

# Handbook

## Municipal Solid Waste and Plastic Waste Management

# Manual

### Resíduos Sólidos Urbanos e Gestão dos Resíduos Plásticos



# Prefácio

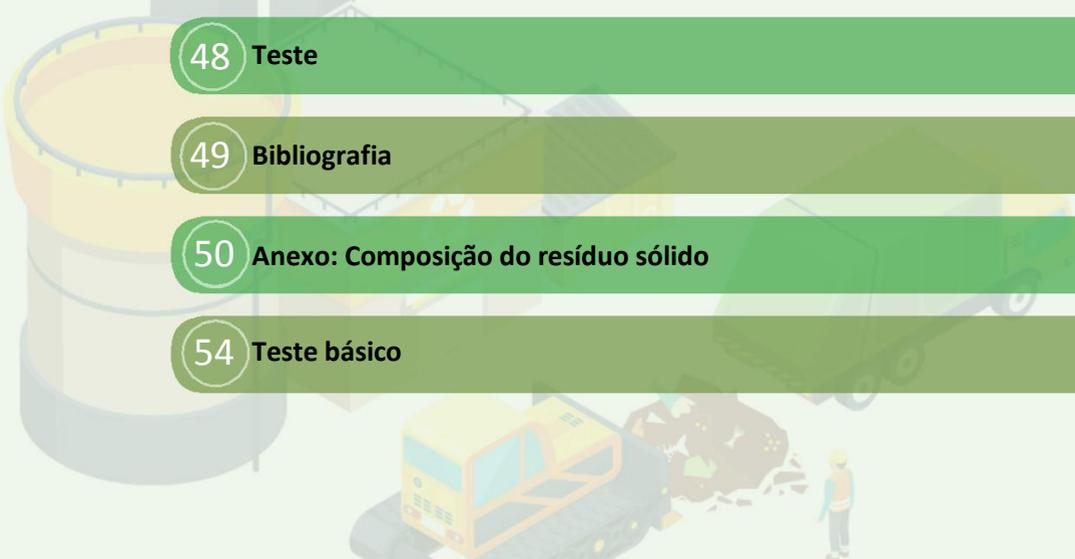
Por volta de 2019, a quantidade de resíduos sólidos aumentava cerca de 3% ao ano e, como consequência, a Tailândia proibiu o uso de sacos plásticos em lojas comerciais. Em 2020, a pandemia da COVID-19 forçou as pessoas a fazer, por meio online, suas compras e pedidos de alimentos, como medida anti-COVID-19. Este novo normal provocou considerável aumento de resíduos sólidos, em particular resíduos plásticos. Além disso, a coleta de resíduos sólidos na Tailândia é uma operação sem que se classifique os resíduos, ao invés da separação prévia deles, e sabemos que o lixo plástico não é degradável. Como resultado, os aterros sanitários recebem uma grande quantidade de resíduos plásticos, e não possuem capacidade de gestão destes resíduos sólidos, no momento do recebimento.

A Faculty of Environment (Faculdade do Meio Ambiente), a Kasetsart University (Universidade Kasetsart), e a Indorama Ventures, produziram, em conjunto, a diretriz “Municipal Solid Waste Sorting and Plastic Waste Management” (Classificação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) e Gestão de Resíduos Plásticos) para disseminar o know-how de classificação de resíduos sólidos e dar sugestões para a gestão de cada tipo de resíduo sólido, especialmente resíduos plásticos, em uma economia circular. O manual visa reforçar o uso de resíduos plásticos oriundos da triagem de resíduos sólidos. O objetivo final é eliminar os resíduos sólidos que são transferidos para as estações de aterro sanitário e, mais importante, diminuir a demanda por plástico virgem.

An illustration at the bottom of the page shows a woman in a blue top and dark pants standing next to a large green recycling bin with a white recycling symbol. To the right, a person in a blue shirt is on a wooden ladder, reaching up to place a large white plastic bottle into the bin. Another white plastic bottle is shown floating in the air above the bin. The background features stylized green leaves and a light green circular glow.

Faculty of Environment, Kasetsart University  
e Indorama Ventures PCL  
Editores

# Conteúdo

- 1 Resíduos sólidos urbanos e uma gestão adequada
  - 11 Tecnologias adequadas de gestão de resíduos sólidos
  - 21 Plástico e reciclagem do plástico
  - 28 Reciclagem do plástico
  - 38 Uma nova perspectiva sobre a reciclagem do plástico
  - 41 A economia circular e a indústria do plástico
  - 42 A reciclagem do plástico na economia circular
  - 45 Notas complementares
  - 48 Teste
  - 49 Bibliografia
  - 50 Anexo: Composição do resíduo sólido
  - 54 Teste básico
- 



# Resíduos sólidos urbanos e uma gestão adequada

Resíduos sólidos urbanos (RSUs) (MSW em inglês) são aqueles gerados pelas atividades cotidianas nos centros urbanos. De acordo com suas fontes, os tipos podem ser classificados, tais como de comunidades, institutos educacionais, órgãos comerciais, canteiros de obras, plantas industriais, etc. Abaixo, a Tabela 1 ilustra as características dos resíduos sólidos com base nas suas fontes de origem.

