

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MARIA EDUARDA YUMI OYAMAGUTI

Estudo dos resíduos sólidos gerados pelo uso de cápsulas de dose única, em máquinas de bebidas, listados em ordem de prioridade de gestão, visando a reciclagem, tratamento e destinação final adequada dos materiais

SÃO CARLOS

2024

MARIA EDUARDA YUMI OYAMAGUTI

Estudo dos resíduos sólidos gerados pelo uso de cápsulas de dose única, em máquinas de bebidas, listados em ordem de prioridade de gestão, visando a reciclagem, tratamento e destinação final adequada dos materiais

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Ambiental, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Ambiental.

Orientador: Prof. Sênior Valdir Schalch

VERSÃO CORRIGIDA

SÃO CARLOS

2024

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues
Fontes da EESC/USP

098e	Oyamaguti, Maria Eduarda Yumi Estudo dos resíduos sólidos gerados pelo uso de cápsulas de dose única, em máquinas de bebidas, listados em ordem de prioridade de gestão, visando a reciclagem, tratamento e destinação final adequada dos materiais / Maria Eduarda Yumi Oyamaguti; orientador Valdir Schalch. -- São Carlos, 2024. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2024. 1. Gerenciamento de resíduos. 2. Cápsulas de bebidas. 3. Reciclagem. 4. Logística reversa. I. Título.
------	--

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Maria Eduarda Yumi Oyamaguti**

Data da Defesa: 10/06/2024

Comissão Julgadora:

Resultado:

Valdir Schalch (Orientador(a))

APROVADA

Luciana Rezende Alves de Oliveira

APROVADA

Rodrigo Eduardo Cordoba

APROVADA



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

*Dedico este trabalho a minha Mãe
Vó, Maria Torres Okumura, por
todo apoio, força e amor que me
ofereceu durante toda a vida e que
me ajudou a me tornar a pessoa que
sou hoje.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha Mãe Vó, Maria Torres Okumura, por todo amor e dedicação que teve comigo durante toda a vida, por ser símbolo de força e resiliência para mim, por acreditar no meu crescimento e me dar força para chegar até aqui e me ajudado a ser quem eu sou.

Agradeço aos meus pais, Luiz Wataru Oyamaguti e Mitiko Okumura, por me darem suporte durante toda a minha vida e me incentivarem a estudar e realizar meus sonhos. Além disso, também agradeço às minhas irmãs, tios e primos por todo carinho e incentivo durante minha vida.

Agradeço ao meu companheiro, Lucas Alexandre Moraes, por todo apoio e ajuda durante toda a minha jornada até aqui e pelo apoio incondicional.

Agradeço aos meus amigos, em especial a Lídia Moura, que me incentivaram e contribuíram positivamente para a minha formação.

Por fim, agradeço aos professores da Universidade de São Paulo, do campus São Carlos, por todos os ensinamentos, em especial o professor Valdir Schalch pela oportunidade de aprendizado, suporte e pela contribuição para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

RESUMO

OYAMAGUTI, M. E. Y. **Estudo dos resíduos sólidos gerados pelo uso de cápsulas de dose única, em máquinas de bebidas, listados em ordem de prioridade de gestão, visando a reciclagem, tratamento e destinação final adequada dos materiais.** 2024. 58f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

Estudos afirmam que a contemporaneidade gerou significativas mudanças na alimentação humana. O novo conceito de modernidade alimentar engloba também o consumo de alimentos líquidos por meio de bebidas em cápsulas. Dessa forma, considerando as relações de consumo existentes, somado à crescente necessidade de independência, prazer e tecnologia proporcionado pelas máquinas de bebidas em cápsulas, faz-se necessário o estudo sobre os potenciais resíduos e riscos causados por esse hábito. Dessa forma, com o auxílio da literatura, o presente estudo tem como objetivo elencar em ordem de prioridade de gestão os possíveis resíduos sólidos gerados pelo uso dessas máquinas e o preparo de bebidas em cápsulas, bem como propor alternativas viáveis para o tratamento e destinação correta de cada um, com o intuito de maximizar a reutilização e reciclagem dos materiais, assim como minimizar potenciais riscos e impactos ambientais causados. Como resultado, identificou-se oportunidades de melhorias nos fluxos dos processos, considerando uma melhoria contínua que tenha como foco minimizar os impactos ambientais sofridos pelo novo hábito de consumo oferecido. Dessa forma, o estudo tem como intuito servir como base para que as empresas comercializadoras de tais produtos proponham fluxos bem definidos visando o mínimo de impacto possível ao meio ambiente, considerando a destinação incorreta de seus produtos. Além disso, medidas que reforcem a reutilização, reciclagem de materiais e pontos para destinação correta desses resíduos são fundamentais para que os consumidores de tais produtos estejam conscientes e o resultado seja mais assertivo.

Palavras-chaves: Gerenciamento de resíduos. Cápsulas de bebidas. Reciclagem. Logística reversa.

ABSTRACT

OYAMAGUTI, M. E. Y. **Study of the order of priority of solid waste generated by the use of a capsule beverage preparation machine, with a view to recycling the materials, treatment and appropriate final destination.** 2024. 58f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

Studies show that contemporary times have brought about significant changes in human nutrition. The new concept of food modernity also includes the consumption of liquid food through capsule drinks. Thus, considering the existing consumer relations, together with the growing need for independence, pleasure and technology provided by capsule drink machines, it is necessary to study the potential waste and risks caused by this habit. Thus, with the help of the literature, this study aims to list in order of management priority the possible solid waste generated by the use of these machines and the preparation of capsule drinks, as well as proposing viable alternatives for the treatment and correct disposal of each one, with the aim of maximizing the reuse and recycling of materials, as well as minimizing potential risks and environmental impacts caused. As a result, opportunities were identified for improving process flows, considering continuous improvement with a view to minimizing the environmental impacts of the new consumption habits offered. In this way, the study aims to serve as a basis for companies selling such products to propose well-defined flows aimed at minimizing the impact on the environment, considering the incorrect disposal of their products. In addition, measures to reinforce the reuse and recycling of materials and points for the correct disposal of this waste are essential if consumers of these products are to be aware and the result more assertive.

Keywords: Waste management. Beverage capsules. Reuse and recycling. Reverse Logistic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Simbologia para identificação de materiais de embalagens	22
Figura 2: Cápsula compostável de papel	23
Figura 3: Modelo Linear de desenvolvimento	29
Figura 4: Análise de ciclo de vida e gestão de resíduos	29
Figura 5: 5 R's da Sustentabilidade	31
Figura 6: Tipos de cápsulas de bebidas comumente disponíveis no mercado	38
Figura 7: Composição geral de camadas de materiais de cápsulas mistas (alumínio e plástico).	39
Figura 8: Exemplo de composição geral de cápsulas reutilizáveis.....	44
Figura 9: Incentivo e conscientização para cada tipo de cápsulas de bebidas	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Definição de resíduos de Classe IIA e IIB.....	20
Tabela 2: Dados conforme média de preparo de bebidas de café em máquinas de dose única.	38

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ISO – International Organization for Standardization

NBR - Norma Brasileira Registrada

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

PEV – Pontos de entrega voluntária

PET – Polietileno Tereftalato

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PVC – Policloreto de Vinila

PEBD – Polietileno de Baixa Densidade

PP – Polipropileno

PS – Poliestireno

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1. OBJETIVO GERAL	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	17
3.1.1. RESÍDUOS SÓLIDOS	17
3.2. CRESCIMENTO DOS RESÍDUOS DOMICILIARES NO BRASIL	18
3.3. CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	19
3.4. CÁPSULAS DE BEBIDAS	21
3.4.1. EMBALAGENS E SIMBOLOGIAS DE COMPONENTES	21
3.5. GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	25
3.6. LOGÍSTICA REVERSA	28
3.6.1. OS 5R'S DA SUSTENTABILIDADE	30
3.7. COLETA SELETIVA NO BRASIL	32
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
6. CONCLUSÕES	47
7. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

Gandia et al., (2019) em sua pesquisa, afirmam que os conceitos de modernidade alimentar mudaram devido ao comportamento do consumidor. O modo como a alimentação é percebida foi modificado, surgindo um novo conceito, o de modernidade alimentar. Os consumidores buscam além de apenas satisfazerem suas funções fisiológicas, buscam por prazer, praticidade e inovação. Dessa forma, pode-se afirmar que as máquinas de bebidas em cápsulas surgiram em um momento de transição de hábitos alimentares em uma sociedade carente de modernidade. Nesse contexto, a tecnologia apresentada pelas máquinas de bebidas em cápsulas contribui para os novos modos de consumo alimentar, visando a qualidade, praticidade, inovação.

Estudos realizados por Fisher (1995), descrevem que o fator “tempo” é um dos principais e mais evidentes indicadores, responsável pela crescente necessidade de praticidade no dia a dia do consumidor. Embora um dos objetivos das máquinas de bebidas em cápsulas seja a entrega de praticidade e revolução do hábito de consumo de bebidas, deixam a desejar no quesito qualidade da entrega de muitos produtos. Um exemplo disso, de acordo com Teixeira (2014, p. 105), é o café solúvel em cápsula que, embora entregue o benefício de praticidade, não entrega qualidade de aroma e o sabor desejado pelos consumidores. Paralelamente, Carrêlo (2014) afirma que às máquinas de bebidas em cápsulas, permitem que consumidores usufruam de bebidas com comodidade e praticidade, no conforto de suas casas.

Considerando que as cápsulas atendem a crescente necessidade de modernidade e as mudanças nos padrões de consumo de bebidas. A geração de resíduos sólidos urbanos tem se tornado um problema global crescente, visto que normalmente as cápsulas de bebidas levam em sua composição plástico, alumínio e contêm uma mistura de componentes, como filtros e outras embalagens e matéria orgânica, que não são facilmente recicláveis (MARDER et al., 2018; GANDIA et al., 2018).

De acordo com Guimarães (2018), o consumidor possui pouca ou nenhuma orientação do que fazer com as cápsulas pós consumo, e os pontos de coleta disponíveis são poucos e de difícil acesso, tornando o processo de reciclagem mais complicado. Por isso, geralmente, as cápsulas são descartadas de forma indiferenciada e, em partes, descartadas em aterros sanitários ou incineradores.

Quando descartadas em aterros sanitários ou no meio ambiente, podem demorar anos para se degradar e causar grandes problemas ao mesmo. Soma-se a isso o crescente desenvolvimento industrial e os avanços tecnológicos que, por sua vez, provocaram um aumento significativo na quantidade e alteração na composição desses resíduos, fazendo necessário que as administrações públicas busquem maiores eficiência na prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos em busca de soluções integradas efetivas (GANDIA et al., 2019)

A destinação correta dos resíduos gerados pelas cápsulas é fundamental do ponto de vista ambiental, visto que, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é essencial a correta disposição de resíduos, visando a preservação dos recursos naturais, manutenção da saúde pública e adequação à legislação (BRASIL, 2010). A ordem de prioridade de resíduos sólidos é um princípio importante para o gerenciamento de resíduos, que estabelece uma hierarquia de ações a serem tomadas para minimizar o impacto ambiental dos resíduos. A Lei nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) regulamentada pelo decreto nº 10.936, de janeiro de 2022, defende a destinação final adequada dos resíduos no Brasil com o intuito de proteger o meio ambiente e a saúde humana, estabelecendo novos instrumentos de gestão como a responsabilidade do gerador até o consumidor, estimulando, primeiramente a não geração, a reciclagem e a compostagem e proibição do descarte de resíduos sólidos a céu aberto.

