

## **Barreiras para Implantação de Produção Mais Limpa: um Estudo em uma Empresa do Setor Metal-Mecânico**

**ROBERTO RODRIGUES LEITE**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
r-r-leite@ig.com.br

**GERALDO CARDOSO DE OLIVEIRA NETO**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho  
geraldoproduct@ig.com.br

**MARIA TEREZA SARAIVA DE SOUZA**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

## **Barreiras para Implantação de Produção Mais Limpa: um Estudo em uma Empresa do Setor Metal-Mecânico**

### **Resumo**

O objetivo desta pesquisa é analisar se a obtenção de resultados econômicos e ambientais positivos supera as barreiras para a implantação de Produção Mais Limpa em PMEs. O método de pesquisa é estudo de caso descritivo, em uma empresa do segmento metal-mecânico. As fontes de evidência utilizadas foram as entrevistas semiestruturadas, observação e registros em arquivos. A triangulação dessas fontes possibilitou a análise dos dados ambientais e econômicos por meio do Material Intensity Factor (MIF). Os resultados desse estudo mostraram que as principais barreiras são culturais, técnicas e financeiras, mas resultados econômicos positivos podem reduzir a resistência em relação à implantação de programas de Produção Mais Limpa. Esse estudo de caso contribuiu para aprofundar o conhecimento sobre os fatores determinantes para a implementação da P+L e as barreiras que dificultam a adoção dessa ferramenta. Dessa forma, a continuidade desse estudo é o desenvolvimento de escalas para aplicação em futuras pesquisas quantitativas cujo propósito é identificar com maior precisão as barreiras e os motivadores do uso da metodologia de P+L em outros setores e empresas de porte diversificado.

Palavras chaves: Produção Mais Limpa, Vantagens econômica e ambiental, Pequenas e Médias Empresas (PME)

### **Abstract**

The aim of this research is to analyze the achievement of positive economic and environmental results overcomes the barriers to the implementation of Cleaner Production in SMEs. The research method is descriptive case study on a company's metal-mechanical segment. The evidence sources used were the semi-structured interviews, observation and records in files. The triangulation of these sources enabled the analysis of environmental and economic data through the Material Intensity Factor (MIF). The results of this study showed that the main barriers are cultural, technical and financial, but positive economic results can reduce resistance in relation to the implementation of Cleaner Production programs. This case study helped to increase knowledge of the determinants for the implementation of the CP and the barriers that hinder the adoption of this tool. Thus, the continuity of this study is the development of scales for use in future quantitative research whose purpose is to identify more precisely the barriers and motivators of using CP methodology in other sectors and diverse sized companies.

Keywords: Cleaner Production, Economic and Environmental Advantages, Small and Medium Enterprises (SMEs)

## 1 INTRODUÇÃO

As dificuldades enfrentadas pelas pequenas e médias empresas (PMEs) estão relacionadas com problemas organizacionais, culturais, técnicos além das dificuldades econômicas que as PMEs têm para investimentos em novas tecnologias, em razão da falta de incentivos governamentais e dificuldades na obtenção de financiamentos (SHI et al., 2003). No Brasil as PMEs, quando alcançam créditos, optam por investir em atualização tecnológica pela necessidade de permanecerem no mercado (Domingos e Paulino, 2009).

As pequenas e médias empresas (PMEs) passam por dificuldades que também inibem as ações de implantação de Produção Mais Limpa (P+L), principalmente pela falta de conhecimento de que a adoção da P+L pode levar a obter vantagem competitiva. As barreiras culturais para implantação da P+L, estão relacionadas com a resistência de funcionários em relação a qualquer mudança proposta de preservação ambiental. Na maioria das vezes, o tratamento de fim de tubo é motivado pela falta de conscientização dos gerentes que não têm conhecimento dos benefícios econômico e ambiental da P+L (SHI *et al.*, 2003). Assim, os treinamentos ajudam no entendimento dos aspectos econômicos que estão envolvidos com a solução de questões ambientais da empresa, contribuindo para a eliminação da barreira cultural, que é uma das principais que dificulta a implementação da P+L. (FRIJNS; VLIET, 1999).

A aplicação da Produção Mais Limpa (P+L) nos processos de fabricação e produtos tem como objetivo o aumento da eficiência no uso de insumos, matérias-primas, água e energia, por meio da diminuição na geração de resíduos e emissões, alcançando benefícios ambientais e econômicos (UNEP, 1990; CNTL, 2003). A P+L melhora a qualidade e produtividade, resultando em significativa redução dos custos, com a diminuição do uso de matérias-primas e energia, e previne ou reduz a geração de resíduos, aumentando a produtividade (Giannetti e Almeida, 2006).

Assim, a resistência pode ser resolvida por meio de treinamentos em educação ambiental, sensibilizando os envolvidos e contribuindo com a conscientização em relação a resistência às mudanças em termos ambientais. Dessa forma, é possível a aplicação da P+L no sistema produtivo, gerando ganhos econômicos por meio do reuso de resíduos, economia de matéria prima, insumos, água e energia (UNEP, 1990).

Os trabalhos existentes apontaram que a barreira cultural para a implantação da P+L inviabiliza o entendimento sobre a redução de resíduos e emissões no sistema de produção, que está relacionado intrinsecamente com a ausência de educação ambiental (WANG, 1999; ILOMAKI et al., 2000; SHI et al., 2003; GHAZINOORY, 2005; SIAMINWE et al., 2005; HICKS et al., 2006). Causando desinteresse e resistência a mudança dos funcionários (GARDSTROM, 1994; DASGUPTA, 2000; ILOMAKI et al., 2000; HITCHENS et al., 2004; FERNANDEZ-VINE et al., 2010; ZHANG et al., 2010; VAN HOOFF et al., 2013). A complexidade aumenta quando os funcionários apresentam baixo nível de escolaridade (DASGUPTA, 2000; FERNANDEZ-VINE et al., 2010; ZHANG et al., 2010), que reconhecem que a adoção de P+L aumentam a carga de trabalho, prejudicando a proatividade em relação adoção de P+L (FRIJNS et al., 1999; VAN BERKEL, 2007).

Nesse contexto, a lacuna de pesquisa consiste em verificar as principais barreiras para implantação de P+L, decorrente de ausência de conhecimentos dos empresários e funcionários sobre a oportunidade de obtenção de ganhos econômicos por meio, principalmente, da minimização do uso de recursos naturais. Com base nessa lacuna, esse estudo se propõe a responder a seguinte pergunta de pesquisa: Como os resultados econômicos e ambientais da adoção de P+L pode superar a barreira em PMEs?

Para responder essa questão de pesquisa foi realizado um estudo de caso exploratório, em uma empresa do segmento metal-mecânico. As fontes de evidência utilizadas foram as entrevistas semiestruturadas, observação e registros em arquivos. A triangulação

dessas fontes possibilitou a análise dos dados ambientais e econômicos. Para a análise ambiental utilizou-se a ferramenta da ecoeficiência Material Intensity Factor (MIF) para calcular o impacto ambiental. O objetivo é analisar se a obtenção de resultados econômicos e ambientais positivos supera as barreiras para a implementação de Produção Mais Limpa em PMEs.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Nessa seção será conceituada P+L e a apresentação das barreiras para a implantação da P+L em pequenas e médias empresas levantadas na literatura.

