

AVALIAÇÃO ECONÔMICA E AMBIENTAL NA ADOÇÃO DE LOGÍSTICA REVERSA DE PLÁSTICO E ALUMÍNIO

Franceline Pires

fran-pires@hotmail.com

Luiz Fernando Rodrigues Pinto

lfernandorp44@gmail.com

Roberto Rodrigues Leite

rodlei@bol.com.br

Marlene Paula Castro Amorim

mamorim@ua.pt

Geraldo Cardoso de Oliveira Neto

geraldo.prod@gmail.com



A globalização do comércio promoveu aumento na quantidade de resíduos sólidos descartados pelo consumidor final e por indústrias. Esse fenômeno tem reduzido a capacidade disponível de aterros, o que tem preocupado governantes e a sociedade, que exigem soluções para mitigar este desequilíbrio. Neste contexto, a logística reversa surge como oportunidade para retornar os materiais pós-consumo para serem reprocessados pelos fabricantes, reduzindo a quantidade de resíduos e a exploração de recursos naturais. Com isso, o objetivo geral desse estudo foi realizar a avaliação da logística reversa em termos econômicos e ambientais de duas empresas. A empresa "A", que utiliza plásticos para produção de embalagens e paletes e a empresa "B", que faz o processamento de alumínio em lingotes, gotas, dessulfurante e reciclagem. O método de pesquisa utilizado foi o estudo de caso, com a coleta de dados realizada por meio de entrevistas e relatórios técnicos fornecidos pelas empresas. A avaliação econômica foi realizada com base nas receitas e nos custos envolvidos na logística reversa das duas empresas. A avaliação ambiental foi com base na aplicação da metodologia de intensidade de material do Wuppertal Institute. Os resultados indicaram que a empresa A obteve vantagem econômica de R\$1.896.239,82 e vantagem ambiental com a redução do consumo de 27.489.198,32kg de plástico e emissão de 2.784kgCO₂. Ainda, os resultados foram mais expressivos na indústria de alumínio. A empresa B obteve R\$4.852.250,40 de redução de custo, contribuiu com a preservação de 646.463.055,36kg de alumínio virgem mantido no ecossistema e deixou de emitir 222.120kgCO₂ na atmosfera.

Palavras-chave: logística reversa, reuso, reciclagem, Avaliação econômica, Avaliação Ambiental

1 Introdução

O aumento da conscientização das pessoas em relação à sustentabilidade tem estimulado mudanças no setor industrial, que passou a analisar de forma sistêmica as atividades relacionadas a fluxos físicos e de informação da cadeia de suprimentos. Por consequência, surgem oportunidades de melhoria dos processos industriais com foco na redução do consumo de matéria-prima por meio da reciclagem de produtos associada à logística reversa (KOPICKI; BERG; LEGG, 1993).

A logística reversa (LR) consiste em realizar o fluxo inverso ao da logística de distribuição, retornando o material do consumidor final para o fabricante (RAVI et al., 2005). Ainda, a LR é a área da logística empresarial que visa equacionar o retorno dos bens ao ciclo produtivo ou de negócios por intermédio de múltiplos canais de distribuição reversos de pós-venda e de pós-consumo, agregando-lhes valor econômico, ecológico e legal (LEITE, 2003). Também, a LR pode contribuir com os desempenhos econômico e ambiental de empresas, por meio do aproveitamento do resíduo que foi gerado e seria descartado (BARBIERI e DIAS, 2002). Neste sentido, existe demanda de consumo por produtos de baixo custo e ambientalmente amigáveis, o que é oportunidade para empresas trabalharem com produtos provenientes de material reciclado (ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1998).

Assim, a LR visa gerar valor ao uso adequado dos recursos para dar destinação correta aos bens materiais (HERNANDEZ et al., 2012). Também, a LR promove ganhos econômico e ambiental na operação por meio da recuperação, reuso e remanufatura de bens (SHERIFF et al., 2012). Entretanto, o sucesso da LR não está limitado a atuação das empresas. As escolhas e o comprometimento das pessoas como agentes de transformação associadas às iniciativas das empresas são fatores críticos para a viabilidade da LR (AASTRUP; HALLDÓRSON 2008).

