

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

BIANCA GALDINO PEREIRA

Logística Reversa: estudo de caso em relação a garrafas PET pós-consumo reciclado (PET-PCR) de água mineral

CAMPO MOURÃO

2021

BIANCA GALDINO PEREIRA

Logística Reversa: estudo de caso em relação a garrafas PET pós-consumo reciclado (PET-PCR) de água mineral.

Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC 2), do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção de nota.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Vanessa Medeiros Corneli

CAMPO MOURÃO

2021

BIANCA GALDINO PEREIRA

**LOGÍSTICA REVERSA: ESTUDO DE CASO EM RELAÇÃO A GARRAFAS PET
PÓS-CONSUMO RECICLADO (PET-PCR) DE ÁGUA MINERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 04/maio/2021

Vanessa Medeiros Corneli
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Cristiane Kreutz
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Morgana Suszek Gonçalves
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO

2021

Dedico esse Trabalho de Conclusão de Curso aos meus pais, Andréia e Alex e ao meu irmão Vítor.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por todas as bênçãos concedidas.

Agradeço aos meus heróis, meus pais por todo esforço, educação, suporte e amor dedicado a mim em todos os momentos. Sempre serão minhas inspirações de pessoas determinadas e batalhadoras, e que não mediram esforços para me proporcionarem a conclusão dessa vitoriosa etapa. Agradeço ao meu irmão Vítor por todas as risadas, amor e companheirismo.

Agradeço ao meu noivo Edgar, meu melhor amigo, por ser meu conforto, meu companheiro de horas de estudos na madrugada, onde sempre me apoiou com muito afeto. E à toda família Silva por todo carinho.

Agradeço ao meu Avô Joaquim que me acolheu durante essa jornada. Aos meus avôs que se tornaram estrelinhas ao longo da minha graduação, Avô Sandra, Avô Duda e Avó Rita, estão eternamente em meu coração.

Agradeço às minhas tias, meus tios, primas e primos.

Agradeço aos meus amigos Fernando Vacelli e Larissa Fiuza por todos os momentos incríveis compartilhados e que ao longo desses anos nossa amizade tem se fortificado ainda mais.

Agradeço à Julia Clara que no fim da graduação se tornou uma grande amiga.

Agradeço à todos meus professores, em especial à Maristela Mezzomo, Cristiane Kreutz, Morgana Suszek e Thiago Castro por serem profissionais brilhantes a quem sempre me espelharei.

E por fim, agradeço à minha orientadora Vanessa Corneli, uma profissional incrível, por ter depositado confiança em mim, e por gentilmente ter ajudado e me guiado no decorrer desse trabalho com todo suporte necessário.

RESUMO

Embalagens plásticas de maneira geral, em função da expressiva geração, têm se configurado como um problema ambiental, principalmente quando associado à destinação inadequada. A redução de resíduos tem se tornado um objetivo de diversos países e organizações e o conceito de ciclo produtivo está gradualmente substituindo a percepção de economia de "sentido único", para a de economia circular. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi analisar as estratégias e o processo de logística reversa empregados para produção de garrafas PET pós-consumo reciclado (PET-PCR) de água mineral, de uma fábrica localizada na cidade de *Poland*, estado do *Maine*, Estados Unidos. Os dados para o mapeamento do processo de logística reversa foram obtidos por meio eletrônico, como sites da empresa objeto de estudo, páginas eletrônicas com informações da máquina de venda reversa e site da empresa recicladora. O ciclo produtivo inicia-se com o consumidor por meio da destinação correta da garrafa, preferencialmente nas máquinas de venda reversa, permitindo que a empresa recicladora recicle o resíduo e possibilite a fabricação de *pellets*. A empresa objeto de estudo utiliza os *pellets* para a fabricação de novas garrafas PET-PCR, promovendo uma economia circular. Em relação às estratégias de logística reversa identificou-se a utilização da embalagem de água como meio de comunicação para informar a forma adequada de destinação, e o reembolso dado ao consumidor ao destinar suas embalagens em máquinas de venda reversa.

Palavras-chave: plástico; processo; reciclagem; resíduos; economia circular.

ABSTRACT

Plastic packaging in general, due to the expressive generation have become an environmental issue, especially when associated with inappropriate destination. Waste reduction has become an objective for several countries and organizations, and the concept of the production cycle is gradually replacing the perception of a "one-way" economy of a circular economy. In this context, the objective of the present work was to analyze the strategies and the process of reverse logistics used for the production of post-consumer recycled PET bottles (rPET) of spring water, from a factory located in the city of Poland, state of Maine, United States. The data from the process mapping was obtained electronically, such as websites of the company under study, electronic pages with information from the reverse vending machine and the website of the recycling company as well. The consumer starts the cycle through the consumption of water, disposes of the bottle correctly, preferably in the vending machines, allowing the recycling company to recycle the waste and making it possible to manufacture pellets. The company under study uses pellets to manufacture new rPET bottles, promoting a circular economy. In relation reverse logistics strategies, the use of water packaging was identified as a means of communication to inform the appropriate form of destination; and the reimbursement given to the consumer when disposing of their packages in reverse vending machines.

Keywords: plastic; process; recycling; waste; circular economy.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIPET: Associação Brasileira da Indústria do PET
ABIPLAST: Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ABRELPE: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CEMPRE: Compromisso Empresarial para Reciclagem
DSNY: *Department of Sanitation of New York*
EC: Economia Circular
EPA: *United States Environmental Protection Agency*
FDA: *Food and Drug Administration*
LR: Logística Reversa
MVR: Máquina de venda reversa
PET: Tereftalato de polietileno
PET-PCR: PET Pós-Consumo Reciclado
PNRS: Política Nacional de Resíduos Sólidos
USA: *United States of America*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Triple Bottom Line.....	8
Figura 2 – Geração de RSU no Brasil (milhões de toneladas)	15
Figura 3 – Resíduo coletado por associações e cooperativas de catadores em 2018 por tipo de material no Brasil (%)	16
Figura 4 – Uso final de PET reciclado em 2016 no Brasil	17
Figura 5 – Geração total de RSU nos USA (milhões de toneladas)	18
Figura 6 – Porcentagem de resíduo reciclado por tipo nos USA (%)	19
Figura 7 – Fluxo de material PET nos USA por milhões de libras em 2017	20
Figura 8 – Rótulo da garrafa objeto de estudo	21
Figura 9 – Ciclo de logística reversa e produção da garrafa PET-PCR	22
Figura 10 – Máquina de venda reversa na cidade de New Cannan – Connecticut - USA	24
Figura 11 – Sessão de garrafas de plástico	24
Figura 12 – Recibo dos resíduos retornáveis	25
Figura 13 – Processo de produção de <i>Pellets</i>	26
Figura 14: Máquina quebra-fardos.....	27
Figura 15 – Máquina de limpeza.....	27
Figura 16 – Máquina de triagem automática	28
Figura 17 – Máquina de lavagem	29
Figura 18 – Máquina de descontaminação.....	29
Figura 19 – Máquina de armazenamento.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS	5
3 JUSTIFICATIVA	6
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 Logística Reversa	7
4.1.1 Definição	7
4.1.2 Histórico	7
4.2 Logística Reversa no Brasil	9
4.3 Logística Reversa nos USA	10
4.4 Conceito de PET-PCR	11
4.5 Economia Circular	12
5 MATERIAL E MÉTODOS	13
5.1 Definição do local de estudo	13
5.2 Coleta de dados	13
5.2.1 Indicadores de reciclagem de PET-PCR do Brasil e dos USA	13
5.2.2 Mapeamento e análise do processo de logística reversa da garrafa PET-PCR de água	13
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6.1 Indicadores de reciclagem PET-PCR do Brasil e dos USA	15
6.1.1 Geração de resíduos sólidos no Brasil	15
6.1.2 Geração de resíduos sólidos nos USA.....	18
6.2 Mapeamento e análise do processo de logística reversa empregados na produção de garrafas PET-PCR de água	20
6.2.1 Máquina de venda reversa	23
6.2.2 Etapas da produção de <i>pellets</i> de PET-PCR	26
6.3 Análise das estratégias de Logística Reversa	30
7 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O acúmulo de resíduos plásticos ocasiona impactos negativos no ambiente, na forma de poluição do ar, da água e do solo. Neste contexto estão as garrafas plásticas de água, que em função da expressiva geração, têm se tornado um problema ambiental.

É necessário pensar em processos produtivos que visem a redução da quantidade de resíduo, sua reutilização dentro do processo, e/ou a reciclagem, ou seja, a adoção do princípio dos 3Rs (Reduzir, Reutilizar e Reciclar).

O tereftalato de polietileno (PET) é o tipo de material mais utilizado na fabricação de embalagens para água e refrigerantes. Suas propriedades, especialmente maior resistência e menor peso, se comparados com o vidro por exemplo, são fatores que corroboram para essa utilização em larga escala. Como consequência, o PET substituiu principalmente o vidro como material de embalagem (WELLE, 2011).

A resina PET pós-consumo reciclado (PET-PCR) é produzida a partir de matéria-prima reciclada, caso esse material for destinado a embalagens alimentícias é chamado de PET-PCR grau alimentício, passando por uma tecnologia de reciclagem física e/ou química, com alta eficiência de descontaminação. Sendo assim, um dos instrumentos para viabilizar a utilização do PET-PCR são os sistemas de logística reversa (LR) (SOARES, 2011).

De acordo com Rogers e Tibben-Lembke (1998) a LR é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e rentável de matérias-primas desde o ponto de consumo até ao ponto de origem para efeitos de reaproveitamento de valor ou eliminação adequada.

A LR auxilia na melhoria do desempenho ambiental das empresas, resultando na recuperação de materiais a partir do retorno de resíduos ao ciclo produtivo. Para tanto, faz-se necessário um planejamento e um controle de fluxo (CHAVES; JÚNIOR; ROCHA, 2014; SANTOS *et al.*, 2014).

