

# Conceitos e metodologias para um mundo sustentável: uma reflexão da PL, P+L e produção enxuta

Caroline Rodrigues Vaz (UFSC-SC/Brasil) - caroline-vaz@hotmail.com

• Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade, Florianópolis-SC, CEP 88040-970

Alexandre Borges Fagundes (UTFPR-PR/Brasil) - borges.fagundes@gmail.com

Ivanir Luiz de Oliveira (UTFPR-PR/Brasil) - ivanir@utfpr.edu.br

Paulo Mauricio Selig (UFSC-SC/Brasil) - selig@deps.ufsc.br

## Resumo

Este trabalho apresenta uma reflexão sobre o desenvolvimento das metodologias da Produção Limpa (PL), Mais Limpa (PML) e Produção Enxuta, em relação aos seus objetivos, etapas de implantação e casos de sucesso. Esta pesquisa teve natureza qualitativa; em relação aos temas tratados, foram realizadas buscas na literatura e em normas técnicas dos últimos dez anos. A Produção limpa e mais Limpa (PL-ML) são conceitos que trazem ferramentas que associam benefícios econômicos, sociais e ambientais às atividades de uma organização e a Produção Enxuta é um conceito cujas ferramentas eliminam desperdícios e aumentam a qualidade. Este artigo evidencia que a aplicação conjunta da Produção Enxuta e da PLML pode contribuir, efetivamente, para a melhoria da competitividade e da sustentabilidade ambiental nas indústrias.

Palavras-chave: Produção mais Limpa; Produção Limpa; Produção Enxuta.

## Abstract

*This work presents a reflection on the development of the methodologies of Clean Production (PL), Cleaner production (PML) and Lean Production systems relative to their aims, implementation stages and success rates. This research had a qualitative nature in relation to the themes dealt with; searches were made in relevant literature and in respect to the technical norms used during the last ten years. The Clean and Cleaner Production (PLML) systems are concepts and they bring tools that associate economical and environmental benefits to the activities of an organization. Lean Production is a concept whose tools eliminate waste and increases quality. The combined application of Lean Production and PLML can contribute effectively to the improvement of competitiveness as well as to environmental sustainability in industry.*

*Keywords: Cleaner Production; Clean Production; Lean Production.*

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão ambiental é um tema de muitas discussões, principalmente a partir da Conferência de Estocolmo, na Suécia, em 1972. A partir daí, compreendeu-se que a solução para a conservação dos recursos naturais e minimização da degradação ambiental, seria o desenvolvimento de técnicas ambientais e de gerenciamento, que acabassem com o desperdício, colaborando para um desenvolvimento mais sustentável. A Produção Limpa e a Produção Mais Limpa são frutos da visão “fim-de-tubo”, da prevenção à poluição e da melhoria contínua. Apesar das propostas virem de organismos diferentes, das Nações Unidas e *Greenpeace*, são aliados ao mesmo tema do “Desenvolvimento Sustentável”.

Nos últimos anos, a preocupação com o meio ambiente no setor empresarial vem passando por um período de modificações, aliando estratégias organizacionais com melhoria de vida dos indivíduos.

Toda atividade industrial provoca impacto ambiental. A geração de resíduos, independente de que materiais se constituam, provoca um impacto ambiental, seja em função do processo produtivo, da matéria-prima utilizada seja da disposição final do produto.

Este artigo teve como objetivo apresentar uma reflexão sobre o desenvolvimento da pesquisa científica relacionada às metodologias Produção Limpa, Produção mais Limpa e Produção Enxuta, em relação aos seus objetivos, etapas de implantação e os casos de sucesso que estas metodologias proporcionaram a diversas empresas, contribuindo com o desenvolvimento acadêmico e profissional, pelo aperfeiçoamento do conhecimento para a implementação dessas metodologias.

## 2. METODOLOGIA

Esta pesquisa teve natureza qualitativa, em relação aos temas tratados; foram realizadas pesquisas em literaturas científicas e em normas técnicas publicadas nos últimos dez anos. Do ponto de vista dos objetivos, este estudo classifica-se como exploratório e em relação aos seus procedimentos técnicos, como bibliográfico. Foram utilizadas dissertações, livros técnicos, artigos e periódicos, além de consulta a *sites* do Meio Ambiente (GIL, 1999; LAKATOS e MARCONI, 2000).

## 3. PRODUÇÃO LIMPA E MAIS LIMPA (PLML)

A Produção Limpa (PL) engloba as estratégias de administração industrial (SILVA, 2004), foi proposta pela organização ambientalista não governamental *Greenpeace*, afirma Furtado *et al.* (1998), para representar o sistema produtivo industrial, que levasse em conta:

- a) A auto-sustentabilidade de fontes renováveis de matérias-primas;
- b) A redução do consumo de água e energia;
- c) A prevenção da geração de resíduos tóxicos e perigosos na fonte de produção;
- d) A reutilização e reaproveitamento de materiais, por reciclagem, de maneira atóxica e energia-eficiente (consumo energético eficiente e eficaz);
- e) A geração de produtos de vida útil longa, seguros e atóxicos, para o homem e o ambiente, cujos restos (inclusive, as embalagens), tenham reaproveitamento atóxico e energia-eficiente;
- f) A reciclagem (na planta industrial ou fora dela) de maneira atóxica e energia-eficiente, como substitutivo para as opções de manejo ambiental, representadas por incineração e despejos em aterros.

