

Implantação da Produção Mais Limpa para melhoria econômica e ambiental do sistema de filtragem no processo de afiação de ferramentas de metal duro

Glauco Roberto Pereira Silva
glaucoviana@hotmail.com
UNINOVE

Roberto Rodrigues Leite
rodlei@bol.com.br
UNINOVE

Luiz Fernando Rodrigues Pinto
lfernandorp44@gmail.com
UNINOVE

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto
geraldo.prod@gmail.com
UNINOVE

Milton Vieira Junior
mvieirajr@uninove.br
UNINOVE

Resumo: A Produção Mais Limpa é uma abordagem que vem sendo utilizada pelas empresas oferecendo alternativas viáveis para melhorias em seus processos, possibilitando ganhos econômicos e em consequência, ganhos ambientais. É uma estratégia que possibilita aumento na eficiência dos processos de produção e serviços. O objetivo desse trabalho consiste em avaliar os resultados econômicos e ambientais na implementação de ações de Produção Mais Limpa na substituição de um equipamento de filtragem de uma linha de afiação de ferramentas em uma empresa fabricante de ferramentas de corte. Foi desenvolvido um estudo de caso por meio de entrevista semiestruturada e análise de dados, para se avaliar os resultados ambientais e econômicos. Para a avaliação do impacto ambiental aplicou-se a ferramenta Mass Factor Intensity (MIF). Os resultados demonstram que a implantação do novo sistema de filtragem proporcionou significativos ganhos ambientais e econômicos, promovendo uma considerável redução na geração de resíduos.

Palavras Chave: Produção Mais Limpa - Vantagem Ambiental - Vantagem Econômica - -

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as empresas estão se sensibilizando com as questões ambientais relacionadas aos seus processos produtivos, tomando inúmeras ações de melhoria, quer seja por iniciativa própria, que na maioria das vezes se dá em razão de algum ganho econômico resultante destas ações, ou por imposição governamental, que se dá por meio de leis ou regulamentações. Diante deste quadro, as indústrias estão adotando uma nova abordagem utilizando a variável ambiental como direcionador de suas estratégias, quer seja pelo fator coercitivo, que aparece na forma de regulamentações, quer seja pelo fator econômico, que aparece na forma de oportunidades competitivas (JABBOUR, 2010).

Os problemas ambientais são parcialmente atribuídos aos processos industriais, todo produto provoca um impacto no meio ambiente, seja na sua fabricação, nas matérias-primas que se consome ou na sua disposição final (CHEHEBE, 1997).

Equacionar questões ambientais e econômicas de forma a encontrar soluções passa por diversas etapas que vão da conscientização das pessoas em relação às necessidades de se preservar o meio ambiente, o atendimento à legislação ambiental, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelos processos produtivos, sem mudar as características produtivas das empresas (MOORS; MULDER; VERGRAGT, 2005).

Neste trabalho é apresentado um estudo de caso realizado em uma empresa do segmento metalúrgico fabricante de ferramentas de corte, para o reaproveitamento do óleo refrigerante utilizado em seu processo produtivo, por meio da implantação de práticas de Produção Mais Limpa (P+L), que aplica uma abordagem preventiva, permitindo que a indústria atue de modo social e ambiental responsável, possibilitando ganhos ambientais e econômicos (UNIDO/UNEP, 1995).

Dessa maneira, procurou-se reduzir os custos de fabricação com consequente minimização dos impactos ambientais pela redução do consumo do óleo refrigerante utilizado na afiação de insertos de metal duro, e também, com a filtragem e reaproveitamento deste óleo, obtido por meio da implantação de novos equipamentos de filtragem, mais modernos e eficientes.

Com o objetivo de mensurar a redução dos impactos ambientais e os ganhos econômicos resultantes das ações adotadas pela empresa, foram coletadas informações documentais além da realização de entrevista semiestruturada com os principais envolvidos no processo de afiação dos insertos de metal duro, procurando identificar as várias manifestações do problema e descrevê-lo de diversas formas e pontos de vista (YIN, 2010).