Os canais reversos de distribuição da LR são caracterizados tanto do pós-consumo, parcela de produtos ou materiais originados no descarte depois de utilizado para sua finalidade, quanto do pós-venda, o produto retorna ao fabricante pelos mais variados motivos como, por exemplo, defeitos de fabricação (GIACOBO; ESTRADA; CERETTA, 2013).

A evolução da LR ocorreu ao longo das últimas décadas, e sua importância revela-se tanto no âmbito social, ambiental e econômico. Tendo entre seus objetivos a redução de custos por meio da reutilização de materiais e agregação de valor ao produto por realizar práticas que diminuam os impactos ambientais (SOUZA; FONSECA, 2009).

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo analisar as estratégias e o processo de logística reversa empregados para garrafas de PET-PCR de água mineral, de uma fábrica localizada na cidade de *Poland*, estado do *Maine*, USA.

2 OBJETIVOS

Analisar as estratégias e o processo de logística reversa empregados para produção de garrafas PET-PCR de água, de uma fábrica localizada em *Poland, Maine, USA*. Os objetivos específicos foram:

- Apresentar indicadores de reciclagem PET-PCR do Brasil e dos USA;
- Mapear e analisar o processo de logística reversa das garrafas PET-PCR de água mineral da empresa objeto de estudo.

3 JUSTIFICATIVA

O plástico tem um papel significativo e crescente na sociedade, proporcionando muitos benefícios, principalmente na segurança e preservação de alimentos. É um material diversificado e onipresente com funcionalidade incomparável que tem muitos benefícios mensuráveis, tornando-o uma parte importante de nossas vidas diárias (MATTHEWS; MORAN; JAISWAL, 2020).

Todavia, a produção global de plásticos aumentou vinte vezes desde 1960, chegando a 322 milhões de toneladas em 2015. Estima-se que duplique novamente nos próximos 20 anos. Globalmente, 5 a 13 milhões de toneladas de plásticos (1,5 a 4% dos plásticos produzidos) acabam nos oceanos a cada ano. Calcula-se que o plástico é responsável por mais de 80% do lixo marinho (EUROPEAN COMMISSION, 2018).

Embalagens não recicladas, com um conceito de via única, representam o “descaminho” conforme permanecem em aterros, ruas, praias e rios. Já as embalagens que voltam ao ciclo produtivo por meio da reciclagem, constituem o “caminho” correto, fechando o ciclo (GONÇALVES-DIAS; TEODÓSIO, 2006).

A redução de resíduos é uma preocupação em grande parte dos países, portanto o conceito de ciclo produtivo está gradualmente substituindo uma percepção de economia de "sentido único". Cada vez mais os clientes esperam que as empresas minimizem o impacto ambiental de seus produtos e processos (FLEISCHMANN, 2000).

O processo de LR de garrafas PET-PCR implica em minimizar a destinação destes resíduos para aterros, pois as embalagens serão recicladas e transformadas em novas, feitas com plástico 100% reciclado e 100% reciclável (NESTLE WATERS NORTH AMERICA, 2019).

Ações de sustentabilidade, como o processo de LR, são de extrema importância, portanto, conhecer, analisar e difundir estratégias que tem esse objetivo é uma forma de incentivar boas práticas e contribuir com o desenvolvimento sustentável.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Logística Reversa

4.1.1 Definição

A Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em seu parágrafo 3º define a LR como um somado de ações dentro do setor empresarial, com procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a reintegração dos resíduos sólidos, reaproveitando em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos (BRASIL, 2010a).

A LR, segundo Leite (2003), é observada como a área que projeta, opera e controla o fluxo e as informações logísticas, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ciclo produtivo, por meio de distribuição reversa, agregando valores: ecológico, econômico, marketing, entre outros.

De acordo com Rogers e Tibben-Lembke (1998) a definição de LR é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e rentável de matérias-primas, produtos do processo, produto final e informação do produto desde o ponto de consumo até ao ponto de origem para efeitos de reaproveitamento de valor ou eliminação adequada.

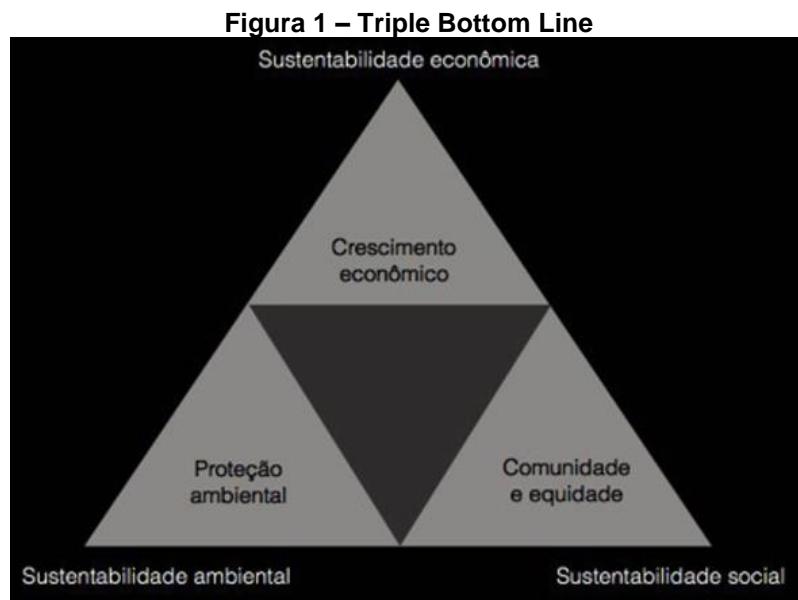
Para Dornier *et al.* (2000) a LR resulta em um processo de integração funcional, operando na coordenação dos fluxos físicos associados à produção, distribuição ou serviços pós-vendas e se estendem incluindo funções adicionais, como pesquisa, desenvolvimento e marketing no projeto e gestão dos fluxos.

Das definições apresentadas observa-se a importância da LR no processo empresarial. As organizações começam a fazer investimentos em seus sistemas de LR, destacando-se em estratégias de sua missão comercial.

4.1.2 Histórico

Segundo Leite (2003) nos anos de 1970 e 1980 iniciaram-se os estudos sobre LR, apresentando seu foco principal referente ao retorno de bens a serem processados em reciclagem de materiais, denominados e analisados como canais de distribuição reversos. A partir da década de 1990, o assunto tornou-se mais evidente no cenário empresarial.

Em 1997, John Elkington desenvolveu um modelo de gestão conhecido como *Triple Bottom Line* (Figura 1). Este modelo sustenta que a gestão do negócio não deve se basear apenas nas questões econômicas, mas também nas sociais e de meio ambiente, o que acaba por fortalecer os laços das empresas com a sociedade e a natureza. A ajuda que o modelo oferece é evidente para fazer a mudança do plano de gestão de uma empresa. Porém, sozinho, o modelo em si não se altera. Para que ocorra a incorporação da sustentabilidade nos objetivos de uma companhia, a mudança de cultura, bem como a interação com as demais esferas da sociedade é decisivo para que o desafio seja superado (PEREIRA *et al.*, 2012).



Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2012)

A abordagem do termo sustentável dentro do escopo da LR agrega aos objetivos de uma empresa que busca a diferenciação no mercado. Para Pereira *et al.* (2012), a LR é um processo empresarial pensado em retornos no mercado. Quando a LR contém inferências de sustentabilidade em suas atribuições o processo também é reconhecido como “logística ecológica” ou “logística verde”.

Logística verde ou logística ecológica, relaciona-se a compreender e minimizar o impacto ecológico da logística. Atividades logísticas verdes incluem a medição do impacto ambiental de determinados meios de transporte, redução do uso de materiais, redução do consumo de energia das atividades logísticas, e a certificação ISO 14001 (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998).

Todavia, Loftimatos (2009) argumenta que a LR representa, por analogia, o fluxo contrário, em outros termos, do consumidor ao produtor, em um sentido mais geral, relacionadas com a reutilização de produtos e materiais. Ou seja, a LR assemelha-se a sustentabilidade, englobando tanto a importância do processo empresarial, como à sustentabilidade.

4.2 Logística Reversa no Brasil

No Brasil, a legislação impõe o retorno de produtos apontados como perigosos em seguida do término da vida útil, por conter metais pesados, tais como baterias e pilhas, e de produtos classificados como problemáticos, em razão às escassas opções de tratamento (ADLMAIER; SELLITTO, 2007).

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece que os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de pilhas e baterias, agrotóxicos, óleos lubrificantes, pneus, produtos eletrônicos, lâmpadas fluorescentes devem estruturar e implementar sistemas de LR, por intermédio do retorno de produtos após o uso pelo consumidor (BRASIL, 2010a).

O artigo 17, do Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, estendeu os sistemas de logística reversa a produtos comercializados em embalagens plásticas, metálicas ou de vidro, e aos demais produtos e embalagens, considerando o grau e a extensão do impacto à saúde pública e ao meio ambiente dos resíduos gerados (BRASIL, 2010b).

No ano de 2017 foi publicado o decreto federal nº 9.177 que estabelece normas para fiscalização e cumprimento das obrigações atribuídas a fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos, seus resíduos e suas embalagens sujeitos à logística reversa obrigatória. O referido decreto prevê ainda que, não signatários, são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, considerando as mesmas obrigações imputadas aos signatários e aos aderentes de acordo setorial firmado com a União (BRASIL, 2017).

No ano de 2015 a Coalizão Embalagens, um grupo de 13 organizações representativas do setor empresarial de embalagens, assinou um acordo setorial com a União para implantação do Sistema de Logística Reversa de Embalagens em Geral de Produtos não Perigosos. Por meio desse acordo, o setor se compromete a

trabalhar de forma conjunta, para assegurar que as embalagens sejam destinadas de forma ambientalmente adequada (COALIZÃO EMBALAGENS, 2019a).