PL é um sistema de produção industrial que exige recursos, como: materiais (dos quais os produtos são feitos); energia (para transportar e processar os materiais); água e ar (GREENPEACE, 1997).

Thorpe (1999) afirma que a PL busca compreender o fluxo dos materiais na sociedade, investigando, em particular, a cadeia de produtos: de onde vêm as matérias-primas, como e onde elas são processadas, que desperdícios são gerados ao longo da cadeia produtiva, que produtos são feitos dos materiais e o que acontece a estes produtos durante o seu uso e o término da sua vida útil.

De acordo com *Greenpeace* (1997), a PL tem como objetivo atender às necessidades de produtos de forma sustentável, usando materiais e energias renováveis, não nocivas, conservando a biodiversidade.

Borges (1999) afirma que o objetivo da PL é eliminar as causas da degradação ambiental, através de ações corretivas, minimizar a geração dos poluentes na fonte, o que significa reduzir o uso de materiais e energia para uma quantidade suficiente à produção.

É formada pelos princípios da precaução, prevenção, integração, controle democrático, direito de acesso a informações sobre riscos e impactos de produtos e processos e responsabilidade contínua do produtor (FURTADO *et al.*, 1998; TANIMOTO, 2004).

Os princípios da PL, segundo Silva (2004), questionam a necessidade real do produto ou procuram outras formas, pelas quais essa necessidade poderia ser satisfeita ou reduzida.

*Greenpeace* (1997) salienta que o sistema de produção pode ser linear e circular. Os lineares, com frequência, usam substâncias nocivas e recursos finitos, em grandes quantidades e ritmo acelerado, utilizado atualmente. Os circulares usam menos materiais, energia e água, com um ritmo baixo.

De acordo com Leripio (2001), a PL propõe a substituição da equação industrial linear, clássica, que se baseia no modelo “fim-de-tubo”, de contenção dos resíduos na fábrica, para posterior tratamento e descarte, pela equação circular, com maiores preocupações com o meio ambiente, consumo de água e energia.

A implementação da PL usa o Princípio Precautório, conforme *Greenpeace* (1997), salientando que se trata de uma nova abordagem holística e integrada para questões ambientais centradas no produto. Esses princípios assumem, como hipótese, que a maioria de nossos problemas ambientais são provocados pelas formas e ritmos, no qual se produzem e consomem os recursos naturais, necessitando da participação nas tomadas de decisões políticas e econômicas.

A abordagem da PL, segundo *Greenpeace* (1997), envolve oito etapas, apresentadas a seguir:

- a) Identificação da substância perigosa a ser gradualmente eliminada, com base no Princípio Precautório;
- b) Execução de análises química e de fluxo de material;
- c) Estabelecimento e implementação de um cronograma para a eliminação gradual da substância nociva do processo de produção, bem como de correspondente tecnologia de gerenciamento de resíduos;
- d) Implementação de processos de produção limpa para produtos existentes e pesquisa de novos;
- e) Treinamento e fornecimento de apoio técnico e financeiro;
- f) Ativa divulgação de informações para o público e garantia de sua participação na tomada de decisões;
- g) Viabilização da eliminação gradativa da substância poluente, através de incentivos normativos e financeiros;
- h) Viabilização da transição para a Produção Limpa, com planejamento social, envolvendo trabalhadores e comunidades afetados.

Andrade, Marinho e Kiperstok (2001) afirmam que a PL envolve um conjunto de medidas relativas à produção, tais como: boas práticas operacionais e adoção de medidas para evitar perdas, armazenamento e disposição final adequada dos resíduos, adequação de produtos e processos, minimização e uso suficiente de matérias-primas e energia, substituição de substâncias tóxicas. Também, está relacionada a valores de comportamento sociais e econômicos.

Segundo Sperandio e Donaire (2005), enquanto se realiza a mudança de processo, a transição da Produção Limpa, também demanda uma completa avaliação do produto, em relação aos custos ambientais, sociais e econômicos, provenientes do uso dos recursos e da geração de resíduos, ao longo do seu ciclo de vida.

Os sistemas de Produção Limpa não são poluentes em todo o seu ciclo de vida útil, afirma Silva (2004); eles preservam a diversidade na natureza e na cultura e garantem, às gerações futuras, a satisfação de suas necessidades.

Cardoso (2004) afirma que para a divulgação da PL nas empresas, é necessária a adoção e apresentação de uma proposição de indicadores de PL, a serem utilizados em relatórios ambientais, pois os indicadores apresentam maiores entendimento e comunicação, possibilitando o acompanhamento da sociedade nos processos ambientais das empresas.

A empresa Pigozzi, que trabalha com máquinas e equipamentos agrícolas, do Rio Grande do Sul, implantou a PL, trazendo como resultado, um banco de dados riquíssimo para a região e certificação ISO 14000 para a empresa (GONÇALVES e NASCIMENTO, 1997).