A reciclagem, contribui tanto para a preservação do meio ambiente, como também pode apresentar vantagens por possibilitar a venda, ao promover o reprocessamento e retorno de produtos em novos ciclos. Além disso, a reciclagem pode proporcionar trabalhos informais para aquelas pessoas que encontraram neste setor uma possibilidade de obter renda para manterem suas famílias, além de promover o crescimento das cooperativas nos centros urbanos do nosso país. Outra atividade difusa no Brasil é a coleta seletiva de resíduos sólidos, que ocorre em grande parte por meio de ação anônima e precária de catadores, que atuam tanto nas áreas urbanas, quanto em inúmeros lixões (GUIMARÃES, 2018).

Em resumo, a crescente geração de resíduos sólidos é resultado de um padrão de produção e necessidade de consumo que, aliado ao gerenciamento inadequado, tem provocado efeitos ambientais indesejáveis e muitas vezes irreversíveis. Para isso, é fundamental o estudo da ordem de prioridade de resíduos sólidos gerados pelo uso de máquina de preparo de bebidas em cápsulas, visando a reutilização e reciclagem dos materiais, bem como a destinação final

adequada. Para que tais efeitos ambientais indesejados ou até mesmo irreversíveis sejam evitados. É fundamental que medidas reforcem a reutilização e reciclagem desses resíduos, como também pontos de coletas para destinação correta.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar a ordem de prioridade de gestão de resíduos sólidos gerados pelo uso de máquinas de preparo de bebidas em cápsulas, com o intuito de maximizar a reciclagem de materiais, além de apresentar formas de tratamento e destinação ambientalmente correta para minimizar potenciais impactos ambientais causados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar por meio de estudos a prioridade de resíduos gerados pelo uso de máquinas de bebidas em cápsulas;
- Verificar oportunidades de reutilização e reciclagem dos materiais;
- De acordo com a ordem de prioridade de resíduos, estudar e analisar a destinação final ambientalmente adequada.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A Lei nº 12.305/10, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto 10.936/2022, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos orientadores da política, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, mas não os radioativos. Também define as responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis. De acordo com seu artigo 1º. “estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010).

A lei, portanto, contém instrumentos importantes para permitir ao país enfrentar os principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Também prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos ou promover a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos, ou seja, aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado (MONTEIRO, 2001).

3.1.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

Nos termos da lei, rejeitos e resíduos são conceitos diferentes. Em seu art. 3º, inc. XVI, a PNRS define resíduos sólidos como:

[...] todo material, substância, objeto ou bem descartados resultantes 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 particularidade 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 da melhor tecnologia disponível.

Em seu art. 3º, inc. XV a PNRS define rejeitos como:

[...] 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.

De acordo com essa Lei (12.305, de 02 de agosto de 2010), os resíduos sólidos são classificados quanto à sua origem, sendo definidos como: domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimento comerciais e prestadores de serviço, industriais, construção civil, serviços de públicos e saneamento básico, serviços de saúde, agrossilvopastoril, transporte e de mineração.

De acordo com Bitencourt (2015), os resíduos sólidos podem apresentar valores econômicos, ambientais e sociais. Sendo assim, viabiliza-se o reaproveitamento desses materiais no próprio processo produtivo, ou como matéria-prima para novos produtos e garante benefício a todos os envolvidos, tais como: recursos naturais renováveis e não renováveis, as cooperativas de materiais reutilizáveis e recicláveis e os fabricantes de novos produtos. Deve-se ressaltar que os resíduos recicláveis não devem ser misturados aos resíduos orgânicos, aos perigosos e muito menos aos rejeitos, pois a mistura dos resíduos os torna rejeito, lixo, sem valor comercial, pois são encaminhados, em sua maioria, aos Aterros Sanitários. Sendo assim, é fundamental que os resíduos sólidos tenham gestão e gerenciamento adequados, tendo início pela segregação na fonte geradora, a ser realizada de acordo com suas classes e tecnologias disponíveis para sua destinação ambientalmente adequada (SÃO PAULO, 2013).

3.2. CRESCIMENTO DOS RESÍDUOS DOMICILIARES NO BRASIL

A partir da primeira Revolução Industrial, a produção tornou-se uma das principais atividades econômicas da sociedade moderna, no entanto, ela tem gerado grande impacto no meio ambiente em escalas globais (PALMA et al., 2017).

Segundo Guimarães (2018), devido a evolução da tecnologia, como consequência da modernidade, houve um significativo aumento dos resíduos sólidos gerados com uma grande variedade de componentes utilizados como matérias primas. Como efeito disso, gerou-se mais dificuldades na área de preservação ambiental.

Por outro lado, estudos de Cavalcanti (2004), afirmam que o desenvolvimento tecnológico pode atuar como forma de minimização dos efeitos negativos das atividades produtivas para o meio ambiente. Por meio de inovações tecnológicas que favorecem a convivência adequada dos seres humanos com o meio de tal forma que resíduos descartados de forma irregular no meio ambiente possam ser reutilizados.

Perante essa nova perspectiva e priorizando o conceito de sustentabilidade, as indústrias, a partir da busca por condições cada vez mais sustentáveis, e opções para minimização dos impactos e diminuição dos resíduos descartados, começaram a investir em inovações tecnológicas e processos de reutilização de materiais (MARACAJÁ et al., 2020). De acordo com Misoscky e Bohm (2012), a melhor solução para os problemas ambientais está na inovação tecnológica e na expansão da produção industrial. Com isso a reciclagem passa a ser uma prática ambiental considerada nos principais processos de sustentabilidade nas organizações, que conforme Grippi (2001), constitui uma sequência de atividades, através de materiais que seriam descartados, sendo desviados, separados e processados a fim de serem utilizados como matéria-prima na produção de novos produtos, anteriormente, feitos, apenas com matéria-prima virgem (Berté et al., 2013).

3.3. CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A classificação dos resíduos propicia um gerenciamento adequado, uma vez que possibilita a avaliação das características químicas, físicas e biológicas a fim de determinar potenciais riscos de contaminação. Devido à diversidade de composição dos resíduos, existem múltiplas formas de classificá-los.

A PNRS e a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10004 e NBR 10007 estabelecem critérios de classificação e códigos para identificação dos resíduos de acordo com as suas características. Quanto à Periculosidade, tem-se:

Classe I – Resíduos Perigosos

Aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Apresentam periculosidades determinadas como: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Estes podem ser restos de tinta, material hospitalar, produtos químicos, produtos radioativos, lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias.

Classe II - Resíduos não perigosos

Trata-se de resíduos que podem ser subdivididos em dois grupos: IIA - não inertes e IIB - inertes, conforme tabela 1.

Tabela 1: Definição de resíduos de Classe IIA e IIB.

	Definição	Exemplos
IIA - Não inertes	Resíduos que não se apresentam como inflamáveis, corrosivos, tóxicos, patogênicos e não possuem tendência a sofrer reação química e apresentam propriedades biodegradáveis, ou solúveis em água.	Restos de alimentos, madeiras, materiais têxteis, fibras de vidro, lixas e gesso, e lama proveniente de sistemas de tratamento de águas.
IIB - Inertes	Resíduos que quando em contato com água não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas, e expostos a temperaturas médias mantêm-se inalterados por um longo período de tempo.	Areia limpa

Fonte: Adaptado de BRASIL. Lei nº 12.305 de 12 de agosto de 2010.

Quanto à origem dos resíduos, pela PNRS, Lei 12.305/2010, temos a seguinte classificação:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

3.4. CÁPSULAS DE BEBIDAS

Com o intuito de reduzir tempo e trazer praticidade aos consumidores, as cápsulas de bebidas contêm uma dose dos ingredientes necessários para preparar uma única medida da bebida desejada. As cápsulas de bebidas normalmente são específicas para cada marca, ou seja, bebida em cápsula de uma marca, normalmente não pode ser utilizada na máquina de bebidas em cápsulas de outra marca, e vice-versa, contribuindo para o crescimento de resíduos desse tipo, de diferentes formas e tamanhos.

Estudos indicam que, com o aumento da acessibilidade, devido aos baixos custos, o consumo de café em cápsulas começou a se popularizar no país. Por outro lado, vale ressaltar que, como consequência a esse crescimento, tem-se em paralelo um crescimento na geração de resíduos oriundos deste setor. Entretanto, a indústria da reciclagem até o momento, não conseguiu acompanhar a evolução da geração desse tipo de resíduos.

A maioria das cápsulas não é facilmente reciclável devido à sua composição de materiais mistos e à falta de infraestrutura de reciclagem adequada. Com isso, gerou-se quantidades significativas de cápsulas sendo descartadas em aterros sanitários, contribuindo para a poluição ambiental e os problemas de gestão de resíduos (PORTELA, RIBEIRO, 2014).

3.4.1. EMBALAGENS E SIMBOLOGIAS DE COMPONENTES

Com relação aos materiais utilizados para compor as cápsulas de bebidas, existem diferentes materiais que podem ser utilizados, variando de acordo com o desenvolvimento do produto, preço, resistência do material e embalagem, validade, modalidade de fabricação e preparação da bebida desejada, seja ela café, leite ou outro.

De acordo com ABRELPE (2022), um consumidor brasileiro gera em média, por ano, uma quantidade de resíduos domiciliar de aproximadamente 381 kg, portanto, faz-se necessário o descarte adequado e a separação dos diferentes materiais. Nesse sentido, a simbologia brasileira de identificação de materiais possui símbolos para os seguintes materiais recicláveis,

com o intuito de facilitar essa separação, sendo eles: papel, vidro, aço, alumínio e plásticos, de acordo com as diretrizes técnicas estabelecidas pela ABNT NBR 13230:2008 (ABNT, 2008).

No caso do plástico, a simbologia para identificação é formada por três setas no formato de um triângulo, apontadas em sentido horário, e apresenta um código numérico, que identifica o tipo de plástico, conforme representado na Figura 1. A ausência dessas simbologias ou o uso inadequado pode dificultar o processo de reciclagem de materiais e contribuir para o desperdício de materiais que podem ser recicláveis.

A Figura 1 apresenta as simbologias, conforme ABNT para identificação de materiais contidos em embalagens de produtos.

Figura 1: Simbologia para identificação de materiais de embalagens.



Fonte: ABNT NBR 13230:2008.

Os tipos de plástico abrangidos pela simbologia são:

1. Polietileno Tereftalato (PET);
2. Polietileno de Alta Densidade (PEAD);
3. Policloreto de Vinila (PVC);
4. Polietileno de Baixa Densidade (PEBD);
5. Polipropileno (PP);
6. Poliestireno (PS);
7. Outros.