As organizações representam cerca de 850 empresas, entre fabricantes de matérias-primas para embalagens, fabricantes de embalagens, fabricantes de produtos usuários de embalagens dos setores de alimentos, bebidas, produtos para animais de estimação e tintas, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos embalados (COALIZÃO EMBALAGENS, 2019a).

Em 2017, foi publicado o Relatório Final Técnico da fase 1 de implementação do Sistema de Logística Reversa de Embalagens em Geral de Produtos não Perigosos, e entre as principais atividades desenvolvidas por meio da Coalizão Embalagens estão: realização de 4.487 ações voltadas para capacitação de associações e cooperativas de catadores; apoio a 802 organizações de catadores; implementação de 2.082 Pontos de Entrega Voluntária (PEV); redução de 21,3% do volume de embalagens dispostas em aterro (COALIZÃO EMBALAGENS, 2019b).

4.3 Logística Reversa nos USA

A *United States Environmental Protection Agency* (EPA), agência federal norteamericana, dispõe de regulamentação sobre distribuição reversa e política de LR para produtos farmacêuticos, não especificando outros tipos de produtos ou resíduos (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2019).

Há campanhas de incentivo divulgadas por meio da EPA, como exemplo a *Sustainable Materials Management* (Gestão de Materiais Recicláveis), um plano de abordagem sistêmica que visa estimular a LR, com contribuição das partes interessadas de indústrias e organizações não governamentais (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2020).

De acordo com *Container Recycling Institute* (2007) o termo "*bottle-bill*" é uma maneira de dizer "lei de logística reversa de vasilhames". A lei exige um valor reembolsável para o consumidor em embalagens de cervejas, refrigerantes e outras bebidas, a fim de garantir uma alta taxa de reciclagem ou reutilização. Os estados americanos que atualmente possuem essa lei são: *Oregon, Vermont, Michigan, Maine, Iowa, Connecticut, Massachusetts, Delaware, New York, California e Hawaii*.

Nos Estados Unidos (USA) cada estado possui legislação própria. Sendo que para a lei *bottle-bill* difere-se apenas o valor a ser reembolsado e o tipo de vasilhame.

Por exemplo, no estado do *Maine* um depósito reembolsável de \$0,15 para vasilhames de bebidas destiladas e de vinho, e um depósito reembolsável de \$0,05 para cerveja, sidra, refrigerantes de vinho, refrigerantes ou recipientes para bebidas de água mineral. Já no estado de *Connecticut* vasilhames de cerveja, refrigerantes (incluindo águas minerais e refrigerantes) tem um depósito reembolsável de \$0,05 (MAINE, 2019; CONNECTICUT, 2009).

4.4 Conceito de PET-PCR

PET-PCR é a resina PET pós-consumo reciclado, ou seja, ela é produzida a partir de matéria-prima reciclada. A principal consumidora de resinas de PET-PCR em 2018, no Brasil, foi a indústria de higiene pessoal e limpeza doméstica (29%) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO, 2019).

Na indústria alimentícia o PET-PCR também é utilizado, trata-se do PET-PCR grau alimentício (PET pós-consumo reciclado de grau alimentício), classificado como o PET obtido após um processo de reciclagem, por meio de uma tecnologia de reciclagem física/química na qual permite a descontaminação (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2008).

A eficiência do processo de reciclagem do PET-PCR mostra-se limpa e segura, a concentração de contaminantes presentes no PET pós-consumo reciclado grau alimentício (PET-PCR alimentício) é 100% extraído do processo, sendo, portanto, um aspecto importante na garantia da segurança dos alimentos, que serão posteriormente embalados (MACEDO *et al.*, 2020).

As garrafas de PET-PCR de grau alimentício garantem que o líquido não seja contaminado com substâncias tóxicas, justamente pela tecnologia de descontaminação empregada. Segundo Soares *et al.* (2013) a verificação do material reciclado é fundamental, visto vez que a existência de substâncias tóxicas é capaz de migrar para a bebida, o que representaria um risco à saúde do consumidor.

O processo de reciclagem de garrafas PET para fabricação de novas garrafas PET para armazenamento de bebidas e/ou produtos alimentícios, é conhecido como sistema *bottle-to-bottle* (WELLE, 2011).

A tecnologia *bottle-to-bottle* corresponde a uma etapa de descontaminação. O PET é desagregado, lavado, cortado ou moído e depois encaminhado para a extrusão.

Esta etapa adicional assegura a eliminação de possíveis contaminantes (CRUZ *et al.*, 2011).

4.5 Economia Circular

Até há pouco tempo, a economia baseava-se unicamente em extrair, fabricar, e consumir, gerando grandes quantidades de resíduos que eram colocados em aterros ou descartados. Este modelo é chamado de Economia Linear e assume que os recursos naturais disponíveis são abundantes e fáceis de obter, não havendo reutilização do produto ou matéria-prima ao processo produtivo (COSTA *et al.*, 2019).

Contudo, a economia está atualmente presa a um sistema onde tudo, desde a produção, economia e contratos favorecem o modelo linear de produção e consumo. No entanto, é possível pensar de uma forma cíclica chamada de economia circular (EC), um sistema industrial que é restaurador ou regenerativo por intenção. O conceito de 'fim de vida é substituído com a restauração, reciclagem e concerto por meio de um processo eficiente (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

Leitão (2015) descreve a EC como um modelo que possibilita repensar as práticas econômicas da sociedade atual, promovendo o desenvolvimento de novas relações entre as empresas, que passam a ser simultaneamente consumidoras e fornecedoras de materiais que são reincorporados no ciclo produtivo.

Dentre as propostas para uma transformação dos padrões de produção e consumo encontra-se o conceito de EC, na qual procura a circularidade no uso de materiais no projeto dos produtos. Apesar da base do conceito não seja nova, sua adesão ainda é um grande desafio (RIBEIRO; KRUGLIANSKAS, 2014).

A EC parece ser um conceito promissor, pois tem conseguido despertar a comunidade empresarial para o trabalho de desenvolvimento sustentável. É de senso comum que, se você extrair um recurso da natureza e trabalhar muito para que ele se transforme em um produto com valor econômico, o produto é utilizado várias vezes, e não apenas uma vez (KORHONEN; HONKASALO; SEPPALA, 2017).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Definição do local de estudo

Para o presente estudo de caso foram analisados as estratégias e o processo de LR empregados para embalagens de água de PET-PCR de uma empresa alimentícia, a qual dentro de seus diversos segmentos, destaca-se a indústria de água.

Portanto, o escopo deste estudo de caso é o processo de LR das garrafas PET-PCR de água de uma fábrica localizada na cidade de *Poland*, estado do *Maine*, USA.

5.2 Coleta de dados

5.2.1 Indicadores de reciclagem de PET-PCR do Brasil e dos USA

Os indicadores de reciclagem de PET do Brasil foram obtidos a partir de dados quantitativos de associações como a Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET), Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), dados do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), Coalização Embalagens e Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE).

Os indicadores de reciclagem de PET-PCR dos USA foram levantados por meio de dados disponíveis nos sítios eletrônicos de institutos como o *Container Recycling Institute*, agências governamentais como *United States Environmental Protection Agency* (EPA) e associações como *The National Association for PET Container Resources* (NAPCOR).

A apresentação e análise dos indicadores de reciclagem se deu por meio da compilação dos dados de reciclagem de PET-PCR em forma de gráficos no período compreendido entre 2014 a 2018.

5.2.2 Mapeamento e análise do processo de logística reversa da garrafa PET-PCR de água

Os dados qualitativos para a realização do mapeamento do processo de LR de garrafas PET-PCR de água mineral deste estudo de caso foram determinados a partir de fontes secundárias. Dados secundários, são dados coletados disponíveis e organizados em arquivos, banco de dados, anuários estatísticos e relatórios (MARTINS, 2008).

A análise e mapeamento do processo de LR de garrafas PET-PCR de água mineral foram obtidos por meio de informações exclusivas em meio eletrônico, como sites da empresa objeto de estudo, páginas eletrônicas com informações da máquina de venda reversa (MVR) e o site da empresa recicladora de PET-PCR.

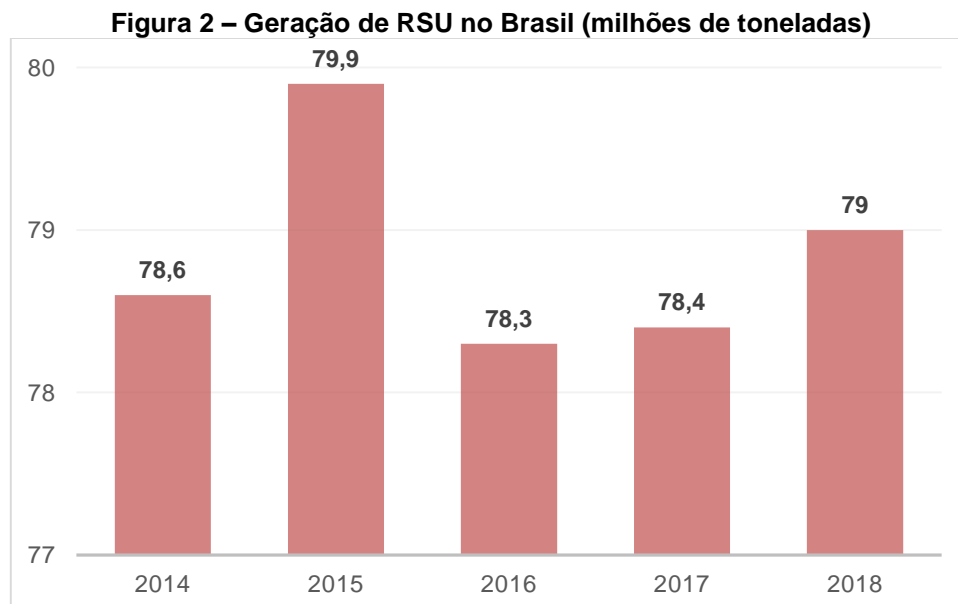
O mapeamento e análise do processo de LR de garrafas PET-PCR de água mineral foram representados por meio de um ciclo produtivo, indicando as etapas da LR do PET, desde a etapa de resíduo, até a sua inserção como garrafa de água PET-PCR.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Indicadores de reciclagem PET-PCR do Brasil e dos USA

6.1.1 Geração de resíduos sólidos no Brasil

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2019) no ano de 2018 foram geradas 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil, o que representa aproximadamente 1,039 kg/hab/dia (Figura 2). De todo RSU gerado, 59,5% foi destinado para aterro sanitário.



Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2019)

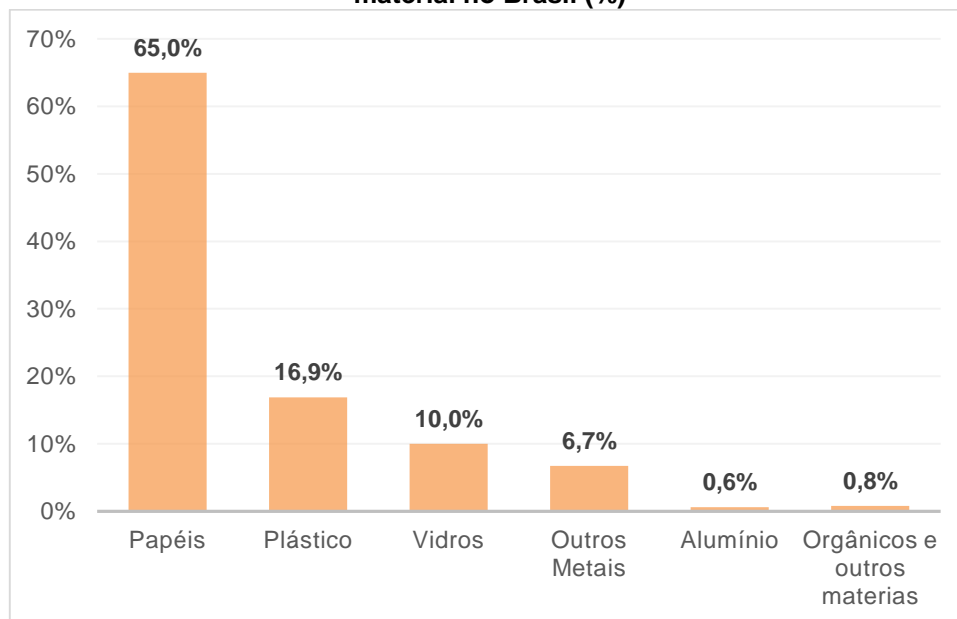
De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos do ano de 2020, a composição gravimétrica retrata o percentual de cada componente em relação ao peso total dos resíduos, sua identificação é necessária para a implantação das soluções de gestão adequada dos resíduos sólidos. No Brasil, a principal fração dos RSU é matéria orgânica, que corresponde 51,4%, a fração seca soma um total de 31,9% e 16,7% encontra-se como outros (BRASIL, 2020).

Araújo *et al.* (2015) descrevem que a composição dos resíduos sólidos urbanos de um local pertence a diferentes aspectos socioeconômicos, culturais, como, por

exemplo, poder aquisitivo, atividade econômica predominante, hábitos de vida e presença ou não de indústrias.

O total de resíduos coletados no ano de 2018, por cooperativas e associações de catadores acompanhadas pela Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ANCAT), foi de 67.048 toneladas, sendo divididos nas seguintes categorias: papel (65%), plástico (16,9%), outros metais (sucata e cobre, por exemplo) (6,7%), vidros e outros materiais (eletroeletrônicos, óleos e gorduras residuais e outros materiais não especificados) (0,8%), alumínio (0,6%) (Figura 3) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2019).

Figura 3 – Resíduo coletado por associações e cooperativas de catadores em 2018 por tipo de material no Brasil (%)



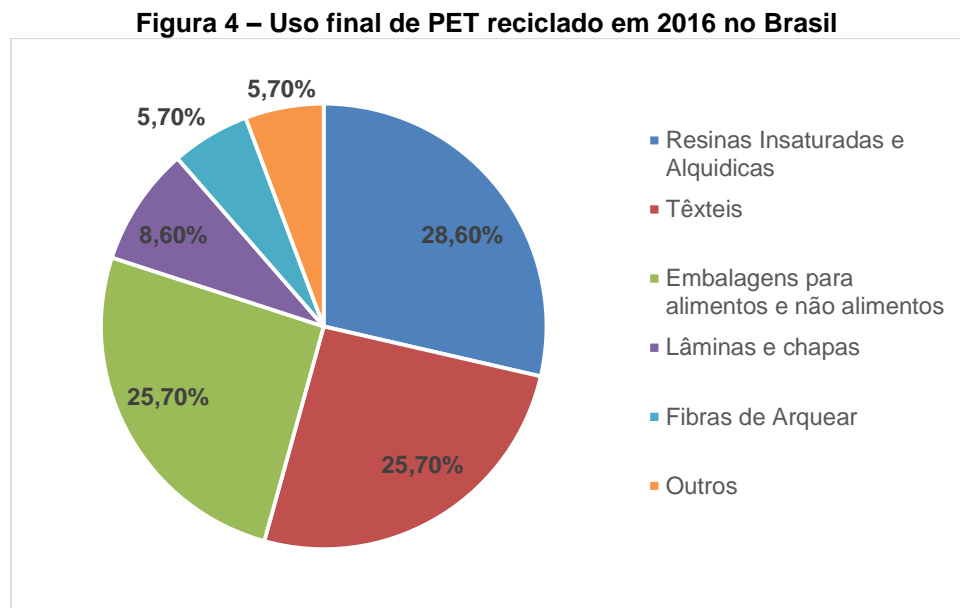
Fonte: Associação Brasileira De Empresas De Limpeza Pública E Resíduos Especiais (2019)

A quantidade de plástico coletado por cooperativas e associações de catadores no ano de 2018 foi de 11.308 toneladas, sendo 3.208 toneladas de PET, ou seja, 28,4% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2019).

As dificuldades associadas à reciclagem de PET referem-se à separação por coloração e tipo, e à contaminação por outros materiais plásticos. Gonçalves-Dias e Teodósio (2006) descrevem que a separação dos diferentes tipos de materiais, influencia na qualidade de cada um e, como resultado, o seu valor de mercado. O

valor econômico e ambiental da desagregação e limpeza destes materiais para a reciclagem mecânica é alto. Caso, a coleta seletiva fosse bem estruturada, teria se um PET com menor contaminação.

De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de PET, em 2016 25,7% do PET reciclado foi destinado para produção de embalagens, alimentícias e não alimentícias (Figura 4) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET, 2017).



Fonte: Adaptado de Associação Brasileira da Indústria do PET (2017)

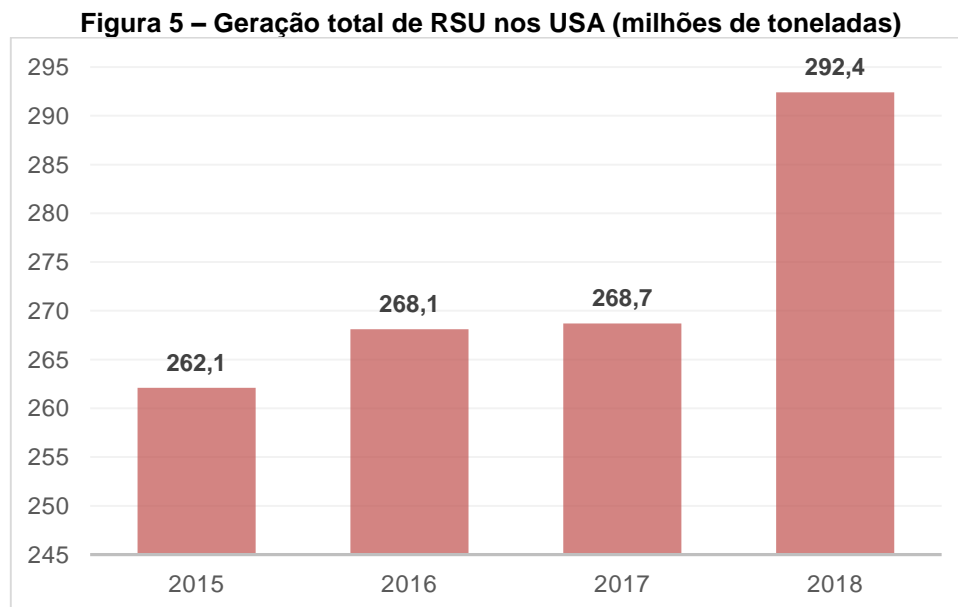
Bueno *et al.* (2020), descrevem que a maior demanda do mercado de PET é a fabricação de garrafas para bebidas, seja para refrigerantes, sucos ou água mineral, e que no Brasil a primeira produção de garrafas PET-PCR foi realizada no ano de 2011, sendo que a tecnologia do PET-PCR é uma realidade há mais de 20 anos em outros países, entretanto, não progrediu no mercado brasileiro e é pouco explorada tanto na prática, quanto na literatura.

Uma empresa de bebidas em seu Relatório Anual de Sustentabilidade publicou que durante o ano de 2017 produziu todas as suas garrafas (590 milhões) de refrigerante com PET-PCR de grau alimentício (AMBEV, 2017).

Em 2020 para atingir a meta interna de sustentabilidade, três empresas em parceria, ambas empresas do mesmo grupo desenvolveram uma garrafa 100% PET-PCR na cor salmão, reutilizando galões de água de 20L, evitando que o material seja descartado incorretamente (VALGROUP, 2020).