**Tabela 1.** Resíduo sólido de acordo com a sua classificação por fontes

Fontes	Agentes	Componentes
Residência, comunidades	Casas e condomínios	Resíduos alimentares, papel, plástico, couro, têxtil, madeira, vidro, metal, cinzas, artigos eletrônicos, baterias
Indústria	Usinas elétricas, canteiros de obras, fábricas	Resíduos alimentares, embalagens, materiais de construção, cinzas, e resíduos perigosos
Empresas, comércio, institutos	Hotéis, shoppings, restaurantes, escritórios	Papel, plástico, papelão, madeira, resíduos alimentares, vidro, metal, resíduos perigosos
Agricultura	Jardins, fazendas, rebanhos	Folhas, galhos, dejetos, resíduos perigosos, inseticidas

Fonte: Uma adaptação de Luque. R e J.G. Speight (2015)

Em geral, estes são os quatro tipos de resíduos sólidos:

- 1) Resíduos sólidos orgânicos - objetos biodegradáveis, ou seja, resíduos de alimentos, vegetais, resíduos de frutas e folhas;
- 2) Resíduos sólidos recicláveis - resíduos que possam ser reciclados de maneira rentável. Como exemplo temos o vidro, garrafas plásticas tipo PET, papel, latas de alumínio, e metais;
- 3) Resíduos gerais - itens fora dos dois primeiros grupos que sejam dificilmente biodegradáveis, ou não são recicláveis de forma rentável. Exemplo deles: pacotes de macarrão instantâneo ou sachês de café;
- 4) Resíduos perigosos - são resíduos que contêm elementos perigosos, ou estão contaminados com componentes perigosos. Os objetos perigosos incluem materiais que possam conter substâncias reativas, oxidantes, ou toxinas, agentes infecciosos, corrosivos, radioativos, modificadores genéticos, ou que possam ser inflamáveis, ou outros materiais que causem impactos no meio ambiente.



Em paralelo aos quatro grupos acima, o Ministério do Interior emitiu a Notificação de Solid Waste Management 2017 (B.E. 2560) (Notificação sobre a Gestão de Resíduos Sólidos). Ela indica a classificação com base nas cores dos cestos de lixo: verde para resíduos orgânicos, amarelo para resíduos recicláveis, azul para resíduos gerais, e laranja para resíduos urbanos perigosos (tais como baterias e lâmpadas) (Figura 1).

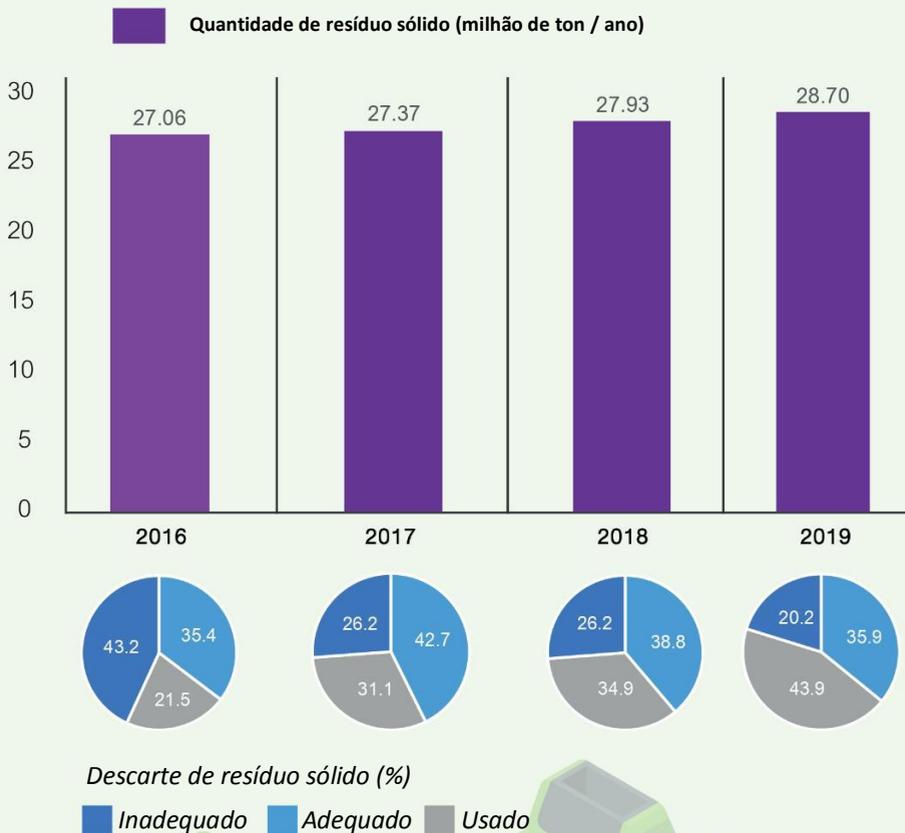


**Figura 1.** Cestos de lixo e amostras de descarte de acordo com a classificação de resíduos

### *Circunstâncias e gestão atual dos resíduos sólidos da Tailândia*

A quantidade de resíduos sólidos na Tailândia tende a crescer à medida que a população e as atividades da vida diária se expandem. Em 2019, esta quantidade totalizou 28,7 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 3 por cento em relação ao ano anterior. Os motivos envolvidos no aumento dos resíduos sólidos foram: a maior urbanização, um maior número de populações não registradas e identificadas como sendo trabalhadores estrangeiros, a promoção ao turismo, e a mudança no comportamento do consumidor que se deslocou para compras on-line e entrega de alimentos nas residências.