Estudos realizados pela Associação Brasileira de Defesa ao consumidor (PROTESTE, 2016), identificaram que, no geral, as marcas deixam de orientar adequadamente os consumidores da maneira correta, com relação ao descarte do resíduo de seus produtos (ALVIM, 2016). Além disso, de acordo com esses estudos, as marcas também deixaram a

desejar no quesito disponibilidade de informações, em seus sites, sobre os pontos de entrega voluntária (PEV) podendo ser caçambas, containers ou conjunto de tambores, devidamente identificados. Os PEVs são conhecidos como o principal meio de destinação considerada adequada para os resíduos de cápsulas de bebidas. Para isso, basta que o consumidor armazene o resíduo, ou seja, as cápsulas usadas, e o entregue nos PEVs disponíveis, normalmente quando ofertados pela marca da qual ele adquiriu o produto.

Ainda com relação aos tipos de embalagens existentes para cápsulas de bebidas, tem-se:

- Cápsulas de papel
- Cápsulas de plástico
- Cápsulas de alumínio
- Cápsulas mistas

As cápsulas de papel são como sachês, com formato achatado e redondo. São comumente utilizadas para preparo de café e sua composição consiste basicamente em filtros de papel, preenchido com o café e posteriormente selado por pressão e temperatura nas bordas via estampagem, como ilustra a figura 2. Esses tipos de cápsulas são vendidos em pequenas embalagens de alumínio preenchidas com nitrogênio, criando uma atmosfera inerte para aumentar o prazo de validade do produto, já que o papel não isola completamente o alimento ao ambiente.

Figura 2: Cápsula compostável de papel



Fonte: MARCA, 2023.

Segundo CAFÉJO (2017), cápsulas desse tipo são de fácil fabricação, leves e recicláveis e tem baixo custo, no entanto, seu uso não é tão comum devido ao número restrito de marcas de máquinas de café que são adaptáveis a este tipo de cápsula (DUARTE et al, 2012).

No final de 2022, a Nestlé anunciou sua primeira máquina de café que irá trabalhar com cápsulas produzidas em papel. Com foco na sustentabilidade desde o desenvolvimento das cafeteiras até o pós-consumo das cápsulas, as cápsulas NEO, são feitas a partir de papel certificado pela organização não governamental Forest Stewardship Council (FSC) e um polímero biodegradável compostável, dessa forma a cápsula protege o café de alta qualidade da oxidação e garante a extração perfeita. Além disso, as cápsulas de NEO foram criadas para se decompor de forma similar às cascas de frutas, ou seja, de forma natural e em cerca de seis meses. Além disso, essas cápsulas também possuem os selos OK Compost Home e OK Compost Industrial, que comprovam sua compostagem doméstica e industrial pela certificadora ambiental TUV Áustria (NESTLÉ, 2023).

Em geral, às cápsulas de bebidas, seguem o mesmo padrão de preparo. Ou seja, elas são inseridas em suas devidas máquinas, correspondente às suas marcas, a máquina é fechada e então a água quente é adicionada pela parte superior do equipamento, passando pelo material da cápsula e preparando a bebida desejada.

No caso das cápsulas feitas preferencialmente de plásticos, devido à elevada temperatura e pressão de operação das máquinas de café, é importante que o material plástico utilizado na fabricação dessas cápsulas seja resistente quando exposto a altas temperaturas e, além disso, possuir grau alimentício de pureza. É importante que o material não sofra decomposição que possa liberar compostos ao ser submetido às condições de operação da máquina.

Os principais materiais utilizados para fabricação de cápsulas plásticas de bebidas, devido às suas propriedades, são: polipropileno (PP), polietileno (PS), polietileno tereftalato (PET). Dentre eles, o mais comumente utilizado é o polipropileno, por se tratar de um material termoplástico, ou seja, que pode ser moldado e conformado ao formato desejado. De acordo com GUIMARÃES (2018), o processo de conformação desse tipo de cápsulas pode ser feito via termoformagem (artigos descartáveis e embalagens rígidas), extrusão (filmes plásticos), injeção (utensílios domésticos e baldes de aplicação na indústria alimentícia) sopro convencional e injeção estiramento-sopro.

A vantagem do PP se deve ao fato de possuir baixa densidade, aproximadamente 0,910 g/cm³, o que permite a produção de peças leves, de baixa permeabilidade ao vapor d'água, alta resistência química e à fadiga por flexão (RETO, 2008). Além disso, é um plástico

relativamente barato e de fácil coloração. Segundo, DUARTE et al (2012) o plástico é sensível aos raios ultravioletas e a agentes de oxidação, degradando-se facilmente sob a ação destes reagentes (CANEVAROLO, 2004).

De forma similar, tem-se as cápsulas feitas de alumínio, que é considerado como um dos melhores materiais para preservação da qualidade de cápsulas de café, por garantir um bom isolamento contra luz, umidade e oxigênio presente na atmosfera. Entretanto, vale ressaltar que tal modelo de cápsulas apresenta desvantagens, tais como a complexidade de combinação entre o alumínio e o material filtrante, bem como o custo elevado para a fabricação utilizando esse tipo de material, em comparação aos demais citados neste estudo. Por outro lado, o alumínio é um metal reciclável, consumindo até 95% menos energia em sua reutilização e reciclagem em comparação com sua produção primária a partir de bauxita.

Com o intuito de reduzir custos de produção e manter um atrativo de alta qualidade, foram desenvolvidas cápsulas mistas, compostas principalmente por alumínio e plástico, com o intuito de unir as características interessantes desses dois materiais, reduzir custos e, principalmente, atingir um público maior da população. Entretanto, as cápsulas mistas ainda introduziram uma nova possibilidade ao método de preparo de bebidas, onde uma xícara de bebida pode requerer duas cápsulas para ser preparada, por exemplo, uma cápsula de leite e outra de café. Dessa forma, para algumas marcas e sabores, este tipo de cápsula gera o dobro de resíduo por xícara preparada (GUIMARÃES, 2018).

Por fim, é importante ressaltar que existem outras cápsulas de bebidas no mercado compostas por outros tipos de resíduos de embalagens difíceis de serem destinados, que apresentam em sua composição materiais que dificultam o processo de reciclagem. Perante tais dilemas de reciclagem, Cerri (2011) afirma que para que a reciclagem pós-consumo do resíduo funcione, o processo requer iniciativas concretas dos produtores, educação e atitude do usuário, e um sistema de coleta disponível.

3.5. GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

De acordo com Schalch et al., (2002), o termo “gestão” é a definição de um conjunto de normas e diretrizes que regulamentem os arranjos institucionais (identificação dos diferentes agentes envolvidos e seus respectivos papéis), os instrumentos legais e os mecanismos de financiamento. A gestão de resíduos sólidos abrange atividades referentes à tomada de decisões

estratégicas e à organização do setor para esse fim, envolvendo instituições, políticas, instrumentos e meios.

Em seu art. 3º, inc. XI a PNRS define gestão integrada de resíduos sólidos como:

[...] conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

O Gerenciamento é a realização do que a gestão delibera, através da ação administrativa, de controle e planejamento de todas as etapas do processo. Uma vez definido um modelo básico de gestão de resíduos sólidos, contemplando diretrizes, arranjos institucionais, instrumentos legais, mecanismos de financiamento, entre outras questões, deve-se criar uma estrutura para o gerenciamento dos resíduos, de acordo com o modelo de gestão (SCHALCH et al., 2002).

A PNRS, em seu art. 3º, inc. X, define gerenciamento de resíduos sólidos como:

[...] conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei.

O gerenciamento ambiental de uma organização promove conhecimento exato da situação, segurança no cumprimento da legislação, controle e tratamento das emissões para o meio ambiente; mecanismos e programas de melhoria contínua da atuação ambiental, minimização de impactos; melhoria na imagem e prestígio frente a colaboradores, administração e sociedade em geral, além da economia de recursos financeiros no controle de gastos e análise de desperdício. (FRANKENBERG et al., 2000).

Segundo Lima (2002), após a geração do resíduo, é necessário gerenciá-lo da melhor maneira possível. Alguns precisam de tratamento, outros podem ir para a reciclagem, e muitos vão direto para o aterro.

Fazendo parte do gerenciamento de resíduos, as quatro abordagens distintas apresentadas por Valle (2002) demonstram alguns princípios da PNRS:

I) Abordagem preventiva, orientada para diminuir o volume e o impacto causado pelos resíduos. Em casos extremos pode-se eliminar completamente os resíduos pela prevenção de sua geração.

II) Abordagem corretiva, direcionada para trazer de volta ao ciclo produtivo matérias-primas, substâncias e produtos extraídos dos resíduos depois que eles já foram gerados. A reutilização e a reciclagem são formas de reaproveitar resíduos.

III) Abordagem técnica que visa alterar as características de um resíduo, neutralizando seus efeitos nocivos. O tratamento pode conduzir a uma valorização do resíduo – abordagem de cunho econômico dirigida para extrair valores materiais ou energéticos, que contribuem para diminuir os custos de tratamento e, em alguns casos, podem gerar receitas superiores a esses custos.

IV) Abordagem passiva, orientada para conter os efeitos dos resíduos, mantendo-os sob controle, em locais que devem ser monitorados.

A coleta e o acondicionamento dos resíduos realizados separadamente, permitem a reutilização de certos materiais pela própria indústria ou por outras indústrias, seja como matéria-prima ou combustível. De acordo com a FUNASA (2014), conhecer e planejar os processos e tecnologias para o gerenciamento de resíduos é fundamental para a adequada implantação dos sistemas que gerenciam os resíduos sólidos, assim como para a melhoria de unidades de gerenciamento já existentes.

A PNRS prevê que todos os geradores são responsáveis pelo gerenciamento correto dos resíduos sólidos e que a logística reversa não é uma obrigação apenas para os fabricantes dos produtos, mas também da sociedade e dos pequenos geradores (SEBRAE, 2016).

Dessa forma, entre as etapas do gerenciamento de resíduos, tem-se:

- Segregação: que consiste na separação dos resíduos no momento e local da sua geração de acordo com suas características químicas, físicas, biológicas, seu estado físico e os riscos envolvidos (SILVA, 2021)
- Identificação dos resíduos: consiste no reconhecimento dos resíduos, fornecendo informações sobre o correto manejo dos mesmos.
- Coleta e transporte dos resíduos: consiste no transporte dos resíduos dos pontos de geração até local destinado ao armazenamento temporário ou armazenamento externo com a finalidade de apresentação para a coleta.
- Destinação Final: é o tratamento dos resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e/ou reaproveitamento energético, dentre outras formas admitidas pelos órgãos ambientais.
- Disposição Final: é a distribuição ordenada de rejeitos, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos

Com isso, pode-se entender que o conceito de destinação final ambientalmente adequada pode ser a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético dos resíduos, além de outras destinações admitidas pelos órgãos públicos competentes, entre eles a disposição final (FARIA, 2012).

3.6. LOGÍSTICA REVERSA

A PNRS define a logística reversa (BRASIL, 2010) como 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.

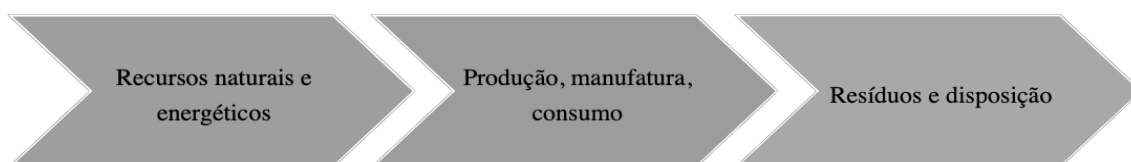
Entre outros princípios e instrumentos introduzidos pela PNRS, destacam-se a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa. Nos termos desta política, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é:

“O conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos

resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos.”