### **2.1 Produção Mais Limpa**

A metodologia da Produção Mais Limpa foi desenvolvida pela *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO), como programa ambiental das Nações Unidas, a *United Nations Environment Programme* (UNEP), destinada aos países em desenvolvimento, com a seguinte definição: “Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada aos processos produtivos, aos produtos e aos serviços, a fim de aumentar a eficiência total e reduzir os riscos aos seres humanos e ao ambiente”. As mudanças no processo produtivo proporcionado pela P+L possibilitam a diminuição da emissão e geração de resíduos, por meio de alterações tecnológicas simples ou mais complexas (UNEP, 1990).

Em 1992, a *Newsletter of Cleaner Production*, que é um periódico da UNEP sobre a Produção Mais Limpa, publicou quatro proposições (BAAS, 1995): a) Produção Mais Limpa é uma estratégia ambiental integrada e preventiva para processos e produtos, aplicada continuamente, com o objetivo de reduzir os riscos ao meio ambiente e às pessoas; b) a estratégia de Produção Mais Limpa concentra o foco na redução dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima, até o descarte final do produto; c) as técnicas de Produção Mais Limpa abordam a conservação de matérias-primas e de energia, a eliminação de material tóxico nos processos produtivos e a consequente redução da toxicidade nos resíduos e nas emissões; d) a Produção Mais Limpa é obtida pela melhoria tecnológica e pelas mudanças comportamentais na empresa; e) a Produção Mais Limpa associada à gestão ambiental é uma metodologia que possibilita a empresa agir de forma responsável, influenciando nas melhorias econômicas e tecnológicas, aplicando uma abordagem preventiva.

A adoção da Produção Mais Limpa envolve mudanças no processo produtivo, devido à assimilação de tecnologias na busca do aumento da eficiência na utilização de matérias-primas, da água, de energia e da redução dos riscos para o meio ambiente e ao homem (CNTL, 2003), além da redução na geração de resíduos e nas emissões, compatibilizando as melhorias ambientais com os ganhos econômicos, gerando oportunidades que promovem melhorias no desempenho ambiental aliada a eficiência produtiva, melhorando a competitividade por meio do aumento da produtividade e da redução de custos.

Com relação ao processo produtivo, programas de Produção Mais Limpa resultam em conservação de matérias primas, água e energia; eliminação de matérias-primas tóxicas e perigosas; e redução da quantidade e toxidade de todas as emissões e perdas na fonte durante o processo produtivo (UNEP, 1990). Assim, a P+L é uma metodologia que prevê com antecedência os possíveis impactos, podendo ser aplicada a processos de produção e ao longo de todo o ciclo de vida do produto, procurando conservar as fontes de matéria-prima, evitando, ao mesmo tempo, a eliminação de insumos tóxicos e a redução de resíduos e de emissões atmosféricas.

A implementação da P+L requer tecnologias mais limpas - que são técnicas que incluem práticas de manutenção, otimização de processos, substituição de insumos, novas

tecnologias e novos projetos - com a função de prevenir o uso ineficiente de matérias primas e reduzir custos operacionais, de tratamento e de descarte (UNEP, 1990). A decisão da adoção de um programa de P+L está diretamente relacionada com o custo-benefício do investimento. De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL). O resíduo do processo produtivo representa um custo de aquisição da matéria-prima e resulta em despesas para sua eliminação. Esses resíduos deixam de existir se forem utilizados pelo coprocessamento em outros ciclos produtivos

Assim, a Produção Mais Limpa vem ao encontro da necessidade de reduzir custos de produção, aumentar a eficiência e a competitividade das empresas. Além disso, contribui para a redução de multas ambientais e facilita o acesso às linhas de crédito, melhorando as condições de saúde e de segurança dos funcionários, da imagem da empresa com os consumidores, fornecedores e o governo e o relacionamento com os órgãos ambientais e com a comunidade (UNEP, 2011a).

Para Khan (2008), a aplicação do conceito de P+L auxilia as empresas na melhoria do desempenho ambiental e na redução dos riscos para seus empregados. Os sistemas de gestão ambiental com os seus indicadores, destinados ao monitoramento, controle, redução, reaproveitamento, reciclagem e destinação final dos resíduos gerados nos processos industriais, quando associados aos programas de produção mais limpa, podem produzir mais produtos, com a utilização de menos energia, matérias-primas, insumos e, conseqüentemente, gerar menos resíduos (BRASIL, 2011).

Para o Centro Nacional de Tecnologias Limpas no Brasil (CNTL, 2003), a adoção da produção mais limpa necessita de ações voltadas para três benefícios básicos: a) benefício ambiental, visando a eliminação, ou a redução de resíduos e de emissões, e o atendimento às exigências da legislação ambiental; b) benefício da saúde e da segurança ocupacional, visando a eliminação, ou a redução dos riscos à saúde e a segurança dos funcionários; e c) benefício econômico, visando a redução de custos de compra das matérias-primas, dos insumos e com a disposição final dos resíduos e dos produtos.

De acordo com a UNEP (1990) e CNTL (2003) a P+L evita a poluição antes que ela seja gerada, principalmente pela eliminação de resíduos, no controle da poluição, no uso racional de energia, na melhoria da saúde e segurança do trabalho, gerando vantagens econômicas em longo prazo. Essas vantagens incluem o aumento na eficiência do processo, redução permanente de custos totais através do uso eficiente de matérias-primas, água e energia, e da redução de resíduos e emissões gerados em seu processo de fabricação, alcançando de um lado vantagens econômicas e de outras vantagens ambientais.

No aspecto ambiental a P+L proporciona ganhos expressivos que podem ser obtidos com a sua implantação, considerando além de melhorias na produtividade, um melhor desempenho ambiental (SIAMINWE; CHISEMBU; SYAKALIMA, 2005). Os resultados econômicos com a P+L podem ser obtidos em duas condições, quando não há investimentos, ocorrendo a princípio uma redução dos custos totais pela adoção de ações de boas práticas operacionais, e outra quando há investimentos para as adaptações necessárias, incluindo a adoção de novas tecnologias e modificações no processo existente (CNTL, 2003).

Portanto, é possível obter vantagem econômica por meio de uso ecoeficiente dos recursos produtivos, permitindo reduzir custos em detrimento de uso matérias-primas recicladas, dentro das especificações técnicas, de modo que não prejudique a qualidade do produto e principalmente resultando na vantagem ambiental por meio da eliminação de resíduos, no controle da poluição, no uso racional de energia e na melhoria da saúde e segurança do trabalho (UNEP, 1990; CNTL, 2003).

A adoção da produção mais limpa exige critério na seleção de tecnologias para aumentar a eficiência da utilização de materiais, água e energia. A Produção Mais Limpa pode ser adotada em duas categorias: a minimização de materiais e o reuso de materiais. A

minimização de materiais considera a reciclagem interna ou a redução de consumo na fonte, por meio da adoção de ações de melhoria no produto ou no processo produtivo, por meio da substituição de matérias-primas ou modificações tecnológicas. E, quanto ao reuso de materiais, é realizada pela reciclagem externa (CNTL, 2003).

As vantagens da produção mais limpa em relação às tecnologias convencionais de fim-de-tubo são as seguintes (CNTL, 2003): redução da quantidade de materiais e energia utilizados; análise do processo produtivo em busca da redução da geração de resíduos e de emissões, induzindo a empresa num processo de inovação; visão global do processo de produtivo, reduzindo os riscos da disposição dos resíduos e emissões. Para UNEP (1990), a Produção Mais Limpa possui uma abordagem preventiva de gerenciamento ambiental, buscando a produção de bens e de serviços com o mínimo impacto ambiental, de acordo com as limitações tecnológicas e econômicas atuais. A Produção Mais Limpa busca a prevenção de resíduos na fonte, servindo de precaução contra riscos ambientais de processos e de produtos.