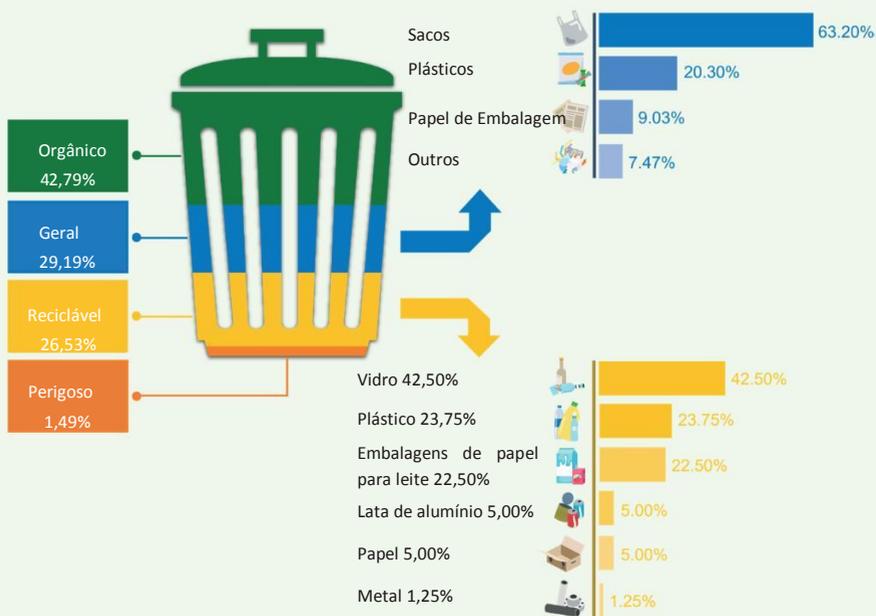
Entretanto, a tendência do descarte de resíduos sólidos pela gestão da reutilização é notável. Por exemplo, a reciclagem e a fertilização representaram 12,6 milhões de toneladas (43,9%), um aumento de 11% em relação a 2018 (Ministério de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 2020). Os dados são mostrados na Figura 2.



**Figure 2.** Quantidade e Proporção de Resíduos Sólidos Usados ImproPRIAMENTE e Adequadamente, no Descarte de Resíduos entre 2016 e 2019.



A campanha de segregação de resíduos sólidos teve sucesso e conduziu a uma reciclagem adequada dos resíduos sólidos. De acordo com Suma e outros (2019), os componentes dos resíduos sólidos no subdistrito de Mae Salong Nok, no Distrito Mae Fa Luang, e Chiang Rai, incluem orgânicos (42,79%), recicláveis (26,53%) e perigosos (1,49%), conforme mostrado na Figura 3.



**Figura 3.** Componentes de resíduos sólidos urbanos em Mae Salong Nok, Chiang Rai

Fonte: Suma e outros, 2019

Os resíduos sólidos recicláveis no subdistrito Mae Salong Nok abrangem vidro, plástico, embalagens de leite, latas de alumínio, papel, e metal. As informações acima sugerem que a segregação adequada dos resíduos torna possível a compostagem de resíduos orgânicos usados como agente de correção do solo, também a reutilização do lixo reciclável, e o descarte apropriado de resíduos perigosos. Como resultado, a quantidade de resíduos nas estações de aterros sanitários caiu para 29,19%.

No passado, a falta de segregação na primeira etapa resultava no descarte aleatório de lixo coletado. As partes parcialmente recicláveis eram deixadas para trás em cestos de lixo e comprometiam a prática da reutilização antes do descarte. Além disso, os sacos plásticos descartáveis eram usados apenas uma vez. Por este motivo, a quantidade de resíduos sólidos transferidos para estações de aterro sanitário foi substancial e levou a uma escassez de áreas para operar o processo de descarte.

Como consequência, o governo está atualmente desaconselhando o uso de sacos plásticos, enquanto promove a reutilização e a reciclagem. Estes esquemas são comuns na gestão de resíduos sólidos da economia circular. Eles reforçam a eficiência ótima do uso de recursos e a redução da poluição, maximizando o potencial do uso de resíduos sólidos, conforme o National Solid Waste Management Master Plan (*Plano Diretor Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos*) de 2016 a 2021. Independentemente desta política, a Tailândia está se preparando para a sociedade de zero resíduos, de acordo com o conceito dos 3Rs, a saber, Reduzir, Reutilizar, e Reciclar, utilizado pelo Office of Permanent-Secretary, Ministry of Natural Resources and Environment (*Escritório do Secretário Permanente, Ministério de Recursos Naturais e Meio Ambiente*), 2017.



A segregação apropriada reduz a quantidade de resíduos nos locais de origem, maximiza os resíduos sólidos, e facilita a gestão de resíduos na próxima etapa, que utiliza tecnologias adequadas. Como resultado, o volume de resíduos enviados para as estações de aterro sanitário diminui, de acordo com o mostrado na Figura 4.

*A essência da noção de resíduo zero baseia-se na disposição de resíduos na origem, reduzindo a quantidade, promovendo a reutilização e a triagem para reciclagem antes do descarte.*