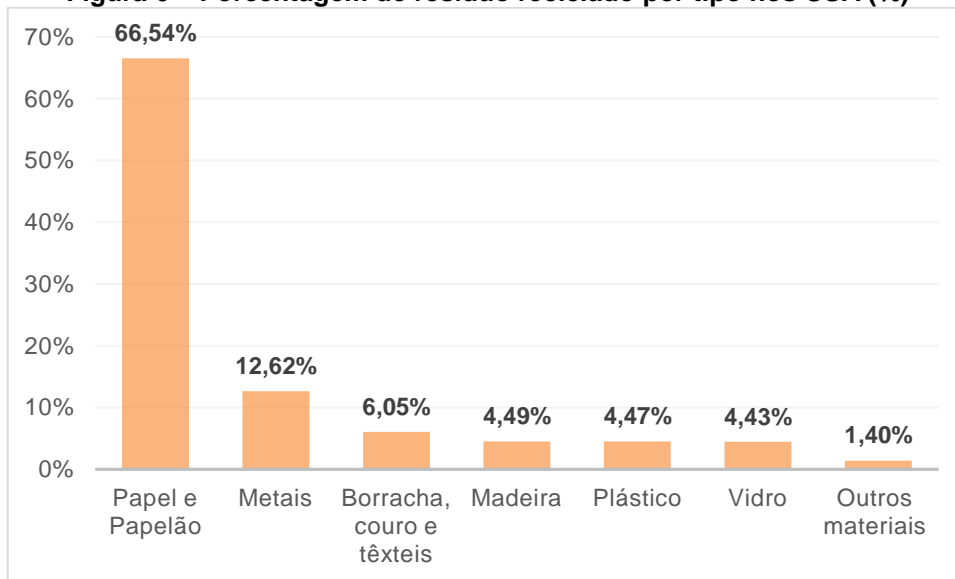
6.1.2 Geração de resíduos sólidos nos USA

Segundo dados da *United States Environmental Protection Agency* no ano de 2018 foram geradas 292,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) nos USA, o que representa aproximadamente 2,205 kg/hab/dia (Figura 5). O aumento registrado entre os anos de 2017 e 2018 tem relação com o aprimoramento da metodologia de coleta de dados feito pela agência (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2021).



Fonte: United States Environmental Protection Agency (2021)

Do total de RSU gerado em 2018 (292,4 milhões de toneladas), 23,6% foi reciclada, 8,6% foi destinado à compostagem, 6% foi de alimentos manejados por outros métodos, 11,8% foram incinerados como recuperação de energia e 50% dos RSU foram enviados para aterros sanitários (Figura 6) (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2021).

Figura 6 – Porcentagem de resíduo reciclado por tipo nos USA (%)

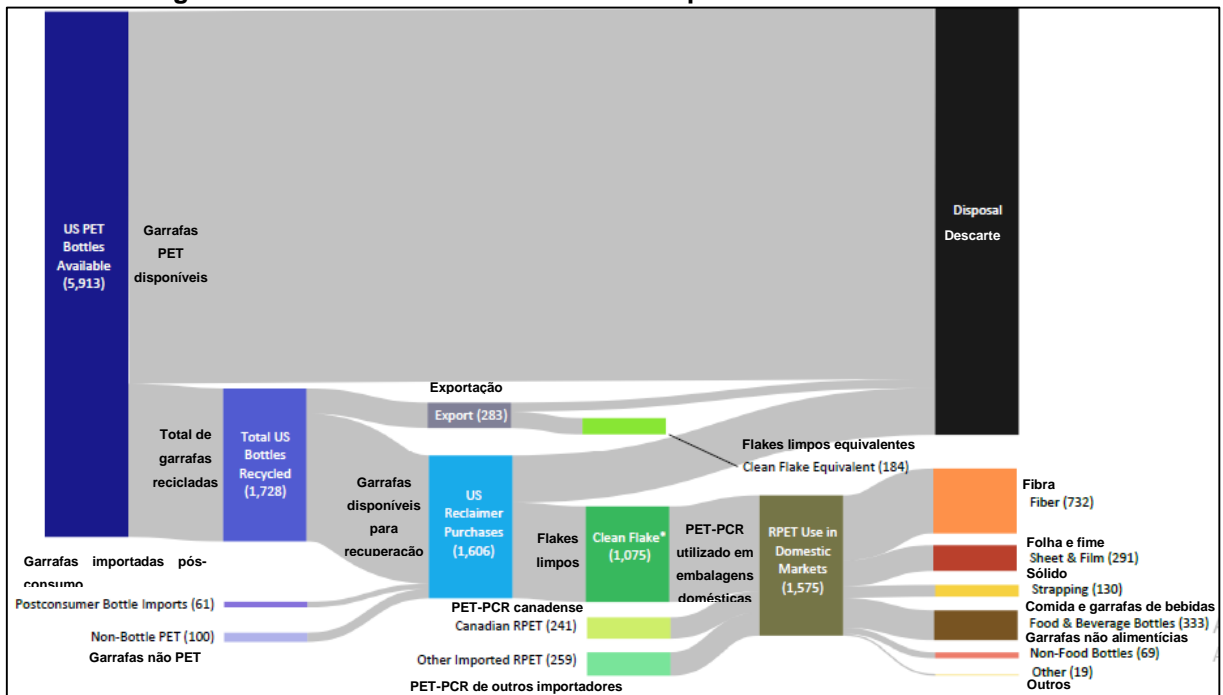
Fonte: United States Environmental Protection Agency (2021)

Nos USA, os produtos e materiais mais reciclados em 2018 foram caixas de papelão ondulado, produtos mistos de papel, jornais/papéis mecânicos, baterias de chumbo-ácido (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2021).

Um estudo realizado por Aphale, Thyberg e Tonjes (2015) analisou a composição de resíduos destinado à reciclagem por meio da coleta seletiva em três distritos da região de *New York* e verificou que os resíduos dos três distritos são de naturezas diferentes, e que algumas diferenças parecem estar ligadas a fatores socioeconômicos, como garrafas de vinho mais caras e mais jornais.

Em 2017, aproximadamente 5.913 milhões de libras de garrafas PET foram descartadas nos USA, desse total cerca de 29,2% foram recicladas (Figura 7) (THE NATIONAL ASSOCIATION FOR PET CONTAINER RESOURCES, 2018).

Figura 7 – Fluxo de material PET nos USA por milhões de libras em 2017



Fonte: Adaptado de The National Association for PET Container Resources (2018)

Levando em consideração o fluxo de material PET nos USA, de toda quantidade de garrafa PET disponível, apenas um percentual de 21,1% é utilizado para a produção de outras novas garrafas com a matéria-prima PET-PCR.

Nos USA a reciclagem do PET começou a ser utilizada para a fabricação de embalagens de alimentos na década de 90. As iniciativas para uso de garrafas PET-PCR vêm aumentando, conseqüentemente constata-se um grande número de empresas mundialmente conhecidas empenhando-se à incorporação da tecnologia *bottle-to-bottle* (BUENO *et al.*, 2020; MATOS; PEREIRA; SANTOS, 2020).

6.2 Mapeamento e análise do processo de logística reversa empregados na produção de garrafas PET-PCR de água

A empresa estudada anunciou que até 2022 alcançará 100% do uso de plástico reciclado em suas garrafas nos USA. Trabalhando em estreita colaboração com os principais fornecedores, ela quase quadruplicará seu uso de PET reciclado de grau alimentício (PET-PCR) em menos de três anos. O objetivo da empresa é retirar o ciclo único das garrafas descartáveis, projetando para serem coletadas, recicladas e reaproveitadas (POLAND SPRING, 2020a).

A empresa também foi pioneira em adicionar em suas garrafas, informações *How2Recycle* (Como reciclar) nos rótulos de suas principais marcas dos USA, lembrando os consumidores de esvaziar a garrafa e recolocar a tampa antes do descarte (Figura 8).

Figura 8 – Rótulo da garrafa objeto de estudo



Fonte: Aatoria Própria (2021)

Em concordância com Souza (2011), as indústrias estão iniciando a responsabilização por seus resíduos. É uma estratégia que as empresas, por força de legislações específicas, por artifícios de marketing ou na esperança de obter algum diferencial, podem lançar mão para recolher resíduos de seus produtos, impedindo que sejam lançados sem critérios na natureza.

As garrafas do processo produtivo objeto deste estudo são produzidas a partir de plástico PET pós-consumo reciclado (PCR) grau alimentício, que é cuidadosamente coletado, peneirado e classificado para evitar que outros tipos de plástico entrem no processo de fabricação de PET-PCR. Ou seja, o processo é extremamente detalhado e cuidadoso (POLAND SPRING, 2020b).

É extremamente importante que além da logística reversa da garrafa, exista um investimento em iniciativas que auxiliem essas embalagens PET serem destinadas de maneira correta. Desse modo, é essencial a conexão com o consumidor por meio do rótulo, para expressar a importância que o consumidor possui ao destinar para reciclagem cada garrafa (NESTLE WATERS NORTH AMERICA, 2019).

Para compreender melhor todo o processo da logística reversa e processo produtivo foi elaborado uma representação (Figura 9).



Fonte: Autoria Própria (2021)

A primeira etapa deste ciclo é o consumidor, ele consumirá a água e destinará a embalagem de forma adequada, conforme instruções do rótulo. A destinação poderá ser realizada tanto pelo serviço de coleta seletiva domiciliar, como em máquinas de venda reversa (MVR). Em ambas destinações, os resíduos são coletados e transportados por uma empresa contratada pelo município para uma central de resíduos, onde são classificados, com dois critérios: garrafas provenientes da coleta seletiva domiciliar e garrafas provenientes das máquinas de venda reversa.

