

# DESFAZENDO A ENTROPIA POR MEIO DA LOGÍSTICA REVERSA

JOCLENILTON GOMES da SILVA<sup>1</sup>  
JOSÉ LUÍZ ALVES<sup>2</sup>

## Resumo

A logística reversa se propõe a reverter a dispersão entrópica de resíduos sólidos por todo o globo terrestre. As inquições que as várias vertentes motivadoras impõem, se traduzem numa pergunta norteadora: pode a logística reversa desfazer esta dispersão e como pode fazer isso? Foi empreendida uma pesquisa exploratória e descritiva na literatura técnica de livros e artigos científicos da base de dados da *Scielo* e do Google Acadêmico sobre logística reversa publicados após a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) em 02 de agosto de 2010, em busca de respostas para as questões impostas. A logística reversa se apresenta como o instrumento da PNRS com capacidade de reverter esta desordem, reorganizando o sistema. A desordem de um sistema é matéria da Física, especificamente da 2ª Lei da Termodinâmica, a Lei da Entropia, que afirma que a desordem de um sistema isolado tende ao infinito e que esta desordem é irreversível, visto que espontaneamente a desordem não poderá ser desfeita, num sistema aberto a desordem pode ser desfeita, porém com repercussão para o mesmo sistema ou sistema

maior no qual esteja contido. Constatou-se que os sistemas de logística reversa que são requeridos pela PNRS podem minimizar a entropia, por meio dos planos de coleta, acondicionamento, armazenamento e beneficiamento, contatou-se também que desfazer a entropia por meio da logística reversa requer cuidados especiais, para que a diminuição num elo da cadeia não redunde no aumento da mesma em outro elo, com perdas para todo o sistema.

**Palavras-chave:** Logística reversa; Entropia; Resíduos sólidos.

## Abstract

Reverse Logistics proposes to revert the entropic dispersion of solid residues all around the globe. The inquiries imposed by the many motivational aspects can be translated into a guiding question: can reverse logistics undo such dispersion and how can it do it? An exploratory and descriptive research was undertaken on technical literature of

books and scientific articles from the *Scielo* database and Google Scholar about reverse logistics, published after the regulation of the National Policy of Solid Residues (PNRS in Portuguese) in August 2nd of 2010, in pursuit of answers to the imposed questions. Reverse Logistics is introduced as a tool of the PNRS capable of reverting this disorder, reorganizing the system. The disorder of a system is a Physics issue. Specifically of the Second Law of Thermodynamics, the Entropy Law, that affirms that the disorder of an isolated system tends to infinity and that such disorder is irreversible, considering that it cannot be spontaneously undone. In an open system, the disorder can be undone however with repercussions to the same system or major one in which it is contained. It has been observed that the reverse logistics systems can minimize entropy, by means of collection plans, conditioning, storage and processing. It has been also observed that undoing entropy

<sup>1</sup> Especialista em Logística Empresarial (MBA) pela Universidade de Pernambuco, gestor de logística da Unidade CBO (Cabo de Santo Agostinho – PE) da FedEx do Brasil. [jocelenilton@live.com](mailto:jocelenilton@live.com)

<sup>2</sup> Doutor e Mestre em Geografia pela Universidade Federal de PE. Professor adjunto da Universidade de PE. [jlzaves@yahoo.com.br](mailto:jlzaves@yahoo.com.br)

through reverse logistics requires special care so that the decrease in a chain link will not result in the increase of it in another link, with losses to the whole system.

**Keywords:** Reverse logistics; Entropy; Solid residues.

**JEL:** R1

## 1 INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos em escala mundial tem sofrido vertiginoso crescimento desde a década de 80 do século passado, principalmente em função da densidade demográfica que sofreu incremento exponencial neste período. No Brasil não poderia ser diferente, somadas àquele fator a relativa estabilidade econômica alcançada com a consolidação do Plano Real e a consequente elevação da renda das Classes C, D e E, a economia tem se mantido em crescimento e o consumo em constante aceleração (PEREIRA, et al., 2012). Concomitantemente, a obsolescência dos produtos, pródiga em geração de resíduos, tem sido “programada para ser percebida” num prazo cada vez menor, principalmente daqueles que compõem a categoria linha verde (desktops, notebooks, impressoras, aparelhos de telefonia móvel), proporcionando que o consumo se mantenha nos mesmos níveis elevados e que o crescimento do varejo, e em decorrência o do setor industrial, não arrefeça, gerando cada vez mais resíduos que se dissipam em progressão geométrica, causando uma desorganização sistêmica constante, a entropia, em escala nunca dantes imaginada nesta era industrial (XAVIER; CORRÊA, 2013).

Nicholas Georgescu-Roegen, matemático romeno erradicado nos EUA, no final do século passado efetuou críticas profundas ao modelo proposto pelos principais teóricos da economia (1971, 2012), qual seja,

de que a economia é um sistema circular e isolado da natureza e que suas interações internas não afetam e nem são afetadas pelo macro-ambiente externo, bem como ao mecanicismo desta mesma economia, ideia baseada na visão de Newton de que o mundo é uma máquina posta em movimento por um ser supremo (CECHIN; VEIGA, 2010). Suas críticas tem como referencial teórico uma ciência não tão familiar aos ouvidos e olhos dos economistas de então: a Física, mais precisamente a Termodinâmica. Seguindo sua cosmovisão, Daly e Farley discutindo a 2ª Lei da Termodinâmica aplicada à economia e à ecologia, atribuem ao vocábulo “entropia” não uma nova significância, mas sim uma nova aplicação, apresentando-o como uma tendência irreversível que o universo tem de aumento contínuo de desorganização interna, chegando em algum momento ao máximo de desordem que um sistema isolado pode alcançar, aplicam então tal conceito ao subsistema economia com fortes implicações operacionais e logísticas para as políticas de gerenciamento de resíduos sólidos e implicações éticas para o marketing, sob a égide do consumo responsável, e a toda a cadeia produtiva (2008).

Estes resíduos sólidos dissipados têm como origem o consumo crescente e desenfreado das últimas décadas, que é uma questão para o marketing como forma de estimular a economia, o descarte incorreto destes resíduos sólidos advindos deste consumo exarcebado, com todas as suas danosas consequências para o meio ambiente, é uma questão para a logística reversa. Após a regulamentação da Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, que criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), mormente por meio do princípio da Responsabilidade Compartilhada pelo Ciclo de Vida do Produto que estabelece que sistemas de logística reversa sejam estruturados e imple-

mentados pelas cadeias produtivas como garantia do retorno dos resíduos sólidos dissipados à montante ou à jusante da cadeia de suprimentos (BRASIL, 2010). A logística Reversa tem recebido uma ênfase maior do que aquela que vinha recebendo em anos anteriores, a quantidade de literatura técnica e científica no vernáculo publicada após a sanção da Lei é muito superior à quantidade publicada antes de 2010. Duas novas vertentes são percebidas: a operacional e a gerencial, do ponto de vista operacional, é efetuada uma efetiva integração entre a concepção clássica da logística reversa ao que é proposto pela PNRS: o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos; do ponto de vista gerencial, possibilita que alguns importantes aspectos da Logística Verde e do LCM (*Life Cycle Management*), que é o ciclo de vida de um produto sob a ótica da logística, mais abrangente do que o conceito do marketing, que se refere apenas às fases de lançamento, crescimento, maturidade e saturação/declínio, sejam abrangidos e recebam a necessária ênfase, sob pena de perda da eficácia sistêmica, caso esta visão global não seja aplicada (COSTA; MENDONÇA; SOUZA, 2014).