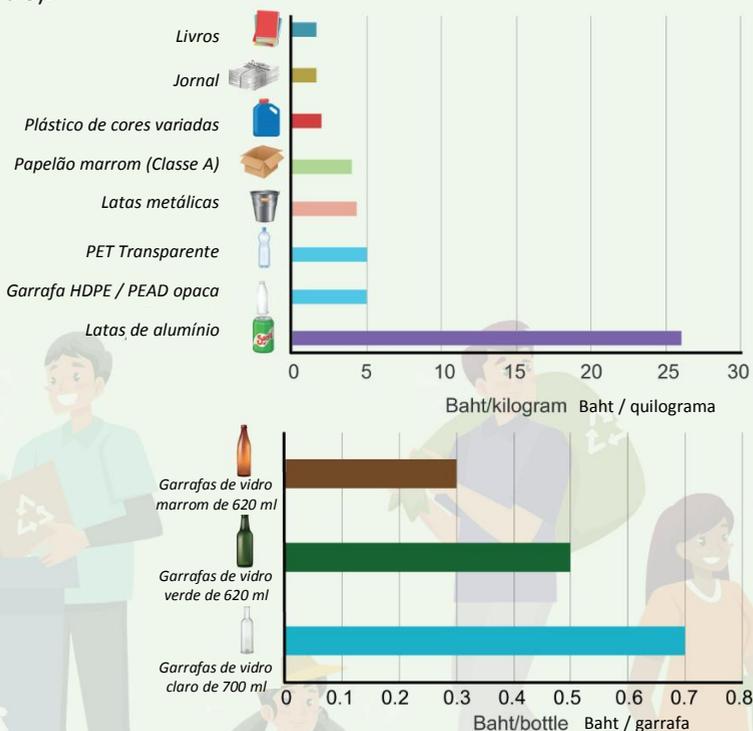


**Figura 4.** O fluxograma atual da gestão de resíduos sólidos na Economia Circular

Em 2019, o governo estimulou a redução do uso dos sacos plásticos. Os exemplos incluem a limitação e a proibição de produtos plásticos de uso único, a campanha No Plastic Bag (*Não ao Uso de Sacos Plásticos*) em shopping centers, a campanha de reutilização de tecidos ou sacos plásticos, e a campanha Bring Your Own Container (*Traga Sua Própria Sacola*). Estas ações conduziram à redução do nível de resíduos sólidos plásticos (conforme Redução e Reutilização). Além disso, a cooperação pública no processo de separação de garrafas plásticas, a maioria das quais eram PET (Polietileno Tereftalato), ajudou a aumentar o volume de garrafas PET recicladas na indústria. Em contrapartida, o nível de resíduos sólidos nas estações de aterros sanitários mostrou um declínio.

Na gestão de resíduos recicláveis pré-descartáveis, é aconselhável limpar os resíduos para evitar o mau cheiro, provocado pela decomposição, e facilitar a reciclagem posterior. Por exemplo, os japoneses cuidam para que os recipientes de alimentos sejam enxaguados com água e deixados para secar, antes de depositá-los em silos de reciclagem. Da mesma forma, os tailandeses limpam e secam as embalagens de leite, ou suco, e as colocam em caixas coletoras para fins de reciclagem. Na Suécia, estão disponíveis máquinas de reciclagem de resíduos, especialmente para produtos de plástico PET e alumínio, e as pessoas obtêm cupons para alimentos em troca do descarte.

Na Tailândia, a compra de resíduos recicláveis é comum, com preços variando de dias para dias. Por exemplo, latas de alumínio, garrafas de água de plástico HDPE (opacas) e PET (transparentes) foram comercializadas, respectivamente, a 26,5 e 5 baht por quilograma, em 26 de setembro de 2020 (Figura 5).



**Figura 5.** Preços dos resíduos recicláveis selecionados e comercializados em 26 de setembro de 2020.

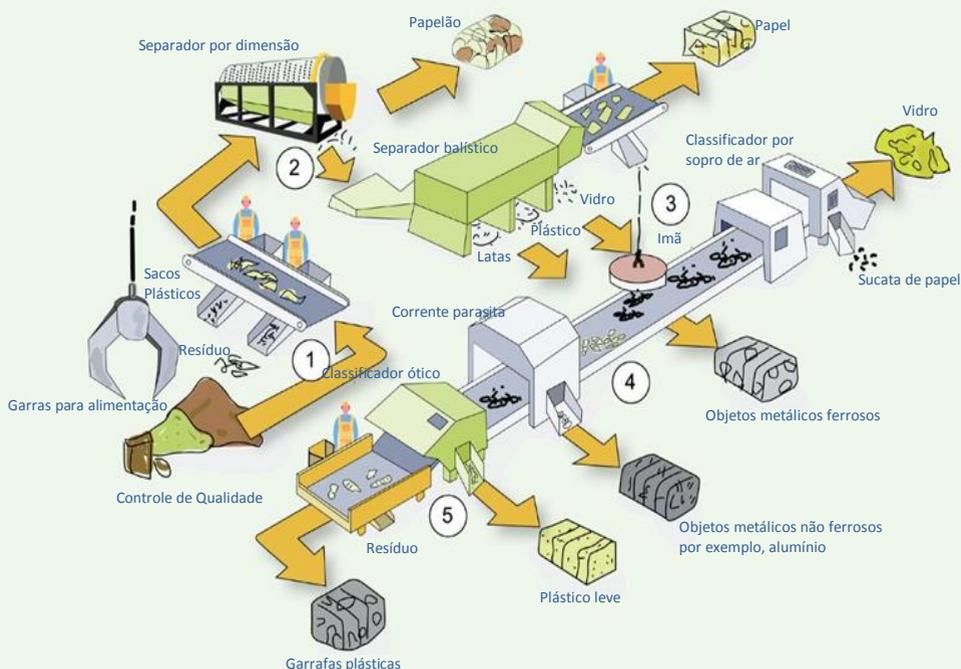
Fonte: Wongpanit (2020)

A gestão de resíduos descartados aleatoriamente, sem segregação no local de origem, requer máquinas classificadoras de resíduos, resultando em mais processos e custos mais elevados. Abaixo são apresentadas as máquinas de triagem de resíduos que variam de acordo com as características dos resíduos:

- A triagem por tamanho, ou dimensão, pode ser realizada com peneiras, com as aberturas reguladas em função do resíduo desejado.
- A triagem por ar diz respeito ao uso da água ou do ar para separar os resíduos em função de sua densidade, tal como um classificador de ar que separa o papel de um vidro.
- A ampliação da densidade de resíduos envolve a prensagem de garrafas plásticas em fardos após a triagem, levando a um custo mais baixo e a um transporte mais fácil.
- A classificação com base nas propriedades metálicas é realizada por um separador magnético, ou corrente parasita para manter as latas de alumínio fora.



