



Vantagens econômicas e ambientais por meio de melhoria no processo de injeção plástica e reciclagem de poliamida 6.6 em uma fabricante de autopeças

Marcos Encinas
marcossilvia@uol.com.br
UNINOVE

Luiz Fernando Rodrigues Pinto
lfernandorp44@gmail.com
UNINOVE

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

Resumo: Este estudo avaliou as vantagens econômicas e ambientais obtidas por meio de melhoria de processo para redução da geração de resíduo e implantação de uma central de reciclagem de poliamida 6.6 em um fabricante de eletroventiladores para veículos. A empresa foco do estudo desenvolveu ações de melhoria do processo de injeção plástica que contribuíram para a redução de 83% do material rejeitado e viabilizou a reciclagem de poliamida 6.6 por meio de aquisição de equipamento para moagem de resíduos, definição de procedimentos de reciclagem e treinamento de pessoal envolvido. A metodologia de pesquisa utilizada foi um estudo de caso, com abordagem quantitativa para avaliar os ganhos econômicos e ambientais obtidos. Os resultados indicaram vantagem econômica de R\$ 1.018.992,00 por ano e benefícios ambientais com redução anual de 87.155.640 kg de resíduo de poliamida 6.6. Este estudo contribuiu na disseminação de práticas de Produção Mais Limpa, como melhorias em processo e reciclagem, e seus diversos potenciais benefícios a serem explorados.

Palavras Chave: Reciclagem - Produção Mais Limpa - Vantagem Econômica - Vantagem Ambiental - Setor Plástico

1. INTRODUÇÃO

No contexto industrial cada vez mais competitivo, programas de melhoria da qualidade de processos ganham destaque nas empresas e surgem como oportunidades de redução de custos com pouco investimento. Além disso, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece que apenas os materiais que não podem ser recuperados e tratados sejam encaminhados a aterros sanitários, sendo que a melhor estratégia para a gestão de resíduos é a não geração do mesmo (BRASIL, 2010).

Os termoplásticos ganharam importância para a sociedade nos últimos tempos, sendo que para algumas aplicações não foram encontrados substitutos melhores, nem mesmo ambientalmente (SILVA e MOITA, 2016). Neste sentido, a reciclagem é uma solução. Em especial a reciclagem mecânica, que consiste na conversão dos descartes plásticos em resina granulada que pode ser utilizada para fabricação de novos produtos (CETESB, 2011).

Um dos termoplásticos mais utilizados na indústria automotiva é a poliamida (PA) 6.6. A escala industrial da PA 6.6 iniciou-se em 1940 no setor têxtil, onde era aplicada na confecção de roupas e pára-quadras (SIMIELLI e SANTOS, 2010). Este material apresenta boa relação entre custo e desempenho para determinadas peças de veículos, além do aspecto ambiental, pois é possível seu reaproveitamento por meio de fusão e novo processamento (SIMIELLI e SANTOS, 2010).

Entretanto, o incremento de sua aplicação em novos produtos torna o plástico um dos materiais mais encontrados nos aterros sanitários, fato que preocupa, pois este material pode resistir a séculos sem se decompor (KOUSHAL et al 2014). Neste sentido, as práticas de Produção Mais Limpa (P+L) combinam eficiência econômica e ecológica, melhorando a competitividade das empresas, enquanto protege o meio ambiente, o consumidor e o trabalhador (GIANNETTI e ALMEIDA, 2012).

Com isto, o objetivo geral deste estudo foi avaliar as vantagens econômicas e ambientais em ações de melhoria de processo de injeção plástica e na reciclagem da PA 6.6. Em específico, foram levantados dados quantitativos em termos econômicos e ambientais com as ações de melhoria do processo para redução de rejeição de material e com a implantação da central de reciclagem da PA 6.6.

Na seqüência deste artigo será apresentada a revisão da literatura sobre reciclagem de polímeros e a vantagem econômica e ambiental com a adoção de práticas de Produção Mais Limpa, seguida da metodologia de pesquisa, a apresentação do estudo de caso e as conclusões.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. RECICLAGEM DE POLÍMEROS

Reciclagem é o processo de modificação dos resíduos sólidos em insumos ou novos produtos, por meio da mudança de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, (BRASIL, 2010). A reciclagem de polímeros é classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária (OLIVEIRA NETO et al, 2015).