Nas 37 empresas de joalherias em Guaporé, no Estado do Rio Grande do Sul, foi implantado a Produção Limpa, resultando no desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental, para acompanhar o setor galvânico, utilizando: planilhas de mapeamento da cadeia produtiva, monitoramento do tratamento de efluentes, indicadores de desempenho no tratamento dos efluentes gerados, geo-referenciamento de todas as unidades produtivas do setor galvânico do município e acompanhamento das empresas para adesão ao consórcio na construção do aterro sanitário (MONTEIRO, 2008).

O conceito Produção mais Limpa (PML) refere-se à produção integrada à proteção ambiental, de forma mais ampla, considerando todas as fases do processo produtivo e o ciclo de vida do produto final, segundo PNUMA (1993).

A PML surgiu em 1991, ocorreu em um programa da UNIDO/UNEP, como uma abordagem intermediária entre a Produção Limpa do *Greenpeace* e a diminuição de resíduos do *Environmental Protection Agency* – EPA (CNTL, 2003).

Conforme Barbieri (2004), a PML teve suas origens estimuladas pela Conferência de Estocolmo, em 1972, com a definição de tecnologia limpa, propondo disseminar menos poluição ao meio ambiente, gerar menos resíduos e consumir menos recursos naturais.

De acordo com o Centro Nacional de Tecnologia Limpa – CNTL (2003), Produção mais Limpa constitui o aproveitamento contínuo de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica, associada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficácia no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, diminuição ou reciclagem de resíduos gerados em todos os setores produtivos.

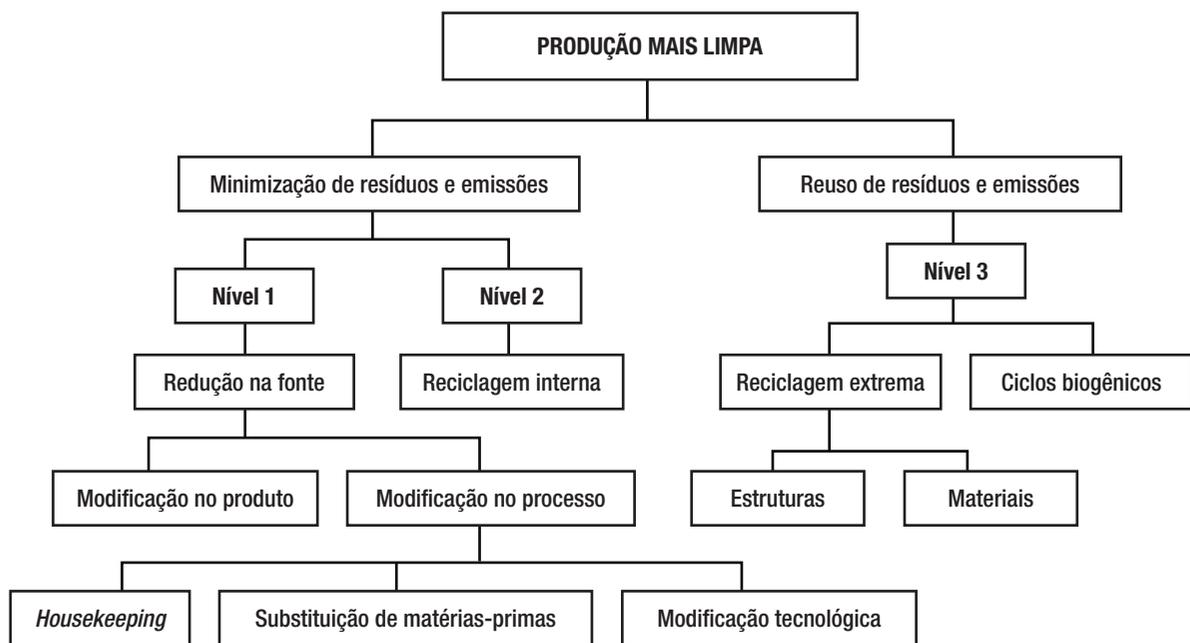
A PML aplica uma abordagem preventiva na Gestão Ambiental, que permite o funcionamento da empresa, de modo social e ambientalmente responsável, trazendo influência em melhorias econômicas e tecnológicas (CNTL, 2001; SILVA FILHO e SICSÚ, 2003), com a intenção de maximizar a eficiência na utilização das matérias-primas, água e energia, aplicada a serviços e produção, com o intuito de diminuir os riscos para as pessoas e ao meio ambiente (CNTL, 2001; SILVA FILHO e SICSÚ, 2003; PIMENTA e GOUVINHAS, 2007).

De acordo com CNTL (2002), essa tecnologia (PML) apresenta várias vantagens, quando comparada às tecnologias de “fim-de-tubo”, sendo elas:

- a) Redução da quantidade de materiais e energia usados, apresentando, assim, um potencial para soluções econômicas;
- b) A minimização de resíduos, efluentes e emissões;
- c) A responsabilidade pode ser assumida para o processo de produção como um todo e os riscos no campo das obrigações ambientais e da disposição de resíduos podem ser minimizados.