Esta pesquisa exploratória e descritiva tem como objetivo revisar a literatura técnica em livros e artigos científicos da base de dados da *Scielo* e do Google Acadêmico sobre logística reversa publicados após a regulamentação da PNRS em busca de respostas para as questões que a norteiam: pode a logística reversa desfazer a entropia e como ela pode fazer isso? Investigando quais ferramentas e instrumentos que possibilitariam estruturar e implementar sistemas de logística reversa que atenderiam ao disposto na Lei e contribuiriam para desfazer a ação entrópica de resíduos sólidos, urbanos, domiciliares, medicamentos, perigosos, etc. E se fundamenta na necessidade imposta por esta mesma política.

## 2 RESÍDUOS SÓLIDOS

O objeto central da PNRS, para o qual as atenções se voltam, por meio dos princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes, como o próprio nome *Política Nacional de Resíduos Sólidos* indica, são os resíduos sólidos, aquilo que por tanto tempo, convencionalmente, foi chamado de “lixo”, do qual deriva um verbo, que sintomática ou metaforicamente, alude à pouca atenção que o vulgo concede a algo ou a alguém: “- Estou pouco me lixando”.

No Art. 3º, no inciso XVI, é apresentada de forma detalhada o que são resíduos sólidos, pela ótica do legislador:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face de melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Segue a linha traçada por Mouzinho, em glossário de obra que antecedeu a PNRS, no qual a definição é apresentada de forma didática, bastante clara para os “não iniciados”:

Qualquer material resultante de atividades humanas descartado ou rejeitado por ser considerado inútil ou sem valor. Pode estar em estado sólido ou semi-sólido e ser classificado de acordo com sua composição química (orgânico e inorgânico), sua fonte geradora (residencial, comercial, industrial, agrícola, de serviços de saúde, etc.) e seus riscos potenciais ao ambiente (perigosos, inertes e não inertes) (2008).

A PNRS não estabelece diferenciação na classificação dos resíduos,

quanto a motivação para o descarte, se as características preponderantes dos mesmos foram alteradas em função de esgotamento provocado pelo uso; se as propriedades originais da matéria, substância, objetos ou bem deixaram de atender a finalidade principal para qual foram projetadas, por desgaste do uso ou do tempo de vida ou se o descarte é fruto da subjetividade da análise individual sobre o que pode ser considerado servível ou inservível para o uso humano em sociedade, para ela, tudo o que for descartado por meio das relações e atividades sociais humanas, é resíduo sólido, inclusive os gases e líquidos que não podem ser dispostos ambientalmente sem o devido tratamento e sem a intermediação de um sistema de logística reversa (FRANCO; MILARÉ; MILARÉ, 2012).

Para tornar impossível que haja ambiguidade de interpretação do vocábulo, por conta de sentido dubio, a PNRS define também o que são rejeitos, no inciso XV do Art. 3º:

[...] resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

É essencial que esta diferenciação seja efetuada, pois um dos objetivos da PNRS é incentivar a reutilização, o reaproveitamento e a reciclagem dos materiais numa escala cada vez maior, admitindo a disposição final, por meio tecnológico ou não, apenas daquilo que pode ser classificado como rejeito. Para que isto possa ser eficazmente posto em prática o legislador Incluiu entre os instrumentos da Política as coletas seletivas, os sistemas de logística reversa e o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas e outras formas de associação dos ca-

tadores de materiais recicláveis. Por meio da coleta seletiva é que será implantada a separação prévia dos resíduos sólidos (nos locais onde são gerados, preferencialmente), de acordo com sua constituição ou composição (úmidos, secos, industriais, da saúde, da construção civil, etc). Sem este instrumento essencial, a meta de disposição final ambientalmente adequada dos diversos tipos de rejeitos não será atingida com efetividade (SILVA, 2014)

A definição da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na ABNT NBR n.º 10004:2004, de resíduos sólidos tem recebido atenção e aceitação dogmática nos meios profissionais e acadêmicos:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de variação. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (2004).

A norma classifica os resíduos sólidos quanto aos seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde pública e os divide em: *Perigosos*, Classe I; *Não perigosos*, Classe II; *Não inertes*, Classe II A e *Inertes*, Classe II B. Os resíduos de medicamentos por exemplo, um dos objetos de interesse da PNRS, são classificados como perigosos e estão inseridos na Classe I e são assim definidos:

Característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar: a) risco à saúde pública, pro-

vocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada (ABNT, 2004).

A norma ainda indica que o critério para a classificação dos resíduos de medicamentos como perigosos se deve à toxicidade: “propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar, em maior ou menor grau, um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo” (ABNT, 2004).

A PNRS é devedora às normas da ABNT quando classifica os resíduos no Art. 13º: quanto à destinação (os resíduos podem ser recicláveis ou não recicláveis); quanto à origem (os resíduos podem ser resíduos de serviços de saúde, os RSS, resíduos da construção civil, os RCC, resíduos industriais, os RI, resíduos sólidos urbanos, os RSU, que compreendem os resíduos domiciliares e os resíduos de limpeza urbana, os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos agrosilvopastoris, resíduos de serviços de transportes, resíduos de mineração); quanto à logística (os resíduos de fonte de geração fixa, os RFGF, e os resíduos de fonte de geração difusa, os RFGD); quanto à periculosidade (resíduos perigosos e não perigosos, que podem ser inertes ou não inertes) (SILVA FILHO, 2012).

Utilizando-se da ABNT NBR 10004:2004, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), através da Resolução 005 de 05 de agosto de 1993 classifica os resíduos sólidos, normatizando a devida gestão dos mesmos. Os resíduos de medicamentos estão enquadrados no Grupo B: “resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas” enquadra sob

esta rubrica as drogas utilizadas em tratamentos quimioterápicos e todos os produtos que foram por elas contaminados; os resíduos farmacêuticos, incluídos os medicamentos vencidos, aqueles que foram contaminados e tiveram suas propriedades alteradas, os que foram interditados por algum órgão competente de saúde pública e aqueles que não foram utilizados (CONAMA, 1993).

No Art. 12º a resolução deixa claro que:

Os resíduos sólidos pertencentes ao grupo “B” deverão ser submetidos a tratamento e disposição final específicos, de acordo com as características de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade, segundo exigências do órgão ambiental competente (CONAMA, 1993).

O mercado de produtos farmacêuticos é um pródigo gerador de resíduos, e duas das causas fundamentais para que isto ocorra se originam em não conformidades: avarias de transporte, causadas por manipulação inadequada, empilhamento máximo superado ou sendo adulterado em função de empilhamento de outros tipos de cargas em cima do lote quando o mesmo já atingiu seu limite máximo, por falta de conhecimento das equipes operadoras ou pela ausência de equipamentos de movimentação de materiais adequados, ou ainda por utilização de veículos que fogem ao perfil indicado pela legislação sanitária, ou estão acondicionadas indevidamente, algumas embalagens não são resistentes o suficiente para suportarem os constantes atritos que longas viagens exigem, em função das más condições das estradas brasileiras

### 3 ENTROPIA

São Paulo, apóstolo, por volta da Páscoa de 57 E.C. redigiu contundente mensagem por meio de

carta (no jargão bíblico do Segundo Testamento: *epístola*), à comunidade eclesíastica da cidade de Corinto (I Coríntios), por meio da qual confronta algumas práticas cúlticas e éticas daquela comunidade da fé que ficava na região da Acácia, Grécia. Por duas vezes ele faz advertências e reprovações: “Digo isto para *confusão* vossa...”, 6.5 e “... digo-o para a vossa *vergonha*”, 15.34 (Grifos nossos), o termo que foi traduzido pela Bíblia de Jerusalém (1985) como “*confusão*” num contexto e “*vergonha*” noutra é o vocábulo **entroph** entropê), de onde vem a palavra em português *entropia*. O mesmo é a junção da preposição **en** (ên) que significa “dentro” e **troph** (tropê) que significa “variação, mudança”, dando a ideia de “variação interna” ou “mudança interna” (GINGRICH, 1984).