Essa diferenciação se faz necessária porque as garrafas coletadas por meio das máquinas de venda reversa possuem uma melhor eficiência de classificação, devido a não se misturarem com restos de comidas, como pode ocorrer com as garrafas provenientes da coleta seletiva domiciliar.

Após a classificação, as garrafas são comprimidas em fardos de meia tonelada para serem entregues à uma empresa recicladora. O enfardamento é realizado para reduzir o volume e, portanto, viabilizar o transporte das garrafas.

A empresa recicladora (contratada da empresa objeto de estudo) é responsável por todo processo produtivo dos *pellets* (pequenos grânulos de resinas plásticas) de PET-PCR, e também é responsável por transportar esses *pellets* até a empresa objeto deste estudo para a fabricação de novas garrafas PET-PCR.

6.2.1 Máquina de venda reversa

Nos USA, 11 estados possuem a lei de logística reversa de vasilhames (*bottle-bill*). Em grandes redes de supermercado encontra-se a *reverse vending machine*, chamada máquina de venda reversa (MVR) (Figura 10), é uma máquina onde o consumidor devolve os recipientes vazios de bebidas, como garrafas e latas, para reciclagem. As máquinas são de empresas terceirizadas, contratadas pelo governo estadual.

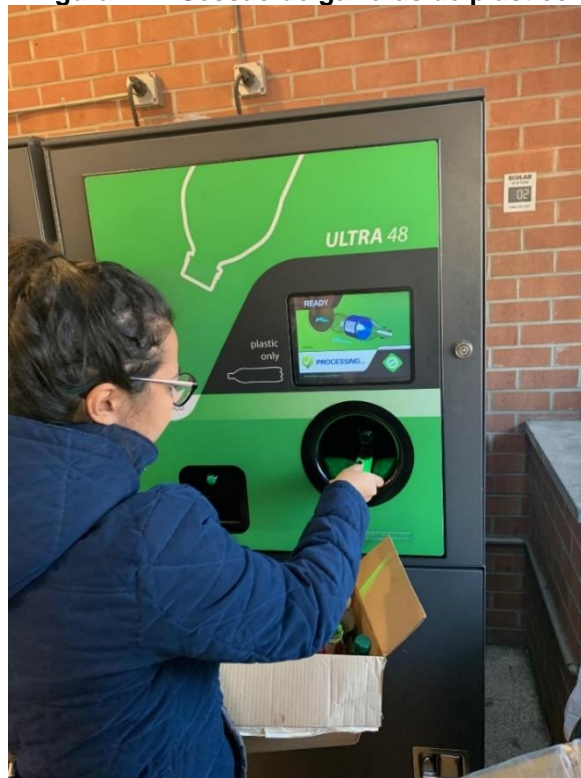
Figura 10 – Máquina de venda reversa na cidade de New Cannan – Connecticut - USA



Fonte: Autoria Própria (2020)

Cada resíduo, como garrafa de plástico, garrafa de vidro e lata, dispõe de uma máquina diferente. No dispositivo há a indicação de como o o consumidor deve posicionar e inserir cada material. No exemplo trata-se de uma máquina para destinação de garrafas de plástico (Figura 11).

Figura 11 – Sessão de garrafas de plástico



Fonte: Autoria Própria (2020)

As MVRs são capazes de reconhecer o recipiente de bebida por meio do código de barras. Segundo Liukkonen (2015) em seu estudo, foi possível verificar a precisão de leitura dos códigos de barras dessas máquinas, o sistema alcançou 95,2% de precisão de reconhecimento em códigos de barras preto e branco comuns e 94,7% de precisão em códigos de barras com barras coloridas, como verde e azul escuro, em um fundo branco. A precisão de reconhecimento para códigos de barra metálicas reflexivas em um branco fundo foi de 86,7% e para códigos de barras com barras pretas em fundo vermelho o a precisão foi de 33%, ou seja, a coloração do código de barras tem influência sob a eficácia da identificação na devolução.

Após a identificação, a máquina devolve reembolso ao consumidor final. O valor a ser retornado depende de cada estado. Em *Connecticut* e *Maine* é de \$0,05 por cada garrafa de plástico (Figura 12).

Utiliza-se o termo reembolsável, dado que no valor final do produto (na hora em que o consumidor compra) está incluso este valor a mais, caso o consumidor recicle nas máquinas, contará com esta devolução. Ou seja, é um incentivo para a utilização das máquinas e destinação adequada das embalagens.

Figura 12 – Recibo dos resíduos retornáveis



Fonte: Autoria Própria (2020)

No momento da entrega é gerado um recibo com valores referente aos resíduos recicláveis que foram inseridos na máquina, esse valor poderá ser trocado

por dinheiro no caixa do supermercado onde está instalada a máquina, ou utilizado como crédito em compras neste mesmo estabelecimento.

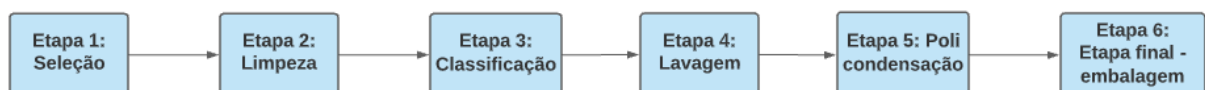
A gestão do custo acontece dessa forma: os fabricantes iniciam o processo somando o custo do vasilhame com a taxa de depósito apropriada (cinco centavos ou quinze centavos) para cada recipiente de bebida sujeito a este programa que é vendido no estado. Os varejistas de bebidas repassam esse custo ao consumidor no momento da compra, cobrando a taxa de depósito. Este depósito incentiva os consumidores a devolverem seus vasilhames a uma MVR. A empresa recicladora recolhe os vasilhames da MVR e recicla os recipientes recolhidos para a empresa objeto deste estudo (MAINE, 2019).

No Brasil há ações similares, com a instalação de uma máquina de venda reversa em uma rede de supermercados, o projeto foi denominado “Recycle e Ganhe Extra”, na qual a entrega da embalagem PET ou alumínio compensava-se a cupons de troca no mercado. Outro projeto é a “Estação de Reciclagem Pão de Açúcar-Unilever”, uma parceria de duas empresas cujos “postos de entrega voluntária” recebem materiais recicláveis, que são doados a cooperativas de catadores. Em cinco anos foram instalados postos em 100 lojas localizadas em 17 municípios (GONÇALVES-DIAS; TEODÓSIO, 2006).

6.2.2 Etapas da produção de *pellets* de PET-PCR

O processo de produção de *pellets* PET-PCR por meio da empresa recicladora é distribuído em 6 etapas: seleção, limpeza, classificação, lavagem, poli condensação e a etapa final (Figura 13).

Figura 13 – Processo de produção de *Pellets*



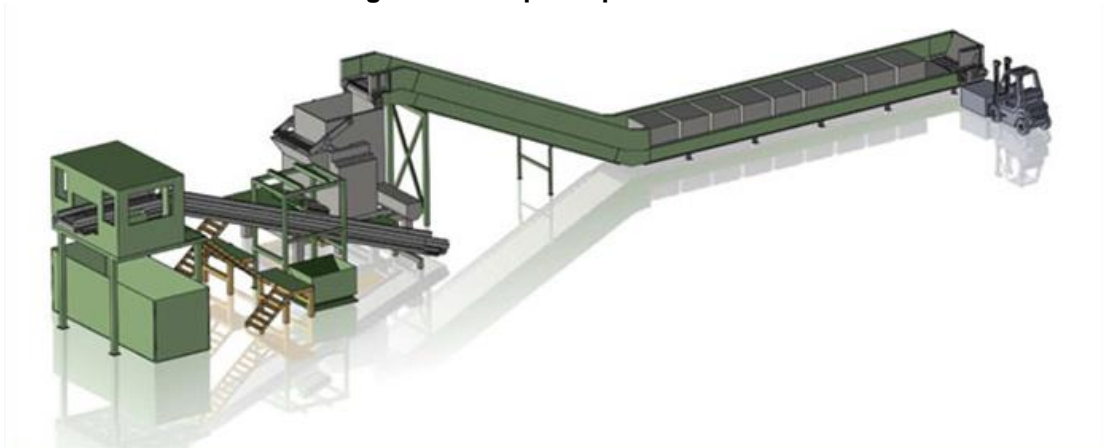
Fonte: CarbonLITE Recycling (2019)

As etapas do produção de *pellets* PET-PCR serão descritas na sequência.

6.2.2.1 Etapa 1: Seleção (mesa de seleção)

A primeira etapa é a seleção das garrafas PET (Figura 14).

Figura 14: Máquina quebra-fardos



Fonte: CarbonLITE Recycling, 2019

As garrafas de plástico usadas nesta etapa são oriundas da coleta seletiva da cidade e das máquinas de venda reversa. Chegam comprimidas em fardos e nessa etapa do processo uma máquina quebra-fardos descompacta-as e se têm de volta as garrafas individuais (CARBONLITE RECYCLING, 2019).

6.2.2.2 Etapa 2: Limpeza

A segunda etapa é a limpeza das garrafas (Figura 15).]

Figura 15 – Máquina de limpeza



Fonte: CarbonLITE Recycling, 2019

Cada garrafa é separada de qualquer resíduo ou destroço, o processo de retirada das tampas das garrafas é realizado manualmente. Após esse processo, as garrafas são lavadas em água cáustica quente para limpeza e retirada dos rótulos (CARBONLITE RECYCLING, 2019).

A marca estudada solicita aos consumidores que no momento do descarte das garrafas, as mesmas venham com as tampas. É realizado este pedido em relação a eficiência do processo, pois a partir do momento que a garrafa está tampada não entra nenhum outro líquido na mesma, pois a garrafa suja no processo, muitas vezes, torna o ineficiente (POLAND SPRING, 2020a).

6.2.2.3 Etapa 3: Classificação

A terceira etapa é a classificação das garrafas (Figura 16).