A reciclagem primária consiste em reaproveitar matérias das linhas de produção da própria fábrica como peças defeituosas, aparas ou rebarbas (PIVA e WIEBECK, 2004). Neste

caso, são preservadas as propriedades físicas, químicas e mecânicas dos polímeros originais (EHRIG e CURRY, 1992).

A reciclagem secundária é a transformação dos resíduos sólidos em resina granulada, para ser reutilizada na produção de outros produtos, como pisos e peças de veículos (EHRIG e CURRY, 1992; PIVA e WIEBECK, 2004). Quanto às propriedades mecânicas, o estudo conduzido por Pennafort et al (2013) comprovou que há perdas nestas características em produtos que utilizaram polímero reciclado em relação aos fabricados com resina virgem. Basicamente, as reciclagens primária e secundária são processos mecânicos, compostos por cinco operações: (i) separação do resíduo polimérico, (ii) moagem, (iii) lavagem, (iv) secagem e (v) reprocessamento (EHRIG e CURRY, 1992).

Na reciclagem terciária, também conhecida como reciclagem química, são utilizados métodos químicos para quebrar as cadeias poliméricas. De acordo com o procedimento adotado, o produto resultante pode ser utilizado para produzir o material original ou, se o material residual for modificado, então ele é destinado a outros fins como combustíveis em refinarias e centrais petroquímicas (PIVA e WIEBECK, 2004).

Na reciclagem quaternária, os resíduos poliméricos são utilizados como fontes de energia para outros processos produtivos. Neste caso, não há despolimerização, apenas uma combustão forçada para se obter energia. Um exemplo deste tipo de reciclagem é a incineração de pneus em fornos da indústria de cimento (SPINACE, 2005).

2.2. VANTAGEM ECONÔMICA E AMBIENTAL DA ADOÇÃO DE P+L

O conceito de Produção Mais Limpa (P+L) foi definido em 1989 pela UNEP - *United Nations Environment Program* e pela DTIE - *Division of Technology, Industry and Environment* como a aplicação contínua de uma estratégia de preservação do meio ambiente integrada a processos e produtos, buscando mitigar riscos ao ser humano e ao meio ambiente (GIANNETTI e ALMEIDA, 2012).

A adoção de práticas de P+L requer aplicação do conhecimento do processo produtivo para propor as alterações necessárias, mas também é fundamental o suporte da alta direção para se obter mudanças de atitudes em todos os setores da empresa. Em contrapartida, as ações de P+L só são atrativas para as empresas se retornarem vantagem econômica (CNTL, 2003).

Alguns trabalhos realizados em indústrias do setor automotivo demonstraram vantagens econômicas e ambientais. Vendrametto et al (2010) promoveram mudança na forma de entrega de produtos, eliminando ou reutilizando as embalagens de papelão, plástico e madeira, obtendo resultados econômicos e ambientais. Oliveira Neto et al (2014c) substituíram o óleo protetivo anti-corrosão aplicado em peças metálicas pelo plástico VCI para embalar as peças, o resultado proporcionou ganhos financeiro e ambiental.

Portanto, é possível obter vantagem econômica com a redução de custos na utilização de matérias-primas recicladas, que atendam as especificações técnicas, para que não deprecie a qualidade do produto e, por conseqüência, vantagem ambiental com a diminuição de resíduos sólidos e consumo de energia e água (CNTL, 2003).

3. METODOLOGIA

A natureza deste trabalho é caracterizada como um estudo de caso. A coleta de dados foi realizada por meio entrevista semi-estruturada e observação em documentos e no processo produtivo. Foram analisados dados do processo de injeção de plásticos para produção de hélices e defletores, antes de depois da implantação da reciclagem de poliamida.

O levantamento de dados foi realizado durante o ano de 2013. As informações necessárias já estavam consolidadas pelas áreas responsáveis pelo monitoramento mensal na empresa. Basicamente, foi considerado o total de poliamida reaproveitada com a reciclagem. Desta forma, foi possível calcular o Material Total Economizado (MTE).

