

LOGÍSTICA REVERSA: APLICAÇÃO NO PROCESSO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) DO MAR

Claudio Roberto Silva Junior (Pitágoras- SLZ) claudiorsjunior@outlook.com
Edilange Moreira da Costa (Pitágoras- SLZ) edilangecosta@outlook.com
Gustavo Henrique Andrade Sousa (Pitágoras- SLZ) sousagustavo484@gmail.com
José Ribamar Santos Moraes Filho (Pitágoras- SLZ) ribbamarmoraes@hotmail.com
Patrício Moreira de Araújo Filho (Pitágoras- SLZ) pmaraujof@yahoo.com.br

Resumo:

O presente artigo tem como objetivo descrever a aplicação da logística reversa em um processo produtivo de tratamento de resíduos sólidos provenientes da água do mar, no intuito de se constatar a mitigação de custos e impactos ambientais acerca da destinação adequada destes resíduos sólidos gerados e também a destinação adequada destes resíduos, transformando-os em valor agregado. Como tratam-se de resíduos sólidos, definidos segundo a NBR 10004:2004, estes não podem ser destinados ao meio ambiente de qualquer forma ou sem passar por um processo de tratamento adequado. Neste contexto, este artigo trata-se de um estudo de caso, descritivo e de pesquisa de campo desenvolvido em uma estação de tratamento de água no Estado do Maranhão.

Palavras chave: Logística reversa. Resíduos sólidos. Estação de tratamento de água.

REVERSE LOGISTICS: APPLICATION IN THE PROCESS OF SOLID WASTE TREATMENT OF A WATER TREATMENT STATION (ETA) OF THE SEA

Abstract:

The present article aims to describe the application of reverse logistics in a productive process of treatment of solid waste from sea water, in order to verify the mitigation of environmental costs and impacts on the proper destination of this solid waste generated and also the disposal of these wastes, transforming them into added value. As they are solid wastes, defined according to NBR 10004: 2004, they can not be destined to the environment in any way or without undergoing an adequate treatment process. In this context, this article is a case study, descriptive and field research developed in a water treatment plant in the State of Maranhão.

Key-words: Reverse logistic. Solid waste. Water treatment station.

1. Introdução

Em âmbito geral, a logística é de vital importância para as empresas, pois engloba toda a cadeia de suprimentos desde a aquisição de matérias-primas até a entrega final do produto ao cliente, garantindo o andamento eficaz de determinado processo produtivo. Constitui também um fator essencial na satisfação e fidelização de novos clientes, pois quando a expectativa destes é superada, o respeito pela empresa está garantido.

Segundo Novaes (2001, p. 36), logística é o processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, bem como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com objetivo de atender aos requisitos do consumidor.

Atualmente, a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (2017) divide a Engenharia de Produção em dez grandes áreas, sendo uma delas a área de logística. As subáreas da logística são as seguintes: gestão da cadeia de suprimentos, gestão de estoques, projeto e análise de sistemas logísticos, logística empresarial, transporte e distribuição física, logística de defesa e logística reversa.

No que concerne à logística reversa, esta tornou-se relevante em função do crescimento da frequência das operações realizadas nos últimos tempos e a preocupação constante com o meio ambiente, onde empresas e a sociedade passaram a dar atenção especial para esta temática, tendo em vista as vantagens competitivas de sua aplicação.

A logística reversa estuda os fluxos de materiais que vão do usuário final do processo logístico original (ou de outro ponto anterior, caso o produto não tenha chegado até esse), a um novo ponto de consumo ou reaproveitamento (ADISSI, 2013, p. 247).

Lacerda (2002, p. 2) também define logística reversa como um processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados (e seu fluxo de informação) do ponto de consumo até o ponto de origem, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado.

No tocante à preocupação com o meio ambiente com a busca constante para reduzir as agressões à natureza, grande parte das empresas têm recorrido à logística reversa para minimizar estes impactos e atender à legislação ambiental, conquistando a confiança dos consumidores que valorizam empresas que trabalham com responsabilidade social e ambiental.

Após a vida útil dos produtos, a logística reversa tem a função estratégica de minimizar o impacto ambiental de alguns produtos, coletando-os e dando-os uma destinação final ambientalmente adequada. Neste caso, eles podem ser remanufaturados, reciclados ou dispostos de forma ambientalmente adequada: se material orgânico, compostagem; se não, aterros sanitários ou incineração e também outros meios de destinação adequada desses resíduos gerados (ADISSI, 2013, p. 250).