Figura 16 – Máquina de triagem automática



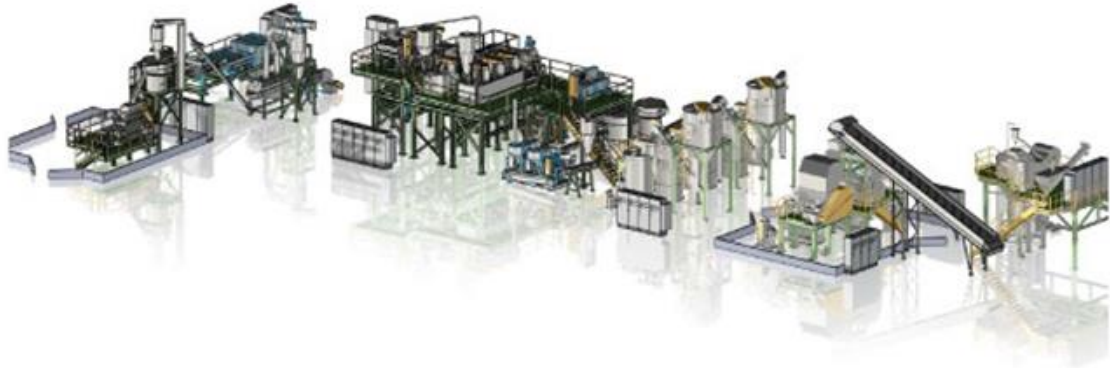
Fonte: CarbonLITE Recycling (2019)

O equipamento de triagem automática separa as garrafas em três fluxos: PET transparente, PET verde e não PET. O fluxo não PET é separado e vendido a terceiros. Resíduos não PET estão no processo por que a destinação não foi realizada corretamente (CARBONLITE RECYCLING, 2019).

6.2.2.4 Etapa 4: Lavagem

A quarta etapa é relacionado a lavagem (Figura 17).

Figura 17 – Máquina de lavagem



Fonte: CarbonLITE Recycling, 2019

O PET transparente e PET verde são transformados semelhantes a *flakes* (pequenos flocos de PET), podendo ser separado por cor ou com as cores misturadas. Após essa transformação os *flakes* são lavados, enxaguados e secos (CARBONLITE RECYCLING, 2019).

6.2.2.5 Etapa 5: Poli condensação

A quinta etapa é o estágio de poli condensação de estado sólido (Figura 18).

Figura 18 – Máquina de descontaminação



Fonte: CarbonLITE Recycling, 2019

Os *flakes* limpos e secos são aquecidos sob vácuo para remover quaisquer contaminantes que possam existir. Este sistema de descontaminação é reconhecido

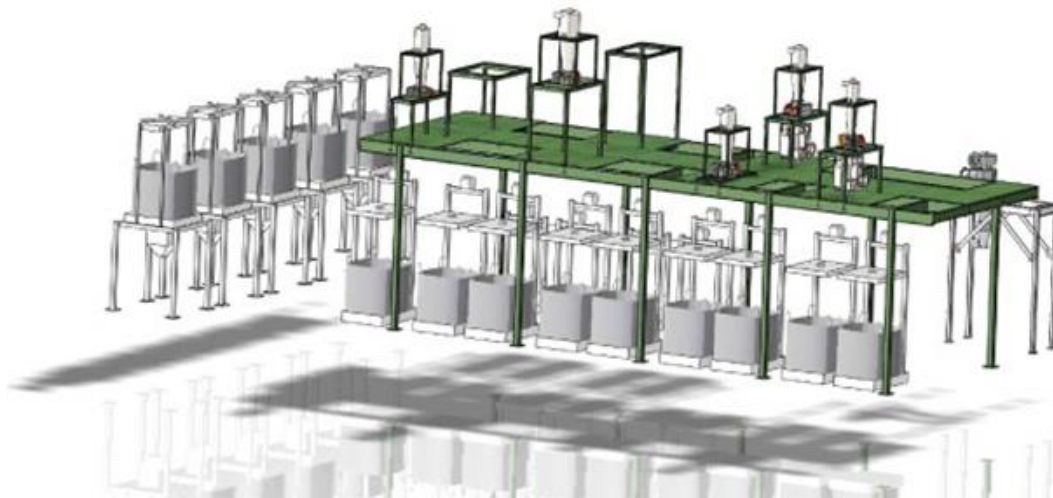
pela *Food and Drug Administration* (FDA) como aceitável para uso subsequente em embalagens diretas de alimentos. Os *flakes* purificados são derretidos e extrudados em *pellets*. O produto acabado é semelhante em consistência ao arroz (CARBONLITE RECYCLING, 2019).

Esta etapa é chamada de *super-clean*, são altas temperaturas ($>220^{\circ}\text{C}$) por um tempo de (6-15h) possibilitam, além da eliminação dos contaminantes, um aumento da viscosidade e da cristalinidade do polímero, comparáveis a da resina PET virgem (MATOS; PEREIRA; SANTOS, 2020).

6.2.2.6 Etapa 6: Etapa final de embalagem

A etapa de finalização do processo engloba o armazenamento e o transporte (Figura 19).

Figura 19 – Máquina de armazenamento



Fonte: CarbonLITE Recycling, 2019

Os *pellets* de PET-PCR são armazenados e transportados para a empresa objeto de estudo para a utilização da tecnologia *botte-to-bottle* na produção de novas garrafas PET-PCR. A partir dessa etapa, o processo é similar a produção de garrafas PET, o diferencial é a matéria prima produzida com PET-PCR.

6.3 Análise das estratégias de Logística Reversa

Ao analisar o processo de logística reversa para a produção de garrafas PET-PCR de água, observou-se a importância das estratégias de comunicação e incentivo para que o gerador faça a destinação correta das embalagens, e para que assim o processo possa ser viabilizado.

Utilizar as embalagens como mecanismo de comunicação a fim de instruir as pessoas como proceder para o descarte adequado é uma estratégia de logística reversa para atrair a boa prática do consumidor final.

As máquinas de venda reversa estão em praticamente todas as cidades, dos estados dos USA que possuem a lei *bottle-bill*. São comumente encontradas em grandes supermercados, sendo essa uma importante estratégia para viabilizar a logística reversa e a reciclagem. Infere-se que essa estratégia poderia ser aplicada no Brasil em larga escala, uma vez que até o momento, o que se tem são iniciativas pontuais.

A PNRS em seu artigo 33 estabelece que fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes devem estruturar e implementar sistemas de logística reversa de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Dessa forma, a utilização de MVRs poderia ser uma das estratégias do setor de embalagens (BRASIL, 2010a).

O acordo setorial do setor de embalagens prioriza a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda. Assim, infere-se que estes poderiam contribuir nas fases de coleta, transporte e enfardamento dos materiais. De forma a garantir maior quantidade de material destinado de maneira ambientalmente adequada e oportunidade de renda para os catadores.

7 CONCLUSÃO

Ao analisar dados de geração de RSU, verificou-se que nos USA são gerados em média 2,205 kg/hab/dia e no Brasil em torno de 1,039 kg/hab/dia. De todo o PET reciclado em 2018 nos USA, 21,1% foi direcionado para a fabricação de embalagens PET-PCR grau alimentício. Já o Brasil apresentou em 2017, uma destinação de 25,7% de PET pós-consumo reciclado para embalagens não alimentícias e alimentícias.

Assim, embora haja avanços em termos de reciclagem, em relação ao Brasil e USA, o crescimento necessita ser contínuo, pois a quantidade de material reciclado não acompanha o ritmo do que é produzido e consumido, algo que passa por falta de implementação de políticas públicas voltadas para esse fim, entre outros fatores.

As estratégias de LR observadas neste projeto estimulam boas práticas do consumidor final. Utilizando a embalagem da garrafa a empresa buscou orientar o consumidor como destiná-las para que o ciclo produtivo seja contínuo. O consumidor inicia o ciclo por meio do consumo de água, destina a garrafa corretamente, preferencialmente nas MVRs, permitindo que a empresa recicladora recicle o resíduo e possibilitando a fabricação de *pellets*.

A empresa objeto de estudo utiliza os *pellets* para a fabricação de novas garrafas PET-PCR, promovendo uma economia circular.

REFERÊNCIAS

ADLMAIER, Diogo; SELLITTO, Miguel Afonso. Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados: um estudo de caso em logística reversa. **Revista Produção**, v.17, p. 395-406, 2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 20 de 26 de março de 2008**. Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre embalagens de polietilenotereftalato (PET) pós-consumo reciclado grau alimentício (PET-PCR grau alimentício) destinados a entrar em contato com alimentos. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/390501/RDC_20.pdf/289a388c-aa83-47f1-93fc-5165410dc13f. Acesso em: 03 set. 2020.

AMBEV. **Relatório de Sustentabilidade 2017**. 2017. Disponível em: <https://www.ambev.com.br/conteudo/uploads/2018/07/Relat%C3%B3rio-de-Sustentabilidade-Cervejaria-Ambev-2017.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2021.

APHALE, Omkar; THYBERG, Krista L.; TONJES, David J. Differences in waste generation, waste composition, and source separation across three waste districts in a New York suburb. **Elsevier**, v.99, p. 19-28, mar. 2015.

ARAÚJO, Narcísio Cabral de; QUEIROZ, Abílio José Procópio; GUIMARÃES, Pablo Luiz Fernandes; GOMES, Antônia Araújo. Gravimetria e abordagem econômica dos resíduos sólidos urbanos do município de Barra de São Miguel – Paraíba. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, p. 67-72, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Perfil 2019**. ABIPLAST, 2019. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2019/> Acesso em: 04 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017-2018**. ABRELPE, 2019. 64 p. ISSN 2179-8303

BRASIL. **Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010**. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências Diário Oficial da União, DF, 23 de dezembro de 2010b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm. Acesso em: 01 set. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 9.177, de 23 de outubro de 2017**. Regulamenta o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, e complementa os art. 16 e art. 17 do Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010 e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9177.htm. Acesso em: 04 abr. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 ago. 2010a.