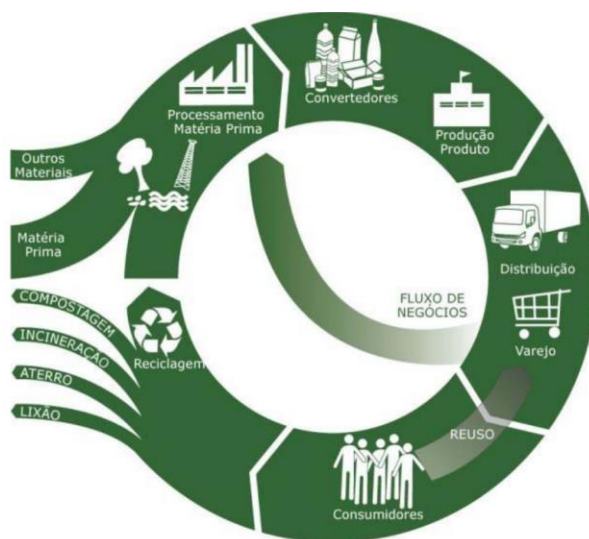
Mancini e Zanin (2009), evidenciam em seus estudos que o modelo linear de desenvolvimento, exemplificado na figura 3, para o gerenciamento de resíduos vem sendo substituído por um modelo com base nos ciclos de vida e integração da gestão de resíduos, como indicado na figura 4.

Figura 3: Modelo Linear de desenvolvimento



Fonte: Adaptado de Mancini, Zanin, 2009.

Figura 4: Análise de ciclo de vida e gestão de resíduos



Fonte: INMETRO, 2018.

Considerando o contínuo crescimento da população mundial, o consumo de recursos e geração de resíduos atual já é considerado insustentável para o planeta (MANCINI, ZANIN, 2009).

Analisando o ciclo de vida de alguns grupos de resíduos sólidos, pode-se afirmar que alguns materiais possuem composições químicas que são nocivas ao meio ambiente. Dessa forma, uma maneira de proporcionar uma destinação final adequada para esses tipos de resíduos é por meio da logística reversa, que proporciona um caminho alternativo para que esse resíduo seja reaproveitado ou obtenha uma destinação final ambientalmente adequada.

Dessa forma, a logística reversa apresenta-se como um dos instrumentos para aplicação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. O papel do consumidor neste processo é devolver produtos e embalagens aos comerciantes ou distribuidores após o uso. Já os fabricantes e importadores devem fornecer uma disposição ambientalmente adequada aos produtos e embalagens coletadas ou devolvidas, e os resíduos devem ser enviados para o descarte ambientalmente adequado, na forma estabelecida pelo órgão competente (SOBRINHO, 2009).

Além disso, de acordo com Korhnen et al., (2018), economia circular apresenta-se como uma iniciativa de desenvolvimento sustentável com o objetivo de reduzir os fluxos de produção de materiais lineares e energia de sistemas de produção, aplicando ciclos de materiais, fluxo de energia renováveis e em cascata ao sistema linear. A economia circular promove ciclos de material de alto valor ao lado de reciclagem e desenvolve abordagens de sistemas para a cooperação de produtores, consumidores e outros atores da sociedade no trabalho de desenvolvimento sustentável. Soma-se a isso a necessidade de conscientização e divulgação de informações por meios de comunicação para auxiliar na viabilização tanto da logística reversa como da promoção da economia circular a fim de minimizar os impactos dos resíduos sólidos domiciliares ao meio ambiente.

3.6.1. OS 5R'S DA SUSTENTABILIDADE

A PNRS prevê no art. 9 desta lei, “na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (SILVA, 2021).

Dessa forma, segundo a SEBRAE (2016), a não geração de resíduos sólidos busca avaliar a necessidade de consumir um determinado produto ou se é possível substituí-lo por outro de menor impacto ambiental, bem como otimizar processos para que consumam menos matéria e gerem menos resíduos.

Assim, corroborando Silva et al., (2017), é importante ressaltar que a Política dos 5 R's da Sustentabilidade visa a redução da geração de resíduos por meio de um processo educativo que objetiva uma mudança de hábitos no cotidiano dos cidadãos fazendo-os repensarem seus valores e práticas reduzindo o consumo exagerado e o desperdício.

Nesse sentido, tem-se que a Política dos 5 R's da sustentabilidade consistem em 5 ações, conforme figura 5.

Figura 5: 5 R's da Sustentabilidade



Fonte: Eco Plásticos, 2021.

- Repensar: reconsiderar processos socioambientais de produção, desde a extração de matéria prima, passando pelas condições de trabalho, distribuição, até o descarte. Refletir a real necessidade de consumo aos nossos hábitos, ou seja, perguntar-se a real necessidade de comprar o que é desejado (SILVA et al., 2017).
- Recusar: consiste em recusar a aquisição de produtos que prejudicam a saúde e o meio ambiente, preferindo produtos de empresas que tenham compromisso com o meio ambiente. Por exemplo: recusar sacos plásticos e embalagens não recicláveis, aerossóis e lâmpadas fluorescentes, que causam enorme impacto ambiental (ALKMIM, 2015).
- Reduzir: Minimizar desperdícios de produtos, consumindo somente o necessário, dando preferência aos que tenham maior durabilidade. Por exemplo: adquirindo refis de produtos, escolhendo produtos que tenham menos embalagens ou embalagens econômicas, sempre dando prioridade às

embalagens retornáveis e ter sempre sua sacola de compras ao invés de utilizar as sacolas plásticas (ALKMIM, 2015).

- Reutilizar: consiste em encontrar uma nova utilidade para produtos que seriam descartados, ampliando a vida útil do produto e economizando na extração de matérias primas. Alkmim (2015) sugere “criar produtos artesanais a partir de embalagens de vidro, papel, plástico, metal e utilizando os dois lados do papel, fazendo blocos de notas e rascunhos preservam-se muitas árvores”.
- Reciclar: De acordo com Silva et al., (2017) reciclar consiste em “transformar algo usado em algo totalmente novo, com a mesma característica do velho ou mesmo sendo feito outro produto, sendo assim usado apenas o material para confeccionar o produto reciclado”.

3.7. COLETA SELETIVA NO BRASIL

A PNRS, em seu art. 3º, inc. V, define coleta seletiva como:

[...] coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição.

Segundo Gomes et al (2014), a coleta seletiva e reciclagem são elementos básicos e indispensáveis de todo sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, sendo a coleta considerada pela PNRS como um dos instrumentos (artigo 8º, inciso III), enquanto a reciclagem constitui-se em um dos objetivos da referida lei (artigo 7º, inciso II).

A prática da separação dos resíduos orgânicos (restos de alimentos, cascas de frutas, legumes etc.) e dos resíduos inorgânicos (papéis, vidros, plásticos, metais etc.) facilita a reciclagem porque os materiais, estando mais limpos, têm maior potencial de reaproveitamento e comercialização (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2000). Dessa forma, a separação dos materiais recicláveis cumpre um papel estratégico na gestão integrada de resíduos sólidos sob vários aspectos: estimula o hábito da separação do lixo na fonte geradora para o seu aproveitamento, promove a educação ambiental voltada para a redução do consumo e do desperdício, gera trabalho e renda e melhora a qualidade da matéria orgânica para a compostagem.

Entre as vantagens ambientais da coleta seletiva, tem-se a redução do uso de matéria-prima virgem e a economia dos recursos naturais renováveis e não renováveis; a economia de

energia no reprocessamento de materiais se comparada com a extração e produção a partir de matérias-primas virgens e, além disso, a valorização das matérias-primas secundárias, bem como a redução da disposição de resíduos nos aterros sanitários e dos impactos ambientais decorrentes (RIBEIRO et al, 2007).

Segundo Francischetto e Pinheiro (2016), a integração de associações ou cooperativas na gestão dos resíduos é um meio importante para a ampliação da economia solidária e inserção de indivíduos que, por motivos diversos, acabam marginalizados e omitidos do mercado de trabalho. Nesse sentido, a coleta seletiva, além de contribuir significativamente para a sustentabilidade urbana, vem incorporando gradativamente um perfil de inclusão social e de geração de renda para os setores mais carentes e excluídos do acesso aos mercados formais de trabalho (SINGER, 2002), uma vez que possibilita a valorização econômica dos materiais recicláveis e seu potencial de geração de negócios, trabalho e renda.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Considerando os objetivos apresentados, o presente trabalho caracterizou-se como um estudo de casos e análises a partir de literaturas relacionadas a ordem de prioridade de resíduos sólidos gerados pelo uso de máquina de preparo de bebidas em cápsulas, visando a reutilização e reciclagem dos materiais, bem como o tratamento e destinação final adequada. Para isso, foi necessária uma análise sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos e estudo das leis que visam o mesmo.

Nesse sentido, o trabalho foi dividido em 3 etapas:

- Levantamento de informações relacionadas ao gerenciamento dos resíduos sólidos, para análise de priorização de resíduos;
- levantamento de informações relacionadas aos resíduos oriundo de bebidas em cápsulas e potenciais destinações corretas, para levantar oportunidades de reutilização e reciclagem dos materiais;
- Discussão dos dados levantados e fomentados por esses estudos analisados, para analisar a destinação final ambientalmente adequada.

Primeiro, listou-se os tipos de cápsulas comumente disponíveis no mercado para estudar as características de cada uma delas, como composição, tamanho, formato e o ciclo de vida desses produtos. Os dados revelaram que as cápsulas de bebidas de papel, alumínio e plástico com alumínio compõe uma grande quantidade dos resíduos gerados por esse hábito de consumo de bebida de dose única.

Para o desenvolvimento desse trabalho, utilizou-se de estudos da literatura, tais como artigos, revistas, sites de empresas e livros, bem como de informações disponíveis em especificações técnicas do produto, para estudar diferentes tipos de cápsulas de bebidas, sendo elas:

- Cápsulas de papel
- Cápsulas de alumínio;
- Cápsulas de alumínio e plástico;

Para o presente trabalho, avaliou-se o estudo técnico, econômico e ambiental de reutilização e reciclagem de cada um dos tipos de cápsulas e, com base na priorização de

resíduos dos tipos de cápsulas, analisou-se estratégias para o gerenciamento e reciclagem desses materiais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a evolução nos métodos de preparo da bebida de café e introdução de doses individuais, há uma crescente preocupação com os resíduos pós-consumo gerados pelas cápsulas, uma vez que o seu descarte incorreto acarreta em vários problemas ambientais.

De acordo com Lacerda (2002), o conceito “ciclo de vida” de um produto, do ponto de vista logístico, representa a ideia de que a “vida” de um produto não termina com sua entrega ao cliente. Ou seja, os produtos que perdem suas funções, devem retornar ao seu ponto de origem para serem adequadamente descartados, reparados ou reaproveitados. A avaliação do ciclo de vida (ACV) tem sido uma das ferramentas mais utilizadas para avaliar o desempenho ambiental de processos e produtos (Hellweg et al., 2014). Essa metodologia compila e avalia os insumos, os produtos e os potenciais impactos ambientais associados ao sistema de produção considerado ao longo do seu ciclo de vida. Logo, ACV é uma ferramenta útil para promover a conscientização e a educação ambiental (HOESKSTRA, 2015).