Em termos econômicos, vantagens que podem ser obtidas com o reuso e reciclagem de materiais, o que tem estimulado empresas a implantar a LR. Além disso, em termos ambientais, a LR contribui com a redução da contaminação de solo e água, possibilitando o reuso de produtos e a reciclagem de materiais e reduzindo a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários (ROGERS e TIBBEN-LEMBKE, 1998). Assim, as ações de LR podem fazer parte dos planos

estratégicos de empresas como diferenciais competitivos (HERNANDEZ et al., 2010; BRAGA JUNIOR, 2011).

Neste contexto, este estudo teve como objetivo a avaliação da LR em termos econômicos e ambientais de duas empresas. A empresa "A", que utiliza plásticos como matéria-prima para produção de embalagens e paletes e a empresa "B", que faz o processamento de alumínio em lingotes, gotas, dessulfurante e reciclagem.

A justificativa deste estudo reside na apresentação de alternativas para redução de descarte de resíduos sólidos por meio da LR, visto que a crescente necessidade de materiais para construções e a diminuição de recursos naturais tem se tornado uma das maiores preocupações atualmente. Alinhado a isso o processo de industrialização acelerado em algumas regiões do país resultou num aumento considerável na geração de resíduos sólidos, principalmente de origem industrial.

Os plásticos podem ser utilizados em diversos produtos e, devido a fatores como custo e manufaturabilidade, tem aumentado seu uso em substituição a materiais como metais, madeira e vidro. Além disso, grande parte dos plásticos transformados pela indústria são destinados ao setor de embalagens, produtos com curto ciclo de vida e elevada descartabilidade. Neste sentido, o crescente consumo de plásticos gera o aumento de resíduos descartados no meio ambiente e, por consequência, a contaminação de solo e água. O plástico é um derivado de petróleo com degradação lenta na natureza, o que requer atenção de empresas para tomada de ações com foco em reduzir a geração desse resíduo.

A Falta de matéria-prima e o desperdício da mesma tem motivado cada vez mais a reciclagem e a destinação correta dos resíduos no meio ambiente. Para o reaproveitamento do plástico é necessário considerar a sua classificação, conforme norma NBR 13230/2008, que estabelece símbolos para a identificação do tipo de plástico. Entretanto, existe falta de informação no mercado sobre os símbolos corretos de identificação do material e sobre a destinação correta (COLTRO et al., 2008).

Com relação ao alumínio, a indústria recicla aproximadamente 95% do alumínio produzido no Brasil, quantidade superior ao realizado em países desenvolvidos como Japão e EUA (ABETRE, 2016). Exemplos de produtos provenientes de reciclagem são escória de alumínio e ligas secundárias, composta por alumina, nitreto de alumínio e sílica.

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas de Tratamento de Resíduos - ABETRE (2016), são gerados cerca de 3 milhões de toneladas de resíduos industriais por ano, sendo que 78% são destinados de maneira irregular e apenas 22% dos resíduos industriais tem destinação correta, sendo 16% para aterros, 5% para co-processamento e 1% é incinerado na fabricação de cimento.

Na sequência deste estudo serão apresentados a metodologia de pesquisa com os procedimentos utilizados para a realização das avaliações econômica e ambiental, seguida pela apresentação do estudo de caso com o levantamento de dados das empresas, análises, resultados e discussões e, por último, as conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

2 Metodologia

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi o estudo de caso, que consiste em uma abordagem exploratória de natureza qualitativa e quantitativa. Yin (2010) considera a utilização do método de estudo de caso ideal para testar as hipóteses propostas em uma pesquisa exploratória.

O levantamento de dados foi realizado por meio de análise documental, de janeiro a dezembro de 2017, e entrevistas com gestores responsáveis pelas duas empresas foco do estudo e com a coordenadora operacional da transportadora que realiza a LR para as duas empresas. Com isso, foi possível obter informações para análise dos ganhos econômico e ambiental com a adoção da LR pelas empresas.

A avaliação econômica consistiu no levantamento dos ganhos econômicos (GE) obtidos pelas empresas com reuso e reciclagem de materiais retornados dos clientes por meio da implantação da LR. Assim, os ganhos econômicos resultaram dos valores de receitas descontadas dos desembolsos com custos operacionais e perdas de materiais.