Para avaliar os resultados econômicos realizou-se um estudo comparativo com os custos antes e depois da implantação das ações de P+L. Para avaliar os resultados ambientais, aplicou-se *Mass Intensity Factor* (MIF) desenvolvido pelo Wuppertal Institute da Alemanha, instrumento que possibilita identificar o fator de impacto causado ao meio ambiente.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A adoção de boas práticas ambientais pelas empresas pode simultaneamente melhorar desempenho nos negócios, ajudando a criar o que tem sido chamado de duplo dividendo do comportamento ambiental (WORTHINGTON; PATTON, 2007).

Existem inúmeras formas para que as empresas obtenham retorno financeiro proveniente de ações voltadas para a preservação do meio ambiente, entre elas destaca-se a

Produção Mais Limpa (P+L), que de acordo com a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial - UNIDO (2002), consiste em uma estratégia preventiva e integrativa, que é aplicada a todo ciclo de produção para: 1) aumentar a produtividade assegurando um uso mais eficiente de matéria-prima, energia e água; 2) promover melhor desempenho ambiental por meio da redução de fontes de desperdícios e emissão; 3) reduzir o impacto ambiental por todo o ciclo de vida de produto por meio de um desenho ambiental com baixo custo efetivo.

A P+L atua preventivamente aumentando a ecoeficiência e reduzindo os riscos ao homem e ao meio ambiente. É voltada para a identificação de fontes de geração de resíduos e suas causas e no desenvolvimento de soluções para eliminá-las, resultando em benefícios econômicos e ambientais em curto prazo (VAN BERKEL; WILLEMS; LAFLEUR, 1997). Ela se insere no contexto preventivo, pois ao contrário de apenas minimizar o impacto ambiental dos resíduos pelo seu tratamento e/ou disposição adequada, procura evitar a poluição antes que esta seja gerada (CNTL, 2003).

No processo produtivo a P+L tem como objetivo a redução do consumo de recursos naturais e energia, eliminando matérias-primas tóxicas e reduzindo a toxicidade dos resíduos e emissões. No produto, envolve a seleção de partes e peças menos poluidoras com foco na análise do ciclo de vida, considerando desde a extração de matérias-primas até a disposição final. No serviço, visa à incorporação de aspectos ambientais no planejamento e entrega (PNUMA, 1990).

A P+L pode ser aplicada pelas empresas sem restrições, trazendo benefícios econômicos por meio da redução de custos operacionais e diminuição dos impactos ambientais, pela otimização no uso de recursos e diminuição dos desperdícios, além dos benefícios sociais pela conscientização ambiental dos funcionários (CNTL, 2003; GIANNETTI; ALMEIDA, 2006; RADOVIC et al., 2009; LOPES SILVA et al., 2013).

A P+L é, portanto, uma das principais variáveis do desenvolvimento sustentável e tem sido reconhecida como um importante passo para operacionalização dos conceitos de gestão ambiental, desta forma, criando maior conscientização entre as pessoas e trazendo uma nova visão sobre os ganhos alcançados para o meio ambiente e para a sociedade (DUARTE *et al.*, 2005; VAN BERKEL, 2007; GIANNETTI *et al.*, 2008).

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foi utilizado método de estudo de caso de com objetivo exploratório. Esta pesquisa caracteriza-se como quantitativa, pois são mensurados os resultados da análise econômica e ambiental resultante da implantação da P+L dentro de uma empresa atuante no setor metal mecânico na fabricação de ferramentas de corte. A abordagem quantitativa vale-se de amostras amplas e informações numéricas (MARCONI e LAKATOS, 2005).

O estudo de caso possibilita estudar um determinado assunto em seu ambiente natural, aprendendo sobre o estado da arte egerando teorias a partir da prática, possibilitando pesquisar uma área na qual poucos estudos prévios tenham sido realizados de forma exploratória (YIN, 2010).

A avaliação econômica foi realizada por meio da mensuração financeira dos elementos constatados no levantamento de dados para identificar o ganho econômico (GE) para a empresa. Em adicional, foi calculado o Retorno sobre o Investimento (ROI) e o período para

retorno (payback). De acordo com Martins (2000), a análise do ROI consiste na melhor maneira de se avaliar o grau de sucesso de um empreendimento.