A seguir, apresentamos como separar os itens recicláveis contidos no total de resíduos. Inicialmente, os trabalhadores humanos separam os objetos grandes em grupos. Os separadores de resíduos são usados na segunda etapa para classificar o resíduo por dimensão e manter o papelão fora, para sua reutilização. Na terceira etapa, os separadores balísticos separam e agitam os objetos com formatos diferentes. Isto significa que objetos em forma de tubo (3D), como garrafas plásticas, copos, latas de alumínio e metal, são separados dos resíduos em forma de folha, como papel. Em seguida, o papel é prensado em fardos para o próximo passo. Separadores magnéticos separam objetos metálicos, e máquinas de corrente parasita selecionam apenas latas de alumínio de outros resíduos. Da mesma forma, o papel é separado do vidro por classificadores por ar, que funcionam classificando através das diferenças de densidade. O lixo plástico é coletado por classificadores óticos. Na etapa final, os itens classificados são prensados em fardos para facilitar o transporte (Figura 6).



**Figura 6.** Classificação de resíduos recicláveis por máquinas nas estações de triagem

Fonte: Adaptação da SUEZ (n.d.)



## Tecnologias adequadas de gestão de resíduos

Os componentes dos resíduos sólidos urbanos constituem o insumo principal para o planejamento e orientação da gestão e da seleção de tecnologia adequada (como visto na amostragem de resíduos sólidos e na análise de componentes de resíduos no Anexo 1). A Figura 7 apresenta os três métodos de gerenciamento de resíduos sólidos, de acordo com as propriedades dos componentes.



**Figura 7.** Como gerir adequadamente os resíduos sólidos

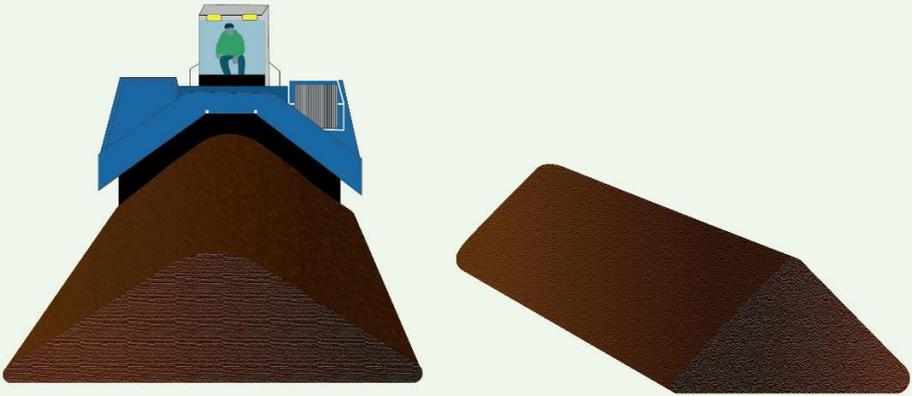
## Compostagem

O resíduo alimentar é um resíduo orgânico que pode ser degradado por micro-organismos, tornando a compostagem uma opção ideal para tratar esta classe de resíduo. Existem dois tipos de compostagem, com base nas finalidades de tratamento e tipos de micro-organismos: um método aeróbico que visa produzir composto e uma forma anaeróbica na qual o subproduto é o biogás, que pode ser utilizado como combustível auxiliar.

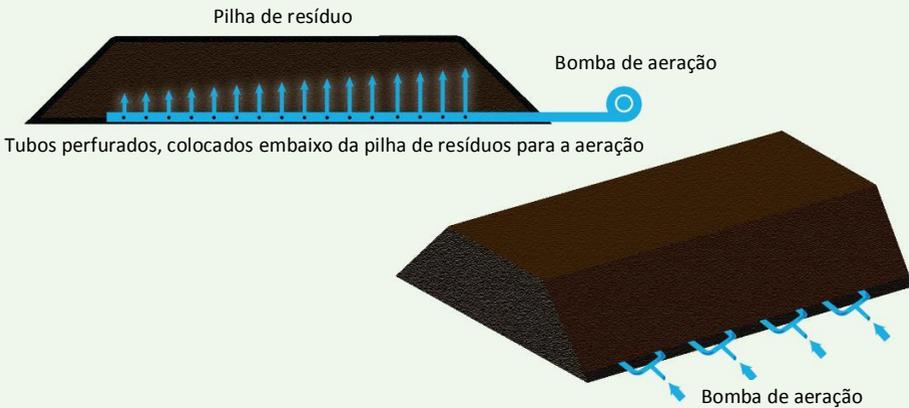
A Tabela 2 sugere as condições ideais para a compostagem aeróbica, e a Figura 8 fornece a orientação sobre como fornecer oxigênio ao fertilizante, que pode ser obtido pelo método de pilha aerada. Já a Figura 9 demonstra o método de pilha estática aerada que fornece a circulação de ar na base da pilha de fertilizante. Como um esquema ecologicamente correto, a compostagem de resíduos orgânicos devolve carbono ao meio ambiente e reduz o volume de resíduos sólidos entregues nas estações de aterro sanitário.