Quase 19 séculos depois desta epístola, Rudolf Clausius (1822-1888), físico alemão, atribui ao vocábulo entropia uma significância, bastante diversa daquela pretendida pelo apóstolo Paulo. Se baseado em trabalhos que lhe antecederam de Robert Mayer e Herman Helmholtz que demonstravam que a energia não podia ser criada, de James Joule que equivalia trabalho e energia e principalmente de Sadi Carnot, que estabelecia que um motor de calor trabalharia apenas quando pudesse transferir calor de um reservatório com temperatura mais alta para outro com temperatura mais baixa, enunciou que o calor não passa espontaneamente de um corpo mais frio para outro mais quente. Este enunciado se tornou posteriormente na Segunda Lei da Termodinâmica, e que, essencialmente afirma que o calor só flui espontaneamente do corpo mais quente para o corpo mais frio, quando o calor tende a se dissipar homogeneizando as temperaturas de ambos (SILVA, 2001; DALY e FARLEY, 2008; CECHIN, 2010).

Enquanto a primeira lei se atém à quantidade constante de energia num sistema isolado, a segunda lei se atém à degradação da qualidade da energia deste mesmo sistema. Esta lei deu origem ao moderno conceito de entropia, semanticamente o vocábulo grego traz a idéia de transformação ou evolução. Clausius porém, apresenta entropia como um aumento contínuo e irreversível de desordem no universo, a rigor o único sistema isolado que existe naturalmente, pois caminha num sentido único, levando a degradação a atingir um máximo em algum momento no futuro, ainda que seja num universo temporal longínquo. A energia e a matéria disponíveis ou livres para serem utilizadas, sobre as quais o homem exerce um controle quase que absoluto, estão num estado de baixa entropia, depois de utilizadas tornam-se energia e matéria indisponíveis ou presas, sobre as quais o homem não exerce controle algum, uma vez que foram dissipadas e não podem mais ser reutilizadas em sua totalidade, passando para o estado de alta entropia (DALY e FARLEY, 2008, CECHIN, 2010, GEORGESCU-ROEGEN, 2012),

Haar, físico versado em termodinâmica de fama reconhecida à época de Georgescu-Roegen, afirmou que entropia é um conceito tão complexo que nem os próprios físicos conseguem compreender com facilidade o que o vocábulo significa e nem há consenso entre eles quando conseguem chegar à alguma conclusão (HAAR *apud* GEORGESCU-ROEGEN, 2012). Essencialmente o termo refere-se à perda de energia de um sistema isolado (o universo, que não efetua troca de energia e matéria com nenhum sistema exógeno) ou fechado (a Terra, visto que só recebe energia do Sol e retorna em forma de calor, porém não efetua troca de matérias, a queda de corpos espaciais não seria uma troca genuína, visto que não há

retorno. Esta teoria não previa a utilização de foguetes com capacidade de transporte de grande quantidade de resíduos para fora do sistema Terra), quando a energia utilizável disponível vai se tornando indisponível e não utilizável até se degradar totalmente após ser transformada pelo uso (GEORGESCU-ROEGEN, 2012).

Tal conceito passou também a significar a medida do grau de desorganização, de desordem interior de um sistema, ou das múltiplas possibilidades de arranjo que um sistema pode ter, por exemplo: dado o sistema sala de aula com 50 cadeiras para alunos e uma mesa e uma cadeira para o professor, quais as possibilidades de rearranjo físico ou de *layout* que esta sala teria? A resposta indicará se a entropia da sala é alta ou baixa, quanto maior a possibilidade de alternativas, maior será a entropia. A origem da desordem ou da possibilidade de organização não é importante, se é endógena ou exógena. Quanto maior for a ordem de um sistema, no qual a organização interna esteja num grau elevado, menor consequentemente será a entropia. Este processo de entropia é irreversível, o sistema não pode, espontaneamente, retornar ao estado original e desfazer a entropia (SANTANA, 2014).

Os sistemas abertos, aqueles que trocam energia e matéria com o exterior, podem diminuir a sua própria entropia, porém como o sistema aberto é um subsistema de um sistema maior e exógeno, que pode ser um sistema aberto, fechado ou mesmo isolado, a diminuição da entropia endógena representará necessariamente no aumento da entropia em outra parte do sistema maior, ainda que endogenamente a entropia diminua, em alguma parte do sistema externo, no qual o subsistema está contido, ela aumentará (CECHIN, 2010).

Esta diminuição não é espontânea, algo precisa ser feito para que a entropia seja minimizada, o que está dissipado não retornará à posição original sem que algum esforço ou recurso sejam gastos. Georgescu-Roegen utiliza uma metáfora para apresentar a sua visão sobre a reciclagem, que é um dos objetivos primordiais da PNRS e para a qual um sistema de logística reversa seria imprescindível para a concretização daquele ideal: Questiona se é possível reunir as pérolas de um colar que após terem sido espalhadas quando do rompimento deste, foram diluídas num ácido corrosivo e posteriormente lançadas no oceano. A resposta é sim, é possível reunir outra vez todas as moléculas que juntas compõem as pérolas, com apenas uma ressalva: a energia e o tempo despendidos para tal operação não compensariam o custo da mesma, visto que o tempo gasto seria quase que infinito (GEORGESCU-ROEGEN, 2012).

Daly e Farley, tratando da destinação dos resíduos sólidos resultantes do processo produtivo, estabelecem uma verdade inexorável, que não pode ser alterada: todo e qualquer insumo, matéria-prima, que for utilizado durante a produção de um bem redundará numa saída de resíduos. A produção propriamente dita resulta em depleção dos recursos naturais e a poluição dos depósitos ambientais, quando tais resíduos são descartados de forma não ambientalmente adequada. Ainda que o descarte seja feito de acordo com o que recomenda a PNRS e os resíduos utilizáveis retornem ao ciclo produtivo, ainda assim não podem ser aproveitados totalmente, nenhum processo produtivo poderá sobreviver única e exclusivamente utilizando os seus resíduos como matéria-prima (2008).

Duas implicações a Lei da Entropia traz para todo e qualquer processo produtivo: a quantidade

de baixa entropia gasta durante o ciclo de produção de um bem vai depender do estado da arte da tecnologia, quanto maior for este, menor será aquela, o que equivale dizer que a energia que foi absorvida pelos produtos acabados é inferior a que foi empregada quando da produção dos mesmos, houve perda durante o processo e essa perda necessariamente se tornará resíduos, que podem ser reaproveitados ou não; a segunda, não menos importante, implicação é que o reaproveitamento destes resíduos gerados não é total, nunca será total, haverá perda em algum ponto da corrente, seja à jusante, seja à montante, o que se pode fazer é minimizar esta perda, por meio da reinserção do resíduo no ciclo de produção, atentando para o fato de que tal ato mitiga a transformação do resíduo em rejeito, porém é ineficaz para acabar plenamente com a perda, até que outra tecnologia se apresente e consiga fazer isso de forma mais efetiva (CECHIN, 2010)

#### 4 LOGÍSTICA REVERSA

Ainda que seja uma das mais antigas atividades humanas, só recentemente que a logística passou a ser estudada de forma mais sistemática, com ganhos para ambas as áreas, a que estuda e a que é estudada.