A Produção Mais Limpa privilegia as soluções relacionadas à prevenção e à minimização, recomendando que as empresas atuem na fonte geradora de resíduos, procurando alternativas para o desenvolvimento de processos eficientes, que não gere resíduos, estimule a redução e, se não for possível, encaminhe os resíduos para a reciclagem. Embora necessite de alterações no processo produtivo e a implementação de novas tecnologias, a P+L permite uma redução permanente dos custos, incorporando os ganhos ambientais e econômicos (CNTL, 2003).

Quando a produção mais limpa é direcionada à alteração de matérias-primas, ela atua na eliminação ou na redução de materiais tóxicos ou prejudiciais a saúde e ao meio ambiente e na prevenção da geração de resíduos poluentes. E, quando é direcionada para a escolha de novas tecnologias, procura adaptar os equipamentos e os processos, que reduzam ou eliminem a geração de resíduos. Assim como as modificações no processo produtivo, tais como a simplificação do processo, a utilização de boas práticas de manufatura, o estabelecimento de procedimentos administrativos e técnicos, que possibilitam a redução da geração de resíduos e de emissões (MEDEIROS *et al.*, 2007).

A adoção de Produção Mais Limpa tem como resultado a redução na geração de resíduos e de rejeitos, e no desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental ao chegar ao final de seu ciclo de vida, tendo o controle da empresa fabricante em todos os estágios da vida do produto, desde antes da manufatura, que pode ter influência da interação entre o fabricante e o fornecedor. Como obstáculos para a adoção da produção mais limpa, destacam-se: o grau de importância do meio ambiente visto pela empresa; a falta de conhecimento sobre a produção mais limpa; as questões econômicas quanto à alocação inadequada dos custos ambientais e de investimentos; as dificuldades técnicas decorrentes das novas tecnologias (UNEP, 1990). Vale ressaltar, no entanto, que a Produção Mais Limpa é particularmente apropriada até para empresas de menor porte, uma vez que não necessita de grandes investimentos, ou de tecnologias sofisticadas, e nem de inovações radicais, podendo, portanto, gerar benefícios ambientais e econômicos com pequeno investimento (DOMINGUES; PAULINO, 2009).

Para as PMEs do ramo metalúrgico a minimização ou eliminação total dos danos causados por este tipo de atividade são uma condição necessária e aspecto importante para manter uma vantagem competitiva (GAJDZIK, 2009). Segundo Van Hoff e Lion (2013) a implantação de P+L em PMEs em países emergentes pode contribuir de forma significativa com benefícios econômicos e ambientais em suas operações, por estar alinhado com a redução de emissões de poluentes, com as fontes de perdas no processo de fabricação e ao aumento de produtividade (WANG, 1999; STRUGARIU; GIANNETTI; ALMEIDA, 2006; VAN

BERKEL, 2007; HEPUT 2012). Além disso, a P+L cria maior conscientização em relação às questões ambientais empresariais (DUARTE *et al.*, 2005; VAN BERKEL, 2007).

## **2.2 Barreiras para adoção de Produção Mais Limpa em Pequenas e Médias empresas**

Inseridas em um ambiente competitivo, as PMEs têm grande dificuldade de sobrevivência e domínio de todas as etapas da cadeia de valor, sendo que suas chances aumentam na medida em que alcançam maior experiência nos negócios. O conhecimento do mercado em que atua, prepara essas empresas para superar as dificuldades que este mesmo mercado irá impor (MAGALHÃES; DAUDT; PHONLOR, 2009).

As barreiras que dificultam a implantação da P+L em PMEs constatadas na revisão da literatura indicam que as barreiras estão relacionadas aos aspectos econômicos/financeiros, técnicos, ausência de incentivos governamentais, fatores organizacionais e aspectos culturais.

As dificuldades financeiras/econômicas para implantação de P+L em PMEs estão relacionadas a ausência de capital para o investimento em máquinas e equipamentos para reduzir a geração de resíduos e emissões no sistema de produção (VAN BERKEL, 1994; VAN BERKEL *et al.*, 1997; FRIJNS *et al.*, 1999; CHEN *et al.*, 1999; WANG, 1999; DASGUPTA, 2000; PEART, 2002; SHI *et al.*, 2003; HITCHENS *et al.*, 2004; SIAMINWE *et al.*, 2005; GHAZINOORY, 2005; HICKS *et al.*, 2006; TAYLOR, 2006; GRAHAM *et al.*, 2007; SHI *et al.*, 2008; DOMINGUES *et al.*, 2009; RADOVIC *et al.*, 2009; DODIC *et al.*, 2010; ZHANG *et al.*, 2010; van HOOF *et al.*, 2013). A barreira econômica/financeira inviabiliza a adesão de práticas de P+L em PMEs, principalmente porque essas empresas não conseguem meios de financiamento e nem redução de impostos para tal investimento. E com isso, não estabelecem no plano estratégico empresarial a oportunidade de substituição de máquinas e equipamentos obsoletas para tecnologias limpas (SIAMINWE *et al.*, 2005).

As dificuldades técnicas estão associadas a falta de pessoas qualificadas em práticas de P+L na produção, denotando baixo conhecimento para o desenvolvimento de diagnóstico do sistema de produção (CHEN *et al.*, 1999; HITCHENS *et al.*, 2004; HICKS *et al.*, 2006; VAN BERKEL, 2007). Outro aspecto relevante relacionado a barreira técnica consiste na ausência de tecnologias limpas para a minimização de resíduos e emissões (FRIJNS *et al.*, 1999; WANG, 1999; DASGUPTA, 2000; PEART, 2002; SHI *et al.*, 2003; SIAMINWE *et al.*, 2005; RADONJIC, 2007; DOMINGUES *et al.*, 2009; RADOVIC *et al.*, 2009; DODIC *et al.*, 2010; van HOOF *et al.*, 2013).

As barreiras governamentais se referem a falta de políticas públicas de comando e controle para educar e controlar a implantação de práticas de P+L nas PMEs. Como as PMEs sofrem com a falta de capital para a sobrevivência, o governo poderia aumentar os incentivos para promover educação ambiental por meio de redução de impostos e financiamentos em longo prazo sem juros (RODHE *et al.*, 1995; ILOMAKI *et al.*, 2000; SHI *et al.*, 2003; GAJDZIK, 2009; ZHANG *et al.*, 2010). Um caminho interessante poderia ser a intensificação de conhecimentos em educação ambiental (VAN BERKEL, 1994; FRIJNS *et al.*, 1999; SIAMINWE *et al.*, 2005) com financiamentos de pesquisas em práticas de P+L (FRIJNS *et al.*, 1999; SIAMINWE *et al.*, 2005; GHAZINOORY, 2005; SHI *et al.*, 2008; HICKS *et al.*, 2006; TAYLOR, 2006; GRAHAM *et al.*, 2007). Após a disseminação de conhecimentos em educação ambiental pelo governo com oportunidades de financiamentos e redução de impostos, estabelece-se o comando e controle para exigir resultados das empresas em relação a adoção de P+L, com risco de autuação em caso de negligência da lei (CHEN *et al.*, 1999; WANG, 1999; PEART, 2002; RADOVIC *et al.*, 2009; DODIC *et al.*, 2010), possibilitando exercer poder sobre as PMEs para adoção de P+L (ILOMAKI *et al.*, 2000; SIAMINWE *et al.*, 2005; FERNANDEZ-VINE *et al.*, 2010).