SHIBAO et al., (2010) em seus estudos explicam que o retorno do produto à sua origem é fundamental para que a empresa que o produziu seja responsável pela sua destinação adequada, podendo recuperar, reciclar, vender para outra empresa ou, até mesmo descartar. Com intuito de minimizar problemas ambientais, empresas desenvolveram uma abordagem de logística reversa dedicada para suas cápsulas, que são coletadas em vários pontos de reciclagem e recicladas de maneira sustentável.

Em seus estudos, LIVA et al., (2003, p. 5), definem que a logística reversa tem a seguinte relação com o âmbito dos negócios:

- Proteção ao meio ambiente: Uma vez que o aumento de reciclagem e reutilização de produtos reduz a quantidade de resíduos;
- Diminuição dos custos: devido ao retorno de materiais ao ciclo produtivo;
- Melhoria da imagem da empresa perante o mercado: Atualmente, as empresas ambientalmente responsáveis, representam uma forte publicidade positiva;
- Melhor custo/benefício: apesar dos custos com a estruturação de uma logística reversa, os benefícios ambientais, bem como uma boa imagem para o mercado são fatores positivos e interessantes para empresas que buscam cada vez mais a sustentabilidade;

- Aumento significativo nos lucros da empresa: Considerando que, uma vez bem estruturada a prática de reutilização de materiais resulta em uma redução de custos de compra de matéria-prima.

Entre os estudos analisados, utilizando como base bebidas café, sabe-se que a embalagem e o consumo de energia para o preparo da bebida também apresentam impactos significativos (Humbert et al., 2009). De acordo com Furfori et al., (2012), aproximadamente metade dos impactos da bebida mapeado nas etapas do ciclo de vida, estão sob o controle dos produtores de café e seus fornecedores, ou seja, na fase agrícola, processamento, embalagem e distribuição, e a outra metade, sob o controle dos usuários fabricantes, consumidores e disposição final. Nesse sentido, diversos estudos indicam que os métodos de preparo da bebida têm impacto significativo nesta cadeia produtiva (BUSSER et al., 2009).

Diversas empresas afirmam que seus produtos são recicláveis, mas para isso aconteça, as cápsulas precisam ser recolhidas e os materiais recicláveis precisam ser tratados separadamente, e, mesmo tendo capacidade de reciclar de 60% a 75% das cápsulas vendidos no Brasil, a taxa de retorno é de apenas 11%, segundo a revista Cafeicultura.

Os métodos de preparo da bebida apresentam grande variação na quantidade de café ou outro insumo orgânico utilizado, no tamanho da porção e na massa total da embalagem, resultando em diferentes quantidades de sólidos solúveis na bebida, conforme exemplificado na tabela 1.

Segundo Tavares e Mourad (2020), sabe-se que a maior quantidade de bebida de café é preparada em casa, em quantidades superiores às que serão consumidas, e observa-se o descarte de insumo orgânico dessas bebidas. A dose única, mais consumida dentro de casa, permite entregar apenas a quantidade a ser preparada, evitando o descarte de resíduo orgânico da bebida de café não consumida.

Para o presente trabalho, considerou-se o sistema de preparo de doses individuais de bebidas, utilizando informações de sistemas de preparo de café como base de referência para estudo dos resíduos gerados. Para o preparo de tal, as cápsulas normalmente são colocadas em um compartimento da máquina especialmente projetado para cada tipo de embalagem e a bebida é obtida pela passagem de água quente sob pressão que entra em contato com o café torrado e moído ou outro composto orgânico de consumo desejado. Tavares e Mourad (2020), em seus estudos avaliaram três tipos de embalagens individuais de preparo de

bebidas. Cápsulas de papel (tipo 1), que consistem em embalagens de papel, cápsulas feitas de alumínio (tipo 2) e a cápsulas feitas de alumínio e plástico (tipo 3).

Tabela 2: Dados conforme média de preparo de bebidas de café em máquinas de dose única.

Método de preparo	Café torrado (g/porção)	Volume de doses (mL)	Brix	Embalagem total (g/50mL de bebida)	Equipamento de preparo
Cápsulas de papel	7,0	54	2,75	0,69	Máquina de dose única
Cápsulas de alumínio	5,1	41	3,70	2,98	Máquina de dose única
Cápsulas de alumínio e plástico	7,8	41	5,80	6,68	Máquina de dose única

Fonte: Adaptado de Tavares e Mourad (2020).

Com relação aos tipos de embalagens de cápsulas de bebidas de dose única, para o presente trabalho, visou-se analisar a comparação dos impactos e resíduos gerados por meio de dois tipos de cápsulas principais presentes no mercado, as cápsulas de bebidas com embalagens de alumínio e plástico e cápsulas de papel, conforme ilustrado na figura 6.

Figura 6: Tipos de cápsulas de bebidas comumente disponíveis no mercado

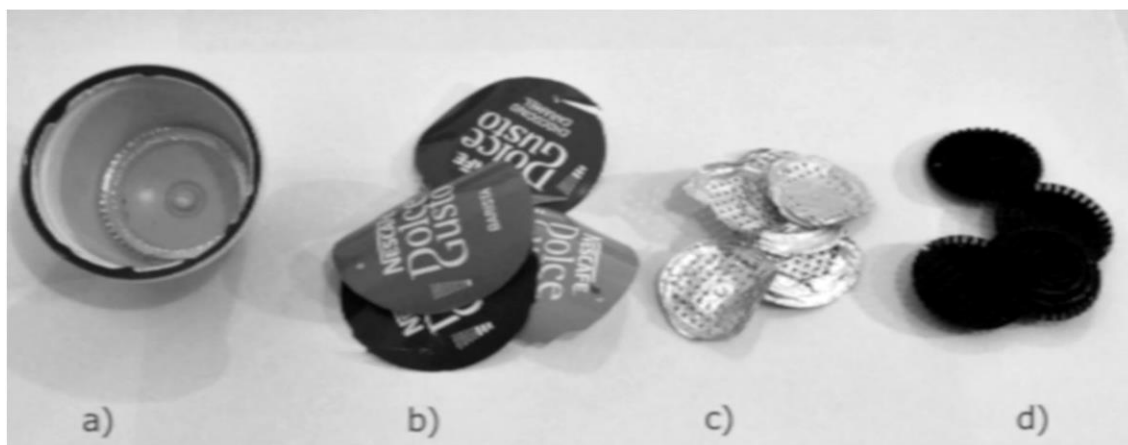


Fonte: Adaptado de Nespresso e Dole Gusto (2023)

De forma geral, as cápsulas de bebidas são constituídas de várias camadas de materiais para garantir a integridade, qualidade do produto e atender aos requisitos de selagem e conservação, tais como indicados na figura 7.

Figura 7: Composição geral de camadas de materiais de cápsulas mistas (alumínio e plástico).

(a) Corpo, (b) Tampa, (c) Filtro de alumínio e (d) Filtro plástico das cápsulas descartáveis.



Fonte: Adaptado de Domingues, Bocca, Fávaro e Radovanovic (2020).

A estrutura geral de uma cápsula de bebida é composta por embalagem e matéria orgânica, sendo a primeira composta normalmente por tampa e filtro(s). Após o preparo das cápsulas de bebidas, tem-se o fim parcial da vida desse produto, que podem seguir para aterros sanitários, incineração, reciclagem, compostagem, entre outros.

A composição dos resíduos indica uma diversidade de materiais, fazendo com que cada cápsula contribua com diferentes proporções de resíduos. O descarte inadequado dessas cápsulas de bebidas, podem resultar em impactos ambientais, bem como a contaminação do solo e da água.

Os dados indicam que as cápsulas de bebidas, no geral, são frequentemente descartadas de forma inadequada, visto que os principais desafios para que isso seja feito corretamente estão na falta de infraestrutura de reciclagem adequada e baixa conscientização sobre a importância da gestão adequada dos resíduos gerados por elas.

Tais dados, revelam oportunidades para a reciclagem das cápsulas, especialmente as feitas de alumínio, considerando sua valorização econômica e potencial de reciclagem do material. Estratégias e programas de coleta seletiva, bem como incentivos financeiros para recicladores devem ser exploradas

- Cápsulas de Bebidas de Alumínio e Plástico:

As cápsulas de bebidas feitas de plástico e alumínio são geralmente classificadas como resíduos recicláveis. O plástico das cápsulas pode ser reciclado e reutilizado na fabricação de novos produtos de plástico. O alumínio das cápsulas pode ser reciclado e fundido para produzir novos produtos de alumínio, economizando recursos naturais e energia. A reciclagem desses materiais ajuda a reduzir a quantidade de resíduos enviados para aterros sanitários, contribuindo para a preservação do meio ambiente. O processo de reciclagem consome menos energia do que a produção de materiais virgens, resultando em uma redução nas emissões de gases de efeito estufa.

De acordo com Pires (2018), o alumínio possui características favoráveis a reciclagem, por se tratar de um componente “altamente reciclável”, que dificilmente perde suas propriedades físico-químicas, o que o torna altamente rentável. O Alumínio é utilizado para a fabricação de cápsulas devido suas características de leveza, condutividade térmica, resistência a corrosão e baixo ponto de fusão, além de proporcionar uma proteção contra o ar e luz, mantendo a qualidade do produto interno. Devido suas propriedades, é um componente favorável que torna, portanto, suas capsulas passíveis de reciclagem. Sendo a reciclagem desse material produtora de aproximadamente 5% de emissões de carbono, quando comparada a obtenção dessa matéria prima.

Além disso, vale ressaltar que a capsula de alumínio não apresenta riscos a saúde, devido a sua película de revestimento protetora que evita o contato direto do metal com a matéria orgânica componente das capsulas. O Alumínio está presente na camada externa da embalagem das cápsulas, fornecendo a estrutura principal da mesma e protegendo o conteúdo da luz, oxigênio e umidade, preservando assim a qualidade do composto orgânico. O plástico está presente no revestimento interno das cápsulas, ou seja, uma camada interna de plástico ou material similar, que evita a corrosão do alumínio e garante que o sabor da bebida não seja afetado pelo contato com o metal. Algumas cápsulas podem ter partes plásticas, como a tampa ou anel de vedação, que ajudam na selagem e permitem a compatibilidade com as máquinas de café.

Apesar desses pontos, com base no consumo crescente de cápsulas de bebidas desse método de preparo, os principais resíduos desse método de embalagem gerados são o plástico e o alumínio. Esses materiais podem persistir no meio ambiente por até 450 e 500 anos, respectivamente, contribuindo para a poluição do solo e da água. O plástico em particular pode se fragmentar em microplásticos, causando danos à vida marinha e à saúde humana. E, apesar

de tanto o plástico quanto o alumínio serem passíveis de recicláveis, esse processo, para o plástico pode ser limitado devido às questões de separação de materiais e capacidade de reciclagem de diferentes tipos de plástico. Além disso, esse tipo de cápsulas não são compostáveis devido à presença de materiais não biodegradáveis.

Para o descarte adequado, as cápsulas de alumínio e plástico devem ser separadas dos resíduos comuns e encaminhadas para pontos de coleta seletiva ou sistemas de logística reversa, conforme estabelecido pela responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, conforme previsto pela PNRS. O descarte inadequado desses materiais pode resultar em poluição ambiental e danos à saúde, por isso é fundamental seguir as diretrizes de descarte estabelecidas pela PNRS.