O procedimento utilizado para levantamento e análise dos dados foi referenciado em Oliveira Neto et al (2014), que abordam as vantagens econômica e ambiental com adoção de práticas de Produção Mais Limpa (P+L). A avaliação ambiental foi realizada por meio da ferramenta Mass Intensity Factors (MIF), que considera a massa (M) e o fator de intensidade do material (IF), conforme a equação 1.

$$MIF = (M \times IF) \quad \text{Eq.1}$$

A aplicação do MIF possibilita mensurar o impacto ambiental nos compartimentos: abiótico, biótico, água e ar (RITTHOFF, 2003). O compartimento biótico abrange um conjunto de todos os organismos vivos como plantas e decompositores, já o abiótico é um conjunto de fatores não vivos de um ecossistema que atuam no meio biótico, são métricas como temperatura, pressão, pluviosidade de relevo, etc (ODUM, 1998).

As reduções de impacto ambiental por compartimento abiótico (w), biótico (x), água (y) e ar (z), através MIC, foram calculadas conforme a equação 2.

$$*MIC = (IF Aw + IF Bw + IF Cw + \dots + IF Nw) \quad \text{Eq.2}$$

Onde:

IF Aw é o fator de intensidade do resíduo A no compartimento abiótico (w)

IF Bw é o fator de intensidade do resíduo B no compartimento abiótico (w)

IF Cw é o fator de intensidade do resíduo C no compartimento abiótico (w)

IF Nw é o fator de intensidade do resíduo N no compartimento abiótico (w)

*exemplo de MIC para o compartimento abiótico (w), idem para os demais.

A avaliação ambiental é concluída com o cálculo do total de intensidade de massa (MIT), que consiste na soma dos MIC, conforme indicado na equação 3.

$$MIT = (MICw + MICx + MICy + MICz + \dots + MICn) \quad \text{Eq.3}$$

O cálculo do índice de ganho econômico (IGE) e do índice de ganho ambiental (IGA) possibilitou a comparação dos ganhos econômico e ambiental. Estes cálculos foram realizados conforme as equações 4 e 5, respectivamente.

$$IGE = (MTE/GE) \quad \text{Eq.4}$$

$$IGA = (MIT/GE) \quad \text{Eq.5}$$

Os fatores óleo, perlita, alumina e níquel e seus compartimentos estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Intensidade de Material

Material	M. Abiótico	M. Biótico	Água	Ar
Óleo	1,47	-	6,7	0,03
Perlita	2,04	-	6,77	0,04
Alumina	7,43	-	58,62	0,45
Níquel	141,29	-	233,34	40,83

Fonte: Adaptado de Wuppertal (2014).

Na seqüência será apresentado o estudo de caso que demonstra por meio dos dados coletados as avaliações e comparações dos ganhos econômico e ambiental.

4. ESTUDO DE CASO

A empresa na qual se realizou o estudo é uma multinacional, classificada como de porte grande atuando no setor secundário na fabricação de ferramentas de corte, sendo líder de mercado em sua área de atuação com mais de 30.000 itens no seu portfólio. Sua área de atuação não se restringe apenas ao mercado nacional, ela está presente em 130 países e conta atualmente com 37.000 colaboradores no fornecimento ferramentas de alta qualidade.

Na figura abaixo são apresentadas algumas ferramentas fabricadas pela empresa.



Figura 1: Produtos fabricados. Fonte: Material interno da empresa.

A empresa comercializa ferramentas de corte de metal duro e sistemas de ferramentas para usinagem de metais. As ferramentas são basicamente feitas de metal duro (carbonetos sintetizados), cerâmicas, nitrato cúbico de boro e diamante, aplicadas na usinagem de peças em aço carbono, aço inoxidável, ferro fundido e materiais compostos.

O processo de fabricação das ferramentas se divide em oito etapas, sendo elas: Prensagem, Sinterização, Retífica da face, Retífica da lateral, Tratamento de ER, Cobertura CVD ou PVD, Gravação a laser e Embalagem.

Na operação de prensagem a ferramenta recebe o formato desejado de acordo com o especificado, podendo ser quadrada, retangular, triangular, etc.

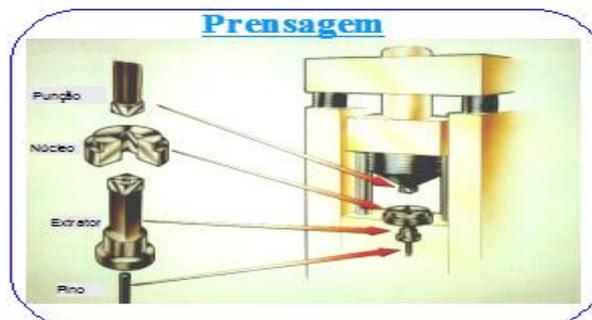


Figura 2: Prensagem. Fonte: Material interno da empresa.