As barreiras organizacionais se referem ao baixo comprometimento da alta administração e gestores organizacionais para implantação de práticas ambientais no sistema

de produção (RODHE et al., 1995; FRIJNS et al., 1999; WANG, 1999; ILOMAKI et al., 2000; DASGUPTA, 2000; SIAMINWE et al., 2005; ZHANG et al., 2010), que inclui as ações de intensificação de gestão ambiental (SHI et al., 2003; HITCHENS et al., 2004).

As dificuldades culturais estão relacionadas a falta de educação ambiental, que dificulta o entendimento sobre a oportunidade de ganhos para a empresa com a adoção de práticas de P+L (ILOMAKI et al., 2000; SHI et al., 2003; SIAMINWE et al., 2005). Isso impulsiona a um desinteresse e falta de atitude, gerando principalmente resistência a mudança, aspecto bastante relevante da cultura organizacional (GARDSTROM, 1994; ILOMAKI et al., 2000; HITCHENS et al., 2004; FERNANDEZ-VINE et al., 2010; VAN HOOFF et al., 2013). Neste sentido, as empresas se enrijecem a adoção de práticas de P+L (WANG, 1999; SIAMINWE et al., 2005; GHAZINOORY, 2005; HICKS et al., 2006). Ainda considerando o nível operacional, os operários do chão de fábrica, a complexidade aumenta, porque se a empresa não valoriza o ecossistema, o polui demasiadamente, os funcionários aprendem hábitos e ações contrários ao movimento da sustentabilidade, se fechando para as ações de adoção de P+L (DASGUPTA, 2000; ZHANG et al., 2010), principalmente com base nos aspectos sociais no que tange o baixo nível de escolaridade (DASGUPTA, 2000; FERNANDEZ-VINE et al., 2010; ZHANG et al., 2010), que reconhecem que a adoção de P+L aumentam a carga de trabalho, prejudicando a proatividade da adoção de P+L (FRIJNS et al., 1999; VAN BERKEL, 2007).

Contatou-se também que as PMEs situadas nos países em desenvolvimento, tais como: Zâmbia (SIAMINWE; CHISEMBU; SYAKALIMA, 2005), Brasil (DOMINGUES; PAULINO, 2009) e México (VAN HOOFF; LYON, 2013) apresentam maior dificuldade em implantar a P+L em função das dificuldades de obtenção de capital para investimentos em técnicas e tecnologias limpas, fatores culturais, além do baixo apoio dos governos. Por outro lado as empresas sediadas em países desenvolvidos, apesar de citarem o aspecto econômico como uma das barreiras para a implantação da P+L, mostraram preocupação em relação às barreiras culturais e governamentais (FRIJNS; VLIET, 1999; CHEN; WARREN; DUAN, 1999; WANG, 1999; DASGUPTA, 2000; SHI *et al.*, 2003; HITCHENS *et al.*, 2004; HICKS; DIETMAR, 2006; GRAHAM; VAN BERKEL, 2007; VAN BERKEL, 2007).

A barreira cultural para a implantação da P+L, ainda pouco estudada, é citada tanto em pesquisas realizadas em países desenvolvidos como também nos países em desenvolvimento. Essa barreira está associada ao pouco conhecimento e falta de acesso às informações, o que resulta no não entendimento dos benefícios resultantes da implantação da P+L, incluindo os aspectos sociais, como por exemplo, baixo nível de escolaridade dos operários que acabam gerando problemas comportamentais prejudicando as ações proativas da P+L (FRIJNS; VLIET, 1999; SHI *et al.*, 2003; HITCHENS *et al.*, 2004; SIAMINWE; CHISEMBU; SYAKALIMA, 2005; VAN BERKEL, 2007; DOMINGUES; PAULINO, 2009).

Outro fator que dificulta as mudanças é o desinteresse dos gestores, que ocorre em razão do desconhecimento da relação entre o conceito de P+L e ações direcionadas à preservação ambiental. Dessa forma, a falta de conhecimento sobre os benefícios gerados pela P+L, tanto em relação aos ganhos ambientais como econômicos, prejudicam sua implantação e não motiva os funcionários para adotar medidas ambientais proativas (FRIJNS; VLIET, 1999; WANG, 1999; SHI *et al.*, 2003; HITCHENS *et al.*, 2004; SIAMINWE; CHISEMBU; SYAKALIMA, 2005; VAN BERKEL, 2007).



### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Adotou-se o estudo de caso, que possibilita estudar um determinado assunto em seu ambiente natural, aprendendo sobre o estado da arte e gerando teorias a partir da prática, possibilitando pesquisar uma área na qual poucos estudos prévios tenham sido realizados de forma exploratória (YIN, 2010). A pesquisa exploratória auxilia na exploração do tema avaliação econômica e ambiental da aplicação da P+L em PMEs do setor metalúrgico com a finalidade de proporcionar familiaridade com o tema e gerar hipótese para futuras pesquisas.

O instrumento de coleta de dados foram as entrevistas semiestruturadas com funcionários e gestores, observação e registros em arquivo.

A análise dos dados envolveu as seguintes fases: a) identificação das barreiras com a que mais impactam na decisão da empresa em implantar a P+L; b) diagnóstico do processo produtivo para a implementação da P+L; c) avaliação ambiental e econômica da implantação das ferramentas de ecoeficiência em operações por meio da ferramenta *Mass Intensity Factors* (MIF).

De acordo com Oliveira Neto *et al.* (2010, 2014), Figura 1, um estudo de viabilidade que possibilite mensurar o ganho econômico e ambiental, envolve inicialmente o levantamento da quantidade de resíduos e emissões reduzidos por meio da elaboração de um balanço de massa, quantificando financeiramente os elementos constatados no levantamento efetuado para verificar a ocorrência de ganhos econômicos, e na ocorrência de investimentos, calculando o tempo de retorno destes investimentos. Em seguida são apresentadas sugestões de alternativas de superação das barreiras para decisão de implantação da P+L.

<b>Levantamento de dados</b>	- Levantamento da quantidade de resíduos e emissões a serem reduzidos e/ou eliminados e/ou reusados e/ou reciclados e/ou remanufaturados, denominados Massa (M) com a implantação da ferramenta da ecoeficiência. - Desenvolvimento do balanço de massa para detalhar os materiais/ componentes e calcular o Material Total Economizado (MTE).
<b>Avaliação Econômica</b>	-Quantificar financeiramente os elementos constatados no levantamento de dados para identificar se ocorreu ganho econômico (GE) para a empresa. - Avaliar o retorno do investimento (ROI). %ROI = lucro líquido semestral/ investimento em logística reversa <b>Eq. 1</b> Período ROI = investimento em logística reversa/ lucro líquido semestral <b>Eq. 2</b>
<b>Avaliação Ambiental</b>	-Avaliar o ganho ambiental por meio da ferramenta Mass Intensity Factors (MIF), considerando a Massa (M) e o Intensity Factors (IF). <b>Eq. 3</b> MIF = (M x IF) -Avaliar o Mass Intensity per Compartimento (MIC), que mensura a redução do impacto ambiental por compartimento abiótico (w), biótico (x), água (y), ar (z) e outros (n..). *MIC = (IF resíduo A do compartimento w + IF resíduo B do compartimento w + IF resíduo C do compartimento w + IF resíduo n do compartimento w) <b>Eq. 4</b> *exemplo de MIC para o compartimento w, idem para os demais. -Avaliar o Mass Intensity Total (MIT) contabilizando a redução de impacto total, quando somados os MICs. <b>Eq. 5</b> MIT = (MICw + MICx + MICy + MICz + MICn..)
<b>Comparação do ganho econômico e ambiental</b>	- Comparar o ganho econômico com o ambiental e vice versa para verificar o índice do ganho econômico (IGE) e índice do ganho ambiental (IGA). <b>Eq. 6</b> IGE = (MTE/GE) <b>Eq. 7</b> IGA = (MIT/GE)

Figura 1 – Metodologia de avaliação econômica e ambiental da implantação de P+L

Fonte: Oliveira Neto et al. (2010; 2014).