Quando se observa o desenvolvimento náutico dos fenícios, as imensas construções dos egípcios, a trajetória dos hebreus por mais de 40 anos através de regiões desérticas (segundo o relato bíblico no Êxodo), a administração persa e a helênica ultrapassando cadeias de montanhas, sem contar com a integração do mundo por meio de Roma, constata-se que a logística sempre esteve presente, ainda que sua presença não fosse notada ou registrada. Nos tempos modernos percebe-se que esta atividade ficou atrelada às atividades militares até meados do sé-

**“ a logística sempre esteve presente, ainda que sua presença não fosse notada ou registrada. Nos tempos modernos percebe-se que esta atividade ficou atrelada às atividades militares até meados do século XX ”**

culo XX (as derrocadas de Napoleão e do exército alemão na Segunda Guerra nas estepes geladas russas foram possíveis em função de decisões logísticas equivocadas). Após este período o mundo corporativo apercebeu-se de seu valor e passou a copiar suas táticas e estratégias.

A definição clássica de logística de Ronald Ballou tem sido aceite no meio acadêmico e operacional sem questionamentos e acréscimos, expressa que a missão da logística é agregar valor ao produto ou serviço, entregando-o sem avarias, sem faltas, sem trocas, no destino correto e no tempo acordado, ao menor custo possível, contribuindo desta forma tanto com o remetente quanto com o destinatário do bem (2006). Chopra e Meindl definem logística de forma mais ampla, ampliando o termo para que alcance o conceito moderno de cadeia de suprimentos, identificando a sequência de processos e os fluxos endógenos nos diferentes estágios da cadeia e que contribuem para o fim principal da mesma:

atender à necessidade de um cliente por um bem ou serviço (2003).

Quando o fluxo passou a se inverter, ao invés do esperado montante para jusante, o fluxo jusante para montante passou a ser mais comum do que se esperava, as empresas de logística perceberam que precisavam fazer algumas adaptações em suas operações, foi então que surgiram os setores que lidavam com este contrafluxo: “Setor de Pendências”. Era desta forma que as empresas de transporte e logística brasileiras se referiam num passado bem recente aos setores que cuidavam dos retornos de produtos, seja por responsabilidade do cliente (endereço insuficiente, estabelecimento fechado, pedido inexistente, cancelado ou divergente, ICMS divergente, desacordos comerciais, desistências da aquisição, data de vencimento próxima, etc.), seja por responsabilidade do transportador (avarias, trocas ou extravios ocorridos durante o transporte).

Estas operações eram consideradas um estorvo, pois lançavam produtos no contrafluxo, os chamados “retornos”, que consistiam em inúmeras dores de cabeça para os gestores destes setores, que tinham alta taxa de *turnover*, face às condições existentes para o exercício destas funções efetivamente. Na atualidade estas nomenclaturas foram alteradas para *Serviço de Apoio ao Cliente, Soluções, Logística Reversa*, etc. Mais do que uma mudança de placas indicativas em portas e nomes em crachás, estas alterações revelam uma mudança de mentalidade que o setor de transportes sofreu nos últimos anos devido à difusão massiva que o conceito de logística reversa tem recebido.

Logística reversa, logística inversa ou reversão logística é um processo que o mercado impôs naturalmente por conta da necessidade crescente em atender às demandas que passaram a existir por meio

da própria expansão do mercado, da necessidade que as corporações têm de se manterem competitivas e como forma de atender às inúmeras leis de proteção ao consumidor e ao meio ambiente que passaram a regular os produtos, e os resíduos destes, que fluem no fluxo inverso da cadeia de suprimentos (LEITE, 2003).

Uma das primeiras tentativas de conceituação, segundo Paulo Leite, do fluxo inverso, inconveniente e indesejado para os padrões da época, de produtos e materiais que deve ser destacada é a definição de 1993 do então *Council of Logistics Management* (hoje *Council of Supply Chain Management Professionals*): “Logística reversa é um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidas no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de resíduos de produtos e embalagens...” (2003). A definição é precisa ao hierarquizar as atividades que devem ser postas em práticas, iniciando com a redução e se estendendo até à disposição dos resíduos, a definição já aponta para uma tentativa de adequação dos processos logísticos ao espírito do desenvolvimento sustentável, tema àquela época já em voga.

Em 2006, o já *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP), quando define logística empresarial, sob a ótica do novo conceito mais amplo de cadeia de suprimentos, que o fez inclusive alterar o próprio nome, afirma que: “é a parte do *Supply Chain Management* que planeja, implementa e controla o eficiente e efetivo fluxo direto e reverso [...] no sentido de satisfazer as necessidades do cliente.” (LEITE, 2009). O fluxo reverso não é mais imprevisto e nem indesejado, visto que o mesmo é planejado e controlado, fazendo parte da estratégia das organizações, tendo como foco a satisfação do cliente e o retorno de imagem e financeiro que dela pode

advir, a perspectiva operacional. Esta alteração de cosmovisão em relação à logística reversa foi *puxada* pelo mercado e não *empurrada* pelos acadêmicos e profissionais de logística, surgiu face às necessidades que se apresentaram quando os fluxos reversos, deixaram de ser esporádicos para se tornarem rotineiros, necessitando portanto, de planejamento e controle (LEITE, 2009).

Rogers e Tibben-Lembke, em 1999, expandem o conceito de 1993 do *Council of Logistics Management* (CLM), e definem logística reversa como:

O processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo efetivo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição (LEITE, 2003).

O viés adotado segue duas linhas distintas, numa, mais de cunho econômico, o fluxo inverso deve ser capaz de recuperar o valor do bem, e aqui são incluídos “matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados”. Não se trata de fluxo reverso de resíduos ou rejeitos apenas, enviando-os para mercados de bens de segunda mão, ou reinserindo-os no mercado, se os mesmos não tiveram desgaste por meio do uso. A outra de cunho mais ambiental, prioriza destinar o bem à apropriada disposição. O termo aponta para processos como a reutilização, remanufatura ou a reciclagem. Cabe destacar ainda a preocupação com o aumento da eficiência do fluxo e com isso, a conseqüente redução do custo global da operação, o que às vezes impede que este tipo de fluxo seja implementado em muitas empresas (LEITE, 2009).