Na sequência, foi realizada a avaliação econômica por meio da mensuração financeira dos elementos constatados no levantamento de dados para identificar se houve ganho econômico (GE) para a empresa. Em complemento, 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 (2014a,b,c), 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.

$$MIF = (M \times IF)$$

Eq.1

Para Ritthoff et al (2003), a aplicação do MIF possibilita mensurar o impacto ambiental nos compartimentos: abiótico, biótico, água e ar. 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.

$$*MIC = (IF A_w + IF B_w + IF C_w + \dots + IF N_w)$$

Eq.2

Onde:

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

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

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

IF N_w 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.

$$MIT = (MIC_w + MIC_x + MIC_y + MIC_z + \dots + MIC_n)$$

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.

$$\text{IGE} = (\text{MTE}/\text{GE})$$

Eq.4

$$\text{IGA} = (\text{MIT}/\text{GE})$$

Eq.5

O fator de intensidade de massa da poliamida, com os respectivos compartimentos contemplados neste método estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1: Fator de intensidade de massa.

Material Utilizado	Material Abiótico	Material Biótico	Água	Ar
Poliamida	5,51	-	921,03	4,61

Fonte: Adaptado de Wuppertal (2014).

Com isto, foi possível desenvolver um estudo de caso que demonstra as avaliações e comparações dos ganhos econômicos e ambientais.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa foco deste estudo é uma multinacional que produz eletroventiladores para o setor automotivo, instalada no Brasil há 12 anos e emprega atualmente 120 funcionários. Dispõe de uma política ambiental própria, com um sistema de gestão ambiental implantado e com certificação ISO 14001. O processo produtivo é formado por: estamparia, injeção de plásticos, montagem de motores e montagem do produto final. Este estudo ficou limitado ao processo de injeção de plásticos, que será apresentado na seqüência.

4.2. PROCESSO PRODUTIVO

A produção de eletroventiladores consiste na montagem de um conjunto formado pela hélice acoplada ao motor elétrico e sobrepostos ao defletor. Este estudo está limitado ao processo de injeção de PA 6.6 para fabricação das hélices e dos defletores. O processo é composto por 3 máquinas injetoras: duas com capacidade de 650 toneladas para produção dos defletores e uma de 350 toneladas para as hélices, conforme é mostrado na figura 1.