Campos (2006, p. 2) afirma que a logística reversa apresenta vantagens competitivas para a empresa, tais como: contribuir para a sustentabilidade do planeta e redução de resíduos. Assim, um sistema eficiente de logística reversa pode vir a transformar um processo de retorno altamente custoso e complexo em uma vantagem competitiva.

Assim, o objetivo deste estudo é descrever a aplicação da logística reversa no reaproveitamento de resíduos sólidos, destinação adequada destes e mitigação de impactos ambientais em uma estação de tratamento de água (ETA) do mar da empresa localizada no Estado do Maranhão.

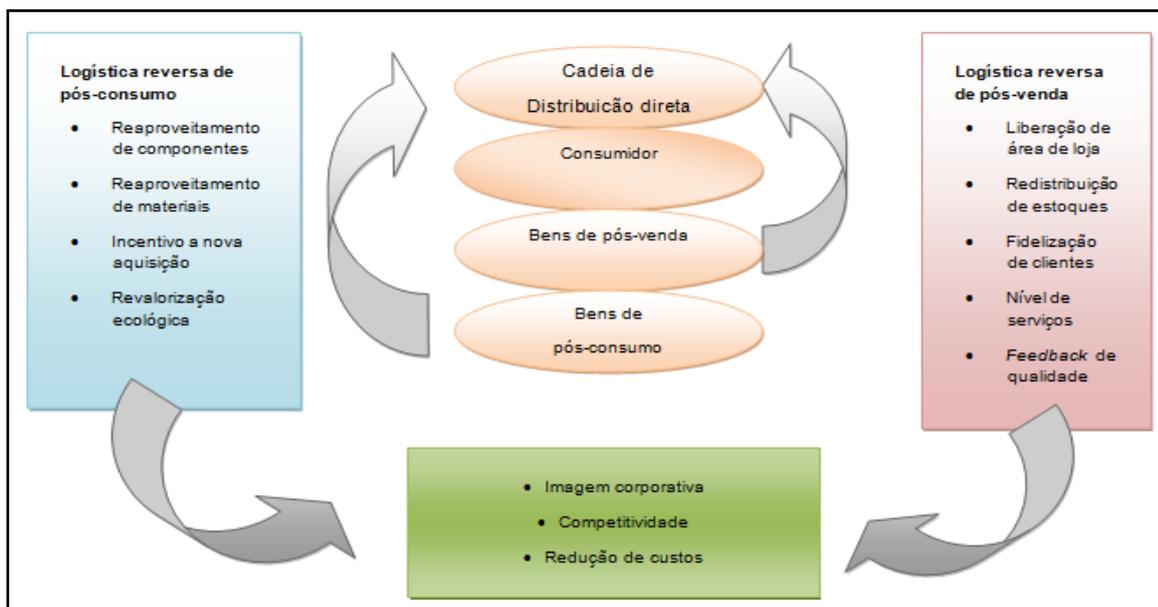
2. Referencial Teórico

2.1 Logística Reversa

A logística é considerada um processo que inclui todas as atividades que são de suma importância para a disponibilização de bens e serviços ao consumidor, tornando a logística parte do processo da cadeia de suprimentos. Percebe-se que a logística é uma área de suma importância nas organizações, promovendo a disponibilização do produto/serviço ao cliente no momento necessário, e, além disso, o recolhimento deste, quando necessário, através da logística reversa (BALLOU, 2006).

Compreende-se por logística reversa o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e custo do fluxo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correlacionadas do ponto do consumo ao ponto de origem com o propósito de recapturar valor ou para uma disposição apropriada (RLEC, 2017).

De acordo com Leite (2009), a logística reversa é uma área da logística empresarial que cuida do planejamento, operação e controle de informações correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, acrescentando-lhes valores econômicos, benefícios políticos, legais dentre outros, conforme elucida a figura 1:



Fonte: Adaptado de Leite (2009, p. 188).

Figura 1: Logística Reversa

Essa preocupação em implantar a logística reversa em vários segmentos industriais cresceu no Brasil a partir da década de 1980, diante do enorme crescimento da quantidade de lixo nos centros urbanos, o que, por sua vez, tinha ligação direta com a proliferação de embalagens e produtos descartáveis. Esse momento coincidiu ainda com o despertar da conscientização da sociedade brasileira quanto à necessidade de preservação ambiental, o que se refletiu na definição de novas políticas governamentais e também empresariais (INPEV, 2014).

