.

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

UNIFRA, **Centro Universitário Franciscano**. Disponível em: <<http://www.unifra.br/novo/site/institucional/default.aspx?page=a-unifra>> Acessado em maio/2014.

VANALLE, R. M.; SANTOS, L. B. Análise das práticas de sustentabilidade utilizadas na gestão da cadeia de suprimentos: pesquisa de campo no setor automotivo brasileiro. **Gest. Prod.**, v. 21, n. 2, p. 323-339, 2014.

VAZ, C. R. et al. Conceitos e metodologias para um mundo sustentável: uma reflexão da PL, P+L e produção enxuta. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 8, n. 1, p. 83-99, 2011.

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

WACK, P. Scenarios: shooting the rapids. **Harvard Business Review**, v. 63, n. 6, p. 139-150, 1985.

WITTMANN, M. L.; DOTTO, D. R.; WEGNER, D. Redes de empresas: um estudo de redes de cooperação do Vale do Rio Pardo e Taquari no estado do Rio Grande do Sul. **Redes**, v. 13, n. 1, p. 160-180, 2008.

YANG, C. J.; CHEN, J. L. Accelerating preliminary eco-innovation design for products that integrates case-based reasoning and TRIZ method. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 998-1006, 2011.

ZHANG, F.; YANG, M.; LIU, W. Using integrated quality function deployment and theory of innovation problem solving approach for ergonomic product design. **Computers & Industrial Engineering**, v. 76, p. 60-74, 2014.

ZYLBERSZTAJN, D. L.; LINS, C. (Org.) **Sustentabilidade e Geração de valor: A transição para o século XXI**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 207p.

ANEXO A – Questionário PML

Nº	Questionário	Sim	Não
1.	Há ações para alteração de equipamentos por outros que consomem menos recursos (materiais, energia, água, vapor, ar, etc.)?		
2.	Há ações para alteração de processo por outros que consomem menos recursos (materiais, energia, água, vapor, ar, etc.)?		
3.	Há ações para alteração de produto por outros que consomem menos recursos (materiais, energia, água, vapor, ar, etc.)?		
4.	Há ações para alteração de materiais por outros que consomem menos recursos (materiais, energia, água, vapor, ar, etc.)?		
5.	Existem ações em andamento objetivando a eliminação de algum resíduo (sólido, gasoso ou líquido)?		
6.	Existem ações em andamento objetivando a redução da geração de algum resíduo (sólido, gasoso ou líquido)?		
7.	Existem ações em andamento objetivando o reaproveitamento interno de algum resíduo (sólido, gasoso ou líquido)?		
8.	Existem ações em andamento objetivando o reaproveitamento externo de algum resíduo (sólido, gasoso ou líquido)?		
9.	Todos os resíduos gerados que retornam à natureza recebem o devido tratamento ?		
10.	Existem ações em andamento objetivando a adequação do produto final, após seu uso , a condições de reaproveitamento, reciclagem, etc.?		
11.	Existem ações que consideram a logística reversa dos produtos finais após seu uso?		
12.	A água utilizada no processo provém de um sistema de captação a partir das chuvas ou circuito fechado ?		
13.	Existem ações para substituição de iluminação artificial (consumo de energia elétrica) por iluminação natural?		
14.	Existem ações para substituição de ventilação artificial (consumo de energia elétrica) por ventilação natural?		
15.	Existem ações em andamento para a substituição de materiais tóxicos (Classe 1) que são utilizados no processo?		
16.	Existem ações para substituição de combustíveis fósseis por combustíveis renováveis?		
17.	Existem ações em andamento para a substituição de materiais utilizados no processo que resultem em resíduos tóxicos (Classe 1)?		
18.	A matriz energética da empresa está mapeada		
19.	Existem ações para tornar a matriz energética da empresa mais eficiente ?		
20.	Existem ações para tornar a matriz energética da empresa menos poluente ?		