A PML tem como objetivo fortalecer economicamente a indústria, através da prevenção da poluição, colaborando com o progresso da situação ambiental de determinada região. Explora o processo produtivo e as demais atividades de uma empresa e avalia a utilização de materiais e energia. A partir disto, são criteriosamente examinados os produtos, as tecnologias e os materiais, com a intenção de diminuir os resíduos, as emissões e os efluentes e descobrir modos de reutilizar os resíduos inevitáveis (CNTL, 2002). A figura 1 apresenta a abordagem de PML e a declaração de prioridades na identificação de oportunidades.

Figura 1 – Fluxograma para o estabelecimento de prioridades na identificação de oportunidades de Produção mais Limpa.



Fonte: (CNTL, 2002).

PML é uma ferramenta completa na determinação de escolhas para otimização do processo produtivo e melhoria contínua do processo, pois junta as questões que induzem a esse fim, como: qualidade, planejamento, segurança, meio ambiente, *design*, saúde ocupacional e eficiência (CNTL, 2002).

De modo geral, Moura *et al.* (2005), assinalam que as maiores barreiras acontecem em função da resistência à modificação; da compreensão errônea (ausência de informação sobre a técnica e a relevância oferecida ao ambiente natural); a não existência de políticas nacionais, que ofereçam suporte às atividades de PML; empecilhos econômicos (alocação defeituosa dos custos ambientais e investimentos) e empecilhos técnicos (novas tecnologias).

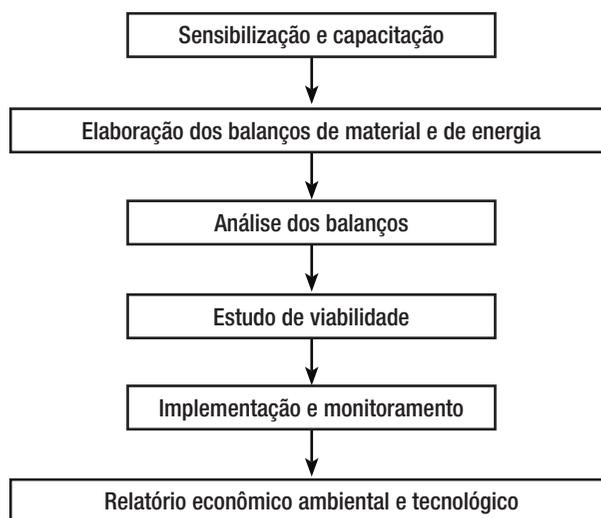
A implantação da PML, segundo Perretti *et al.* (2007), requer um monitoramento através de indicadores ambientais e de processo que proporcionem resultados relacionados ao uso ecoeficiente de recursos, ocasionando um completo entendimento do sistema de gerenciamento da empresa.

Segundo Diniz (2007), a implantação da PML consiste em dezoito etapas, sendo elas:

- a) Comprometimento da direção da empresa;
- b) Sensibilização dos funcionários;
- c) Formação do *Ecotime*: responsável por disseminar a metodologia aos demais colegas e fazer;
- d) Apresentação da metodologia: em reuniões técnicas, com a finalidade de apresentar os objetivos de cada fase da implantação da metodologia;
- e) Pré-avaliação: do licenciamento ambiental, da área externa e interna;
- f) Elaboração dos fluxogramas do processo: processo linear, processo em rede, fluxograma qualitativo global e fluxograma qualitativo intermediário;
- g) Definição de Indicadores;
- h) Avaliação dos dados coletados;
- i) Levantamento das barreiras a serem enfrentadas;
- j) Seleção do foco de avaliação e priorização das ações;
- k) Balanço de massa e/ou energia;
- l) Avaliação de causas de geração dos resíduos;
- m) Geração de opções de melhorias;
- n) Avaliação técnica, ambiental e econômica;
- o) Seleção da opção;
- p) Implementação;
- q) Elaborar um plano de monitoramento e continuidade.

O procedimento de implantação do programa de PML pode ser analisado em seis fases, conforme demonstra a figura 2.

Figura 2 – Fluxograma das etapas de implantação do Programa de Produção mais Limpa.



Fonte: (CNTL, 2001).

Segundo Elias, Prata e Magalhães (2004), para a implantação da PML, é necessário o planejamento e coordenação do fator mais relevante, que na etapa inicial, é o comprometimento da gerência. Afirma Danihelka (2004) que as empresas precisam gerar ações significativas, para o retorno do investimento da metodologia da Produção mais Limpa de forma rápida.

De acordo com Elias, Prata e Magalhães (2004), a PML introduzida em empresas de diferentes ramos, trouxe os seguintes benefícios:

- Empresa do setor metal mecânico: redução de 14% no consumo de energia elétrica, em virtude da maior utilização do compressor;
- Empresa de exportação de couros acabados para estofamento: atingiu uma economia no consumo de água, na geração de efluentes no processo de curtimento do couro e no uso de produtos químicos para tratamento de efluente;
- Indústria de formulações Nutricionais: apresentou uma melhoria de eficiência do sistema elétrico;

- d) Laboratório fabricante de medicamentos farmacêuticos: gerou uma redução de resíduos sólidos e um melhor aproveitamento de recursos naturais;
- e) Empresa *hortigranjeira*: proporcionou a racionalização do uso do recurso de energia elétrica, redução no indicador de consumo de energia elétrica/ovo incubado, o reaproveitamento de resíduo orgânico e adequação à legislação, aumento da vida útil do aterro sanitário;
- f) Setor de hotelaria: houve um aumento da vida útil do material utilizado na governança, redução na geração de resíduos, redução do consumo de gás e energia elétrica, redução de efluentes líquidos e redução no consumo de água;