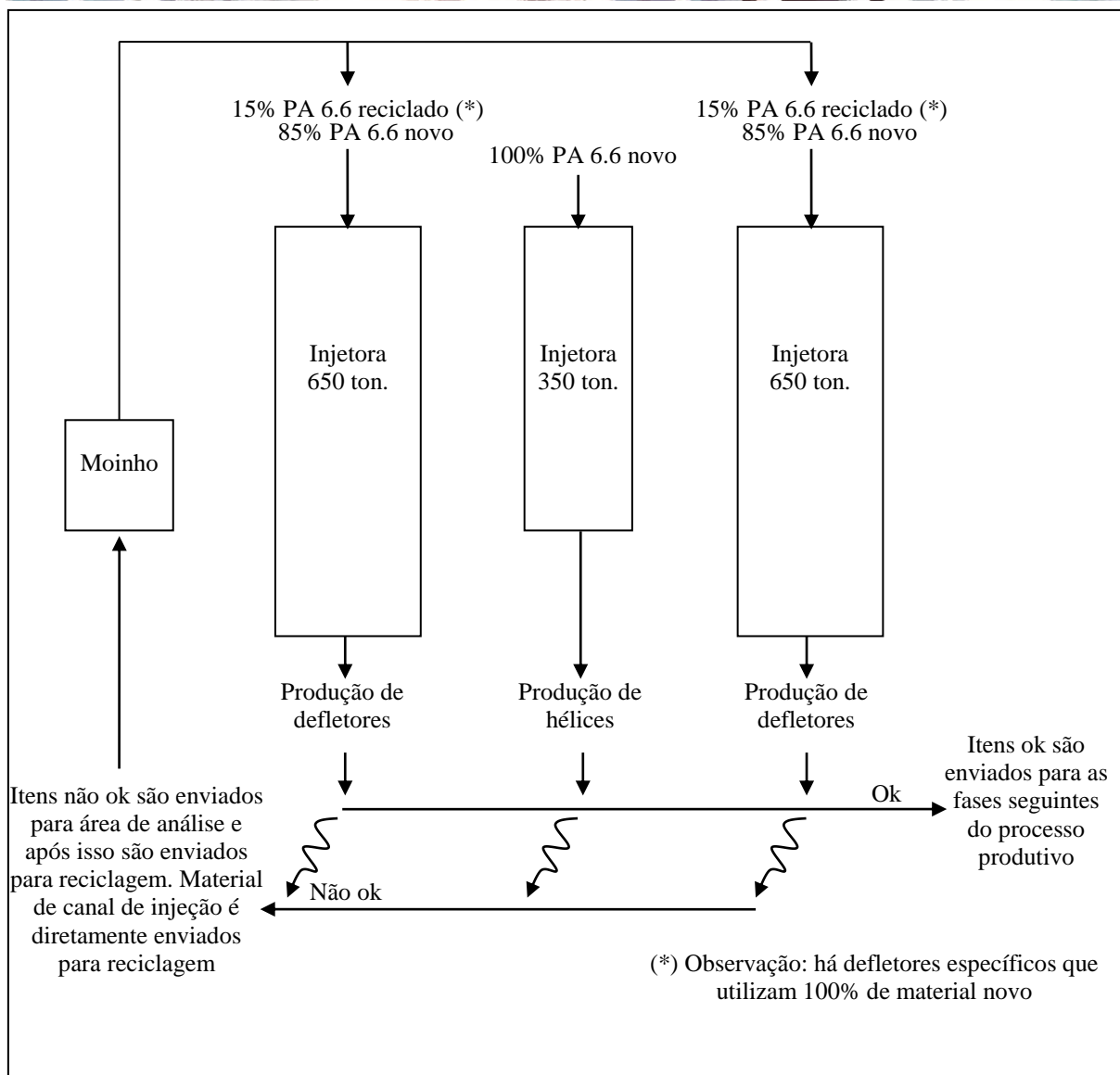


Figura 1: Itens relevantes do processo para o estudo. Fonte: O autor.

As variáveis controladas no processo são: pressão, temperatura e tempos de ciclos, que envolvem as operações de fechamento do molde, avanço da unidade de injeção, injeção, recalque, recuo da unidade de injeção, plastificação, refrigeração, abertura e ejeção.

Os modos de falha com maior incidência são devido a empenamento e peças incompletas, devido ao preenchimento parcial da cavidade do molde. Para garantir a qualidade do produto fornecido, a empresa estabeleceu controle de planicidade das peças com frequência amostral e inspeção visual em todas as peças para verificar se estão completas. Outras características também são controladas, com frequência definida em plano de controle.

Basicamente, o material descartado pelo processo é oriundo dos canais de injeção, também conhecidos como galhos, e de peças de início de produção após o setup da máquina. O volume deste material rejeitado corresponde a 2% do total de material utilizado na produção.