Numa rápida síntese, foi um longo caminho toda essa discussão e culminou com a aprovação da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A lei distinguiu resíduo (aquilo que pode ser reaproveitado ou reciclado) de rejeitos (não passível de reaproveitamento), considerando os segmentos: doméstico, industrial, construção civil, eletroeletrônico, lâmpadas com vapores de mercúrio, agrosilvopastoril, área de saúde e produtos perigosos. A nova legislação visa disciplinar e orientar empresas e o poder público sobre suas responsabilidades para a destinação das embalagens e produtos pós-consumo, determinando que os fabricantes respondam pela logística reversa e destinação final ambientalmente correta (INPEV, 2014).

A logística reversa também pode ser visualizada como parte do desenvolvimento sustentável. De fato, pode-se considerar a logística reversa como a execução, ao nível das empresas, dos processos que garantem que a sociedade utiliza e reutiliza, de forma eficiente e eficaz, todo o valor que for exposto aos produtos (ADISSI, 2013, p. 250).

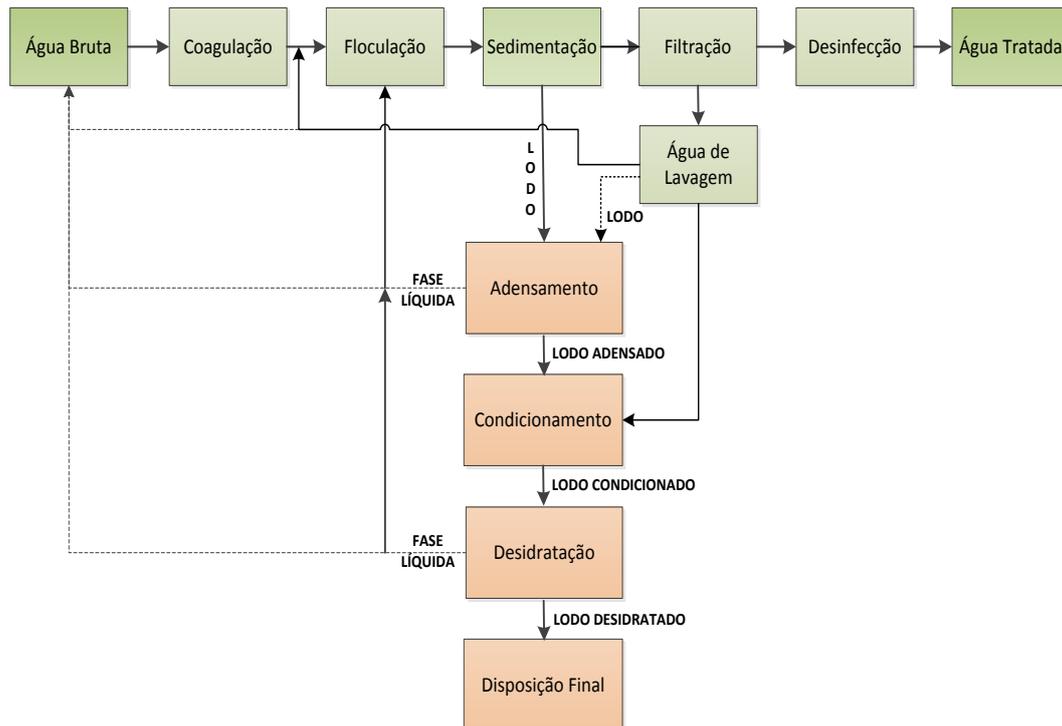
Segundo Guarnieri (2011, p. 127) muitos gestores questionam quais as vantagens de implementar a logística reversa. Erroneamente, acreditam que esta é apenas um fator gerador de custos para a empresa. Na verdade, a adoção da logística reversa não é uma questão de opção. Com a sanção e regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, as empresas deverão se adequar e implantar sistemas de gestão de resíduos e logística reversa, sob pena de serem penalizadas com multas, serem obrigadas a paralisar suas operações, terem prejuízo financeiro e danos à imagem da empresa.

2.2 Resíduos sólidos provenientes da água do mar

O tratamento de resíduos sólidos consiste no uso de tecnologias apropriadas com o objetivo maior de neutralizar as desvantagens da existência de resíduos ou até mesmo de transformá-los em um fator de geração de renda como a produção de matéria prima secundária. Neste contexto, o tratamento de resíduos aplica as várias tecnologias existentes desde a reciclagem até a disposição final de rejeitos (PRS, 2017).