A avaliação ambiental foi realizada por meio da ferramenta *Mass intensity Factor* (MIF), que considera a massa (M) e o fator de intensidade (IF) de cada material, conforme é apresentado na equação 1:

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

É importante salientar que os estudos de intensidade de material desenvolvido no Instituto Wuppertal têm base a matriz energética da Alemanha, Europa ou em dados médios mundiais, mas esse fato não impossibilita a utilização dessa ferramenta metodológica no Brasil, devido aos valores de MIF serem próximos em muitos países (WUPPERTAL, 2014).

Ritthoff *et al.* (2003) consideram que o impacto ambiental no ecossistema, composto pelos compartimentos abiótico, biótico, água e ar, pode ser mensurado utilizando o MIF. O compartimento biótico é composto pelos organismos vivos como plantas e decompositores, enquanto que o compartimento abiótico são os fatores não vivos que atuam no meio biótico, como temperatura, pressão, pluviosidade de relevo, etc (ODUM, 1998).

Dessa forma, foi possível calcular as reduções de impacto ambiental por compartimento (MIC), abiótico (w), biótico (x), água (y) e ar (z), utilizando a equação 2:

$$*MIC = (IF A_w + IF B_w + IF C_w + \dots + IF N_w) \text{ Eq.2}$$

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.

Em adicional, foi considerado na avaliação ambiental o total de intensidade de massa (MIT) somando os MIC, conforme indicado na equação 3:

$$MIT = (MIC_w + MIC_x + MIC_y + MIC_z + \dots + MIC_n) \text{ Eq.3}$$

Também, o comparativo dos ganhos econômico e ambiental foi realizado por meio do índice de ganho econômico (IGE) e do índice de ganho ambiental (IGA), conforme as equações 4 e 5, respectivamente:

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

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

3 Análise dos dados e resultados

3.1 Apresentação das empresas

A empresa foco do estudo é uma transportadora nacional de pequeno porte, localizada na região metropolitana de São Paulo, com atuação nas regiões Sul e Sudeste do Brasil para atender dois clientes denominados Empresa A, que produz produtos plásticos, e a Empresa B, com produtos de alumínio.

A Empresa A produz resina de polipropileno e paletes para movimentação de materiais em indústrias dos setores de alimentação, químico e farmacêutico, conforme apresentados na figura 1. A LR aplicada nesta empresa consiste na coleta dos paletes em seus clientes reutilizando o produto e, por consequência, reduzindo o consumo de matéria-prima.

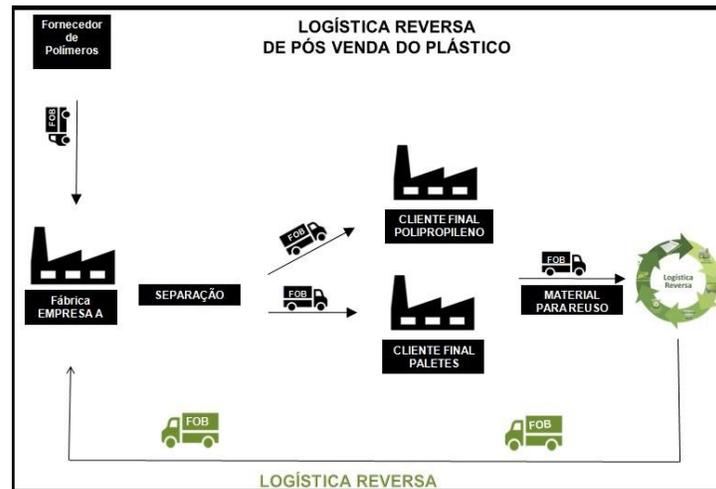
Figura 1 - Tipos de paletes fabricados pela Empresa A



Fonte: Adaptado do site da empresa

Basicamente, o fluxo de material da empresa A inicia com o recebimento de matéria-prima. Na sequência, é produzida a resina de polipropileno e, com as sobras de material, os paletes. A resina de polipropileno é enviada aos clientes, que ficam com a mercadoria e devolvem os paletes, que retornam à empresa A para ser utilizados nas próximas vendas, conforme é ilustrado na figura 2.