- Cápsulas de Bebidas de Papel:

As cápsulas de bebidas feitas de papel são geralmente classificadas como resíduos recicláveis ou compostáveis, dependendo do revestimento interno ou de outros materiais utilizados em sua fabricação. Dessa forma, se as cápsulas de papel tiverem um revestimento interno ou outros materiais que possam interferir na compostagem, elas podem ser classificadas como resíduos recicláveis. Por outro lado, se as cápsulas de papel forem feitas inteiramente de materiais biodegradáveis e compostáveis, elas podem ser direcionadas para processos de compostagem para se decompor em material orgânico útil.

De forma geral, as cápsulas de bebidas de papel são constituídas de:

- Papelão ou Papel Cartão: material principal utilizado para a confecção das cápsulas desse tipo, que auxilia no molde para formar a estrutura da cápsula.
- Revestimento Interno: uma camada interna à prova de umidade para proteger o papelão contra a umidade e garantir a integridade estrutural da cápsula.
- Revestimento Externo: uma camada externa que pode ser um revestimento de polímero ou outro material para garantir a impermeabilidade e proteger a cápsula contra danos externos.
- Filtro: Alguns tipos de cápsulas de papel podem incluir um filtro interno para separar os grãos de café ou outros ingredientes da bebida durante o processo de infusão.

Sendo assim, o principal resíduo gerado por cápsulas desse tipo de embalagem é o papel ou papelão. O papel é biodegradável e pode ser produzido a partir de fontes renováveis, reduzindo o impacto ambiental em comparação com o plástico e o alumínio. No entanto, o impacto ambiental também depende dos processos de produção utilizados. Conforme a PNRS, os resíduos de papel são classificados como recicláveis, podendo ser encaminhados para processos de reciclagem adequados. O descarte adequado das cápsulas de papel envolve a separação correta dos resíduos e a deposição em recipientes destinados à coleta seletiva de papel ou papelão. Por outro lado, se constituídas inteiramente de materiais biodegradáveis, a compostagem também pode ser uma opção para cápsulas de papel, contribuindo para a produção de adubo orgânico, conforme estabelecido pela PNRS.

A implementação da PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil por meio da Lei 12.305/2010 (BRASIL 2019) tem exigido a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos pelos diversos atores das cadeias produtivas. Nesse sentido, programas de logística reversa de cápsulas de café têm sido incentivados por meio do retorno aos pontos de entrega voluntária (PEVs), envio pelos correios e coleta por meio de cooperativa de catadores de recicláveis em parceria com fabricantes. A taxa de recuperação ainda é baixa, mas têm sido feitos esforços para aumentar a taxa de recuperação das cápsulas de café após o consumo. A reutilização de cápsulas após consumo tem sido alvo de diversas iniciativas empresariais, mas a devolução destas embalagens após consumo exige um elevado compromisso e incentivo ao consumidor e uma rede eficiente de recolha e processamento, condições que não são facilmente estabelecidas.

Por meio de estudos de Tavares e Mourad (2020), pode-se constatar que os resíduos de embalagens não biodegradáveis gerados pelos métodos de preparo das cápsulas de alumínio e cápsulas de alumínio e plástico, são muito superiores aos resíduos de embalagens que não possuem estrutura de barreira à oxidação de dose única. Vale ressaltar que as quantidades de resíduos de embalagens não biodegradáveis que vão para aterros são muito diferentes e isto representa uma grande preocupação ambiental entre os métodos de dose única. A cápsula de alumínio e plástico gera 3,25g de resíduos por 50mL de bebida preparada, e a cápsula de alumínio gera 1,15g/50mL, o que significa que esses métodos geram aproximadamente 11 e 4 vezes mais resíduos do que cápsulas de papel (0,29g/50mL), respectivamente.

O método de preparo de cápsulas de dose única que apresenta maior impacto nas emissões de GEE é a cápsula de alumínio e plástico: 35,6g CO₂ eq/50mL de bebida, sendo 46% devido à contribuição da etapa agrícola e 36% devido à embalagem. A quantidade de embalagem utilizada por dose para as cápsulas é superior à utilizada para os demais métodos de preparo, e há maior complexidade de materiais de embalagem, geralmente compostos por diferentes tipos de plásticos, alumínio e papel. Paralelamente, as cápsulas de papel de dose única em máquina automática resultaram na menor emissão de 14,3g de CO₂ eq/50mL de bebida (Tavares e Mourad, 2020).

Com o intuito de minimizar os impactos dos resíduos gerados pelas cápsulas de bebidas, alguns métodos são utilizados. Atualmente, a reciclagem mecânica é a mais utilizada (FRANCHETTI, 2003) e, consiste basicamente na coleta seletiva, triagem dos polímeros de melhor pureza, moagem, lavagem, secagem e reprocessamento, mas devido à complexidade das cápsulas, muitas vezes a mistura de plástico e alumínio, combinadas com resíduos orgânicos de café ou outros compostos de acordo com o produto, torna-se difícil ter o processo de reciclagem padrão presente nos órgãos municipais. Dessa forma, mesmo sendo confeccionadas com materiais totalmente recicláveis, o destino das cápsulas são as lixeiras comuns.

A ordem de prioridade de gestão dos resíduos gerados pelo descarte de cápsulas de bebidas pode variar dependendo de vários fatores, incluindo considerações ambientais, viabilidade de reciclagem/compostagem e impacto potencial na saúde humana. No entanto, geralmente, a ordem de prioridade pode ser delineada da seguinte forma, com base em princípios de sustentabilidade e gestão de resíduos:

- **Redução na Fonte:** A prioridade máxima é sempre reduzir a quantidade de resíduos gerados. Isso pode ser alcançado por meio da redução do consumo de cápsulas descartáveis, optando por cápsulas reutilizáveis.
- **Reutilização:** A reutilização das cápsulas é uma opção preferencial, pois minimiza a necessidade de descarte. Cápsulas reutilizáveis (Figura 8) podem ser recarregadas com café, chá ou outros ingredientes, reduzindo assim o desperdício.

- Reciclagem: As cápsulas de alumínio podem ser recicladas em instalações de reciclagem apropriadas, enquanto as cápsulas de plástico podem ser recicladas em programas de reciclagem de plástico.
- Compostagem (para materiais biodegradáveis): para cápsulas feitas de materiais biodegradáveis, como papel ou papelão, a compostagem é uma opção preferencial. Os resíduos orgânicos podem ser compostados em sistemas domésticos ou municipais.
- Descarte Adequado (quando outras opções não são viáveis): Se não for possível reduzir, reutilizar, reciclar ou compostar as cápsulas, o descarte adequado em aterros sanitários pode ser o último recurso. No entanto, isso deve ser evitado sempre que possível devido ao impacto ambiental associado aos aterros sanitários.

Figura 8: Exemplo de composição geral de cápsulas reutilizáveis.



Fonte: ShopCompra (2024)

Portanto, a ordem de prioridade ideal é trabalhar para reduzir a geração de resíduos, seguida pela reutilização, reciclagem, compostagem e, por último, eliminação adequada. Este enfoque visa minimizar o impacto ambiental e promover a sustentabilidade na gestão de resíduos das cápsulas de bebidas.

Em seus estudos, Tonelli et al., (2018), compararam os impactos ambientais de três diferentes sistemas de cápsulas de bebidas, que indicaram que as cápsulas de polipropileno apresentam o maior impacto ambiental, seguida pelas cápsulas de alumínio e biodegradáveis, respectivamente.

Pode-se afirmar que a classificação em ordem de prioridade dos resíduos sólidos gerados pelo preparo de bebidas em cápsulas é crucial para promover a sustentabilidade e a gestão ambiental adequada desses resíduos. Sendo assim, com base no impacto ambiental e nas opções de gerenciamento disponíveis, pode-se classificar os resíduos de cápsulas de bebidas em ordem de prioridade, visando a reciclagem:

- I. Plástico: Por se tratar de um material derivado de uma fonte não renovável, como o petróleo, deve-se priorizar ações que busquem minimizar o uso do mesmo, ou que visem a reutilização ou incentivem práticas sustentáveis, tais como a reciclagem desse material.
- II. Alumínio: devido seu valor econômico, é válido o incentivo a coleta seletiva, reciclagem e logística reversa do mesmo, para que seja promovida uma responsabilidade compartilhada entre os fabricantes, consumidores e poder público.
- III. Resíduos orgânicos: incluem restos de alimentos, entre outros materiais biodegradáveis, são reconhecidos como uma parte importante dos resíduos sólidos urbanos. Algumas abordagens para a gestão dos resíduos orgânicos incluem a Compostagem e destinação final adequada

Em resumo, com base nos estudos analisados, as cápsulas de alumínio e plástico, apresentam-se como o método que gera maiores impactos entre os avaliados, pois combina alta concentração de café com alta relação embalagem por volume de bebida. A cápsula de dose única de papel apresenta-se como a melhor alternativa para consumo individual, permitindo o preparo da bebida de café com consistência, menor esforço e tempo além de comodidade para o consumidor, devido à sua biodegradabilidade, reciclabilidade e menor impacto ambiental quando comparada com outras embalagens desse método de preparo único. Sendo assim, é importante que estes dados estejam disponíveis aos consumidores para que possam compreender os impactos ambientais que derivam das suas preferências.

Nos esforços mundiais para evitar impactos negativos ao meio ambiente, reforçar a reciclagem e a reutilização de produtos é tão importante quanto ampliar o uso de fontes mais "limpas" de energia ou buscar recursos tecnológicos que filtrem os gases poluentes, evitando sua chegada à atmosfera. De forma geral, todos os estudos analisados preveem alguma forma de recuperação de algum componente de cápsulas de bebidas. Todos os materiais que não foram reciclados são descartados, no geral, acabam em aterros sanitários. Poucos exemplos

descrevem a incineração com possível recuperação de energia. Dessa forma, no geral, mesmo sendo feitas de materiais totalmente recicláveis, o destino das cápsulas são as lixeiras comuns, uma vez que de forma generalizada, não existem pontos de coleta específicos disponíveis em todo o país, e também devido à escassez de informações educacionais sobre o assunto.

Figura 9: Incentivo e conscientização para cada tipo de cápsulas de bebidas

Reduzir	Reutilizar	Reciclar
• Cápsulas de bebidas • Cápsulas de papel • Cápsulas mistas (Alumínio + Plástico) • Cápsulas de alumínio	• Cápsulas reutilizáveis	• Cápsulas de papel • Cápsulas mistas (Alumínio + Plástico) • Cápsulas de alumínio

Fonte: Autora (2024)

Entretanto, considerando os objetivos da PNRS de promover a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos e a preocupação crescente com a sustentabilidade ambiental, a preferência por cápsulas de bebidas de papel emerge como uma escolha mais favorável. A gestão de resíduos de cápsulas de papel não só atende aos requisitos legais e ambientais estabelecidos pela PNRS, mas também contribui para a preservação do meio ambiente e a promoção da sustentabilidade a longo prazo.