“Estima-se que 96,54% da água que existe no mundo esteja no mar. Há também muitos lagos salgados e presume-se que mais da metade da água subterrânea também seja salgada” (ANA, 2014). Para seu tratamento, foram criadas as Estações de Tratamento de Água (ETA) para remover as impurezas presentes nas águas das fontes de abastecimento, por meio de uma combinação de processos e operações de tratamento.

Destacam-se como os principais processos de tratamento de água: coagulação, floculação, sedimentação ou decantação, filtração, desinfecção dentre outros, onde quase nunca são utilizados isoladamente, sendo muito frequente a associação de vários processos, conforme ilustra a figura 2:



Fonte: Adaptado de Richter (2001).

Figura 2 – Processos de tratamento convencional de uma ETA

No processo de sedimentação, o residual proveniente denomina-se lodo. De um modo geral, considera-se como lodo de uma estação de tratamento o resíduo constituído de água e sólidos suspensos originalmente contidos na fonte de água, acrescidos de produtos resultantes dos reagentes aplicados à água nos processos de tratamento (RICHTER, 2001, p. 02).

Segundo a norma NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos – Classificação da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – são resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. 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 técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

O tratamento dos lodos de uma estação de tratamento de água visa obter condições adequadas para sua disposição final, como obter um estado sólido e semissólido, e assim, envolve a remoção de água para concentrar os sólidos e diminuir o seu volume (RICHTER, 2001, p. 07).

Desde há muito tempo, o destino dos resíduos de uma estação de tratamento de água tem sido um curso de água próximo, frequentemente a própria fonte que a estação processa. Entretanto, a crescente preocupação e a regulamentação sobre a preservação ou recuperação da qualidade do meio ambiente, têm restringido ou mesmo proibido o uso deste método de disposição, impondo a procura por outros métodos que não ou pouco interferem no meio ambiente (RICHTER, 2001, p. 01).

Em suma, os tratamentos de lodo além de minimizar impactos ambientais, apresentam uma redução de custos para empresas de saneamento básico, ao mesmo tempo em que

cumprem os parâmetros exigidos pelas diferentes legislações. Os resíduos apresentam grande quantidade de água que pode ser retirada antes da disposição final do lodo.

A definição do destino final para o lodo de uma estação de tratamento de água é uma das tarefas mais difíceis para o administrador do serviço de água, envolvendo outros custos elevadíssimos de transporte e restrições do meio ambiente (RICHTER, 2001, p. 90).

3. Metodologia

O presente artigo foi descrito quanto à natureza da relação entre as variáveis com base na pesquisa descritiva, que segundo Rampazzo (2002), tem como função observar, registrar, analisar e correlacionar-se os fatos ou fenômenos sem manipulá-los e sem a interferência do pesquisador.

Bertucci (2008) aponta também que a pesquisa descritiva tem como objetivo descrever as características da população ou fenômeno, estabelecendo as relações entre as variáveis.

Vinculada a esta contextualização, o artigo foi baseado em pesquisas bibliográficas, realizadas por meio de levantamentos em fontes secundárias, a qual compreendeu consultas em livros, artigos científicos, sites confiáveis e recomendados da *internet*, teses dentre outros, possibilitando uma visão geral de como as empresas administram a tarefa da logística reversa para obtenção de redução de custos e integração da logística reversa no que tange às relações com o meio ambiente.

Após a contextualização, a próxima etapa consistiu em analisar todo o fluxograma de processo, desde a captação de água do mar até o seu destino final, sendo enfoque deste trabalho viabilizar uma destinação adequada dos resíduos sólidos provenientes do processo, de forma a garantir que estes não venham a contaminar o meio ambiente e possam ser sugeridas medidas de reutilização e disposição.

4. Estudo de Caso: Estação de Tratamento de água

Localizada no Estado do Maranhão, a estação de tratamento de água processa um volume de 2500 m³/h para seu processo produtivo. A logística deste processo ocorre da seguinte maneira:

- 1) A água do mar é succionada por bombas na área da captação e transferidas por tubulações, que interligam a área da captação até a estação de tratamento de água. Deste ponto, a água é direcionada para dois conjuntos de peneiras estáticas, cuja finalidade é reter resíduos sólidos provenientes da captação, conforme demonstrado na figura 3.



Fonte: O autor (2017).