Posteriormente efetuou a avaliação do impacto ambiental por meio da ferramenta *Mass Intensity Factors* (MIF) desenvolvida por Rithoff et al., (2002) no Instituto Wuppertall (2014). Para esse cálculo multiplicou-se a Massa (M) e o *Intensity Factor* (IF) por compartimento (abiótico, biótico, água e ar), permitindo sumarizar o total de redução do impacto ambiental da *Mass Intensity per Compartment* (MIC). O compartimento biótico inclui os organismos vivos tais como: fauna, flora, animais e decompositores. O compartimento abiótico é composto de fatores que tem relação direta com o abiótico no que tange a temperatura, pressão atmosférica, dentre outros (ODUM, 1998). Em seguida, com base na soma dos MICs foi possível contabilizar a redução do impacto total, *Mass Intensity Total* (MIT). As fontes de evidências utilizadas foram suficientes para a avaliação e comparação econômica e ambiental, permitindo assim uma visão das ações direcionadas para

a minimização dos impactos ambientais resultante dos processos produtivos.

#### **4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

A empresa “D” conforme SEBRAE (2012) está classificada como de porte pequeno contando com 32 funcionários diretos. A empresa está localizada na cidade de São Paulo em um terreno de 10 mil m<sup>2</sup> e é certificada ISO 9001:2008 desde 2004. Com mais de 30 anos de atuação no mercado nacional na fabricação de peneiras granulométricas e filtros metálicos, a empresa também fornece serviços de calibração para peneiras granulométricas. Seus produtos atendem segmentos como laboratórios, mineradoras, indústrias alimentícias entre outras. Recentemente a empresa alcançou a certificação ISO/IEC 17025, que a qualificou para efetuar aferições e calibrações dimensionais nos fios e aberturas das telas das peneiras granulométricas, tanto fabricadas por ela, como também para calibração das peneiras fabricadas pelos concorrentes.

A NBR ISO/IEC 17025, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT (2001), estabelece requisitos gerenciais e técnicos para a implantação de sistema de gestão da qualidade em laboratórios de ensaio e calibração. É reconhecida e utilizada mundialmente como referência para gestão da qualidade e para a competência técnica de laboratórios, fornecendo resultados de ensaios e calibração. A empresa “D” atende aos requisitos da legislação com a correta destinação dos seus resíduos.

##### **4.1 Fase 1: Identificação das barreiras para implantação de P+L na empresa “D”**

Para a identificação das barreiras para a implantação da P+L foram realizadas entrevistas semiestruturadas de acordo com os principais aspectos identificados na literatura das barreiras econômicas/financeiras, culturais, técnicas, organizacionais e governamentais. Na avaliação dos respondentes, as barreiras culturais são as mais difíceis de serem superadas, acompanhadas das barreiras técnicas, econômicas/financeiras, governamentais e organizacionais, como mostra a Tabela 1.

Nas entrevistas realizadas observou-se por parte dos respondentes pouco interesse em relação aos problemas ambientais ocasionados pelo processo de fabricação da empresa, além do desconhecimento sobre os benefícios econômicos possíveis de serem obtidos com ações voltadas para melhorias ambientais por parte dos gestores. Ficou claro, nas entrevistas que não há educação ambiental para funcionários e os treinamentos são direcionados para ações voltadas aos processos de fabricação e produtos, dando pouca atenção a ações relacionadas ao meio ambiente.

Os aspectos culturais ficaram bastante evidentes durante a visita, notou-se muita resistência dos funcionários em relação a qualquer mudança proposta. Essas barreiras culturais criadas pela ausência de educação ambiental dificulta o entendimento dos ganhos econômicos proporcionados pela implantação P+L (ILOMAKI et al., 2000; SHI et al., 2003; SIAMINWE et al., 2005). A conscientização (FRIJNS; VLIET, 1999; VAN BERKEL, 2007) em relação a resistência às mudanças em termos ambientais (DOMINGUES; PAULINO, 2009) leva a resistência à mudança em razão de práticas arraigadas no processo produtivo. Os principais aspectos que dificultam as mudanças citados foram os funcionários com muito tempo de casa que executam as mesmas atividades da mesma maneira e entendem que não há motivos para mudar. Esses resultados corroboram estudos anteriores que enfatizam a barreira cultural como a principal dificuldade para empresa implantar a P+L (GARDSTROM, 1994; ILOMAKI et al., 2000; HITCHENS et al., 2004; FERNANDEZ-VINE et al., 2010; VAN HOOFF et al., 2013; WANG, 1999; SIAMINWE et al., 2005; GHAZINOORY, 2005; HICKS et al., 2006).

**Tabela 1: Identificação das barreiras para a implantação da P+L**

<b>BARREIRAS</b>	<b>PONTOS</b>
<b>ECONÔMICA/ FINANCEIRA</b>	
Restrições econômicas para investimentos	5
Custos para implantação da P+L	
Poucas vantagens comerciais	
Falta de incentivos financeiros	
Dificuldades de acesso a créditos	
Dificuldades para levantar capital	
Custo do capital inicial alto	
A possibilidade de obter ganho econômico com a P+L elimina a necessidade de financiamentos	
<b>CULTURAL</b>	
Resistência a mudanças	7
Pouco envolvimento de funcionários	
Desconhecimento dos benefícios	
Pouca consciência ambiental	
Ausência de investimentos em treinamento em educação ambiental	
<b>TÉCNICA</b>	
Ênfase no fim de linha (final de tubo)	6
Falta de conhecimento técnico	
Falta de informações técnicas	
Falta de tempo para gestão	
Falta de mão de obra especializada	
Problemas de infraestrutura	
Máquinas e equipamentos obsoletos	
Falta de dinheiro para investimentos em melhorias técnicas e aperfeiçoamento tecnológico	
<b>GOVERNAMENTAL</b>	
Falta de políticas de incentivo	2
Falta de política de suporte para P+L	
Falta de conhecimento sobre as políticas de incentivos financeiros do governo que possibilitam obter ganho econômico com a P+L	
Falta de comando e controle do governo sobre as empresas para adoção de P+L	
<b>ORGANIZACIONAL</b>	
Pouca competência gerencial	1
Alocação incorreta de recursos	
Pouca prioridade ambiental	
Cultura da empresa	
Não ha pressões do mercado por P+L	
Falta de motivação dos gestores	

Fonte: autores

Para os funcionários a destinação correta de resíduos e atender a legislação ambiental são fatores suficientes para a preservação do meio ambiente. Essas barreiras, técnicas relacionadas à falta de conhecimento e de informações técnicas, mostram a ausência de pessoas qualificadas para o diagnóstico e proposta de projeto de P+L como mostram pesquisas anteriores (CHEN et al., 1999; HITCHENS et al., 2004; HICKS et al., 2006; VAN BERKEL, 2007). Outro aspecto enfatizado nas entrevistas foi tratamento final de tubo dado às aparas das peneiras, que aponta a falta de tecnologias limpas no processo para mitigar impactos ambientais provenientes de resíduos (FRIJNS et al., 1999; WANG, 1999; DASGUPTA, 2000; PEART, 2002;; RADONJIC, 2007; DOMINGUES et al., 2009; RADOVIC et al., 2009; DODIC et al., 2010; van HOOFF et al., 2013).