Com o intuito de limitar as emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa, a reciclagem deve ser vista como uma importante forma de reduzi-las. Pois, diminui a disposição final e a necessidade de exploração dos recursos naturais. Dessa forma, a priorização dos resíduos incentiva a escolha de cápsulas mais sustentáveis e promove práticas de consumo consciente. Além disso, é essencial promover a reciclagem, compostagem e o descarte adequado de resíduos, contribuindo para um ambiente mais limpo e saudável. É importante ressaltar que a importância do incentivo ao desenvolvimento de políticas públicas relacionadas à educação ambiental, reciclagem e economia circular, e projetos que incluam separação, destinação e destinação de resíduos, para que estes possam acontecer com a mesma intensidade que a disseminação de máquinas para doses únicas a fim de minimizar os impactos ao meio ambiente.

6. CONCLUSÕES

A geração de resíduos sólidos e a sua destinação inadequada são itens que colaboram para a crescente poluição de solo, rios e ar. Com intuito de minimizar esses impactos gerados pelos resíduos, a coleta seletiva atrelada a reciclagem é apontada como uma boa solução. A coleta seletiva vem crescendo no Brasil, visto que os governantes e a população estão reconhecendo as vantagens desta atividade, tais como: redução da saturação dos aterros sanitários, ganhos financeiros com a venda dos produtos recicláveis e possibilidade de geração de empregos. Contudo, este tipo de coleta ainda deve ser incentivado com a conscientização da população por meio de programas de educação ambiental. E associado a isto, faz-se necessário que estudos sejam realizados de forma a otimizar esse processo de coleta, visto que, ainda existem desafios e limitações relacionados a implementação de programas de reciclagem de cápsulas de bebidas, incluindo desde a contaminação dos materiais até a logística de coleta e falta de incentivo econômico.

As cápsulas de alumínio apresentam-se como o melhor material de embalagem para os alimentos em termos de propriedades de barreira ao oxigênio, quando comparados com a espessura da embalagem. Por outro lado, a cápsula de alumínio não pode ser reciclada se não for separada dos componentes orgânicos (como o café). Dessa forma, a reciclagem de cápsulas de alumínio, embora possível, apresenta algumas dificuldades que podem afetar sua eficácia. Essas dificuldades estão relacionadas à complexidade do processo de reciclagem de alumínio e à natureza das próprias cápsulas que pode tornar o processo desafiador, tais como: tamanho e forma das cápsulas, contaminação por resíduos de compostos orgânicos, adesivos e vedantes, locais para a coleta seletiva e, principalmente, escassez de informações e necessidade de educação e conscientização ambiental. Nesse sentido, para superar esses desafios, é fundamental o envolvimento dos fabricantes, dos consumidores e das autoridades governamentais na promoção de práticas de reciclagem mais eficientes e na busca por soluções inovadoras para mitigar o impacto ambiental desses resíduos.

As cápsulas de papel apresentam-se favoráveis do ponto de vista ambiental em termos de biodegradabilidade e menor consumo de recursos naturais durante a produção. As cápsulas de alumínio com plástico combinam características dos dois materiais, oferecendo uma barreira protetora para as bebidas somadas as características recicláveis do alumínio. No entanto, o desafio surge na separação dos materiais durante o processo de reciclagem, o que pode diminuir sua eficiência ambiental.

Entretanto, conforme evidenciado, as cápsulas de bebidas biodegradáveis de papel emergem como uma opção altamente favorável do ponto de vista ambiental. Comparadas às cápsulas tradicionais de alumínio e alumínio com plástico, as cápsulas de papel oferecem uma série de benefícios significativos, visto suas vantagens frente a biodegradação, o que as torna uma alternativa menos impactante ao meio ambiente. Dessa forma, enquanto as cápsulas de alumínio e plástico podem persistir no meio ambiente por longos períodos (até 500 anos) se descartadas de forma incorreta, contribuindo para a poluição e degradação ambiental, as cápsulas de papel se decompõem naturalmente, minimizando seu impacto negativo. Além disso, vale ressaltar o fato de que as cápsulas de papel são produzidas com materiais renováveis e apresentam uma pegada ambiental menor em comparação com as cápsulas de alumínio. Sua produção requer menos energia e recursos naturais, reduzindo assim o consumo global de recursos.

Embora as cápsulas de papel possam apresentar desafios em termos de resistência e vedação em comparação com as cápsulas de alumínio, os avanços na tecnologia de embalagem estão tornando-as cada vez mais viáveis para uso comercial. Em relação à gestão de resíduos, as cápsulas de papel oferecem oportunidades significativas para a reciclagem ou compostagem. Com os sistemas de reciclagem apropriados, as cápsulas de papel podem ser facilmente recicladas, fechando o ciclo de vida do material de forma sustentável.

Portanto, ao considerar a priorização de resíduos e as oportunidades de reciclagem ou reutilização, as cápsulas de bebidas biodegradáveis de papel destacam-se como uma escolha ambientalmente responsável. Promover sua adoção pode contribuir significativamente para a redução da pegada de carbono da indústria de bebidas e para a preservação do meio ambiente para as gerações futuras.

Conclui-se, portanto que, a ordem de prioridade ideal é trabalhar para reduzir a geração de resíduos, seguida pela reutilização, reciclagem, compostagem e, por último, eliminação adequada. Considerando a priorização de resíduos e as oportunidades de reutilização ou reciclagem, é importante implementar estratégias que promovam a gestão sustentável de resíduos de cápsulas de bebida. Isso inclui investir em infraestrutura de reciclagem adequada, educar os consumidores sobre a importância do descarte adequado e incentivar a indústria a adotar práticas mais sustentáveis de produção e embalagem.

Fica evidente pelas pesquisas realizadas que, apesar do aumento progressivo das quantidades de cápsulas de bebidas presentes no mercado atual, os estudos publicados sobre o assunto são limitados e heterogêneos. Vale ressaltar que, têm surgido processos úteis para a recuperação e tratamento dos plásticos e metais presentes no interior de alguns tipos de cápsulas, bem como a sua utilização como material filtrante. Em geral, o aspecto compartilhado por todos os autores é a necessidade de encontrar uma solução eficaz para separação de cada componente da cápsula, aliviando o consumidor dessa tarefa que ele não está disposto a fazer e que dificulta a reciclagem desse insumo.

Sendo assim, espera-se que por meio desse estudo, o processo necessário para práticas de desenvolvimento e aplicação de práticas mais sustentáveis quanto ao manejo de cápsulas de bebidas seja factível e, portanto, realizado com maior frequência a fim de minimizar os impactos ambientais e, principalmente, reduzir a geração de resíduos sólidos no ambiente. Soma-se a isso a necessidade de medidas efetivas que busquem minimizar os impactos e incentivar a população a contribuir. Nesse sentido, parcerias com o governo, ONGs e comunidades locais, são fundamentais para criar soluções sustentáveis e eficazes para o gerenciamento de resíduos de cápsulas de bebidas e poderão contribuir para que seja reduzido a quantidade de resíduos sólidos descartados de forma incorreta, que impactam diretamente no meio ambiente, bem como a promoção e incentivo às práticas sustentáveis tais como a reciclagem.

Dessa forma, a presente pesquisa anseia servir como base para que as empresas comercializadoras de tais produtos proponham fluxos bem definidos visando o mínimo de impacto possível ao meio ambiente, considerando a destinação incorreta de seus produtos. Além disso, medidas que reforcem a reutilização, reciclagem de materiais e pontos para destinação correta desses resíduos são fundamentais para que os consumidores de tais produtos estejam conscientes e o resultado seja mais assertivo. É importante destacar a necessidade de estabelecer mecanismos de monitoramento para acompanhar a implementação dessas estratégias de gestão de resíduos, visto que isso poderá servir como base para intervenção, caso necessário, com oportunidades de melhorias e desenvolvimento de estratégias cada vez mais eficazes para realizar o gerenciamento de forma correta.

7. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para as próximas etapas do trabalho em questão, sugere-se as seguintes atividades complementares:

- A partir dos dados levantados por meio de estudos da literatura, realizar a análise detalhada dos resíduos descartados oriundos de cápsulas de bebidas presentes no mercado atual, de forma a investigar o tempo de degradação dos mesmos.
- Desenvolver processos e fluxos bem definidos para promover o desenvolvimento e aplicação de práticas mais sustentáveis quanto ao manejo de cápsulas de bebidas a fim de minimizar os impactos ambientais e, principalmente, reduzir a geração de resíduos sólidos no ambiente.
- Desenvolver método para reflexão dentro de empresas comercializadoras de capsulas de bebidas para que possam definir e propor fluxos bem definidos, para promover soluções sustentáveis que considerem o mínimo de impacto possível ao meio ambiente, considerando a destinação incorreta de seus produtos.

REFERÊNCIAS

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13230 de 2008 - Simbologia Indicativa de Reciclabilidade e Identificação de Materiais Plásticos, 2008.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2016. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm>. Acesso em setembro, 2023.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil, 2022. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br> >. Acesso em outubro, 2023.

ABUABARA L.; PAUCAR CARCERES A.; BURROWES CROMWELL T. Consumers' values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: promoting circular economy. 2019; <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1629664>

ALKMIM, Edson Bastos de. CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E A PERCEPÇÃO DA COMUNIDADE SOBRE A COLETA SELETIVA NA CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ. 2015. Disponível em: <http://www.dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli1443.pdf>. Acesso em: 07 de outubro, 2023.

ALVIM, MARIANA. Pesquisas inéditas mostram que reciclagem de cápsulas de café é problemática no Brasil, 2016. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/meioambiente/pesquisas-ineditas-mostram-que-reciclagem-de-capsulas-de-cafe-problematiza-no-brasil-20660567>. Acesso em: março 2023.

ANDRADE, A. W. O. Arqueologia do Lixo: um estudo de caso nos depósitos de resíduos da cidade de Mogi das Cruzes em São Paulo. 2006. 196 f.. Tese (Programa de Pós-Graduação em Arqueologia) - Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução RDC no 306, de 07 de dezembro de 2004. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Diário Oficial da União de 10 de dezembro de 2004.

ASSAD, Leonor. Lixo: uma resignificação necessária. 2016. Ciência e Cultura, v. 68, n. 4, p. 22-24. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252016000400009>. Acesso em: 14 de maio, 2023.

BERTÉ, R.; MAZZAROTTO, S. A. Gestão ambiental no mercado empresarial. Curitiba: Intersaberes, 2013. 199 p. <<https://pt.scribd.com/document/319750997/LivroGestao-Ambiental-No-Mercado-Empresarial>> Acesso em: set. 2023

BITTENCOURT, Paula Tonon. METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA UFSC CAMPUS FLORIANÓPOLIS. 2015. 116 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina Centro Tecnológico, Florianópolis, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 12 de agosto de 2010. Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm.

BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO - RDC Nº 222. 2018. Ed. 61, seção 1, p. 1-22. Disponível em: <https://www.cff.org.br/userfiles/file/RDC%20ANVISA%20N%C2%BA%20222%20DE%2028032018%20REQUISITOS%20DE%20BOAS%20PR%C3%81TICAS%20DE%20GERENCIAMENTO%20DOS%20RES%20C3%84DUOS%20DE%20SERVI%C3%87OS%20DE%20SA%C3%9ADE.pdf>. Acesso em: 03 set. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RESOLUÇÃO - RDC Nº 222. 2018. Ed. 61, seção 1, p. 1-22.

CAFÉJO. Podding the coffee, 2017. Disponível em: <http://www.coffeepods2u.com/podding_coffee>. Acesso em: agosto 2023.