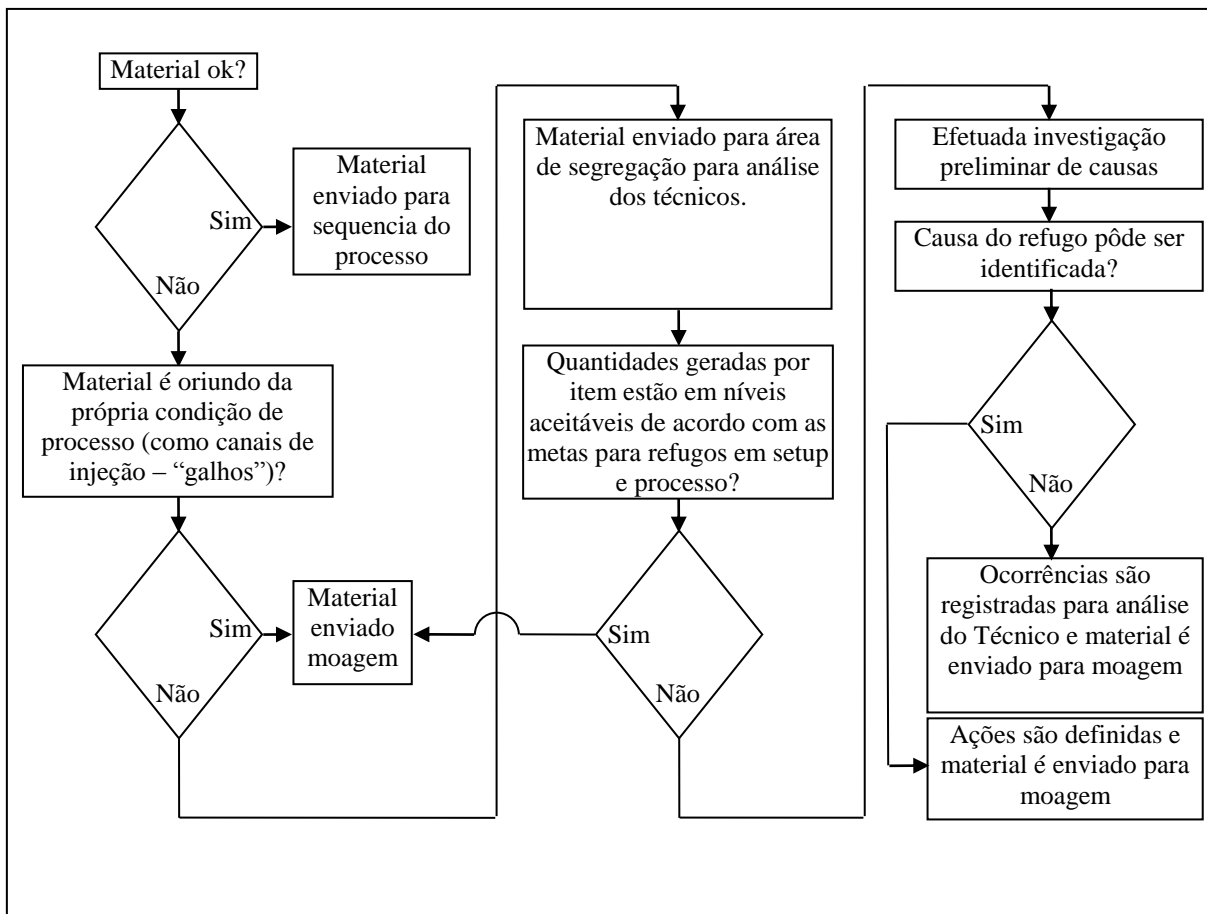


Figura 2: Fluxo para tratativa de material não conforme. Fonte: O autor.

É importante destacar a sistemática utilizada para análise e definição de ações. Todos os materiais não conforme que não são oriundos da própria natureza do processo, como o material dos canais de injeção conhecidos como “galhos”, são levados durante a semana para retenção em uma área específica denominada área da sucata. Os materiais ficam disponíveis neste local para serem analisados por uma equipe técnica multifuncional. Este grupo em conjunto avalia cada material não conforme. Especificamente, no que se refere aos itens de PA 6.6 e seu relativo processo de fabricação por injeção, o critério de análise avalia se a quantidade de sucata gerada, seja em setup ou em processo, é igual ou inferior a 1%. Em caso afirmativo, o item é considerado como em nível aceitável. Para itens que tiveram sucata superior a 1%, é realizada investigação da causa e definidas ações com os respectivos investimentos se necessários.

Devido a especificações técnicas, as hélices devem ser fabricadas com material 100% virgem. A tolerância existe para os defletores, onde é admissível misturar até 15% de PA 6.6 reciclado com o material virgem. Apesar de se tratar de casos pontuais, vale ressaltar que a especificação de alguns defletores é para fabricação com material novo adicionado de 25% de fibra de vidro, sem misturar material reciclado.

Foi desenvolvida uma planilha com histórico de defeitos, potenciais causas e possíveis soluções. Os dois principais defeitos estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Lista dos principais defeitos na fábrica

Defeito	Causa	Solução
Peça incompleta	Material com viscosidade muito alta	Usar um material mais fluido Aumentar a temperatura de fusão e de moldagem e a velocidade de injeção
	Queda muito alta da pressão no molde ou no bico	Verificar a relação comprimento / espessura do fluxo plástico
	Ar aprisionado	Ventilar o molde
	Equilíbrio inadequado do fluxo plástico nos moldes de cavidade múltipla	Verificar a dimensão dos canais de entrada, dos canais e da cavidade
	Condições inadequadas de moldagem	Aumentar a dose e a almofada Aumentar a pressão de injeção Aumentar o tempo de pressão de recalque Aumentar a capacidade da unidade de injeção
Empenamento	Contração diferente nas várias dimensões da peça	Equilibrar a temperatura do molde Aumentar a velocidade de injeção Verificar a pressão de recalque Revisar o canal de entrada
	Temperatura da peça ejetada demasiadamente alta	Reduzir a temperatura do molde Aumentar o tempo de refrigeração
	Ejeção defeituosa	Verificar o sistema de ejeção
	Controle inadequado da temperatura do molde	Revisar e modificar os canais de refrigeração

Fonte: Dados internos da empresa.