**Tabela 2.** Compostagem ideal de resíduos orgânicos na produção do composto

Fatores	Intervalos sugeridos
Relação carbono / nitrogênio	25-35:1
Teor de umidade	40-60%
Aeração	10-30%
Valor do pH	Neutro (melhor)
Dimensão da partícula	10-50 milímetros



**Figura 8.** Compostagem por pilhas aeradas para resíduo orgânico

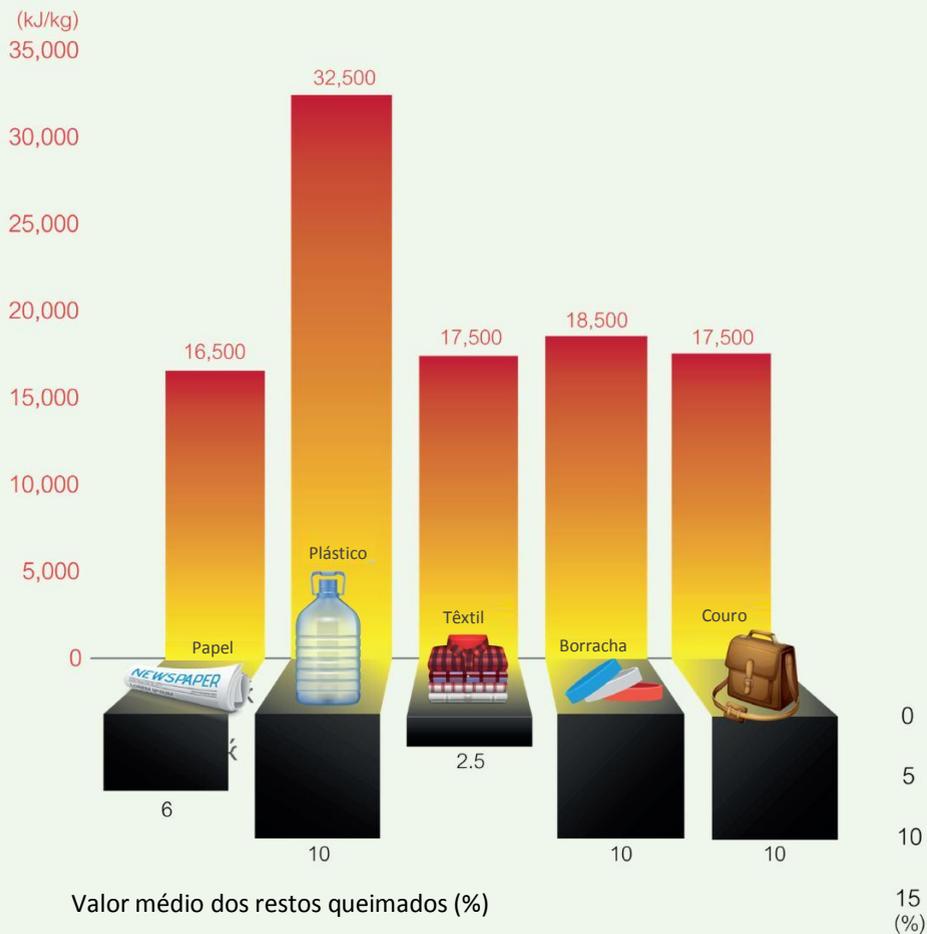


**Figura 9.** Compostagem por pilha estática aerada

## *Incineração*

Os resíduos sólidos que não podem passar por reciclagem ou compostagem, ou seja, as sobras de plástico de embalagem, roupas, madeira, e borracha, têm alto poder calorífico e são combustíveis. Eles são totalmente adequados para uso como combustível derivado de resíduo (CDR / RDF), como mostrado na Figura 10.

## Poder calorífico médio (kJ/Kg)



**Figura 10.** Valor (poder) calorífico e restos de queima de vários resíduos sólidos urbanos

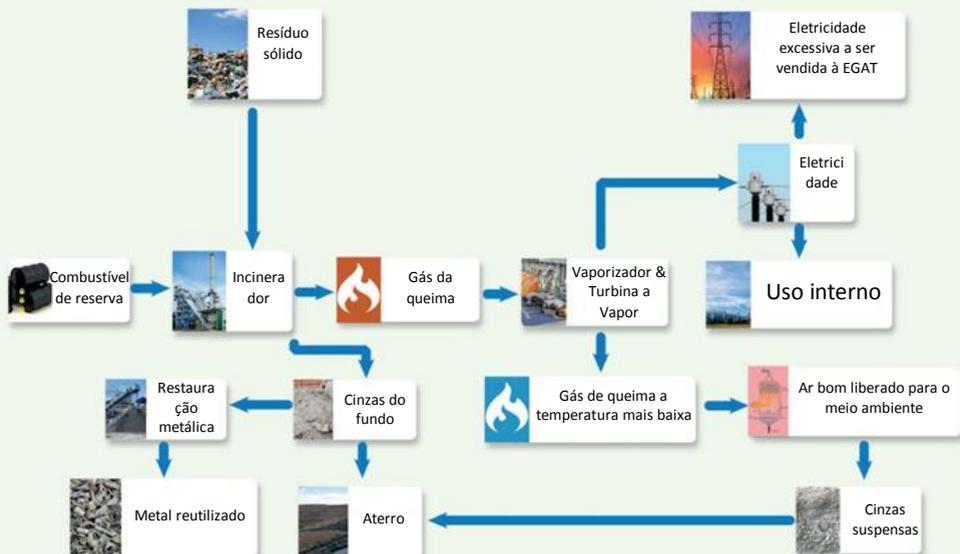
Fonte: Adaptação de Tchobanoglous e outros (1993)

A tabela 4 fornece as características ideais do combustível de resíduos, e a figura 11 mostra o poder calorífico de queima que é propício à geração de eletricidade. Há três métodos de queima de resíduos sólidos, de acordo com os diferentes níveis de aeração do sistema (Figura 12).