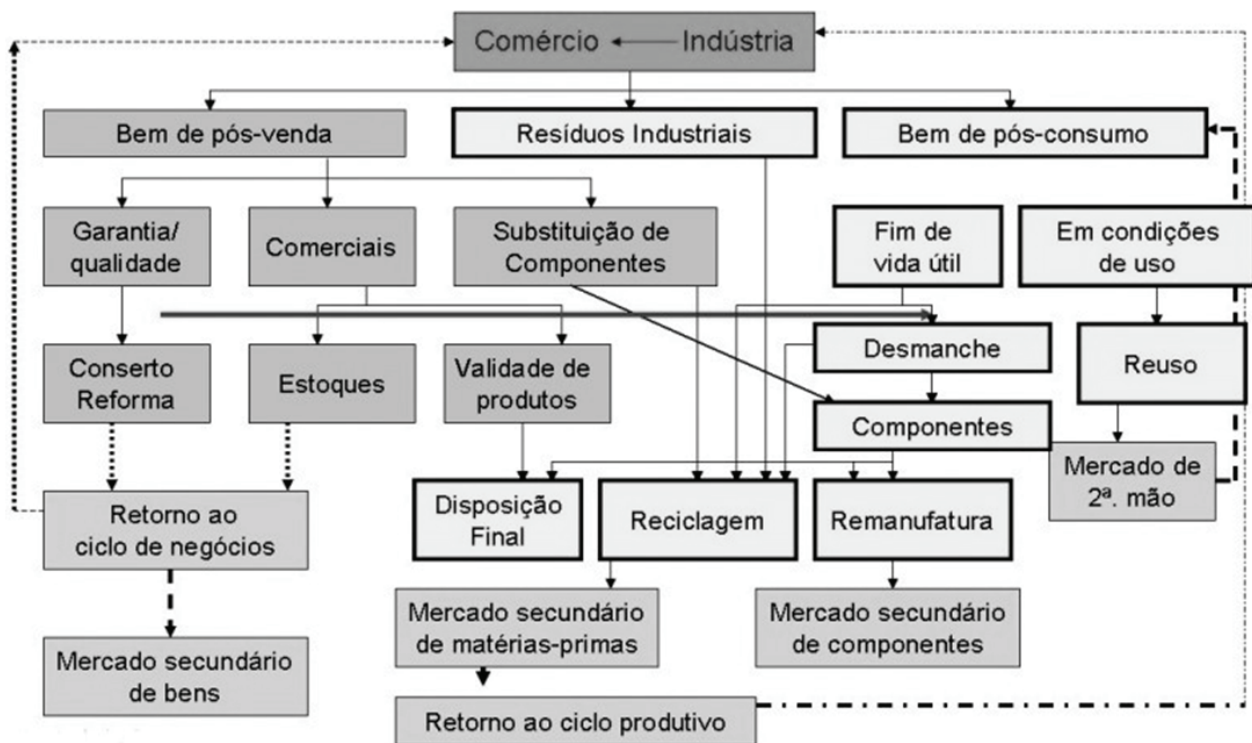
Paulo Leite, autor da primeira obra de logística reversa no vernáculo, define logística reversa como:

A área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-vendas e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros. (2003, 2009)

Esta definição, fruto da vivência da mesmo como executivo e acadêmico, é bastante minuciosa e pedagógica por si só, divide os bens que fluem pelos canais de distribuição reversos (CDR) em bens de pós-venda e de pós-consumo, estabelecendo um marco no estudo na logística reversa no Brasil, a Figura 1 permite representar visualmente as áreas de atuação, os canais de distribuição reversos e os procedimentos e etapas a serem seguidos quando da destinação final ou disposição ambientalmente adequada (LEITE, 2003).

Leite apresenta os canais reversos de distribuição por onde retornam os produtos ou resíduos ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo e estabelece também quais as motivações para que uma organização estruture e implante um sistema de logística reversa, com destaque para a motivação ecológica, por meio da qual, aparentemente a organização visa tão somente o meio ambiente e que parece negar o espírito do capitalismo vigente de exaustão dos recursos naturais e a de imagem corporativa, na qual a organização visa satisfazer os anseios impostos pelos consumidores mais inconscientes, que pretendem consumir produtos ou serviços que estejam fundamentados na ótica do desenvolvimento sustentável e não agridam o meio ambiente (2009).

Figura 1- Principais etapas dos fluxos reversos.



A conceituação que Paulo Leite faz apresentando papéis definidos de atuação tanto no fluxo direto dos bens, quanto no fluxo inverso, descredencia a falácia de que uma efetiva logística direta exclui a logística reversa. Alguns bens que voltam ao fluxo reverso percorrem este necessário trajeto para que o ciclo de vida do produto seja fechado. É necessário portanto, possuir uma visão macro do negócio no qual os bens estão inseridos para que se possa diferenciar os produtos que retornam como fechamento de ciclo, e que por isso devem ter o retorno inserido no planejamento estratégico da organização ou aqueles que retornam por não conformidades que ocorreram quando da logística direta, por falha de processos, procedimentos ou operacionais, para que estas ocorrências sejam corrigidas (2009).

Antônio Novaes, em uma obra bastante utilizada por estudantes de

administração, engenharia de produção e logística, publicada em 2007, dedica pouco mais de uma página para tratar de logística reversa, o que evidencia o quanto este importante processo recebeu pouca atenção de estudiosos brasileiros, define logística reversa, sem acrescentar muito ao conceito de Rogers e Tibben-Lembke, como aquela que: “cuida dos fluxos de materiais que se iniciam nos pontos de consumo dos produtos e terminam nos pontos de origem, com o objetivo de recapturar valor ou de disposição final”. (2007), outro estudioso brasileiro, Paulo Bertaglia publicou um livro com mais de 500 páginas, tendo inserido um capítulo sobre o comércio eletrônico, mas, nem mesmo neste capítulo trata ou faz qualquer alusão à logística reversa, chega inclusive a enumerar entre os desafios do *e-commerce* o congestionamento das linhas telefônicas e a lentidão da transmissão dos dados,

mas não alude, nenhuma vez sequer, aos retornos e devoluções que são tão comuns nestas operações, e onde a logística reversa se faz necessária (2009)

A PNRS no Art. 3º, Inciso XII com uma definição gerada nos âmbitos corporativo e legislativo:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

A ênfase maior é nos pilares econômico e social, por um lado existe o setor empresarial que necessita recuperar o valor do bem ou do resíduo, como forma de se manter competi-



tivo e a visão sistêmica, embasada em políticas e cosmovisões ambientais que, sob a égide do desenvolvimento sustentável, preconiza que o ambiente, as energias renováveis, as fontes de recursos, as pessoas, tanto a geração presente, como as vindouras, devem ser priorizados sob todas as formas possíveis, não exaurindo o planeta, mas sempre buscando meios ou tecnologias de extrair o mínimo possível dos recursos não renováveis, além de enfatizar que o resíduo não necessariamente deverá retornar ao próprio ciclo, o que constituiria um ciclo fechado, mas pode servir de insumo ou matéria-prima de outra cadeia, o ciclo aberto (LEITE, 2012).

Por último assinala que o resíduo deverá ser destinado de forma ambientalmente adequada, entrando aqui todas as discussões possíveis sobre as etapas de destinação: reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente ou ainda, a disposição final que consiste na distribuição de rejeitos em aterros, observando normas ambientais específicas, Art 3º, VII e VIII. Estes processos não podem se desviar do princípio da visão sistêmica, quando forem avaliadas quais tecnologias de redução volumétricas dos rejeitos deverão ser utilizadas, estas tecnologias precisam ser orientadas à sustentabilidade, as chamadas tecnologias limpas, com baixa, ou nenhuma emissão de Gases Efeito Estufa e o reaproveitamento energético (BRASIL, 2010, p. 10).

Costa, Mendonça e Souza, por meio de uma análise transdisciplinar, apresentam uma definição de logística reversa que busca se adequar às demandas legais da PNRS, promovendo ações sustentáveis em cada etapa das atividades a serem empreendidas com inclusão social e foco na gestão ambiental, para eles

logística reversa pode ser definida como o processo de:

recuperação de resíduos de pós-venda ou de pós-consumo, pela coleta, pré-tratamento, beneficiamento e distribuição, de forma a ou retorná-lo à cadeia produtiva, ou dar-lhe destinação final adequada. Deve focar a minimização dos rejeitos e dos impactos negativos e a maximização dos impactos positivos, sejam ambientais, sociais ou econômicos. Este processo incorpora as atividades operacionais, de gestão e de apoio que, de forma integrada e envolvendo os diversos atores, planejem e viabilizem a implementação das soluções mais adequadas para os resíduos. (PNRS, 2014).