4.3. ANÁLISE ECONÔMICA

Inicialmente foi verificado que o consumo semanal de PA 6.6 é 15.000 kg e a quantidade de material rejeitado era 12% desse volume total, o que corresponde a 1.800 kg. Em termos financeiros, considerando que o preço do PA 6.6 novo é R\$11,00/kg, a empresa descartava semanalmente o que equivalente a R\$ 19.800,00.

As melhorias no processo proporcionaram relevante redução na quantidade de material rejeitado. Conforme apresentado no gráfico 1, o volume semanal de PA 6.6 descartado passou de 1.800kg para 300kg.

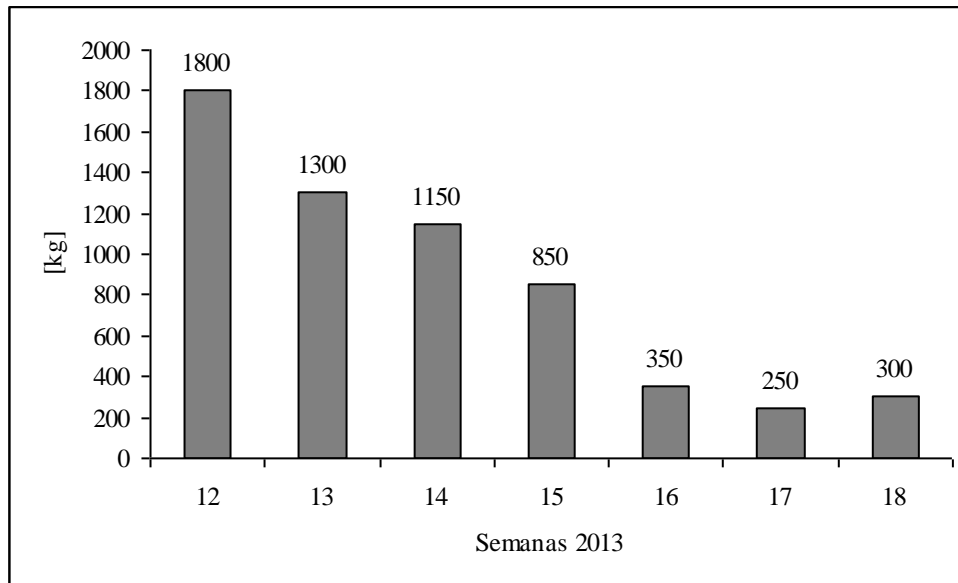


Gráfico 1: Geração semanal de resíduos.

Visando reduzir a quantidade de material rejeitado, a empresa atuou em duas frentes: (i) melhorias no processo para reduzir a quantidade de falhas e, (ii) estruturar o processo para reciclagem do PA 6.6. Os investimentos realizados para reduzir a quantidade de defeitos estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Investimentos para reduzir falhas.

Descrição	Valores
Reformas de moldes	R\$ 32.000,00
Treinamentos de funcionários	R\$ 24.000,00
Aquisição de componentes e equipamentos	R\$ 6.000,00
Alteração de parâmetros de processo	R\$ 1.000,00
TOTAL	R\$ 63.000,00

Os investimentos para aquisição de moinho, elaboração de procedimentos e treinamento de pessoal para viabilizar a reciclagem de material estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4: Investimentos para viabilizar reciclagem de material.

Descrição	Valores
Aquisição de moinho	R\$ 33.000,00
Preparação da área para o moinho	R\$ 3.500,00
Aquisição de acessórios para o moinho	R\$ 2.900,00
TOTAL	R\$ 39.400,00

Em adicional à aquisição de equipamentos, foram contabilizados os custos de operação da central de reciclagem. Em específico, é energia elétrica e a mão de obra do operador do moinho e um ajudante para manuseio de material e eventual remoção de partes metálicas. Estes valores estão listados na tabela 5.

Tabela 5: Custos de operação da central de reciclagem.