A falta de motivação dos gestores, pela ausência de competência gerencial e prioridade ambiental são elementos da barreira organizacional identificados nas entrevistas, que dificulta a percepção dos benefícios econômico e ambiental da P+L (SHI *et al.*, 2003). Os gestores sem conhecimentos sobre os problemas ambientais causados pela empresa são resistentes a implantação de programas de P+L (DASGUPTA, 2000; ZHANG et al., 2010). A falta de conhecimento é um problema que dificulta a adoção de melhorias que ajudam no entendimento dos aspectos econômicos que estão envolvidos nas soluções de questões

ambientais (FRIJNS; VLIET, 1999). Por outro lado, os dados da pesquisa mostram uma pequena empresa bem sucedida no seu ramo de atuação, mas sem pressões do mercado por P+L.

Barreiras governamentais também apareceram na fala dos entrevistados, em menor proporção, principalmente pela evidência da falta de conhecimentos sobre políticas de incentivo financeiro e pela falta de mecanismos de comando e controle do governo sobre as empresas para adoção de P+L (RODHE et al., 1995; ILOMAKI et al., 2000; GAJDZIK, 2009; ZHANG et al., 2010).

Finalizado a identificação das barreiras que dificultam a implantação de programas de P+L a fase seguinte foi a realização do diagnóstico do processo produtivo e a implantação de um projeto de P+L na empresa D.

#### 4.2 Fase 2: Diagnóstico e implantação de P+L na empresa D

A análise dos registros em arquivo e da observação mostraram que o processo de fabricação de peneiras granulométricas inicia na tecelagem das telas metálicas no setor de teares, posteriormente são enviadas para o setor de estamparia e corte sendo em seguida encaminhado para a solda. Nesse setor, como mostrou o respondente, ocorre grande perda de matéria prima no momento do corte do excesso de tela soldada ao aro. Em seguida as peneiras prontas são encaminhadas para o estoque e expedição, conforme mostra o fluxograma apresentado na Figura 2.

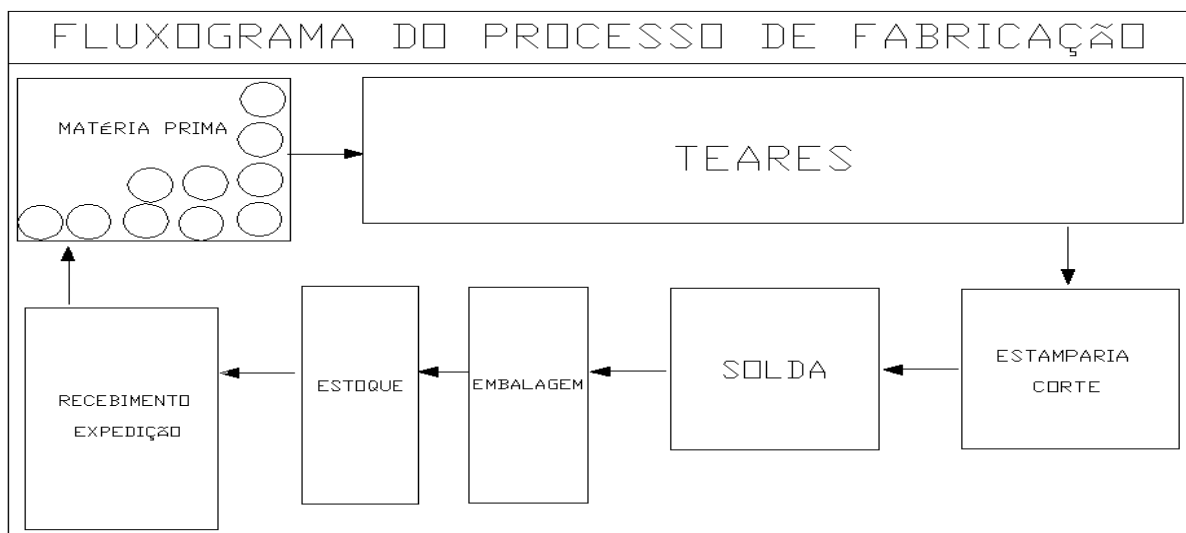


Figura 2 - Fluxograma do processo de fabricação da empresa "D"

Fonte: autores

No ponto indicado pelo respondente, onde ocorre grande perda de matéria prima, ou seja, na solda da tela ao aro de inox, o retalho de tela que é cortada é sempre maior que o diâmetro do aro em uma proporção de 100%, para permitir o seu estiramento por meio de dispositivo pneumático, sendo necessária uma sobra significativa nas laterais para possibilitar a prega da tela no dispositivo. Como resultado desta operação, ocorre uma perda superior a 54% da tela de inox, que não pode ser reaproveitada em razão do seu estiramento no momento da solda, o que provoca variações dimensionais em suas aberturas.

No processo de fabricação de peneiras, são produzidas quinhentas peneiras por dia em diferentes diâmetros e malhas. São processados, em média, 2.500 kg por mês de telas de aço inox para a fabricação de 500 peneiras granulométricas, a um custo de R\$ 80,00 o kg, resultando em um gasto mensal com telas de aço inox de R\$ 200.000,00.

Conforme informou o respondente, as telas têm varias medidas de aberturas e fios, e estas dimensões devem atender as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) além de serem calibradas, motivo do seu alto custo. A perda de matéria prima no processo de fabricação ocorre na proporção de 1375 kg por mês e sua venda para reciclagem externa como sucata proporciona um retorno de R\$ 4.125,00 para a empresa.

Como alternativa de solução para o problema, foi feita a sugestão de inversão do processo de estiramento da tela, executando-se esta operação após a solda da tela no aro, estirando-se a tela por meio de um dispositivo colocado dentro do aro pressionando-se com uma prensa hidráulica manual até que a tela esteja perfeitamente estirada. Com a implantação da alteração proposta, a tela poderia ser cortada no diâmetro do aro para a solda, pois, não haveria necessidade de sobras para o seu estiramento, tendo assim uma perda de apenas 10% de telas, reduzindo a perda mensal de 1.375 kg para 250 kg.

#### 4.3 Fase 3: aplicação da metodologia de avaliação ambiental e econômica - empresa “D”

Na primeira etapa, denominada levantamento dos dados, foi constituído o balanço de massa anual referente à redução das perdas que pode ser obtida, com base na Massa (M) de resíduos gerados no processo de fabricação de peneiras granulométricas de aço inox, podendo contribuir com a redução do impacto ambiental no ecossistema, como mostra a Tabela 2.

**Tabela 2 - Balanço de massa e redução de perdas - empresa “D”**

Componentes	Classificação	Local	Unidade mensal	Qt. de resíduos anual (kg)
Aço inox	Secundário	Processo de fabricação	1.125 kg	13.500 kg
Material total economizado - MTE = 13.500 kg				

Fonte: autores

Na segunda etapa, realizou-se a avaliação econômica anual. Inicialmente foi orçado um investimento no processo de fabricação para implantar a P+L de R\$ 20.000,00 em detrimento da compra de uma prensa hidráulica manual com capacidade de 10 toneladas para promover o estiramento das telas depois de soldadas no aro, e mais R\$ 6.200,00 para a confecção dos dispositivos internos de estiramento das telas.

Inicialmente ocorreria um aumento nos gastos operacionais com a implantação da P+L devido aos investimentos feitos com a prensa e dispositivos, entretanto, de acordo com a Tabela 3, constatou-se um ganho econômico significativo com a redução dos descartes em função do melhor aproveitamento das telas, refletindo uma redução de 81,8 % na sucata.