Xavier, tratando de design e sustentabilidade na Cadeia de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, apresenta a logística reversa num contexto mais amplo: cadeia reversa. Não mais considerando-a apenas como parte de uma cadeia de valor, mas sim como uma cadeia de valor interdependente que comporia a rede de valor, o somatório de diversas cadeias, dando-lhe uma importância tal e qual a logística de suprimentos, manufatura e distribuição (XAVIER, 2014).

Xavier e Corrêa defendem que os fluxos reversos têm crescido em importância nas últimas décadas, enfatizando que logística reversa mescla as necessidades ambientais e as necessidades de sustentabilidade das corporações, apoiando-se no tripé: economia, sociedade e meio ambiente. Quase se confundindo com logística verde, que se preocupa principalmente com ações voltadas para a proteção ao meio ambiente, porém as duas logística, a verde e a reversa, são conceitualmente diferentes, ainda que sejam interdependentes em muitos processos e contribuam mutuamente para seus objetivos em comum (2013).

## 5 DESFAZENDO A ENTROPIA

Os sistemas de logística reversa são exemplos de sistemas (ou subsistemas) abertos visto que a entropia, as possibilidades de arranjo ou ordenamento dos resíduos sólidos dispersados, é de grande densidade. Quanto mais aberto for um sistema, ou quanto maior for a quantidade de trocas de energia e matéria com o exterior, maior deverá ser o esforço empreendido para que a entropia negativa seja alcançada, desacelerando e minimizando o grau de desorganização. A PNRS baseia os seus objetivos numa entropia negativa, como instrumento imprescindível para que os sistemas de logística reversa que intenta implementar logrem êxito (BRASIL, 2010; SANTA-ANA, 2014).

A rastreabilidade é uma ferramenta que pode contribuir para que a entropia negativa seja alcançada por meio dos sistemas de logística reversa. Esta tecnologia é nativa do ramo automotivo, as peças recebem códigos de identificação com lote e data de fabricação e caso um *recall* de fábrica seja necessário, é possível rapidamente acionar a cadeia de distribuição e a de suprimentos para que as peças retornem para serem remanufaturadas ou trocadas, isto garante a confiabilidade e o equilíbrio da cadeia produtiva. Dado o sucesso do setor automotivo, outras cadeias produtivas estão implantando esta tecnologia com sucesso. No ramo farmacêutico é uma exigência dos órgãos reguladores que querem assegurar a localização eficaz de algum produto que porventura tenha sido identificado com desvios de qualidade ou falha de produção. No segmento de bens de consumo, no qual cada *Store Keeping Unit* (SKU) é associado ao lote de fabricação que identifica a data de produção, de acordo com o Calendário Juliano, além dos dados da planta produtora e, em alguns itens, até mesmo o

turno no qual os mesmos foram fabricados. (COSTA; MENDONÇA; SOUZA, 2014).

A entropia da dispersão dos resíduos sólidos pode ser desfeita pela estruturação e implementação dos sistemas de logística reversa, é preciso porém que a estratégia da cadeia de suprimentos esteja alinhada à estratégia competitiva da organização, para que não haja descompasso, cada processo operacional do sistema de logística reverso tem que ser contemplado e norteado pela planejamento estratégico, é vital que seja implantada esta visão por processo, mas também a visão sistêmica, pois nenhum ganho isolado, em algum processo individual, pode ser maior do que o ganho da soma de todos os processos do sistema (CHOPRA; MEINDL, 2003).

Quatro processos da logística reversa devem ser priorizados, são eles que garantirão que a entropia positiva seja desfeita, ou minimizada, os mesmos fazem parte do plano operacional da logística reversa: preparação e acondicionamento, coleta e transporte, beneficiamento e destinação final.

**Plano de preparação e acondicionamento** – Xavier e Corrêa (2013) destacam alguns desafios para a estruturação de um plano de preparação e acondicionamento de resíduos sólidos:

o grau de incerteza de disponibilidade de insumos é maior nas cadeias reversas, em que não se pode prever, com precisão e antecedência, a quantidade de matéria-prima a ser recebida, dentro de determinado período e conforme as especificações requeridas pelo processo produtivo.

As variáveis que devem ser discutidas quando do planejamento destas atividades incluem: a) identificação das fontes de geração, quem são e onde estão os geradores de

resíduos. Qualquer planejamento que vise a estratégia de coleta de resíduos, deve começar por este item, do contrário estará fadado ao insucesso; b) caso o resíduo seja de identificação dúbia, controversa ou insegura, a coleta da amostragem deve ser prevista, e isto inclui os equipamentos de proteção individual (EPI) que deverão ser usados, os pontos de coleta de amostragem, o número e o volume das amostras, os cuidados com a preservação das amostras, além disso é necessário conhecer os processos que deram origem aos resíduos, tais cuidados visam evitar que resíduos perigosos sejam manipulados como resíduos comuns, o que pode comprometer a integridade física dos que operam a coleta e manipulam os resíduos; c) classificar e categorizar os resíduos sólidos de acordo com as normas da ABNT: NBR 10004:2004 (Norma específica para classificação de resíduos) e NBR 12808:1993 (Norma específica para classificar resíduos oriundos de serviços de saúde) quanto à inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade, tais medidas garantirão a correta manipulação do resíduo e determinarão quais tratativas deverão ser dadas aos mesmos. Algumas embalagens de produtos trazem estas informações gerais, porém, nem todos os resíduos serão coletados em suas embalagens originais por isso se faz necessária a realização de testes laboratoriais para a devida classificação dos resíduos. Nesta fase decidir-se-á como será efetuada a segregação do resíduo, o que pode gerar valor econômico, visto que os resíduos não terão suas propriedades básicas alteradas por propriedades contaminantes de outros resíduos e também prevenirá a contaminação cruzada de produtos perigosos; d) como serão acondicionados os resíduos a serem coletados, de forma que suas propriedades e

características físico-químicas sejam preservadas, quais as formas de contenção que serão utilizadas para que os resíduos permaneçam seguros até que sejam dispostos finalmente. Esta etapa é extremamente importante, e muitas variáveis deverão ser discutidas, principalmente para os resíduos perigosos, para aqueles que expelem líquidos que possam percolar pelo solo, para os resíduos que sejam reativos a outros tipos de resíduos; e) por último, para esta fase, a decisão do local apropriado para o armazenamento temporário até que a volumetria dos resíduos alcance um patamar que seja viável o transportes dos mesmos até a destinação final adequada (SOUZA, 2014; XAVIER; CORRÊA, 2013).

Alguns segmentos desafiados pela PNRS a estruturarem sistemas de logística reversa enfrentam barreiras nesta fase do plano. Por exemplo a cadeia farmacêutica, que foi listada como um dos segmentos que obrigatoriamente deverá implementar o sistema reverso para coleta de resíduos de medicamentos domiciliares, esbarra na pergunta fundamental: quais são os domicílios, onde estão localizados e quanto de resíduos está nas mãos da população? Não há no Brasil hoje nenhum estudo que forneça dados concretos para responder tal pergunta.