Nas pesquisas de Silva Filho e Sicsú (2003), os resultados atingidos com a metodologia PML, foram:

- a) Metalurgia: redução na geração de sucata, redução no consumo de água em 20% e 80% pela redução do consumo de energia;
- b) Papel e Celulose: redução na geração e descarte de resíduo de madeira, recuperação de fibras, redução do custo de transporte de resíduo e diminuição do impacto nas áreas de disposição, redução no consumo de madeira;
- c) Construção civil: redução na geração de resíduos de cerâmica, redução na utilização de cerâmica, eliminação da utilização de produtos tóxicos;
- d) Metal mecânico: reciclagem interna, não geração de resíduos, redução do retrabalho e menor consumo de tinta, redução no consumo de matéria-prima;
- e) Petroquímica: maior possibilidade de reciclagem dos resíduos, redução da geração de efluente, redução na geração de pó.

No estudo realizado por Pimenta e Gouvinhas (2007), em uma Indústria de Panificação, em Natal, no Estado do Rio Grande do Norte, a PML trouxe oportunidades de redução de fabricação do pão francês, redução de energia, água e resíduos sólidos, trazendo à empresa benefícios econômicos, ambientais e sociais.

Lima, Mattos e Medeiros (2007) apresentam a implementação da PML em uma fazenda de cultivo de camarões e obtiveram os seguintes resultados: otimização de consumo de água, redução na contaminação de efluentes e redução no consumo de energia. Nesta pesquisa, não foram encontrados relatos na área de Instituições de Ensino.

Neste artigo, propõem-se a fusão dos dois termos, preservando os fundamentos de cada metodologia e favorecendo a aplicabilidade ao desenvolvimento econômico atual, do reforço à ideia da melhoria contínua e com aprofundamento dos objetivos ambientais, traçados entre as décadas de 70 e 90. Utiliza-se, portanto, o termo de PLML para representar a fusão entre a PL e a PML.

## 4. PRODUÇÃO ENXUTA (*LEAN PRODUCTION*)

A Produção Enxuta surgiu no Japão, em 1950, por meio de estudos feitos na produção em massa da Ford, em Detroit, nos Estados Unidos, por dois engenheiros: Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, pois o exército precisava que a Toyota fabricasse caminhões para a Guerra da Coreia. Após a visita, os engenheiros perceberam que não poderiam adaptar o processo da Ford e que deveriam criar um novo modelo, que se chamou Sistema Toyota de Produção (ELIAS e MAGALHÃES, 2003; MORENGHI, ANDRADE e ROSANO, 2006).

O sistema de Produção Enxuta foi baseado na evidência empírica da melhoria da competitividade na indústria, podendo ser introduzida em uma indústria, fábrica, loja ou em qualquer outro estabelecimento, para aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e minimizar tempos e custos (MORENGHI, ANDRADE e ROSANO, 2006).

A Produção Enxuta apresenta cinco princípios fundamentais para ser implementada, salientam Womack e Jones (2004), sendo elas:

- a) Valor: ser empregado ao produto, de acordo com as especificações dos clientes, e não sob a ótica da empresa;
- b) Fluxo de valor: conjunto de etapas necessárias à produção de um produto específico;
- c) Fluxo: um fluxo de valor contínuo, para que as etapas corram adequadamente;
- d) Puxar: produzir apenas o que o cliente deseja, para evitar desperdícios;
- e) Perfeição: manter sempre uma produção contínua, sem que haja perdas e desperdícios.

A Produção Enxuta pode ser definida, conforme Ohno (1997), como uma filosofia que quer menos tempo de processamento para entregar produtos e serviços com alta qualidade e baixos custos, através da melhoria do fluxo produtivo, via eliminação dos desperdícios no fluxo de valor.

Segundo Womack e Jones (1992), o objetivo da produção enxuta é eliminar tudo que não agregue valor ao produto ou serviço empregado, podendo, assim, ser considerado como um desperdício para a empresa.

Os mesmos autores salientam, ainda, as sete categorias de desperdícios em uma produção, sendo elas:

- a) Desperdício de superprodução;
- b) Desperdício de espera;
- c) Desperdício de transporte;
- d) Desperdício de processamento;
- e) Desperdício de inventário;
- f) Desperdício de movimentação;
- g) Desperdício de produtos defeituosos.

Para a eliminação desses desperdícios na produção, Maximiano (2004) cita as três macro-estratégias utilizadas pela Toyota:

- a) Racionalização da força de trabalho;
- b) *Just in time*;
- c) Produção flexível.

Para Spear e Bowen (1999), o Sistema Toyota de Produção se baseia em quatro regras: 1º todo trabalho deve ser altamente especificado, em relação ao conteúdo, sequência, tempo e resultado desejado; 2º toda relação cliente-fornecedor deve ser direta; 3º o caminho percorrido por cada produto deve ser simples e direto; 4º qualquer melhoria deve ser realizada pelos envolvidos na atividade que está sendo melhorada, de acordo com a metodologia científica.