Figura 3 – Peneiras estáticas da ETA

- 2) Após as peneiras estáticas a água flui para os clarificadores, cujo objetivo é a remoção dos sólidos em suspensão na água, onde parte destes sólidos tornam-se lodos no fundo dos clarificadores. Estes lodos são direcionados por bombeamento para outro tanque denominado adensador e a água é transferida para um tanque de água clarificada, conforme demonstrado na figura 4.



Fonte: O autor (2017).

Figura 4 – Clarificadores da ETA

- 3) A chegada de água proveniente dos clarificadores irá para um tanque denominado tanque de água clarificada, conforme demonstrado na figura 5.



Fonte: O autor (2017).

Figura 5 – Tanque de água clarificada da ETA

- 4) No adensador acontece o processo de adensamento, que faz com que o lodo se torne mais concentrado através da separação do lodo da água, conforme demonstrado na figura 6.



Fonte: O autor (2017).

Figura 6 – Adensador da ETA

- 5) A água proveniente do adensador é encaminhada para um tanque denominado Tanque de Retorno e destinada esta água para início do processo ou destinação final para descarte, conforme demonstrado na figura 7.



Fonte: O autor (2017).

Figura 7 – Tanque de retorno da ETA.

- 6) O lodo proveniente do adensador é então direcionado para os *bags* de geotêxtil, cuja função é acondicionar o lodo em bolsas fabricadas de material geotêxtil. O tecido apresenta pequenos poros que permitem a passagem da água e a retenção dos sólidos, conforme demonstrado na figura 8.



Fonte: O autor (2017).

Figura 8 – Bags de geotecido da ETA.

Nos *bags* o lodo proveniente do adensador ficará armazenado para posterior manejo e aplicações, não sendo este disposto no meio ambiente devido ser um tipo de resíduo sólido, onde neste caso deverá ser dado o destino adequado para este resíduo.

4.1 Aplicação da Logística Reversa

De acordo com Megdaet *al.* (2005), as características físicas e químicas de lodos de ETAs são, muitas vezes, similares às características dos materiais utilizados na fabricação de tijolos, pois apresentam propriedades físicas e químicas similares à argila natural e xistos utilizados na produção desses materiais.

Diante de tais constatações em livros, artigos e experiências similares em outras empresas que já utilizam seus resíduos sólidos gerados para diversas finalidades, a empresa em questão após análises físico-químicas do lodo, destinou um volume “x” desse material para uma fábrica de tijolos em outro município do Estado do Maranhão, a fim de verificar a possibilidade da fabricação de tijolos utilizando o lodo proveniente junto com o material da jazida extraído pela tijolaria, conforme demonstrado na figura 9.



Fonte: O autor (2017).

Figura 9 – Tijolaria

O processo inicia-se com a homogeneização deste material com o lodo, colocando certa quantidade de tabatinga (jazida) e lodo até chegar a um ponto que essa mistura ficasse maleável e com boa resistência.

Após efetuar-se a solução de tabatinga com o lodo na área de mistura, encaminha-se esta solução para o caixão-alimentador, cuja função é efetuar a trituração desta solução, sendo esta conduzida por uma correia transportadora até o misturador.

Do misturador a solução é encaminhada por uma correia transportadora até o laminador, sendo este equipamento responsável em reduzir a solução em lâminas finas, passando por dois cilindros pneumáticos que irão moer e reduzir por esmagamento toda a solução. O material oriundo do laminador é transportado novamente por uma correia transportadora até outro equipamento denominado extrusora ou maromba.

A extrusora ou maromba é o equipamento responsável pela modulação e formatação dos tijolos (tamanho e proporção para oito furos), além de processar a desaeração dos tijolos na retirada de ar da solução. Nesta etapa também é feita a marcação dos tijolos com o nome do fabricante e ano de fabricação. Após a extrusão, os tijolos são direcionados para o cortador, onde são feitos os cortes dos blocos a cada oito furos. Estes cortes são efetuados por

fios de aço que moldam o tamanho ideal dos tijolos, sendo estes encaminhados manualmente para a área de secagem.

Transcorrido o período de secagem natural, os tijolos são transportados manualmente até os fornos e dispostos em fileiras para que inicie a sua queima (cozimento), ganhando assim a coloração necessária e a resistência do material. O período de cozimento dos tijolos é de aproximadamente quatro dias, variando-se a temperatura entre 750°C a 800°C.