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), em estudo que lastreia as propostas de estruturação de sistemas de logística reversa, apresenta duas experiências metodológicas em âmbito internacional que possibilitam, por meio de analogia, estimar a quantidade de resíduos de medicamentos em desuso ou vencidos dispersos nos domicílios brasileiros, visto que os dados nacionais são ínfimos e não permitiriam estimar a quantidade: a primeira metodologia, aplicada numa pesquisa que estudou os resíduos de medicamentos coletados numa amostra de 500 residências no

Sudeste da Inglaterra em 2007, após todas as análises possíveis, aponta para um percentual de 19% em termos de descarte de medicamentos em relação ao total de medicamentos adquiridos, a segunda metodologia, aplicada na Flórida em 2009, adaptando um modelo australiano ao contexto americano, aponta para um percentual de 11% de descarte de resíduos de medicamentos, também em relação ao total dos medicamentos que foram adquiridos (HIRATUKA, 2013).

Obviamente que tais estimativas não podem ser utilizadas como parâmetro ideal para quantificar o volume de resíduos descartados no contexto brasileiro, visto que fatores como educação, moradia, saneamento básico e acesso a melhores condições de vida, renda, podem alterar sobremaneira a forma como a população percebe sua própria contribuição à preservação do meio ambiente e às questões de criação e manutenção de um mundo sustentável. Crespo comentando os resultados das pesquisas que dirigiu sobre a consciência ambiental do brasileiro corrobora esta lacuna: “Quanto mais alto o nível de escolaridade, mais consistente é o interesse, o conhecimento e a preocupação com as questões ambientais” (2008).

O desafio é empreender uma pesquisa de alcance nacional, com amostra probabilística, com instrumentos que possibilitem a quantificação, por meio de pesagem, dos resíduos de medicamentos vencidos ou em desuso de posse da população e a inquirição sobre destinação atual que os portadores dão a tais resíduos, além da pergunta chave: *se houvesse postos de coletas na sua região, você entregaria estes “restos” de medicamentos?* O resultado deveria ser analisado de forma cruzada com os gastos efetuados mensalmente por domicílio (quanto cada família gasta com medicamentos e qual o percentual destes medicamentos se

torna inservível ou em desuso), estes últimos podem ser encontrados na Pesquisa de Orçamento Familiares do IBGE. Então será possível quantificar o percentual de resíduo a ser coletado e o planejamento eficaz do alcance do sistema.

**Plano de coleta e transporte** - se a coleta não for realizada de forma eficaz, a viabilidade de todo o processo pode ficar comprometida, pois será em função da qualidade do material coletado que os custos da operação poderão ser minimizados ou exponenciados. São os processos de coleta e transporte que asseguram que os resíduos sólidos sejam devolvidos adequadamente para o ciclo produtivo de onde foram originados ou para outros ciclos produtivos, quando for viável econômica e tecnologicamente. Nesta fase a observância às leis e resoluções dos órgãos da defesa do meio ambiente ou da vigilância sanitária é imprescindível para garantir que a operação não cause danos à saúde dos profissionais que efetuam a coleta e o transporte, nem ao meio ambiente e à imagem da empresa. Segundo Pontes, Souza e Souza três decisões cruciais se apresentam quando da estruturação deste plano: quantificação do resíduo no gerador, que é a base para o planejamento da rotina de coleta, visto que a equação geração de resíduos *versus* capacidade de armazenamento deverá ter uma solução ótima; definição dos receptores, com a devida identificação de quais estão aptos a atender aos objetivos do gerador, tanto do ponto de vista legal, se atendem às exigências dos órgãos fiscalizadores ambientais e de vigilância sanitária, bem como, se a capacidade do receptor em processar os resíduos é compatível com a volumetria gerada no período; definição dos transportadores, o que levará em conta a consolidação entre o fluxo de geração dos resíduos, a capacidade de processamento do

receptor e a capacidade de carga do transportador, que demandará decisões que envolvem volumetria a ser coletada e intervalo de realização destas coletas (2014).

**Plano de beneficiamento** – o objetivo deste plano é estabelecer um programa de pré-tratamento e tratamento dos resíduos, por meio do qual diversas transformações físicas nas características destes resíduos serão efetuadas, objetivando a recuperação de valor na comercialização daqueles que serão reutilizados em algum processo produtivo ou dos que sofrerão disposição final. Algumas atividades estão diretamente ligadas a este macroprocesso: tratamento adequado de cada tipo de resíduo (alguns resíduos trazem consigo grande quantidade de materiais nobres, que devem ser separados para serem encaminhados para um ciclo produtivo com um valor agregado diferenciado); recepção do resíduo; avaliação e separação dos materiais, por tipo de material e pela condição de aproveitamento nos quais se encontram (estes processos devem ser efetuados nos Centros de Triagem); limpeza, quando requerido; moagem, para redução volumétrica ou para facilitação da manipulação dos materiais; compactação, quando o tipo de processo ou material requerer; desmanche, quando o tipo de material permitir, e o beneficiamento propriamente dito que pode ser: reparo, recondição, renovação, remanufatura, reciclagem industrial e a descontaminação; alguns resíduos podem sofrer processo de incineração ou serem coprocessados em fornos clínquer, para serem utilizados como insumos para as indústrias de cimento. Levando em consideração, porém, que a incineração só poderá ser considerada viável pela PNRS se houver recuperação energética e não emitir gases que agredam o meio ambiente (SOUZA; SOUZA, 2014a).

**Plano de destinação final dos materiais** – os resíduos podem ser doados, estimulando o seu reuso por diferentes usuários e com a extensão do ciclo de vida dos mesmos; alguns outros após terem sido beneficiados podem retornar ao mercado com aumento do seu tempo de vida, reduzindo a geração de resíduos. Este é um dos objetivos da PNRS, estimular a reutilização de bens que perderam o uso, mas não perderam as propriedades originais que lhes permitem ser utilizados em mercados primários ou secundários; ou podem receber a disposição final, quando não há viabilidade de beneficiamento e nem de transformação. A PNRS prevê a extinção dos aterros públicos, ditos lixões, em 02 de agosto de 2014, data em que a lei completou 04 (quatro) anos de sanção pelo executivo federal. A exigência da lei é que esta disposição final seja ambientalmente adequada, com a recuperação de energia (sem emissão de gases que agridam o meio ambiente e, se houver, deverão receber o devido tratamento para seu aproveitamento na geração de energia limpa) e sem agressões ao meio ambiente quando da decomposição dos rejeitos, diversos tratamentos físico-químicos podem ser aplicados nas tratativas destes rejeitos: diluição, filtração, coagulação, floculação, sedimentação, oxidação direta, evaporação direta, troca iônica ou osmose, apenas para citar alguns (SOUZA; SOUZA, 2014b).

## 6 CONCLUSÃO

A era atual marcada pelo avanço tecnológico desenfreado, com uma alta taxa de obsolescência programada (o ciclo de vida dos produtos está cada vez mais curto e novos produtos são lançados a cada minuto, principalmente os eletroeletrônicos) e de um nível de consumismo nunca dantes imaginado possibilitou a geração exponencial de resíduos sólidos, mais do que em todos

os milênios anteriores, a geração atual é pródiga neste quesito. Esta dispersão de resíduos sólidos tem aumentado a entropia do globo terrestre numa progressão geométrica, com graves consequências para a geração atual, que já sente os efeitos desta cultura de consumismo que tem crescido desde a Revolução Industrial: aquecimento global, efeito estufa, alta quantidade de Carbono na atmosfera, chuvas intensas, secas, aumento do nível do mar, etc. e para as gerações seguintes que receberão como legado um planeta inviável. A incapacidade da tecnologia atual de lidar com estes resíduos de forma eficiente, como a reciclagem de 100% dos resíduos, apontam para o quanto se precisa avançar em pesquisas ou nos passos que deverão ser dados para trás nos quesitos produção e consumo.