Descrição	Valores
Energia elétrica	R\$ 0,31/kg
Mão de obra operador	R\$ 0,22/kg
Mão de obra ajudante	R\$ 0,15/kg
TOTAL	R\$ 0,68/kg

Para o cálculo de amortização do investimento, foi considerada a redução da quantidade de material rejeitado, que passou de 1.800 kg para 300 kg, um ganho de 1.500kg de material por semana. Extrapolando para o cenário anual, com 52 semanas, fica 78.000 kg. Em termos financeiros, com o preço do PA 6.6 a R\$ 11,00/kg, a redução de material rejeitado foi de R\$ 858.000,00. O período para amortização do investimento foi obtido dividindo o investimento realizado pela redução de custo obtida. Como resultado, foram necessárias 4 semanas para amortização do investimento. Os dados estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6: Período para amortização dos investimentos com redução de material rejeitado.

Descrição	Valores
[A] - Redução de material rejeitado	R\$ 858.000,00
[B] - Investimento realizado	R\$ 63.000,00
Período para amortização	4 semanas

Quanto à implantação da central de reciclagem, verificou-se que a empresa obteve ganho de R\$10,32 por quilograma de material que deixou de ser comprado para utilização do reciclado. Considerando que após as melhorias no processo ainda são rejeitados 300 kg de PA 6.6 por semana, o ganho que a empresa obteve foi de R\$ 3.096,00 por semana. No cenário anual, com 52 semanas, o ganho com a reciclagem é de R\$160.992,00. Desta forma, os cálculos indicaram que o investimento foi amortizado em 13 semanas, conforme apresentados na tabela 7.

Tabela 7: Período para amortização dos investimentos com a reciclagem.

Descrição	Valores
[C] – Preço do material novo	R\$ 11,00/kg
[D] - Custo de operação da central de reciclagem	R\$ 0,68/kg
[E] – Ganho com reciclagem de material	R\$ 10,32/kg
[F] – Ganho anual com reciclagem	R\$ 160.992,00
[G] - Investimento para central de reciclagem	R\$ 39.400,00
Período para amortização	13 semanas

4.4 ANÁLISE AMBIENTAL

Conforme o levantamento realizado, a quantidade total de PA 6.6 que deixou de ser destinado a aterros sanitários devido às melhorias no processo e à implantação da central de reciclagem foi de 1.800 kg por semana. Extrapolando para o cenário anual com 52 semanas, resultaria em 93.600 kg por ano. A intensidade de massa foi obtida multiplicando 93.600 kg de material pelo respectivo MIF (*Mass Intensity Factor*).

O MIC (*Mass Intensity per Compartment*) é o resultado da soma das massas de cada compartimento. Neste estudo, por apresentar apenas um tipo de componente, os valores de

MIF e MIC são iguais. O MIT (*Mass Intensity Total*) foi obtido somando o MIC de todos os compartimentos, abiótico, biótico, água e ar. Os dados estão dispostos na tabela 8.

Tabela 8: Vantagem ambiental

Material Utilizado	Massa [kg]	Material Abiótico	Material Biótico	Água	Ar
Poliamida	93.600	515.736	-	86.208.408	431.496
MIC		515.736	-	86.208.408	431.496
MIT	87.155.640				
MTE	93.600				

4.5. COMPARAÇÃO ENTRE VANTAGEM ECONÔMICA E AMBIENTAL

As melhorias no processo e a implantação da central de reciclagem proporcionaram muitos benefícios. O ganho econômico (GE) calculado foi de R\$ 1.018.992,00 e o material total economizado (MTE) foi 93.600 kg. O ganho ambiental (GA) calculado por meio do MIT foi 87.155.640 kg de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas. Desta forma, foi possível comparar o índice de ganho econômico com o ambiental:

$$IGE = MTE/GE = 0,092 \text{ kg/R\$}$$

$$IGA = MIT/GE = 86 \text{ kg/R\$}$$

O índice de ganho econômico (IGE) indica que cada Real economizado corresponde a redução de 0,092 kg de material. Quando se considera a abrangência da escala global, o índice de ganho ambiental (IGA) indica que cada Real economizado proporciona redução de 86 kg de material que não é modificado nem retirado dos ecossistemas.