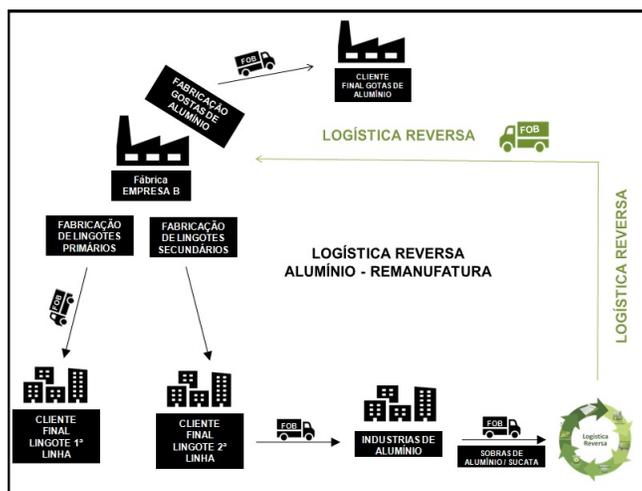
Figura 2 - Fluxograma de logística reversa da empresa A



Fonte: Elaborado pelos autores

Além disso, a transportadora foco do estudo presta serviço para outra empresa, denominada empresa B, que é uma indústria de fundição e reciclagem de alumínio, instalada em área de 16.000 m², em Guarulhos/SP. A capacidade produtiva é de 40 mil toneladas por ano de ligas de alumínio para as indústrias de autopeças e siderúrgicas. A empresa B produz lingotes primários e, com as sobras de alumínio no forno, produz lingotes secundários. As sobras de alumínio dos processos de seus clientes retornam para a empresa B que reutiliza para fabricação de gotas de alumínio, material utilizado para a desoxidação nos fornos de produção, conforme ilustrado na figura 3.

Figura 3 - Fluxograma de Logística Reversa de alumínio



Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 Avaliação econômica

Inicialmente, foi realizado o levantamento da quantidade de material reutilizado por meio da LR na empresa A. Os dados foram coletados mensalmente durante um ano (tabela 1).

Tabela 1 - Material reutilizado pela empresa A

	PALETE			POLIPROPILENO		
	QTDE(unid.)	PREÇO UNIT.	TOTAL	QTDE(kg)	PREÇO / kg	TOTAL
Janeiro	1.000	R\$11,77	R\$11.770,00	48.000	R\$5,78	R\$277.440,00
Fevereiro	1.017	R\$11,77	R\$11.970,09	52.000	R\$5,78	R\$277.440,00
Março	1.012	R\$11,77	R\$11.911,24	50.000	R\$5,78	R\$289.000,00
Abril	1.006	R\$11,77	R\$11.840,62	49.000	R\$5,78	R\$283.220,00
Mai	1.000	R\$11,77	R\$11.770,00	53.000	R\$5,78	R\$ 306,340,00
Junho	1.015	R\$11,77	R\$11.946,55	50.000	R\$5,78	R\$289.000,00
Julho	1.012	R\$11,77	R\$11.911,24	48.000	R\$5,78	R\$277.440,00
Agosto	1.018	R\$11,77	R\$11.981,86	50.000	R\$5,78	R\$ 289,000,00
Setembro	1.013	R\$12,07	R\$12.226,91	48.000	R\$5,90	R\$ 283,200,00
Outubro	1.000	R\$12,07	R\$ 12.070,00	48.000	R\$5,90	R\$283.200,00
Novembro	1.015	R\$12,07	R\$12.251,05	50.000	R\$5,90	R\$295.000,00
Dezembro	1.006	R\$12,07	R\$12.142,42	49.000	R\$5,90	R\$289.100,00
TOTAL	12.114		R\$131.721,98	595.000		R\$2.560.840,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Foi verificado que a empresa reutilizou 12.114 paletes e reciclou 595.000kg de polipropileno em um ano, o que proporcionou receita de R\$131.721,98 e R\$2.560.840,00, respectivamente. Com isso, a receita total proveniente da LR foi de R\$2.692.561,98, o que corresponde em redução de custos com aquisição de matéria-prima virgem.