Na operação de sinterização, a ferramenta recebe tratamento em forno visando atingir as características mecânicas necessárias, é um processo no qual pós com preparação cristalina ou não, uma vez compactada, são submetidas a temperaturas elevadas,

ligeiramente menores que a sua temperatura de fusão. Este processo cria uma alteração na estrutura microscópica do elemento base, com a finalidade de obter uma peça sólida.



Figura 3: Sinterização. Fonte: Material interno da empresa.

Nas terceira e quarta operações do processo de fabricação, são feitas as afiações por meio de retíficas de afiação de faces e retíficas de afiação lateral, processos que necessitam de fluido refrigerante, bem como, a filtragem do mesmo.



Figura 4: Afição. Fonte: Material interno da empresa.

No processo de tratamento ER são retiradas as rebarbas provenientes das operações de retificas da face e lateral da ferramenta por meio de discos de lixa.



Figura 5: Tratamento ER. Fonte: Material interno da empresa.

No processo de cobertura CVD ou PVD, são feitas as deposições superficiais, química e física, por vapor, de revestimentos visando aumentar a resistência e durabilidade da ferramenta.

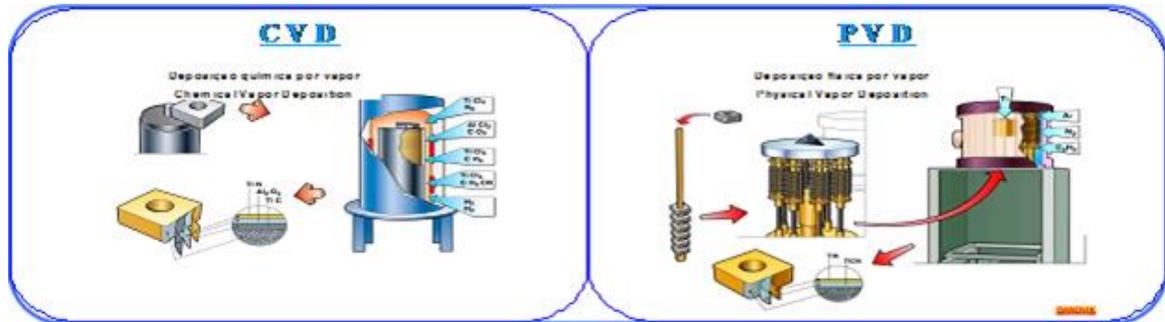


Figura 6: Coberturas CVD – PVD. Fonte: Material interno da empresa.

Nas etapas finais de gravação a laser e embalagem, as ferramentas são identificadas com códigos por meio de gravação a laser e embaladas para estocagem e posterior venda.

Nas etapas onde ocorrem as afiações das ferramentas, operações 3 e 4 do processo de fabricação, efetuou-se um estudo para redução do resíduo de lama gerado pelo processo de retificação de metal duro e melhoria das propriedades desta lama para reutilização. A lama é oriunda do processo de filtragem no qual é utilizado um modelo de filtro aluvião, este processo utiliza um pó como elemento filtrante fazendo uma pré capa das camisas de filtragem.

Após a filtragem é gerado um resíduo que contém óleo refrigerante, pó do elemento filtrante, pó de rebolo diamantado e pó de metal duro proveniente das ferramentas que são afiadas.

Com o objetivo de reduzir os custos destas operações, a empresa foi em busca de sistemas de filtragem mais modernos, sistemas que possibilitam a atuação na filtragem de três tipos de resíduos resultantes da operação de afiação, sendo eles; o fluido refrigerante, pó de metal duro e a lama do elemento filtrante.

A seguir, é apresentado na figura 7 o sistema atual de filtragem utilizado pela empresa, que faz uso do filtro tipo aluvião absoluto.



Figura 7: Região interna de filtro tipo aluvião. Fonte: Material interno da empresa.

Na figura 8 é apresentada a proposta de melhoria para a redução do resíduo, com a substituição do sistema de filtragem atual pelo sistema de filtragem absoluta com retro lavagem.