Para ser implantada a Produção Enxuta às fabricas, devem-se adotar algumas outras técnicas, que juntas, a tornam possível, sendo elas: *Kanban*, manufatura celular, 5S, *setup* rápido, inspeção autônoma, manutenção produtiva total, dispositivos a prova de erros (*poka-yoke*), afirmam Elias e Magalhães (2003).

A Produção Enxuta é implantada, geralmente, em empresas automobilísticas, por se tratar de produção em massa, podendo ser destacada como um sucesso na fábrica de NUMMI (*New United Motor Manufacturing Inc.*), *joint-venture* criada em 1984, entre a General Motors (GM) e a Toyota, localizada em Fremont, na Califórnia (EUA), sendo para a Toyota uma maneira de testar o método produção enxuta e para GM uma maneira de aprender a produzir veículos pela Toyota, afirmam Rocha, Scavarda e Hamacher (2005).

De acordo com Elias e Magalhães (2003), a Produção Enxuta tem sua aplicabilidade mais evidente nas indústrias que produzem de acordo com processos repetitivos em lote, onde há uma produção de produtos variados em lotes que se repetem.

Segundo Scarpelli e Bento (1997), a Produção Enxuta foi implantada na fábrica da Volkswagen do Brasil, em São Carlos; operava em dois turnos, fornecendo por volta de 1200 motores de 1000cc, com 8 válvulas e produzindo também, motores de 1000cc, com 16 válvulas. Obtiveram resultados de flexibilidade, através do uso maciço de controles automatizados, transporte assíncrono, uso de robôs e treinamento multifuncional dos operários.

Um estudo foi realizado em uma indústria mecânica do nordeste que implantou o sistema de Produção Enxuta, trazendo um aumento da capacidade produtiva, tendo por outro lado a diminuição do número de postos de trabalho na produção da ordem de 22% em virtude da maior produtividade alcançada (MONTEIRO e SANTOS, 1998).

Uma empresa fabricante de calçados masculinos, segundo Ciosaki e Colenci Júnior (1998), implantou a Produção Enxuta no seu sistema produtivo, apresentando, como resultado, uma redução de 62% no *lead time* de produção, entre o corte e o pesponto, melhoria no ambiente de trabalho, decorrente de maior socialização e redução proporcional na ocupação de *hardware* de gerenciamento.

## 5. PONTOS CONVERGENTES ENTRE A PLML E A PRODUÇÃO ENXUTA

A PLML e a Produção Enxuta têm pontos semelhantes para a sua implantação em uma organização, que em conjunto, poderiam ser ferramentas complementares, pois aliam elementos sistêmicos aos objetivos de redução de desperdícios; a Produção Enxuta, nos aspectos de desperdício e a PLML, nas entradas e saídas de matéria-prima, insumos, energia, água, entre outros. A tabela 1 apresenta os pontos convergentes entre ambas.

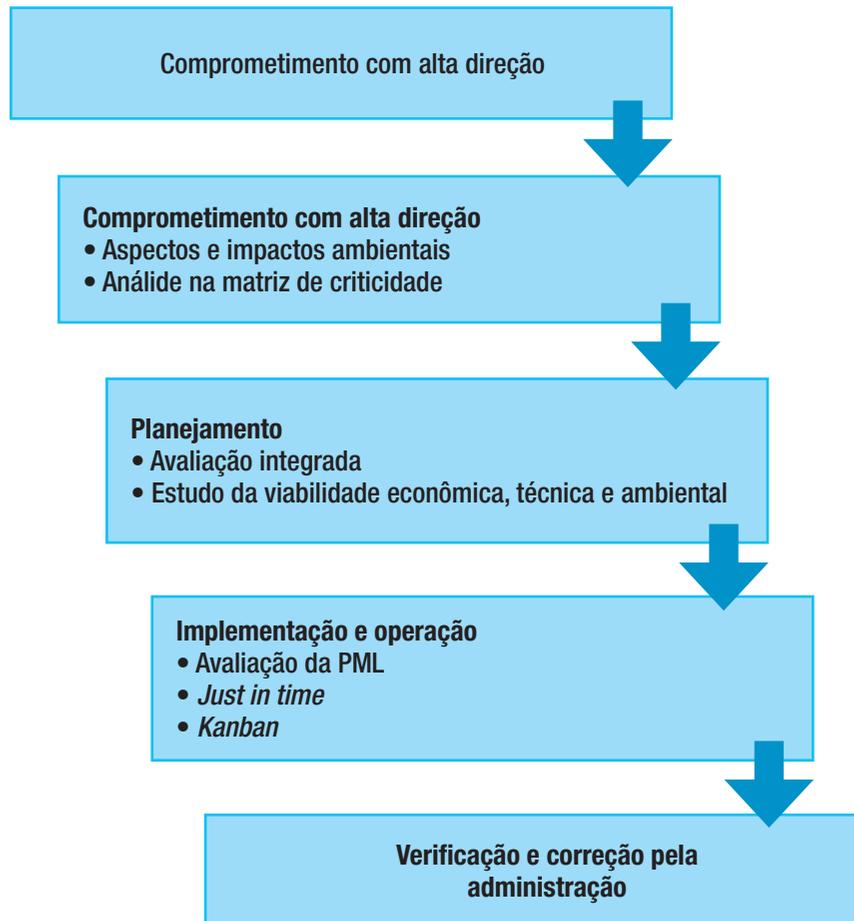
Tabela 1 – Pontos convergentes entre Produção Enxuta e a PLML.