Entretanto, a operação da LR envolve custos de transporte para retornar o material que será reutilizado ou reciclado. O custo de transporte foi obtido somando o valor do frete e do seguro da carga, considerando 96 viagens por ano, o que resultou em R\$669.755,52 anual. Os dados estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Custo de transporte

Serviço	Quantidade	Custo Unitário	Total
Frete	96	R\$6.904,32	R\$662.814,72
Seguro da carga	96	R\$72,30	R\$6.940,80
		Custo de transporte	R\$669.755,52

Fonte: Elaborado pelos autores

Em adicional, existe outro custo que se refere a extravios e danos de materiais que somados resultaram em R\$126.566,64 por ano, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Custo de extravios e danos

Material	Quantidade	Custo Unitário	Total
Paletes (unid.)	72	R\$11,87	R\$854,64
Polipropileno (kg)	21600	R\$5,82	R\$125.712,00
		Custo de extravios	R\$126.566,64

Fonte: Elaborado pelos autores

Dessa forma, a LR de paletes e polipropileno resultou em receita de R\$2.692.561,98 e desembolso de R\$796.322,16 com custo operacional e perdas, o que proporcionou ganho econômico de R\$1.896.239,82 para a empresa, por meio da redução de custos com aquisição de matéria-prima. Este resultado denota a viabilidade da LR na empresa A.

O mesmo procedimento foi realizado para a avaliação econômica da LR na empresa B. O levantamento de material reciclado indicou 855.000kg de gotas de alumínio e 291.000kg de

sucata, o que proporcionou R\$5.788.350,00 e R\$1.198.920,00, respectivamente, totalizando receita de R\$6.987.270,00. Os dados estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Material reciclado pela empresa B

	GOTAS DE ALUMÍNIO			SUCATA DE ALUMÍNIO		
	QTDE (kg)	PREÇO / kg	TOTAL	QTDE (kg)	PREÇO / kg	TOTAL
Janeiro	72.000	R\$6,77	R\$487.440,00	24.000	R\$4,12	R\$98.880,00
Fevereiro	70.000	R\$6,77	R\$473.900,00	27.000	R\$4,12	R\$111.240,00
Março	70.000	R\$6,77	R\$473.900,00	25.000	R\$4,12	R\$103.000,00
Abril	73.000	R\$6,77	R\$494.210,00	24.000	R\$4,12	R\$98.880,00
Mai	72.000	R\$6,77	R\$487.440,00	26.000	R\$4,12	R\$107.120,00
Junho	72.000	R\$6,77	R\$487.440,00	26.000	R\$4,12	R\$107.120,00
Julho	70.000	R\$6,77	R\$473.900,00	24.000	R\$4,12	R\$98.880,00
Agosto	72.000	R\$6,77	R\$487.440,00	25.000	R\$4,12	R\$103.000,00
Setembro	70.000	R\$6,77	R\$473.900,00	24.000	R\$4,12	R\$98.880,00
Outubro	72.000	R\$6,77	R\$487.440,00	20.000	R\$4,12	R\$82.400,00
Novembro	72.000	R\$6,77	R\$487.440,00	24.000	R\$4,12	R\$98.880,00
Dezembro	70.000	R\$6,77	R\$473.900,00	22.000	R\$4,12	R\$90.640,00
TOTAL	855.000		R\$5.788.350,00	291.000		R\$1.198.920,00

Fonte: Elaborado pelos autores

O custo de transporte foi obtido somando os valores de frete e seguro da carga, considerando 180 viagens por ano, o que totalizou R\$2.135.019,60 por ano. Os dados estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Custo de transporte do alumínio

Serviço	Quantidade	Custo Unitário	Total
Frete	180	R\$10.102,26	R\$1.818.406,80
Seguro da carga	180	R\$1.758,96	R\$316.612,80
		Custo de transporte	R\$2.135.019,60

Fonte: Elaborado pelos autores

Com isso, a LR de alumínio proporcionou receita de R\$6.987.270,00 e custo operacional total de R\$2.135.019,60, o que resultou ganho econômico de R\$4.852.250,40 por ano para a empresa B. Esse resultado é significativo em termos econômicos devido ao elevado custo de produção de alumínio virgem. Além disso, o alumínio é um material 100% reciclável e, diferente do plástico, mantém as propriedades físicas após a reciclagem podendo passar por esse processo quantas vezes for necessário. Portanto, a LR é viável para a reciclagem de alumínio pela empresa B.

3.3 Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental consistiu nos cálculos de emissão de CO₂ e de impacto ambiental do plástico e do alumínio, por meio da implantação de LR pelas empresas A e B.