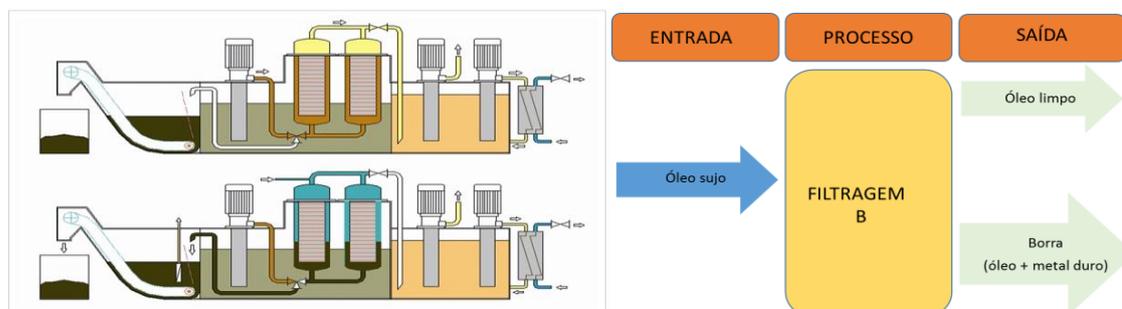


Figura 8: Sistema de filtragem absoluta com retro lavagem. Fonte: Material interno da empresa.

4.1. AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para a aquisição do equipamento de filtragem absoluta com retro lavagem, conforme apresentado na figura 8, a empresa precisa fazer um investimento de R\$ 380.000,00, investimento que resulta em uma significativa redução dos custos, conforme apresentado na comparação dos resultados econômicos entre o sistema de filtragem atual, denominado filtro A, e o sistema de filtragem proposto, denominado filtro B, apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Custos comparativos entre os sistemas de filtragem.

ITENS	FILTRO A	FILTRO B	ECONOMIA
REPAROS	R\$ 16.560,00		R\$ 16.560,00
FILTROS	R\$ 22.000,00		R\$ 22.000,00
ÓLEO	R\$ 160.920,00	R\$ 9.655,20	R\$ 151.264,80
MÃO DE OBRA	R\$ 7.200,00		R\$ 7.200,00
TELA DE FILTRO	R\$ 900,00		R\$ 900,00
METAL DURO RECICLADO		R\$ 28.800,00	R\$ 28.800,00
MANUTENÇÃO	R\$ 8.160,00	R\$ 2.040,00	R\$ 6.120,00
REBOLO DIAMANTADO-(consumo)	R\$ 405.000,00	R\$ 384.750,00	R\$ 20.250,00
LAMA (Manuseio de resíduo)	R\$ 96.000,00	R\$	R\$ 96.000,00
TOTAL	R\$ 716.740,00	R\$ 425.245,20	R\$ 349.094,80

Como apresentado na tabela 2, a empresa tem um gasto médio anual com o sistema de filtragem atual de R\$ 716.740,00, e com a ação de P+L na implantação do novo sistema de filtragem esse gasto cai para R\$ 425.245,20, resultando em uma economia anual para a empresa de R\$ 349.094,80, ou seja, 41%.

A mensuração do cálculo do retorno do capital necessário para investir na implantação da ação de P+L, considerou um investimento de R\$ 380.000,00 na compra do equipamento de filtragem absoluta com retro lavagem, sendo que o capital investido poderia ser totalmente compensado em pouco mais de 2 anos, conforme demonstrado no cálculo de retorno de investimento apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Cálculo de retorno de investimento

Investimento em Equipamento	380.000					
Prazo de depreciação (anos)	10					
Depreciação Anual	38.000					
Redução de Custo Anual Obtida	349.095					
Depreciação Anual	-38.000					
Base para Cálculo do Imposto de Renda (IR)	311.095					
IRPJ + CSLL (Contrib. Social sobre Lucro)	30,0%					
Valor do IR + CSSL Anual	-93.328					
Redução de Custo Líquida Anual	217.766					
Redução de Custo Líquida Anual	217.766					
Depreciação Anual	38.000					
Geração de Caixa Anual	255.766					
		Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Fluxo de Caixa						
Investimento		-380.000				
Geração de Caixa Anual			255.766	255.766	255.766	255.766
Fluxo de Caixa Total		-380.000	255.766	255.766	255.766	255.766
ROI ou TIR	61,1% ao ano					
Payback Descontado a 15% ao ano	2,22 anos					

4.2. AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Para avaliar os resultados ambientais, foi feita uma comparação entre os resultados obtidos com o sistema de filtragem atual e os resultados possíveis do processo de filtragem proposto. Foi realizado o balanço de massa entre os dois sistemas de filtragem. Os valores apresentados na tabela 4 foram calculados com base na geração anual de resíduos de cada sistema.