**Tabela 3 - Ganho econômico com implantação de P+L na empresa “D”**

Itens	Anual sem P+L	Anual com P+L	Economia
Telas de aço inox	+R\$ 2.400.000,00	+R\$ 1.320.000,00	-R\$ 1.080.000,00
Sucatas de aço inox	-R\$ 49.800,00	-R\$ 9.000,00	+R\$ 40.800,00
TOTAL	R\$2.350.200,00	R\$ 1.311.000,00	R\$ 1.039.200,00
Ganho Econômico			R\$ 1.039.200,00

Fonte: autores

A redução das perdas de telas de aço inox de 1375 kg para 250 kg por mês, que equivale a 81,8%, reflete uma redução no consumo total de telas de aço inox de 2.500 kg para 1.375 kg por mês para fabricação de 500 peneiras, projetando uma redução no consumo total de telas de aço inox em 44,2%. A mensuração do cálculo do retorno do investimento para a implantação da P+L, considerou o investimento no processo de fabricação de R\$ 26.200,00 em máquinas e ferramentas. Assim, o retorno do capital investido pode ser obtido em menos

de um ano, como mostra o cálculo apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo de retorno de investimento na empresa “D”

Investimento em Equipamento	26.200					
Prazo de depreciação (anos)	10					
Depreciação Anual	2.620					
Redução de Custo Anual Obtida	22.680					
Depreciação Anual	-2.620					
Base para Cálculo do Imposto de Renda (IR)	20.060					
IRPJ + CSLL (Contrib. Social sobre Lucro)	30,0%					
Valor do IR + CSSL Anual	-6.018					
Redução de Custo Líquida Anual	14.042					
Redução de Custo Líquida Anual	14.042					
Depreciação Anual	2.620					
Geração de Caixa Anual	16.662					
Fluxo de Caixa	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento	-26.200					
Geração de Caixa Anual		16.642	16.642	16.642	16.642	16.642
Fluxo de Caixa Total	-26.200	16.642	16.642	16.642	16.642	16.642
<b>ROI ou TIR</b>	<b>194,1%</b>	<b>/ano</b>				
<b>Payback Descontado a 15% ao ano</b>	<b>0,76</b>	<b>ano</b>				

Fonte: autores

Desta forma, foi possível mensurar o ganho econômico que a empresa pode obter com a implantação de apenas uma mudança de processo no escopo da P+L. Na Tabela 5 é apresentado um resumo geral das ações e resultados obtidos com a avaliação econômica realizada na empresa “D”, mostrando a possibilidade de redução de perdas em 44,2% com a adoção das ações propostas.

Tabela 5 – Resumo da avaliação econômica na empresa “D”

EMPRESA "D" - AVALIAÇÃO ECONÔMICA				
INVESTIMENTO = R\$26.200,00 / RETORNO DO INVESTIMENTO = 7 MESES				
ITEM	PERDAS S/ P+L	PERDAS C/ P+L	REDUÇÃO	%
TELA INOX	R\$ 2.350.200,00/ano	R\$ 1.311.000,00/ ano	R\$ 1.039.200,00/ ano	-44,20%

Fonte: autores

Na terceira etapa, avaliou-se o ganho ambiental com a implantação de P+L na empresa. A Tabela 6 mostra a intensidade de material por compartimento (MIC) e a intensidade de material total (MIT). Em linhas gerais ocorreu a minimização do impacto ambiental de 5.871.096,00 Kg.

Tabela 6 - Avaliação ambiental da empresa “D”

Componente	Setor	Compartimentos				Total por Componente
		Abiótico	Biótico	Água	Ar	
Aço inox	Processo de fabricação	190.476,00		2.707.716,00	37.356,00	2.935.548,00
<i>Mass Intensity per compartimento (MIC)</i>		190.476,00		2.707.716,00	37.356,00	
<i>Mass Intensity Total (MIT)</i>						5.871.096,00

Fonte: autores

Na Tabela 7 é apresentado um resumo geral dos resultados obtidos com a avaliação ambiental realizada na empresa “C”, demonstrando a possibilidade de redução dos impactos ambientais em 81,82%, pela adoção das ações propostas.

Tabela 7 - Resumo da avaliação ambiental na empresa “D”

EMPRESA "D" - AVALIAÇÃO AMBIENTAL				
ITEM	PERDAS S/ P+L	PERDAS C/ P+L	REDUÇÃO	%
TELA INOX	16,5 T/ano	3 T/ano	13,5 T/ano	-81,82%
IMPACTO (MIT)	7.175,5 T/ ano	1.304,5 T/ ano	5.871 T/ ano	-81,82%

Fonte: autores

Na última etapa, desenvolveu-se a comparação entre o ganho econômico e ambiental. Os dados mostram que o Material Total Economizado (MTE), considerando os resíduos sólidos e líquidos minimizados de 13.500 kg que corresponde a 5.871.096 kg ao considerar a intensidade total do material no ecossistema. Com essas informações torna-se possível calcular os índices de ecoeficiência alcançados com a implantação da P+L.

Considerando em primeiro momento o Material Total Economizado (MTE) / Ganho Econômico (GE), obtém-se a razão de 0,013. Quando se utiliza a escala global, em que *Mass Intensity Total* (MIT) / Ganho Econômico (GE) é de 5,65. Esse resultado mostra que além da empresa poder alcançar um ganho econômico de R\$ 1.039.200,00 por ano, o ganho ambiental apresenta índice 5,637 maior que o econômico.

A implantação da P+L pela empresa “D” está diretamente ligada à superação das barreiras culturais, técnicas e financeiras como fator principal. Na análise das barreiras, torna-se possível a implantação da P+L em razão dos argumentos previamente apresentados do retorno financeiro, que permitiu eliminar as resistências para a implantação da P+L. Um caminho interessante para a continuidade do programa de P+L poderia ser a intensificação de conhecimentos em educação ambiental (SIAMINWE et al., 2005) com financiamentos de outras pesquisas (FRIJNS et al., 1999; GHAZINOORY, 2005; SHI et al., 2008; TAYLOR, 2006; GRAHAM et al., 2007).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi analisar se a obtenção de resultados econômicos e ambientais positivos supera as barreiras para a implantação de programas de Produção Mais Limpa em PMEs. Os resultados do estudo mostraram que as barreiras identificadas para a implantação da P+L foram semelhantes as barreiras apontadas na literatura, com destaque para as culturais, técnicas, financeiras, governamentais e organizacionais, nessa ordem de importância para a empresa estudada.

Com a implantação do programa de P+L e aplicação da metodologia de avaliação ambiental e econômica, os dirigentes entenderam a importância das ações ambientais obtidas por meio de ações voltadas para o ganho econômico que a empresa pode obter, superando barreiras para a implantação dessa metodologia.

Desta forma, a minimização dos desperdícios de tela de aço inox de 1125 Kg por mês ocasionou a redução da aquisição de matéria prima de 44,2%. A mensuração do cálculo do retorno do investimento para a implantação da P+L, considerou o investimento no processo de fabricação de R\$ 26.200,00 em máquinas e ferramentas. Assim, o retorno do capital investido pode ser obtido em menos de um ano. Além do benefício econômico, a redução de desperdícios de telas de inox, também gerou minimização do impacto ambiental de 5.871.096,00 Kg.

Para a continuidade do programa de P+L, o treinamento em educação ambiental possibilita sensibilizar os envolvidos contribuindo com a conscientização em relação à

necessidade de mudanças em termos ambientais, tornado possível a aplicação da P+L no sistema produtivo, gerando ganhos econômicos também por meio do reuso de resíduos, economia de matéria prima, insumos, água e energia.