BRASIL. **PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.** 2020. Disponível em: <http://consultaspublicas.mma.gov.br/planares/wp-content/uploads/2020/07/Plano-Nacional-de-Res%C3%ADduos-S%C3%B3lidos-Consulta-P%C3%ABblica.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2021.

BUENO, Eliana; CUNHA, Edinaldo José de Sousa; RACANELLI, Lêda de Azevedo; SOUZA, José Antônio da Silva. A Influência do Uso de Polietileno Tereftálico Virgem (Pet-V) e Pós-Consumo Reciclado (Pet-Pcr), nos Parâmetros de Qualidade na Produção de Embalagens Destinadas a Bebidas. **Brazilian Journal Of Development**, v.6, p. 2189-2208, 2020.

CARBONLITE RECYCLING. **Process.** 2019. Disponível em: <http://www.carbonliterecycling.com/process/>. Acesso em: 27 mar. 2021.

CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; JUNIOR, Jorge Luiz dos Santos; ROCHA, Sandra Mara Santana. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: A Brazilian case review. **Waste Management & Research**, v.32 p. 19-31, 2014.

COALIZÃO EMBALAGENS. **A coalização.** 2019a. Disponível em: <https://www.coalizaoembalagens.com.br/a-coalizao/>. Acesso em: 02 abr. 2021.

COALIZÃO EMBALAGENS. **Ações do Acordo Setorial.** 2019b. Disponível em: <https://www.coalizaoembalagens.com.br/acordo-setorial-acoes-e-resultados/>. Acesso em: 02 abr. 2021.

CONNECTICUT. **BOTTLE BILL FAQ.** 2009. Disponível em: <https://portal.ct.gov/DEEP/Reduce-Reuse-Recycle/Bottles/Bottle-Bill-FAQ>. Acesso em: 02 abr. 2021.

CONTAINER RECYCLING INSTITUTE. **What is a Bottle Bill.** 2007. Disponível em: <http://www.bottlebill.org/index.php/about-bottle-bills/what-is-a-bottle-bill>. Acesso em: 14 set. 2020.

CRUZ, Sandra A.; OLIVEIRA, Éder C.; OLIVEIRA, Fernando C. S. de; GARCIA, Pâmela S.; KANEKO, Manuela L. Q. A. Polímeros reciclados para contato com alimentos. **Revista Scielo**, v.21, p. 340-345, 2011.

DORNIER, Philippe Pierre; ERNST, Ricardo; FENDER, Michel; KOUVELIS, Panos. **Logística e Operações Globais.** São Paulo: Editora Atlas, 2000. 724 p. ISBN 8522425884

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards The Circular Economy.** Economic and business rationale for an accelerated transition: The Ellen Macarthur Foundation, 2013. 96 p.

EUROPEAN COMMISSION. **A European Strategy For Plastics In A Circular Economy**. 2018. Disponível em: <https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/plastics-strategy-brochure.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2021.

FLEISCHMANN, Moritz. **Quantitative Models for Reverse Logistics**. 2000. 223 f. Tese (Doutorado) – Erasmus University Rotterdam, Rotterdam, 2000.

GIACOBO, Fabiano; ESTRADA, Rolando J. S.; CERETTA, Paulo Sergio. Logística Reversa: A Satisfação do Cliente no Pós-venda. **Revista REAd**, v.9, p. 2-17, 2013.

GONÇALVES-DIAS, Sylmara Lopes Francelino; TEODÓSIO, Armindo dos Santos de Sousa. Estrutura da cadeia reversa: “caminhos” e “descaminhos” da embalagem PET. **Production** v.16, p. 429-441, 2006.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPALA, Jyri. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Journal Elsevier**, v.143, p. 37-46, 2017.

LEITÃO, Alexandra. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal Of Finance**, v.1, p. 150-171, 2015.

LEITE, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 250 p. ISBN 8576053659

LIUKKONEN, Jere. **Machine vision system for a reverse vending machine**. 2015. Dissertação (Mestrado) - Curso de Electrical Engineering, School Of Electrical Engineering, Aalto University, Espoo, 2015.

LOFTIMATOS, Tassio Francisco. **Avaliação da viabilidade de reintegração de resíduos de PET pósconsumo ao meio produtivo**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Carlos, 2009.

MACEDO, Indira Maria Estolano; SOUZA, Michely Duarte Leal Coutinho de; SHINOHARA, Neide Kazue Sakugawa; SANTOS, Caroliny Santana dos; SILVA, Maria Karollyna Gomes da. Reciclagem do Polietileno Tereftalato (PET) no Fomento da Economia Circular. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p.57704-57723, 2020.

MAINE. **MAINE'S BEVERAGE CONTAINER REDEMPTION PROGRAM (BOTTLE BILL)**. 2019. Disponível em:

<https://www.maine.gov/dep/sustainability/bottlebill/index.html>. Acesso em: 02 abr. 2021.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Estudo de Caso: uma estratégia de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008. 97 p.

MATOS, Monique Cristina Carvalho; PEREIRA, Patricia da Costa; SANTOS, Shirleny Fontes. Um olhar tecnológico sobre pet, sua reciclagem e o processo bottle-to-bottle. **Brazilian Journal Of Development**, v.6, p. 41669-41688, jun. 2020.

MATTHEWS, Chris; MORAN, Fintan; JAISWAL, Amit K. A review on European Union's strategy for plastics in a circular economy and its impact on food safety. **Journal Of Cleaner Production**, v. 283, p. 1-12, 2020.

NESTLE WATERS NORTH AMERICA. **Poland Spring® 100% Natural Spring Water to Use 100% Recycled Plastic by 2022**. 2019. Disponível em: <https://www.nestle-watersna.com/nestle-water-news/pressreleases/poland-spring-100-percent-recycled-plastic-by-2022>. Acesso em: 27 mar. 2021.

PEREIRA, André Luiz; BOECHAT, Cláudio Bruzzi; TADEU, Hugo Ferreira Braga; SILVA, Jersone Tasso Moreira; CAMPOS, Paulo Március Silva. **Logística reversa e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning Edições Ltda, 2012. 208 p. ISBN 9788522110636

POLAND SPRING. **MADEBETTER**. 2020a. Disponível em <https://www.polandspring.com/made-better>. Acesso em: 27 mar. 2021.

POLAND SPRING. **SAFETY & HANDLING**. 2020b. Disponível em <https://www.polandspring.com/safety-and-handling>. Acesso em: 03 abr. 2021.

Quinta e Costa, M.; Monteiro, I., Ribeiro, V., & Dias, S. 2019. **Urjalândia a Circular: economia circular**.

RIBEIRO, F. de M.; KRUGLIANSKAS, Isak. A Economia Circular no contexto europeu: Conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. **XVI Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente (ENGEMA)**. São Paulo, 2014.

ROGERS, Dale S.; TIBBEN-LEMBKE, Ronald S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**. Reno: Reverse Logistics Executive Council, 1998. 275 p. ISBN 0967461901

SANTOS, Renata Borini Marcondes e; JUNIOR, Sergio Silva Braga; SILVA, Dirceu da; SATOLO, Eduardo Guilherme. Analysis of the Economic and Environmental Benefits through the Reverse Logistics for Retail. **American Journal of Environmental Protection**, v.3, p. 138-143, 2014.

SOARES, Luciana Lopes de Souza. **Determinação de Contaminantes em Bebidas Não-Alcoólicas Acondicionadas em Garrafas PET Pós-Consumo Recicladas (PET - PCR)**. 2011. 100 p. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SOARES, Luciana Lopes de Souza; BOMFIM, Marcus Vinicius Justo; BAZILIO, Fabio Silvestre; ALMEIDA, Rodrigo Justo de; ABRANTES, Shirley de Mello Pereira; DIAS, Marcos Lopes; KUNIGAM, Claudete Norie; BRASIL, Marcos Gaertner; SOARES André Almeida. Determinação de acetaldeído e contaminantes em embalagens de pet pós consumo reciclado. **Revista Analytica**, São Paulo-SP, v. 62, p. 52-57, 2013.

SOUZA, Sueli Ferreira; FONSECA, Ulisses Lage da. Logística Reversa: Oportunidades para Redução de Custos em Decorrência da Evolução do Fator Ecológico. **Revista Terceiro Setor**, v.3, p. 29-39, 2009.

THE NATIONAL ASSOCIATION FOR PET CONTAINER RESOURCES. **Postconsumer PET Container Recycling Activity in 2017**. 2018. Disponível em: https://napcor.com/wp-content/uploads/2018/11/NAPCOR_2017RateReport_FINAL_rev.pdf. Acesso em: 02 abr. 2021.

United States Environmental Protection Agency. **EPA's Regulations on Reverse Distribution an Policy on Reverse Logistics**. 2019. Disponível em: <https://rcrapublic.epa.gov/files/14915.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.

United States Environmental Protection Agency. **Sustainable Materials Management Basics**. 2020. Disponível em: <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-basics#smm%20strategic%20plan>. Acesso em: 27 set. 2020.

United States Environmental Protection Agency. **Sustainable Materials Management Basics**. 2021. Disponível em: <https://www.epa.gov/facts-and-figures-about-materials-waste-and-recycling/national-overview-facts-and-figures-materials>. Acesso em: 02 abr. 2021.

VALGROUP. **VALGROUP E DANONE ÁGUAS APRESENTAM: GARRAFAS 100% PCR**. 2020. Disponível em: <https://valgroup.com.br/2020/10/30/100-pcr/>. Acesso em: 02 abr. 2021.

WELLE, Frank. Twenty years of PET bottle to bottle recycling—An overview. **Journal Elsevier, Freising**, v.55, p. 865-875, 2011.