A logística, seja direta, seja reversa, como necessita interagir internamente, com os meios organizacionais e com vários atores do ambiente externo, se constitui num subsistema aberto, logo a entropia positiva é exponenciada. Os produtos acabados, que são constituídos de insumos que estavam concentrados (baixa entropia) e que sofreram transformação, são dispersados geograficamente para o comércio (alta entropia) e posteriormente, após o consumo são dispersados outra vez por inúmeros canais, aumentando assim cada vez mais a dispersão entrópica. A literatura pesquisada apresenta a logística reversa como aquele sistema que se propõe a efetuar a entropia negativa ou a desfazer a entropia positiva, quando reordena o sistema, coletando o que está disperso ou “espalhado”, ordenando-o, organizando-o e concentrando-o para que retorne ao longo da cadeia. Este é um processo bastante complexo, visto que o sistema está aberto, por conta dos fluxos de matéria de dentro para fora e de fora para dentro e depende de variáveis que considerem a viabilidade

econômica e legal do processo. A despeito disso, para que a logística reversa seja considerada eficiente, ela tem que desfazer esta entropia.

A logística reversa poderá contribuir com a reversão dos fluxos de dispersão dos resíduos, que antes eram produtos acabados ou resíduos de processos produtivos, o que fazer com estes resíduos que foram coletados e estocados é uma resposta que ainda aguarda resposta satisfatória. A contribuição que ela pode dar para que a entropia seja desfeita é operacional, diminuir a dispersão, recolher, organizar e dispor onde necessário for o resíduo, porém a resposta está muito aquém do que o quadro atual de produção, consumo e poluição requerem, e esta resposta plena não pode ser dada pela logística reversa.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004: **Resíduos Sólidos** – Classificação. 71 p. 31 maio de 2004.
- BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Logística Empresarial**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BÍBLIA. Português. **Bíblia de Jerusalém**. São Paulo: Paulus, 1985.
- BERTAGLIA, P.R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BRASIL. [Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010]. Política Nacional de Resíduos Sólidos [recurso eletrônico]. 2ª ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. (Série Legislação; n. 81).
- CARVALHO, T.C.; XAVIER, L.H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

- CECHIN, A. **A natureza como limite da economia**: a contribuição de Nicholas Georgescu-Roegen. São Paulo: Editora Senac/Edusp, 2010.
- CECHIN, A.; VEIGA, J. E. A economia ecológica e evolucionária de Georgescu-Roegen. **Revista de Economia Política**, v. 30, n. 3, p. 438-454, jul-set. 2010.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**: Estratégia, Planejamento e Operação. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA N.º 005 de 05 de agosto de 1993. **Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários**. DOU. 31 de agosto de 1993.
- COSTA, L.; MENDONÇA, F.M.; SOUZA, R.G. O que é Logística Reversa. In: VALLE, R.; SOUZA, R.G. **Logística Reversa**: processo a processo. São Paulo: Atlas, 2014. p. 18 - 33.
- CRESPO, S. Opinião Pública. In: TRIGUEIRO, A. (Org) **Meio Ambiente no Século XXI**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. 5ª ed. Campinas: Armazém do Ipê, 2008. p. 58 - 73.
- DALY, H.; FARLEY, J. **Economia Ecológica**: princípios e aplicações. Lisboa: Instituto Piaget, 2008.
- FRANCO, R.M.B.; MILARÉ, E.; MILARÉ, L.T. A responsabilidade por ações desconformes à Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: PHILIPPI Jr., A. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Manole, 2012. p. 415 - 436.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. O **decrecimento**: entropia, ecologia, economia. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.
- \_\_\_\_\_. **The Entropy Law and the Economic Process**. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- GINGRICH, F.W.; DANKER, F.W. **Léxico do N.T. Grego/Português**. São Paulo: Sociedade Religiosa Edições Vida Nova, 1984.
- HAAR, D. ter. The Quantum Nature of Matter and Radiation. In: BLIN-STOYLE, R.J. et al. (Org.). **Turning Points in Physics**. Amsterdam: North-Holland, 1959.
- LEITE, P.R. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- \_\_\_\_\_. **Logística reversa**: meio ambiente e competitividade. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- \_\_\_\_\_. **Logística Reversa na atualidade**. In: PHILIPPI Jr., A. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Manole, 2012. p. 337 - 365.
- MOUSINHO, P. Glossário. In: TRIGUEIRO, A. (Org) **Meio Ambiente no Século XXI**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. 5. ed. Campinas: Armazém do Ipê, 2008. p. 332 - 367.
- NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**: Estratégia, Operação e Avaliação. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- PEREIRA, A.L, et al. **Logística Reversa e Sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- PONTES, A.T.; SOUZA, M.R.; SOUZA, R.G. Coleta e transporte. In: VALLE, R.; SOUZA, R.G. **Logística Reversa**: processo a processo. São Paulo: Atlas, 2014. p. 115 - 131.
- ROGERS, D.; TIBBEN-LEMBKE, R.S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Reno: Nevada University, 1999.
- SANTANA, D. **Logística, Visão Sistêmica e a Entropia**. Fórum Brasileiro de Processos. Disponível em: <[http://www.fbp.org.br/v2/artigos/GetArtigo.asp?t=LOG%CDSTICA,\\_VIS%C3O\\_SIST%CAMICA\\_E\\_A\\_ENTROPIA&ID=90#CVAutor](http://www.fbp.org.br/v2/artigos/GetArtigo.asp?t=LOG%CDSTICA,_VIS%C3O_SIST%CAMICA_E_A_ENTROPIA&ID=90#CVAutor)>. Acesso em 02 de Fevereiro de 2014.
- SILVA, D.N. **Física**. São Paulo: Editora Ática, 2001.
- SILVA, J.G. **Modelo de Sistemas de Logística Reversa para setor farmacêutico na Região Metropolitana do Recife**. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA) – Faculdade de Ciências da Administração da Universidade de Pernambuco, Recife, 2014.
- SILVA FILHO, C.R.V. Os serviços de limpeza urbana e a PNRS. In: PHILIPPI Jr., A. (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Manole, 2012. p. 367-387.
- SOUZA, M.R. Planejamento operacional da logística reversa. In: VALLE, R.; SOUZA, R.G. **Logística Reversa**: processo a processo. São Paulo: Atlas, 2014. p. 84 - 98.
- SOUZA, M.R.; SOUZA, R.G. Destinação final. In: VALLE, R.; SOUZA, R.G. **Logística Reversa**: processo a processo. São Paulo: Atlas, 2014a. p. 154 - 159.
- SOUZA, M.R.; SOUZA, R.G. Beneficiamento. In: VALLE, R.; SOUZA, R.G. **Logística Reversa**: processo a processo. São Paulo: Atlas, 2014b. p. 132 - 153.

TRIGUEIRO, A. Meio Ambiente na Idade Mídia. In: Idem (Org.) **Meio Ambiente no Século XXI:** 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. 5ª ed. Campinas: Armazém do Ipê, 2008. p. 72 - 89.

XAVIER, L.H.; CORRÊA, H.L. **Sistemas de Logística Reversa:** criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas, 2013.

XAVIER, L.H. Design e Sustentabilidade na Cadeia de

REEE. In: CARVALHO, T.C.; XAVIER, L.H. **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos:** uma abordagem prática para a sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.