As emissões de CO₂ na LR para este estudo estão relacionadas ao consumo de óleo Diesel dos veículos que transportam os materiais. É importante ressaltar que para implantar a LR foi necessário substituir os caminhões por carretas, para aumentar a capacidade de carga e volume de transporte nas duas empresas. Assim, foi constatado que a emissão média de CO₂ por veículos movidos a Diesel é 3,37kgCO₂/litro (CETESB, 2010). Para calcular o total de emissão de CO₂ na operação, foram verificadas as rotas e distâncias percorridas pelos veículos para realizar a LR, assim como o consumo médio dos veículos. Dessa forma, foram obtidos os volumes de óleo Diesel consumido antes e depois da implantação da LR.

Os dados de distância percorrida, consumo de combustível e emissão de CO₂ apresentados nas tabelas 6 e 7 são referentes à empresa A.

Tabela 6 – Emissões sem LR na empresa A

Rotas	Distância (km)	Veículo	Consumo (km/l)	Total de Diesel (l)	Emissão (kgCO ₂)
SP x MG x SP	1.195	CAMINHÃO	3,5	341,4	1.151
SP x RJ x SP	899	CAMINHÃO	3,5	256,9	866
Total	2.094			598	2.016

Fonte: Elaborado pelos autores

Apesar do maior consumo de combustível da carreta em relação ao caminhão, foi observado que a otimização da rota com a implantação da LR proporcionou redução em emissão de CO₂, de

2.016 para 1.987kgCO₂, resultando em 29kgCO₂ por viagem. Considerando que foram realizadas 96 viagens no ano, a redução anual é a equivalente 2.784kgCO₂.

Tabela 7 – Emissões após a implantação da LR na empresa A

Rotas	Distância (km)	Veículo	Consumo (km/l)	Total de Diesel (l)	Emissão (kgCO ₂)
SP xMG xRJ xMG xSP	1.474	CARRETA	2,5	589,6	1.987

Fonte: Elaborado pelos autores

Também, os cálculos de emissões de CO₂, antes e depois da implantação da LR, foram realizados na empresa B e estão apresentados nas tabelas 8 e 9. Os resultados indicaram emissão de 4.445kgCO₂ sem a LR no somatório das 3 rotas realizadas pela empresa.

Tabela 8 – Emissões sem LR na empresa B

Rotas	Distância (km)	Veículo	Consumo (km/l)	Total de Diesel (l)	Emissão (kgCO ₂)
SP xPR xSP	860	CAMINHÃO	3,5	245,7	828
SP xSC xSP	1.440	CAMINHÃO	3,5	411,4	1.387
SP xRS xSP	2.316	CAMINHÃO	3,5	661,7	2.230
Total	4.616			1.319	4.445

Fonte: Elaborado pelos autores

Entretanto, a otimização das rotas para implantação da LR proporcionou redução de 27,8% de emissão de CO₂, de 4.445 para 3.211kgCO₂ emitidos pela carreta que faz o percurso de São Paulo ao Rio Grande do Sul, com escalas no Paraná e em Santa Catarina, ida e volta. Extrapolando o valor da redução obtida (1.234kgCO₂) para o período anual, considerando 180 viagens, a redução é de 222.120kgCO₂. Esse resultado é significativo e contribui para a melhoria da qualidade do ar e, por consequência, da vida das pessoas.

Tabela 9 – Emissões após a implantação da LR na empresa B

Rotas	Distância (km)	Veículo	Consumo (km/l)	Total de Diesel (l)	Emissão (KgCO ₂)
SP xPR xSC xRS xSP	2.382	CARRETA	2,5	952,8	3.211

Fonte: Elaborado pelos autores

Ainda na avaliação ambiental, foi calculada a redução do impacto ambiental global com a reciclagem de plástico e alumínio, promovida pela implantação da LR. Neste aspecto, foram

consideradas as reduções do consumo de óleo Diesel com a otimização das rotas para implantação da LR e do consumo de matéria-prima virgem nas empresas A e B.

A empresa A realizava em média 8 viagens por mês, totalizando 96 viagens por ano. O consumo médio de óleo Diesel na empresa A antes da implantação da LR era de 57.435l por ano. Com a implantação da LR, o consumo passou para 56.602l de óleo Diesel por ano, o que resultou em redução de 834l de óleo Diesel por ano. Para efeito do cálculo de massa, foi considerada a densidade do óleo Diesel de 0,853, resultando em 711,4kg de óleo Diesel economizado em um ano.