CANEVAROLO JÚNIOR, Sebastião V. Técnicas de caracterização de polímeros. São Paulo: Artliber, 2004. 448 p., il. Inclui bibliografia e índice. ISBN 8588098199.

CARRÊLO, M. V. P. A Influência da marca Nespresso no comportamento de compra da máquina e cápsulas de café. 2014. 421 f. Dissertação (Mestrado em Publicidade e Marketing) – Escola Superior de Comunicação Social, Lisboa, 2014.

CAVALCANTI, Clóvis. Uma tentativa de caracterização da economia ecológica. *Ambiente & Sociedade*, [S.L.], v. 7, n. 1, p. 149-156, jun. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1414-753x2004000100009>.

CERRI, A. S. Falta de compradores faz coleta de BOPP fraca em cooperativas e recicladoras. *Ecycle*, 2011. Disponível em < <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/35-atitude/653-falta-decompradores-faz-coleta-de-bopp-fraca-em-cooperativas-e-recicladores.html>>. Acesso em agosto 2023.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Reciclagem ajuda a controlar a temperatura do planeta. CEMPRE Informa, Número 80, Março / Abril, 2005. Disponível: http://www.cempre.org.br/2005-0304_inter.php.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Reciclagem ajuda a controlar a temperatura do planeta. CEMPRE Informa, Abril, 2005. Disponível em: http://www.cempre.org.br/2005-0304_inter.php.

DE SOUZA G.R.; DE OLIVEIRA L.F.C; BELLO I.P.; SINISCALCHI L.A.B.; FIA R.; GANDIA R.M. Use of coffee capsules as support material in upflow anaerobic fixed bed reactors. *Brazilian Arch Biol Technol*. 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2019180504>.

DUARTE, et al; Como se fazem cápsulas de café?, 2012. FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto. Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Porto, Portugal.

ECKSCHMIDT, Alex. Sustentabilidade para todos. Faça a sua parte – Alex Eckschmidt, Eduardo Beskow/ Florianópolis: Insular, 2014.

ECO PLÁSTICOS. 5 RS: MUDAR OS HÁBITOS É PENSAR NO MEIO AMBIENTE. 2021. Disponível em: <https://www.ecoplasticosp.com.br/posts/?dt=5-rs-mudar-os-habitos-e-pensar-no-meio-ambiente-b29SMFUyLzV1YUhPK2k3ckNEVUpJdz09>. Acesso em: 07 out. 2023.

FARIA, Carmen Rachel Scavazzini Marcondes. A política nacional de resíduos sólidos. 2012. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242672/Boletim2012.15.pdf?sequence=1&>. Acesso em: 07 out. 2023.

FISCHLER, C. El (h)omnívoro: El gusto, lacocina y el cuerpo. Barcelona: Anagrama, 1995.

FRANCISCHETTO, G. P. P.; PINHEIRO, P. T. A política nacional de resíduos sólidos como mecanismo de fortalecimento das associações de catadores de materiais recicláveis. *Derecho y Cambio Social*, Lima (Perú), n. 43, p. 1-24, 2016.

FRANKENBERG, Cláudio Luis Crescente; RODRIGUES, Maria Tereza Raya; CANTELLI, Marlize. Gerenciamento de resíduos e certificação ambiental. 1 Ed.; Porto Alegre: EDPUCRS, 2000.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. MANUAL DE ORIENTAÇÕES TÉCNICAS PARA ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS PARA O PROGRAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS. 2014. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/34981/manualdeorientacoestecnicasparaelaboraacaodepropostasresiduossolidos.pdf/d84790e5-647b-47c6-b393-bfd89a322563>>Acesso em: 03 out 2023.

GANDIA, Rodrigo Marçal *et al.* FOOD AND BEVERAGE MODERNITY IN THE SEGMENT OF CAPSULE MACHINES: a study based on the means-end theory. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, [S.L.], v. 21, n. 1-3, p. 94-104, 2019. *Revista Organizações Rurais & Agroindustriais (OR&A)*. <http://dx.doi.org/10.48142/2238-68902019v21n1-3p94104>.

GOMES, M. H. S. C.; OLIVEIRA, E. C.; BRESCIANI, L. P.; PEREIRA, R. S. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Perspectivas de Cumprimento da Lei 12.305/2010 pelos municípios brasileiros, paulistas e da região do ABC. *Revista de Administração da UFSM*, v. 7, p. 93-110, 2014.

GRIPPI, S. Lixo, reciclagem e sua história. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

GUIMARÃES, Ana Paula Patias. Caracterização do resíduo de cápsula de café da marca A para análise de viabilidade de reciclagem. 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meio Ambiente Urbano e Industrial, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

GUIMARÃES, Sérgio Constantino. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO CONDOMÍNIO MORADA DO PARQUE – MORADA DO OURO II. 2018. 28 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Campus Cuiabá - Bela Vista, Cuiabá, 2018.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2000). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>.

KOODUVALLI K.; VAIDYA U.K.; OZCAN S. Life cycle assessment of compostable coffee pods: a US university based case study. *Sci Rep.* 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65058-1>.

LACERDA, Leonardo. Logística Reversa: Uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais. *Revista Tecnológica*, São Paulo, n. 74, p. 46-50, jan. 2002.

LIMA, J.D. Gestão De Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro. ABES, 2002.

LIVA, Patrícia Beaumord Gomes; PONTELO, Viviane Santos Lacerda; OLIVEIRA, Wedson Souza. Logística reversa. *Gestão e Tecnologia industrial*. IETEC, 2003. Acesso em: 07 out. 2023.

MANCINI, S. D.; ZANIN, M. Resíduos Plásticos e Reciclagem: Aspectos gerais e tecnologia, 2009. São Carlos: Ed. UFSCar – Editora da Universidade Federal de São Carlos, 2009.

MARACAJÁ, Kettrin Farias Bem; OLIVEIRA, Barbara Rocha Santos de. Indústria 4.0 e sustentabilidade: um estudo de caso sobre o processo de reciclagem de paletes de uma grande empresa em campina grande-pb. *Qualitas Revista Eletrônica*, [S.L.], v. 21, n. 2, p. 01, 31 dez. 2020. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). <http://dx.doi.org/10.18391/req.v21i2.5624>.

MARCA, Revista Embalagem. Nestlé lança no Brasil a primeira cafeteira de cápsulas comportáveis de papel. 2023. Disponível em: <https://embalagemmarca.com.br/2022/11/nestle-lanca-no-brasil-primeira-cafeteira-de-capsulas-compostaveis-de-papel/>. Acesso em: 07 out. 2023.

MARDER, Munique; HASAN, Camila; BEZAMA, Alberto; KONRAD, Odorico; HENKES, Jairo Afonso; ROSSATO, Ivete Fátima. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) E DA POPULAÇÃO URBANA NA GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM MUNICÍPIOS DO INTERIOR DO RS, BRASIL. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 21, 3 out. 2018. *Anima Educação*. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e3201821-35>.

MILLER, K. B.; BLUMENSCHNEIN, R. N. Análise de Ciclo de Vida: Conceitos e Função. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/apresentacoes/3.pdf. Acesso em: Outubro, 2023.

MISOCZKY, M. C. A.; BOHM, S. Do desenvolvimento sustentável à economia verde: a constante e acelerada investida do capital sobre a natureza. *Cadernos EBAPE.BR.*, v. 10, n.3, 2012. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/cadernosebape/article/view/5479/4451> Acesso em: setembro, 2023.

MONTEIRO, J.H.P. et al. *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 200p. 2001.

PALMA, J. M. B. et al. Os princípios da Indústria 4.0 e os impactos na sustentabilidade da cadeia de valor empresarial. In: 6th International Workshop Advances in Cleaner Production., São Paulo, Brazil, May 24th to 26th, 2017. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/5B/5/palma_jmb_et_al_academic.pdf> Acesso em outubro 2023.

PIRES, André. Análise de ciclo de vida de cápsulas de café. São Paulo, 2018.

PORTELA, M. O.; RIBEIRO, J. C. J. Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. Revista Direito Ambiental e sociedade, v. 4, n. 1, 2014 (p. 115- 134).

PRADO FILHO, José Francisco do; SOBREIRA, Frederico Garcia. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiados pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 12, n. 1, p. 52-61, mar. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522007000100007>.

PROTESTE. Rotulagem das cápsulas de café não informam descarte correto após o uso. Disponível em: <<https://www.proteste.org.br/institucional/imprensa/press-release/2016/rotulagem-das-capsulas-de-cafe-nao-informam-descarte-correto-apos-uso-constata-proteste>>

RETO, Maria Aparecida de Sino. PP x PET – Polipropileno persegue maior transparência e brilho, atinge novos segmentos e penetra mais no mercado do PET. 2008. Disponível em: <https://www.plastico.com.br/pp-x-pet-polipropileno-persegue-maior-transparencia-e-brilho-atinge-novos-segmentos-e-penetra-mais-no-mercado-do-pet/>. Acesso em: 07 out. 2023.

RIBEIRO, H.; BESEN, G. R. Panorama da coleta seletiva no Brasil: desafios e perspectivas a partir de três estudos de caso. InterfacEHS, São Paulo: SENAC, 2007.

SCHALCH, V., Leite, W. D. A., FERNANDES JUNIOR, J. L., & Castro, M. C. A. A. (2002). Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. 2002. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos–Universidade de São Paulo.

SEBRAE. Serviços Brasileiros de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, O papel da sua empresa. 2016.

SEBRAE. Serviços Brasileiros de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Como implementar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) em sua empresa.

SHIBAO, Fábio Ytoshi; MOORI, Roberto Giro; SANTOS, Mario Roberto dos. A logística reversa e a sustentabilidade empresarial. Seminários em administração, v. 13, 2010. Disponível em: < <http://sistema.semead.com.br/13semead/resultado/trabalhosPDF/521.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2023.

SILVA, Mariana Souza da. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA ATRAVÉS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE. 2021. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitarista, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021.

SILVA, Saionara da; FERREIRA, Elaine; ROESLER, Celio; BORELLA, Diego; GELATTI, Elisangela; BOELTER, Fernando; MENDES, Patrick. OS 5 R'S DA SUSTENTABILIDADE. 2017. Disponível em: http://coral.ufsm.br/seminarioeconomia/images/anais_2017/OS_5_RS_DA_SUSTENTABILIDADE.pdf. Acesso em: 07 out. 2023.

SINGER, P. A recente ressurreição da economia solidária no Brasil. In: SANTOS, Boaventura de Souza (Org.) Produzir para viver: os caminhos da produção não capitalista. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira; 2002. p.81-126.

SOBRINHO, N. A reciclagem de Resíduos Sólidos e a Questão Tributária no Distrito Federal. Brasília. 2009. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília.

TEIXEIRA, A. P. P. Do coador de pano à cápsula: às mudanças nas práticas de consumo de café no Brasil nos últimos 50 anos. 2014. 128f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.

TONELLI A.; MOSNA D.; VIGNALI G. Comparative life cycle assessment of different packaging systems for coffee capsules. *Int Food Oper Process Simul Work FoodOPS*. 2018; 2018.

VALLE, C.E. Qualidade ambiental: ISO 14000. 4ª edição revista e ampliada. São Paulo: SENAC, 2002.