Tabela 4: Balanço de massa e redução de perdas

Componentes	Resíduos anual (kg) Filtro A	Resíduos anual (kg) Filtro B	Redução
Óleo	2.926 kg	176 kg	2.750kg
Alumina	87.084 kg	76.634 kg	10.450 kg
Perlita	343.750 kg	302.500 kg	41.250kg
Niquel	5.041kg	4.436 kg	605 kg
TOTAL	438.801kg	383.746 kg	55.055 kg

Conforme demonstrado na tabela 4, o sistema de filtragem proposto, filtro B, promove uma significativa redução de resíduos se comparado ao sistema atual de filtragem, filtro A, somando entre os componentes analisados um total de 55.055 kg.

Para a realização da avaliação ambiental, utilizou-se o MIF, que considera a Massa (M) e o Fator de Intensidade (IF) utilizando a Intensidade de Massa por Compartimento (MIC), que mensura a redução do impacto ambiental por compartimento abiótico, biótico, água, ar, contabilizando desta maneira a redução do impacto total, *Mass Intensity Total* (MIT), por meio da soma de todos os MICs, tornando possível a avaliação dos ganhos ambientais.

Na tabela 5 é apresentado o resultado da análise ambiental da aplicação da ação de P+L na implantação do equipamento de filtragem absoluta com retro lavagem, no sistema de afiação de ferramentas da empresa, nos dando uma visão do impacto ambiental resultante desta implantação com base na redução de resíduos.

Tabela 5: Avaliação ambiental

Componente	Massa [kg]	Compartimentos			
		Abiótico	Biótico	Água	Ar
Óleo	2.750	4.042,50	-	18.425,00	82,50
Perlita	10.450	84.150,00	-	279.262,50	1.650,00
Alumina	41.250	77.643,50	-	612.579,00	4.702,50
Níquel	605	85.480,45	-	141.170,70	24.702,15
MTE	55.055				
MIC		251.316,45	-	1.051.437,20	31.137,15
MIT	1.333.890,8				

Conforme apresentado na tabela 5, avaliou-se o ganho ambiental resultante da ação de P+L na implantação do sistema de filtragem proposto, filtro B, mostrando a intensidade de material por compartimento (MIC) e a intensidade de material total (MIT). Com essa ação a empresa deixaria de poluir 251.316,45 kg no compartimento abiótico, 1.051.437,20 kg na água e 31.137,15 kg no ar, somando estes compartimentos, o MIT resultou em 1.333.890,8 kg. Enquanto que o Material Total Economizado (MTE), onde considera apenas os valores reduzidos de massa de material, resultou em 55.055 kg.

4.3 COMPARAÇÃO DAS VANTAGENS ECONÔMICA E AMBIENTAL

A mudança dos filtros proporcionou muitos benefícios. O ganho econômico (GE) foi R\$349.094,80 e o material total economizado (MTE) foi 55.055 kg. O ganho ambiental (GA) calculado por meio do MIT foi 1.333.890,8 kg de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas. Com esses dados, foi possível comparar o índice de ganho econômico com o ambiental, conforme demonstrado abaixo:

$$IGE = MTE/GE = 0,16 \text{ kg/R\$}$$

$$IGA = MIT/GE = 3,82 \text{ kg/R\$}$$

No primeiro caso, cada Real economizado corresponde a redução de 0,16 kg de material. Quando se considera a escala global, calculado por meio do MIT, cada Real economizado proporciona redução de 3,82 kg de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas.



5. CONCLUSÃO

O objetivo de toda empresa é obter ganho econômico, e para se atingir tal objetivo é fundamental reduzir custos. Nesse enfoque, a P+L torna-se um instrumento de extrema importância, pois, seu objetivo principal reside na redução de perdas por meio de ações preventivas com consequente redução de custos. A redução de custos é um dos mais importantes benefícios da implementação da P+L, menor consumo de insumos e matérias prima, maior eficiência energética ou a redução da necessidade de entrada materiais resultam em menores despesas operacionais Seiffert (2008), além disso, a P+L estabelece poderosas estratégias que reduzam os custos e geram lucros através da redução resíduos (UNEP, 2004).