Com relação ao plástico, a LR possibilitou à empresa A reduzir o consumo de 595.000kg de polipropileno virgem e 102.969kg de material para produção de palete, considerando o reuso de 12.114 paletes e que cada palete tem 8,5kg de massa. Portanto, a LR proporcionou a redução total de 697.969kg de polipropileno por ano. Com os dados coletados foi possível calcular o total de intensidade de massa (MIT) reduzido, considerando o fator de intensidade de massa de cada componente. Os dados estão apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Cálculo do total de intensidade de massa (MIT) na empresa A

Material Utilizado	Redução anual [kg]	Material Abiótico	Material Biótico	Água	Ar	MIT
Óleo Diesel	711,4	967,50	-	6.900,58	2.290,71	
Polipropileno	697.969	1.458.755,21	-	24.987.290,20	1.032.994,12	
MIC		1.459.722,71	-	24.994.190,78	1.035.284,83	27.489.198,32
MTE	698.680					

Fonte: Elaborado pelos autores

O mesmo procedimento foi realizado para a empresa B. O total de viagens foi de 180 em um ano, o que resultou em consumo de 1.318,9l de óleo Diesel sem a LR. Após a implantação da LR, o consumo caiu para 952,8l de óleo Diesel. Com isso, foi constatada redução de 366,1l por ano, o que corresponde a 312kg por ano.

Com relação ao alumínio, foram preservados 1.146.000kg de alumínio por ano, sendo 855.000kg provenientes de gotas e 291.000kg de sucata. Os dados com os resultados do MIT estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11 – Cálculo do total de intensidade de massa (MIT) na empresa B

Material Utilizado	Redução anual [kg]	Material Abiótico	Material Biótico	Água	Ar	MIT
Óleo Diesel	312	424,32	-	3.026,40	1.004,64	
Alumínio	1.146.000	21.751.080,00	-	617.934.660,00	6.772.860,00	
MIC		21.751.504,32	-	617.937.686,40	6.773.864,64	646.463.055,36
MTE	1.146.312					

Fonte: Elaborado pelos autores

3.4 Comparação das vantagens econômica e ambiental.

A implantação da LR na empresa A proporcionou ganho econômico (GE) de R\$1.896.239,82 e economia total de material (MTE) de 698.680kg por ano. Entretanto, o cálculo de intensidade de material (MIT) indicou que o benefício ambiental foi 27.489.198,32kg de material que não foi modificado nem retirado do ecossistema. Este resultado denota a importância da aplicação da metodologia de intensidade de material (MIF) para avaliação ambiental, com abrangência nos compartimentos biótico, abiótico, água e ar, extrapolando o cálculo simples de balanço de massa. Com esses dados, foram comparados os índices de ganhos econômico e ambiental, conforme demonstrados nas equações 6 e 7:

$$IGE = \frac{MTE}{GE} = \frac{698.680}{1.896.239,82} = 0,368\text{kg/R\$}$$

eq. 6

$$IGA = \frac{MIT}{GE} = \frac{27.489.198,32}{1.896.239,82} = 14,50\text{kg/R\$}$$

eq.7

O IGE indicou que cada Real economizado pela empresa A resultou a preservação de 0,368kg de material, enquanto que o IGA resultou em 14,50kg de material poupado. Estes resultados denotam a discrepância entre as análises de balanço de massa e de escala global do MIF.

Seguindo o mesmo procedimento para a empresa B, o ganho econômico (GE) foi de R\$4.852.250,40, a economia de material (MTE) foi 1.146.000kg, enquanto que a intensidade de material total (MIT) foi 646.463.055,36kg por ano. Os resultados foram os apresentados nas equações 8 e 9:

$$IGE = \frac{MTE}{GE} = \frac{1.146.000}{4.852.250,40} = 0,236\text{kg/R\$}$$

eq.8

$$IGA = \frac{MIT}{GE} = \frac{646.463.055,36}{4.852.250,40} = 133,23\text{kg/R\$}$$

eq.9

Assim, o resultado do IGE indicou que cada Real economizado correspondeu a 0,236kg de material preservado. Enquanto que considerando a escala global, analisada por meio do MIF, cada Real economizado gerou benefício ambiental de 133,23kg de material que não foi modificado ou retirado do ecossistema.

Estes resultados corroboram com as constatações de Hernandez et al. (2010) e Braga Junior (2011) que identificaram ganhos com ações de LR na indústria e no comércio varejista, respectivamente. Assim, a disseminação das vantagens da LR pode estimular dirigentes de empresas a considerar a LR no planejamento estratégico organizacional, buscando a redução de custos associada a preservação ambiental.