**Tabela 4.** As características do combustível

Características	Unidades	Valores
<i>Propriedades físicas</i>		
Poder calorífico líquido	Megajoule/ Quilograma	Não menor que 6,5
Teor de umidade	-	Não maior que 40% por peso
Densidade aparente	Quilograma / Metro cúbico	Não menor que 100
<i>Propriedades químicas</i>		
Teor de cloro (Cl <sub>2</sub> )	Base da porcentagem da matéria seca	Não maior que 0,8% por peso seco
Teor de cinzas	Base da porcentagem da matéria seca	Não maior que 50% por peso seco
Densidade / teor de mercúrio (Hg)	Miligrama / megajoule (valor mediano)	Não maior que 0,06
Densidade / teor de Cádmi (Cd)	Miligrama / megajoule (valor mediano)	Não maior que 7,5
Densidade / teor de outros metais, incluindo Antimônio (Sb), Arsênio (As), Chumbo (Pb), Crômio (Cr), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Níquel (Ni) e Vanádio (V)	Miligrama / megajoule (valor mediano)	Não maior que 190

Fonte: Notificação do Departamento de Controle de Poluição (2018)



**Figura 11.** Incineração de resíduos sólidos e geração de eletricidade induzida pela queima

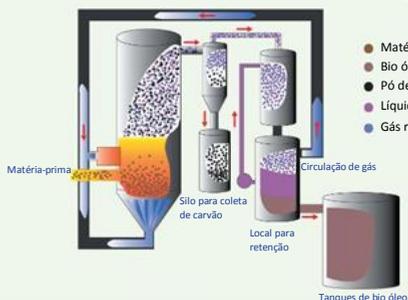


**Incineração:**

Queima completa

**Gaseificação:**

Aeração parcial



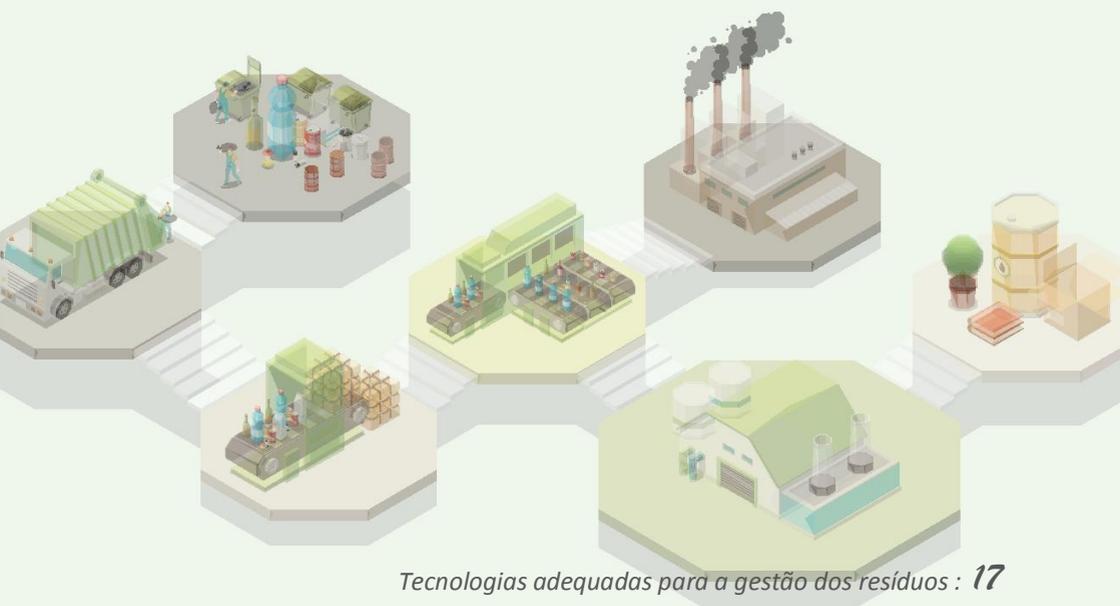
**Pirólise:**

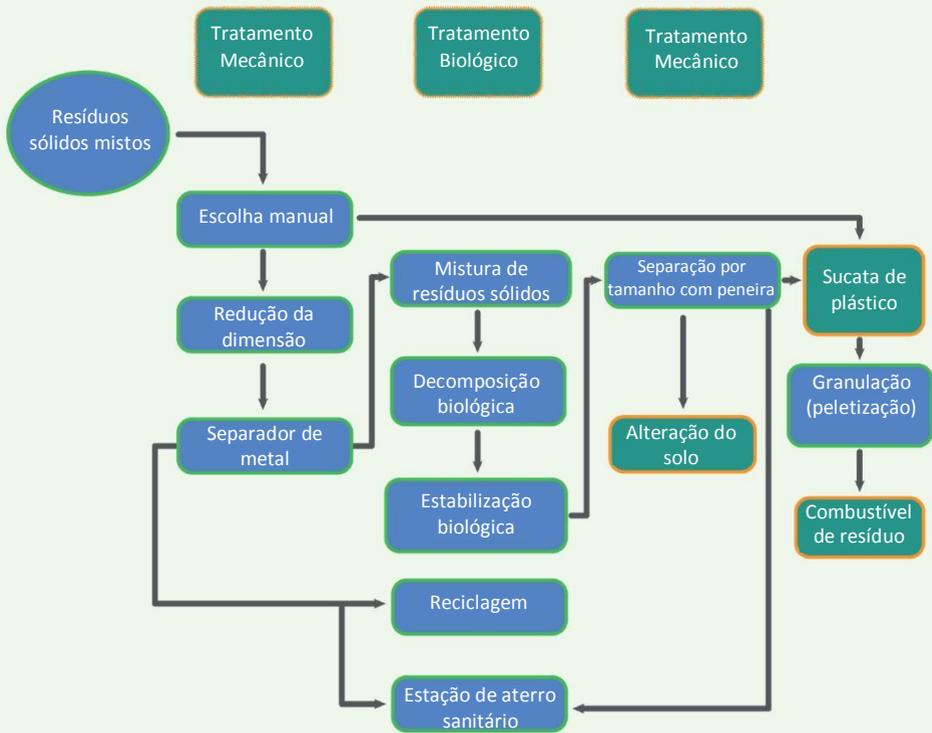
Queima anaeróbica

**Figura 12.** Três tipos de incineração de resíduo sólido

Os dois casos a seguir são tomados como exemplos. O incinerador em Phuket tem uma capacidade diária de descarte de 700 toneladas, e gera 10 megawatts de eletricidade. Da mesma forma, uma cidade chamada Biscaia, na Espanha, encontrou uma escassez de energia elétrica e de espaços para aterro sanitário. Portanto, em 2020, seu objetivo passou a ser atingir 