Depois de passarem o período de cozimento, os tijolos são submetidos a um período de descanso na área de secagem, num intervalo de doze horas até adquirirem a temperatura ambiente, evitando assim o choque térmico do material fabricado. Após esse intervalo de tempo, os tijolos fabricados passaram pelo responsável de controle de qualidade e processo da tijolaria, da qual verificou-se os seguintes aspectos: qualidade do material (se visualmente possui trincas ou partes quebradas), coloração (aquela específica de tijolos convencionais) e integridade física (marcações, furos e especificações do produto – ano de fabricação e fabricante), conforme ilustrado na figura 10.



Fonte: O autor (2017).

Figura 10 – Tijolos fabricados com incorporação do lodo.

No cômputo geral, foram fabricados um montante de 4000 tijolos aptos a utilização, onde foram dispostos na área da usina para aplicação na construção civil. Verificou-se após a sua aplicação na área interna da usina com o responsável da construção civil que foi satisfatória a sua utilização, garantindo assim um meio viável de incorporação do lodo extraído na fabricação de tijolos, corroborando com Megda *et al.* (2005), ao afirmar que as grandes quantidades de lodos, gerados em ETAs, podem diminuir, significativamente, a quantidade de argila e xisto utilizados na fabricação de tijolos, aumentando a vida útil das jazidas naturais, sem prejudicar o meio ambiente.

5. Considerações finais

A realização deste artigo mostrou na prática a aplicação da logística reversa no tocante à redução dos custos e do impacto ambiental, melhorando a imagem corporativa da empresa, o comprometimento quanto à destinação adequada e eficaz de tais resíduos sólidos e a competitividade da empresa em demonstrar que neste aspecto ela possui um diferencial no mercado.

Pôde-se constatar que a implementação de um processo de logística reversa, além de conduzir eficazmente à satisfação de exigências normativas, tais como a ISO 14000 (Gestão

Ambiental), pode levar a uma redução de custo no produto acabado, principalmente quando existe o reuso do material de descarte.

Verificou-se que a logística reversa apresenta vantagens para a empresa e contribui para a sustentabilidade do planeta através da redução dos resíduos gerados no processo industrial, ficando como sugestão para trabalhos futuros o aprimoramento de inúmeras formas que podem-se utilizar na prática a logística reversa não apenas em determinado setor, mas sim, em diversos processos da cadeia de produção, destacando sempre competências positivas no mercado competitivo junto aos clientes e fornecedores.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. *Áreas e subáreas de Engenharia de Produção.* Disponível em: <<https://www.abepro.org.br/interna.asp?p=399&m=424&ss=1&c=362>>. Acesso em: 29. set. 2017.

ADISSI, P. J. *Gestão Ambiental de unidades produtivas.* 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Água na medida certa:** A hidrometria no Brasil. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2014.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial.* 4 ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.

BERTUCCI, J. L. O. *Metodologia básica para elaboração de trabalhos de conclusão de curso: ênfase na elaboração de TCC de pós-graduação Lato Sensu.* São Paulo: Atlas, 2008.

BRASIL. *Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010.* Brasília. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 23. out. 2014.

CAMPOS, T. *Logística Reversa: Aplicação ao problema das embalagens da CEAGESP.* São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Dissertação (Mestrado). São Paulo: 2006.

GUARNIERI, P. *Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental.* 1 ed. Recife: Clube de Autores, 2011.

INPEV – INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS. *Logística reversa.* Disponível em: <<http://www.inpev.org.br/logistica-reversa/logistica-reversa-das-embalagens>>. Acesso em 12. Out. 2014.

LACERDA, L. *Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais.* Rio de Janeiro: CNEP, 2002.

LEITE, P. R. *Logística reversa: meio ambiente e competitividade.* 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MEGDA, C. R., SOARES, L. V. *Impactos ambientais provocados pelo lançamento in natura de lodos provenientes de estações de tratamento de água.* 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Campo Grande: 2005.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). *Logística Reversa.* Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/log%C3%ADstica-reversa>>. Acesso em 01. nov. 2017.

NOVAES, A. G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação.* Rio de Janeiro: Campus, 2001.

PRS. **Tratamento de resíduos sólidos.** Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/tratamento-de-residuos-solidos/>>. Acesso em: 27. set. 2017.

RAMPAZZO, L. *Metodologia científica: para alunos dos cursos de graduação e pós-graduação*. São Paulo: Loyola, 2002.

RICHTER, C. A. *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. São Paulo: Blucher, 2001.

RLEC. Reverse Logistics Executive Council. Disponível em:

http://www.rlec.org/glossary.htm#reverse_logistics. Acesso em: 29. out. 2017.