4 Conclusão

Esse estudo apresentou vantagens econômicas e ambientais na implantação de LR em uma empresa do segmento plásticos e outra no setor de alumínio, demonstrando a viabilidade econômica da LR para o reuso e reciclagem de materiais, reduzindo a necessidade de aquisição de matéria prima.

Os resultados indicaram que a empresa A obteve redução de custo de R\$1.896.239,82 e contribuiu com a preservação de 27.489.198,32kg de materiais que não foram extraídos da natureza. Também, a otimização da rota para implantação da LR contribuiu com a redução anual de 2.784kgCO₂ emitidos pelos veículos da transportadora. Na empresa B os resultados foram ainda mais expressivos, com R\$4.852.250,40 de redução de custo, 646.463.055,36kg de material virgem mantido no ecossistema e 222.120kgCO₂ que deixaram de ser emitidos na atmosfera.

Dessa forma, esse estudo exploratório mostrou a viabilidade e a aplicabilidade do método MIF usado para avaliar os ganhos econômicos e ambientais da implantação de LR, podendo inspirar novos estudos e contribuir com a disseminação da LR nas decisões empresariais. Uma limitação desse estudo consiste na impossibilidade de generalização dos resultados por se tratar de estudo

de caso. Assim, a realização de novos estudos sob a mesma ótica segue como sugestão para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

AASTRUP, J; HALLDÓRSSON, A. **Epistemological role of case studies in logistics: a critical realist perspective.** *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.* v. 38, n. 10, p. 746-763, 2008.

ABETRE. Disponível em: www.abetre.org.br Acesso em 16 abr. 2018.

BARBIERI, J. C.; DIAS, M. **Logística reversa como instrumento de programas de produção e consumo sustentáveis.** *Tecnológica.* São Paulo, n. 77, p. 58-69, 2002.

BRAGA Junior, S. S.; ALONSO Junior, N.; RAMOS, A. L.; EVANGELISTA, A. A.; SILVA, D. Um Estudo da Logística Reversa no Grupo Carrefour: Gestão e Prática em um Supermercado na Cidade de São Paulo. **Revista Empreendedorismo y Estrategia Organizacional**, v. 1, p. 69-85, 2011.

COLTRO, L.; GASPARINO, B. F.; QUEIROZ, G. C. Reciclagem de materiais plásticos: a importância da identificação correta. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 119-125, 2008.

HERNANDEZ, C.T.; MARINS, F.A.S, ROCHA, P.; DURAN, J.A.R. Using AHP and ANP to Evaluate the Relation between Reverse Logistics and Corporate Performance in Brazilian Industry, **Brazilian Journal of Operations & Production Management** v.7, n. 2, p. 47-62, 2010.

HERNANDEZ, C.T.; MARINS, F.A.S.; CASTRO, R.C. Modelo de gerenciamento da Logística Reversa. **Gestão da Produção**, v. 19, n. 3, p. 1-12, 2012.

KOPICKI, R.; BERG, M.; LEGG, L. L. **Reuse and recycling: reverse logistics opportunities.** Illinois: Oak Brook, Council of Logistics Management, 1993.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística Reversa- Meio Ambiente e Competitividade.** São Paulo: Editora Prentice Hall, 2003.

ODUM, E.P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan AS, 1998

RAVI, V., SHANKAR, R. **Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics.** Technological Forecasting and Social Change RLEC – Reverse Logistics Executive Council, 2005.

RITTHOFF, M.; ROHN, H.; LIEDTKE C. Calculating MIPS: Resources productivity of products and services. *Wuppertal Spezial* 27e: 8-25, 2003.

ROGERS, D.S., & TIBBEN-LEMBKE, R.S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices.** University of Nevada, Reno: Reverse Logistics Executive Council. 1998.

SHERIFF, K.; GUNASEKARAN, A.; NACHIAPPAN, S. Reverse logistics network design: a review on strategic perspective. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v.12, n.2, p. 171-194, 2012.

WUPPERTAL, Institute. **Calculating MIPS, resources productivity of products and services.** Disponível: <http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2014.pdf> Acesso em: 26 Abr. 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** São Paulo: Bookman, 2010.