ASPECTOS	Produção Enxuta	PLML
Comprometimento com a alta direção	x	x
Diagnóstico ambiental inicial	x	x
Planejamento	x	x
Implementação e operação	x	x
Verificação e ação corretiva	x	x
Organização		x
Avaliação da PML		x
Estudo de viabilidade Técnica		x
Estudo de viabilidade Ambiental		x
Estudo de viabilidade Econômica		x
<i>Just in time</i>	x	
<i>Kanban</i>	x	

Fonte: Autores.

Para uma maior interação entre as duas ferramentas, os autores propõem uma complementação para a implantação dessas duas ferramentas em conjunto. A figura 3 mostra essa complementação da PLML com a Produção Enxuta.

Figura 3 – Complementação da PLML com a Produção Enxuta.



Fonte: Autores.

Para a sua implantação, será necessário: comprometimento da alta direção; levantamento do diagnóstico inicial, em toda a organização, processo, produto ou serviço e o planejamento estruturado da matriz de avaliação integrada, para análise de emissões e geração de resíduos e para a viabilidade técnica, econômica e ambiental.

Deve-se efetuar a implementação e operação, avaliando as entradas e saídas de matérias-primas, insumos, energia, água e definindo a participação e as responsabilidades, treinamentos e comunicação de toda a organização.

Para a avaliação da PML, deve-se originar um balanço dos materiais e energia, gerando e selecionando opções para a PML. O estudo de viabilidade técnica far-se-à, questionando sua implementação em cada nível; a avaliação ambiental, por sua vez, avaliará os benefícios ambientais que poderão ser obtidos e a avaliação econômica, verificará a viabilidade econômica de cada um dos níveis elaborados.

A avaliação do funcionamento das ferramentas *Just in time* e o *Kanban*, para determinar a quantidade necessária para o processo produtivo, para evitar o desperdício, desde seu manuseio até seu transporte, reduzindo sucessivamente seus custos.

A verificação e ação corretiva, monitorando as atividades e prevenindo os impactos ambientais. O plano de continuidade, sustentando as atividades. E a análise crítica pela alta direção, para revisar a implantação, com o foco da melhoria contínua.

A PLML aborda a produção ecoeficiente (econômica, técnica e ambiental), a seleção de matéria-prima, processo, produção, consumo, reutilização, reparo, reciclagem e minimiza os riscos à humanidade e ao ambiente, em curto e longo prazo. Além de minimizar a utilização de embalagens, o processo limpo tem baixo consumo de energia, a utilização de matérias não tóxicas e a destinação final adequada dos resíduos. Considera a análise do ciclo de vida do produto e procura reduzir a geração de resíduos na fonte; e a Produção Enxuta tem como objetivo, a eliminação do desperdício.

As duas ferramentas, em conjunto, poderiam ajudar na viabilidade econômica, técnica e ambiental da empresa, não ocasionando a geração de resíduos e desperdícios no processo produtivo ou serviço.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Evidencia-se que a Produção Limpa e Mais Limpa (PLML), em conjunto com a Produção Enxuta, podem ser ferramentas complementares, pois aliam elementos sistêmicos aos objetivos de redução de desperdícios.

A partir dos casos de sucesso apresentados, demonstra-se sua aplicabilidade nos mais diversos setores industriais. A PLML traz ferramentas que associam benefícios econômicos, sociais e ambientais às atividades da organização. A Produção Enxuta é uma ferramenta que elimina desperdícios e aumenta a qualidade.

A aplicação conjunta da Produção Enxuta e da PLML, também pode contribuir para a sustentabilidade das organizações, pois, de forma sistêmica, trazem benefícios para o aumento da produtividade, da melhoria da qualidade, da otimização de recursos ambientais, insumos e energia. Finalmente, alia-se à visão da Qualidade de Vida, paradigma-chave da excelência empresarial no mundo atual.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, J. C. S.; MARINHO, N. M. O.; KIPERSTOK, A. Uma política nacional de meio ambiente focada na produção limpa: elementos para discussão. **Bahia análise e dados**, Salvador, vol. 10, nº 4, pp. 326 - 332, março, 2001.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2004.

BORGES, C. Recicle: a natureza agradece. **Periódico Banas ambiental**, dezembro, 1999.

CARDOSO, L. M. F. **Indicadores de produção limpa: uma proposta para análise de relatórios ambientais de empresas**. Dissertação (Mestrado em Produção Limpa), Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

CIOSAKI, L. M.; COLENCI JÚNIOR, A. Gerenciamento visual da produção, implantação de células de fabricação e alterações na forma de remunerar a força de trabalho aplicados simultaneamente em uma indústria de calçados. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1998.

CNTL (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS). **Manual: questões ambientais e produção mais limpa**. Curso de Formação de Consultores em Produção mais Limpa, Fortaleza, dezembro, 2001.

CNTL (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS). **Manual metodologia de implantação do programa de produção mais limpa**. Curso de Consultores em Produção mais Limpa, Fortaleza, janeiro, 2002.