Os resultados deste estudo demonstram que é possível obter ganhos econômicos e ambientais por meio da redução das perdas de processo, promovendo o entendimento dos objetivos da P+L como um instrumento benéfico que possibilita, por meio de ações preventivas, alcançar ganhos econômicos tendo como consequência resultados ambientais positivos e de grande relevância.

REFERÊNCIA

- CHEHEBE, J. R.** Análise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramenta gerencial da ISO14.000. Rio de Janeiro: Qualitymark, CNI, 1997.
- CNTL - CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS.** Meio ambiente e a pequena e microempresa: módulo 1 - Curso de Formação de Consultores em Produção Mais Limpa. Porto Alegre: p. 73, 2003.
- DUARTE, P. D.; VENTURA, F.; ROCHA, C.; CATARINO, J.; FRAZÃO, R.; FERNANDES, R.; MAIA, A.; TRINDADE, P.; LANÇA, A.; PENEDA, C.** Sustainable Production Programme in Setúbal Region (PROSSET) final results. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, n. 4, p. 363-372, 2005.
- GIANNETTI, B.F. ALMEIDA, C.M.B.V.** Ecologia Industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2006.
- GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H.; SILVA, I. R.; ALMEIDA, C. M. V. B.** Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 10, p. 1106-1117, 2008.
- JABBOUR, C. J. C.** Non-linear path ways of corporate environmental management: a survey of ISO 14001-certified companies in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, pp. 1222-1225, 2010.
- LOPES SILVA, D. A.; DELAI, I.; SOARES DE CASTRO, M. A.; OMETTO, A. R.** Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. *Journal of Cleaner Production*, v. 47, pp. 174 – 187, 2013.
- MARCONI, M. A., LAKATOS, E. M.** Fundamentos de metodologia científica. 3. ed, São Paulo: Atlas, 2005.
- MARTINS, E.** Contabilidade de custos. 7ª ed., São Paulo: Atlas, 2000.
- MOORS, E.H.M.; MULDER, K.F.; VERGRAGT, P.J.** Towards cleaner production: barriers and strategies in the base metals producing industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 13, pp. 657-668, 2005.
- ODUM, E. P.** Ecologia. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.
- OLIVEIRA NETO, G. C.; SOUZA, M. T. S.; SILVA, L. A.; SILVA, D.** An Assessment Of The Environmental And Economic Benefits Of Implementing Reverse Logistics In The Textured Glass Sector. *Ambiente & Sociedade*, Vol.XVII, n. 3, pp. 195-216, 2014.
- RADOVIC, N.; KAMBEROVIC, Z.; PANIAS, D.** Cleaner Metallurgical Industry in Serbia: A road to the Sustainable Development. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, v. 15, n.1, pp. 1–4, 2009.
- RITTHOFF, M.; ROHN, H.; LIEDTKE C.** Calculating MIPS: Resources productivity of products and services. *Wuppertal Spezial* v.27, 2003, pp.8-25.
- SEIFFERT, M.E.B.** Environmental impact evaluation using a cooperative model for implementing EMS (ISO 14001) in small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, V.16, p.1447 - 1461, 2008.
- UNEP.** Cleaner production energy efficiency e manual. Oxford: United Nations Publication, 2004
- UNIDO.** Cleaner production toolkit. Introduction into cleaner production. v.1, 2002.
- UNIDO/UNEP.** Cleaner Production Assessment Manual. Part One. Introduction to Cleaner Production. Draft, 30 June 1995.
- VAN BERKEL, R.** Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996 e 2004, *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 8-9, p. 741-755, 2007.
- VAN BERKEL, R.** Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996 e 2004, *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 8-9, p. 741-755, 2007.
- YIN, R. K.** Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2010.
- WORTHINGTON, I.; PATTON, D.** Strategic intent in the management of the Green environment within SMEs. *Long Range Planning*, v.38, n.2, p. 197-212, 2007.



WUPPERTAL, Institute. *Calculating MIPS, resources productivity of products and services*. Disponível: <http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2014.pdf> Acesso em: 24. Mai. 2016.