5. CONCLUSÃO

Melhorias em processo têm se destacado no setor industrial como grande oportunidade para otimizar os recursos da empresa, de modo a proporcionar muitos benefícios como a redução do consumo de materiais. Mais especificamente na indústria de plásticos, a reciclagem de resíduos gerados no processo também é uma importante atividade a ser explorada. O reaproveitamento deste material mostrou-se ambientalmente correta e economicamente viável.

Os resultados deste estudo demonstraram os ganhos econômicos e ambientais obtidos com as melhorias no processo e com a implantação da central de reciclagem. A redução de custo anual calculada foi de R\$ 1.018.992,00, o que proporcionou o rápido retorno do investimento realizado. Na visão ambiental, a redução anual de material foi de 87.155.640 kg que não foi modificado nem retirado dos ecossistemas. Este resultado ganha ainda mais importância por se tratar de um material extremamente resistente à degradação natural.

Esta pesquisa tratou exclusivamente da poliamida 6.6, sendo que para outros termoplásticos sugere-se considerar as particularidades de processamento, as propriedades do material e sua aplicação. Uma limitação desta pesquisa consiste na impossibilidade de generalização dos resultados, pois é um estudo de caso. Neste sentido, sugere-se para futuras pesquisas a realização de múltiplos casos sob essa ótica.

6. REFERÊNCIAS

- BRASIL** Decreto-Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. DOU de 3/8/2010.
- CETESB** - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos. São Paulo, 2011, pp 91.
- CNTL** - Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. SENAI-RS/UNIDO/UNEP. Porto Alegre, 2003, pp.42.
- EHRIG R. J.; CURRY M. J.** Plastics Recycling: Products and Processes. Nova York: Oxford University Press, 1992.
- GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B.** Ecologia Industrial: CONCEITOS, FERRAMENTAS E APLICAÇÕES. 3ª ed., São Paulo: Edgard Blücher, 2012.
- KOUSHAL V.; SHARMA R.; SHARMA M.; SHARMA R.; SHARMA V.** Plastics: issues challenges and remediation. International Journal of Waste Resource. v.4, pp.6, 2014.
- MARTINS, E.** Contabilidade de custos. 7ª ed., São Paulo: Atlas, 2000.
- 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, 2014a.
- OLIVEIRA NETO, G. C.; SOUSA, W. C.** Economic and Environmental Advantage Evaluation of the Reverse Logistic Implementation in the Supermarket Retail. IFIP AICT Vol.439, pp. 197–204, 2014b.
- OLIVEIRA NETO, G. C.; SOUZA, S. M.; BAPTISTA, A. E.** Cleaner Production Associated with Financial and Environmental Benefits: A Case Study on Automotive Industry. Advanced Materials Research, v. 845, pp 873-877, 2014c.
- OLIVEIRA NETO, G. C.; SHIBAO, F. Y.; GODINHO FILHO, M.; CHAVES, L. E. C.** Produção Mais Limpa: estudo da vantagem ambiental e econômica na reciclagem de polímeros. Interciência, v.40, 2015, pp. 364-373.
- PENNAFORT JUNIOR, L. C. G.; SILVA F. R.; DEUS E. C.** Avaliação e caracterização de tubos fabricados com PVC reciclado. Polímeros, v.23, 2013, pp. 547-551.
- PIVA M. A.; WIEBECK H.** Reciclagem do Plástico. Artliber. São Paulo, Brasil. 2004, pp.11.
- RITTHOFF, M.; ROHN, H.; LIEDTKE C.** Calculating MIPS: Resources productivity of products and services. Wuppertal Spezial v.27, 2003, pp.8-25.
- SILVA, E. A.; MOITA, J. M.** Possibilidades de melhorias ambientais no processo de reciclagem do polietileno. Polímeros, v.26, 2016, pp49-54.
- SIMIELLI, E. R.; SANTOS, P. A.** Plásticos de Engenharia, Editora Artliber: São Paulo, 2010.
- SPINACE, M. A. S.; PAOLI, M. A.** A tecnologia da reciclagem de Polímeros, Química Nova, v. 28, nº 1, 2005, pp.65-75.
- VENDRAMETTO, O.; PALMERI, N.; OLIVEIRA NETO, G. C.; PERRETI, D. O.;** Cleaner Production: A Growing Movement In Brazilian Companies. Revista Produção on line, Santa Catarina, v.10, 2010, pp. 49-70.
- 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.