CNTL (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS). **Curso de Formação de Consultores em Produção mais Limpa para Pequena e Microempresa**. Módulo 1, Porto Alegre: CNTL, 2003.

DANIHELKA, P. Subjective factors of Cleaner Production - parallel to risk perception? **Journal of Cleaner Production**, London, v. 12, pp. 581-584, 2004.

DINIZ, Adriana G. F. **Produção mais Limpa: uma metodologia para o desenvolvimento sustentável**, 2007, 98 pp. Dissertação (Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2007.

- ELIAS, S. J. B.; MAGALHÃES, L. C. Contribuição da Produção Enxuta para obtenção da Produção mais Limpa. *In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Ouro Preto, 21 a 24 de outubro, 2003.
- ELIAS, S. J. B.; PRATA, A. B.; MAGALHÃES, L. C. Experiência de implantação da Produção mais Limpa: estudo de múltiplos casos. *In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Florianópolis, Santa Catarina, novembro, 2004.
- FURTADO, J. S. et al. Prevenção de Resíduos na Fonte & Economia da Água e Energia. *In: Manual de Avaliação na Fábrica: Produção Limpa*. São Paulo: Fundação Vanzolini, 1998.
- GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas, 1999.
- GONÇALVES, R. B.; NASCIMENTO, L. F. Impacto de aplicação de técnicas de produção limpa: caso Pigozi. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1997.
- GREENPEACE. *O que é produção limpa?* Outubro, 1997.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia Científica*. 3ª ed., São Paulo: Atlas, 2000.
- LERIPIO, A. A. *GAIA – Um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- LIMA, I. M.; MATTOS, K. M. C.; MEDEIROS, V. R. F. Produção mais Limpa em fazenda de produção de camarões: uma proposta de protocolo para a implementação da metodologia. *In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, outubro, 2007.
- MAXIMIANO, A. C. A. *Introdução à Administração*. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- MONTEIRO, F. *Produção Limpa na indústria joalheira do Rio Grande do Sul*. Disponível em: [http://www.eaesf.fgvsp.br/subportais/ceapg/Acervo%20Virtual/Cadernos/Experi%C3%Aancias/2004/4Producao\\_Limpa\\_na\\_Industria\\_joalheira\\_de\\_guapore.pdf](http://www.eaesf.fgvsp.br/subportais/ceapg/Acervo%20Virtual/Cadernos/Experi%C3%Aancias/2004/4Producao_Limpa_na_Industria_joalheira_de_guapore.pdf). Acesso em 24/06/2008.
- MONTEIRO, Y. A.; SANTOS, M. J. Desenvolvimento tecnológico e mudança no perfil profissional: o exemplo de uma mecânica do nordeste. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1998.
- MORENGHI, L. C. R.; ANDRADE, R. F. G.; ROSANO, R. D. Produção mais Limpa e Produção Enxuta: haverá simbiose na busca de conformação ambiental com a flexibilização dos fatores de produção? *In: XIII SIMPEP*, Bauru, 6 a 8 de novembro, 2006.
- MOURA, L. A. *Economia ambiental – gestão de custos e investimentos*. São Paulo: Juarez de Oliveira, 2005.
- OHNO, T. *O sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

- PERRETTI, G. A.; PALMIERI, B. N.; OLIVEIRA NETO, C. G.; KRONIG, R.; OLIVEIRA NETO, G.. Vantagens da Implantação da Produção mais Limpa. *In: 1st International Workshop Advances in Cleaner Production*, novembro, 2007.
- PIMENTA, H. C.; GOUVINHAS, R. P. Implementação da produção mais limpa na indústria de panificação de Natal – RN. *In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Foz do Iguaçu, Paraná, outubro, 2007.
- PNUMA – **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. Cleaner Production for Worldwide. PNUMA, 1993.
- ROCHA, E. V. M.; SCAVARDA, L. F.; HAMACHER, S. Considerações sobre a produção sob encomenda e customização em massa aplicadas à indústria automotiva. *In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Porto Alegre, 29 de outubro a 1 de novembro, 2005.
- SCARPELLI, M.; BENTO, P. E. G. Lean Production: diagnostico de implantação de uma unidade de motores em São Carlos. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 1997.
- SILVA, A. **Gestão da Produção mais Limpa: o caso WEG**. Dissertação (Mestrado em Administração), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- SILVA FILHO, J. C. G.; SICSÚ, A. B. Produção mais Limpa: uma ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais. *In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Ouro Preto, Minas Gerais, outubro, 2003.
- SPEAR, S.; BOWEN, H. K. Decoding the DNA of the Toyota production system. *Harvard Business Review*. Boston: Harvard Business School, vol. 77, nº 5, pp. 97 – 106, september – october, 1999.
- SPERANDIO, S. A.; DONAIRE, D. Produção Limpa: da concepção à realidade. *In: XII SIMPEP*, Bauru, 7 a 9 de novembro, 2005.
- TANIMOTO, A. H. **Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo – Ênfase em Produção Limpa, Escola Politécnica da UFBA, Bahia, 2004.
- THORPE, B. **Citizen’s Guide to Clean Production**. Clean Production Network. University of Massachusetts Lowell, 1999.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A máquina que mudou o mundo**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