Esse estudo de caso contribuiu para aprofundar o conhecimento sobre os fatores determinantes para a implantação da P+L e as barreiras que dificultam a adoção dessa ferramenta. Dessa forma, a continuidade desse estudo é o desenvolvimento de escalas para aplicação em futuras pesquisas quantitativas cujo propósito é identificar com maior precisão as barreiras e os motivadores do uso da metodologia de P+L.

## REFERÊNCIAS

- BAAS, L. W., 1995. Cleaner production: beyond projects. *Journal of Cleaner Production*, Great Britain, 3, p. 55-59,
- Chen, W.; Warren, K. A.; Duan, N., 1999. Incorporating Cleaner Production Analis Into Environmental Impact Assessment In China. *Environ Impact Assess Review*. 19, 457-476.
- CNTL - Centro Nacional de Tecnologia Limpa, 2003. Implementação de Programas de Produção Mais Limpa, Centro Nacional de Tecnologias Limpas, Porto Alegre.
- Dasgupta, N., 2000. Environmental Enforcement and Small Industries in India: Reworking the Problem in the Poverty Context. *World Development*. 5, 945-967.
- Dodic, S. N.; Vucurovic, D. G.; Popov, S. D.; Dodic, J. M.; Zavargo, Z. Z., 2010. Concept of cleaner production in Vojvodina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 1629-1634.
- Domingues, R. M.; Paulino, S. R., 2009. Potencial para implantação da produção mais limpa em sistemas locais de produção: o polo joalheiro de São José do Rio Preto. *Revista Gestão da Produção*. 4, 691-704.
- Fernandez-Vine, M. B.; Navarro, T. G.; Capuz-Rizo, S. F., 2010. Eco-efficiency in the SMEs of Venezuela. Current status and future perspectives, *Journal of Cleaner Production*, 18, 736-746.
- Frijns, J.; Van Vliet, B., 1999. Small-Scale Industry and Cleaner Production Strategies. *World Development*. 6, 967-983.
- Gajdzik, B., 2009. Environmental Aspects, Strategies and waste logistic System Based on the Example of Metallurgical Company. *METABK*, 48, 1, 63-67.
- Gardstrom, T.; Norrthon, P., 1994. Implementation of cleaner production in small and medium-sized enterprises. *Journal Cleaner Production*, 2, 3-4, 201-205.
- Ghazinoory, S., 2005. Cleaner production in Iran: necessities and priorities. *Journal of Cleaner Production*, 13, 755-762.
- Giannetti, B. F.; Almeida, C. M. B. V. (Eds), 2006. *Ecologia Industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações*, Edgard Blücher, São Paulo.
- Graham, A. H.; Van Berkel, R., 2007. Assessment of cleaner production uptake: method development and trial with small businesses in Western Australia. *Journal of Cleaner Production*, 15, 787-797.
- Hicks, C.; Dietmar, R., 2006. Improving cleaner production through the application of environmental management tools in China. *Journal of Cleaner Production*, 5, 395-408.
- Hitchens, D.; Clausen, J.; Trainor, M.; Keil, M.; Thankappan, S., 2004. Competitiveness, Environmental Performance and Management of SMEs. *Greenleaf Publishing*, 44, 44-57.
- Iiomaki, M.; Melanen, M., 2001. Waste minimisation in small and medium-sized enterprises—do environmental management systems help? *Journal of Cleaner Production*, 9, 209-217.
- Kraemer, M. E. P., 2013. *Gestão Ambiental: Um enfoque no desenvolvimento sustentável*. Disponível em: [http://www.gestaoambiental/recebidos/maria\\_kraemer\\_pdf/pdf.phd](http://www.gestaoambiental/recebidos/maria_kraemer_pdf/pdf.phd). acesso em: Junho/ 2013.
- Odum, E.P., 1998. *Ecologia*, Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan SA.
- Oliveira Neto, G. C.; Chaves, E. C. C.; Vendrametto, O., 2010. Vantagens econômicas e ambientais na reciclagem de poliuretano em uma empresa de fabricação de borracha, *Exacta*, 1, 65-80.



- Oliveira Neto, G. C., Souza, S. M.; Batista, A. E., 2014. Cleaner Production Associated with Financial and Environmental Benefits: A case study on Automotive Industry. *Advanced Materials Easearch*, 5, 873-877.
- Peart, R. M., 2002. A survey of the adoption of cleaner technology by South African. *Development Southern Africa*, 19, 2, 221-237.
- Radonjic, G.; Tominc, P., 2007. The role of environmental management system on introduction of new technologies in the metal and chemical/paper/plastics industries. *Journal of Cleaner Production*, 15, 1482-1493.
- Radovic, N.; Kamberovic, Z.; Panias, D., 2009. Cleaner Metallurgical Industry in Serbia: A road to the Sustainable Development. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 15, 1, 1-4.
- Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C., 2002. Calculating MIPS. Available from: [http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wiberitrag/MIT\\_v2.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiberitrag/MIT_v2.pdf). Accessed on: Apr. 2014.
- Rodhe, H.; Strahl, J., 1995. Western Support for Cleaner Production In Central and Eastern European Industry, *Business Strategy and the Environment*. 4, 173-179.
- Sebrae, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2012. Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa; Disponível em: [http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa\\_2012.pdf](http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2012.pdf). Acesso em: Junho/ 2014.
- Shi, L.; Huang, J.; Shi, H.; Qian, Y., 2003. Modeling Cleaner Production Promotion with Systems Dynamics Methodology: a Case Study of Process Industries in China. *Process Systems Engineering*, 15, 322-327.
- Shi, H.; Shi, H.; Liu, Y.; Zhong, P., 2008. Barriers to the implementation of cleaner production in Chinese SMEs: government, industry and expert stakeholders' perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 16, 842-852.
- Siaminnwe, L.; Chisembu, K. C. Syakalima, M., 2005. Policy and operational constraints for the implementation of cleaner production in Zambia. *Journal of Cleaner Production*, 13, 1037-1047.
- Taylor, B., 2006. Encouraging industry to assess and implement cleaner production measures. *Journal of Cleaner Production*, 14, 601-609.
- UNEP DTIE. Understanding resource efficient and Cleaner Production, 1989 e 1990. Disponível em: <http://www.unep.fr/scp/cp/understanding/concept.htm>. Acesso em: 20.02. 2014.
- Van Berkel, C. W. M., 1994. Comparative evaluation of cleaner production working methods. *Journal of Cleaner Production*, 2, 3-4, 139-152.
- Van Berkel, R., 2007. Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996 e 2004. *Journal of Cleaner Production*, 15, 741-755.
- Van Berkel, R.; Willems, E.; Lafleur, M., 1997. Development of an industrial ecology toolbox for the introduction of industrial ecology in enterprises. *Journal of Cleaner Production*. 5, 1-2, 11-25.
- Van Hoof, B.; Lyon, T. P., 2013. Cleaner production in small firms taking part in Mexico's Sustainable Supplier Program. *Journal of Cleaner Production*, 41, 270-282.
- Wang, J., 1999. China's National Cleaner Production Strategy. *Environ Impact Assess Review*, 19, 437-456.
- Wuppertal., Institute. Calculating MIPS, resources productivity of products and services. Disponível em: [http://www.wupperinst.org/uploads/tx\\_wiberitrag/MIT\\_v2.pdf](http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wiberitrag/MIT_v2.pdf); Acesso em: feb. 2014.
- Yin, R. K., (Eds.), 2010. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. Bookman, São Paulo.
- Zhang, B.; Yang, S.; Bi, J., 2013. Enterprises' willingness to adopt/develop cleaner production technologies: an empirical study in Changshu, China, *Journal of Cleaner Production*, 40, 62-70.