50% de reciclagem de resíduos através da educação e da aplicação rigorosa da segregação de resíduos. E, em conformidade com a economia circular da UE, outros resíduos não recicláveis seriam incinerados. Adicionalmente, foi construída a usina elétrica Zabalgarbi, com capacidade de tratamento de 30 toneladas de resíduos sólidos por hora (Prachachat Turakij, 2019).

Na intenção de fazer face à não segregação, na qual os resíduos orgânicos são misturados com itens gerais, é introduzido um tratamento mecânico biológico TMB (MBT, em inglês) a fim de reduzir a quantidade de resíduos sólidos a serem depositados em aterro sanitário. Em primeiro lugar, o pré-tratamento dos resíduos sólidos urbanos é feito manualmente para selecionar os grandes resíduos recicláveis. Em seguida, os resíduos sólidos são mecanicamente reduzidos em tamanho. Os resíduos orgânicos serão então compostados usando-se o método biológico para fertilizantes e peneirados para liberar partículas menores. Os itens maiores presos na peneira, em sua maioria plásticos não degradáveis, são utilizados para a geração de combustível de resíduos ou depositados em aterro sanitário (Figura 13).

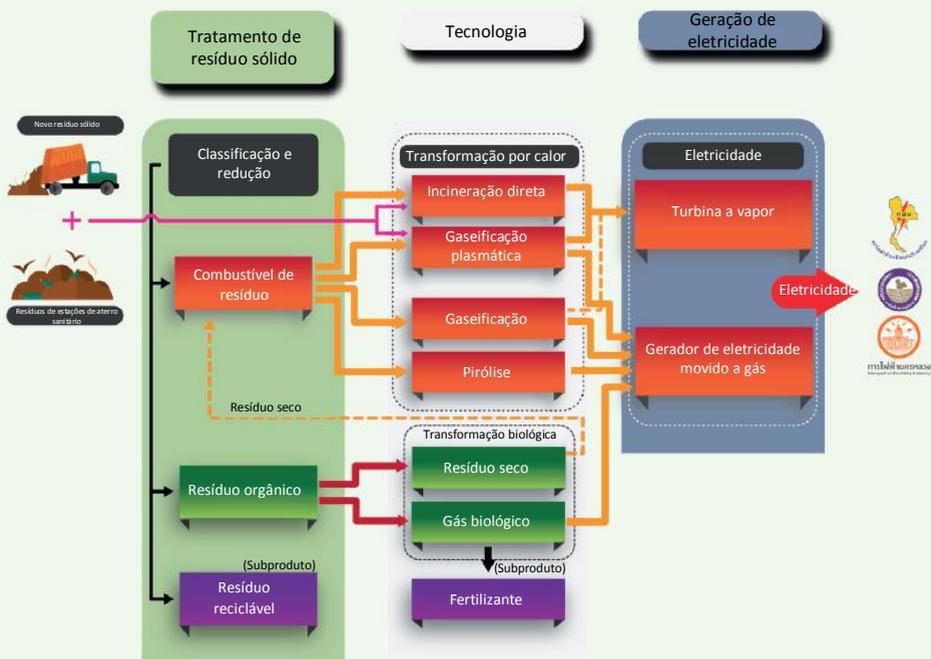




**Figura 13.** Uma amostra do tratamento mecânico biológico (TMB) no resíduo sólido urbano



Na Tailândia, as usinas de tratamento mecânico biológico (TMB) de resíduos sólidos urbanos estão situadas em Phitsanulok, Rayong e no Centro de Descarte de Resíduos Sólidos, em Bangkok. Em Rayong, a tecnologia para produção de biofertilizantes e geração de eletricidade está implantada (Figura 14).



**Figura 14.** Produção biológica de fertilizantes e geração de eletricidade a partir do tratamento de resíduos sólidos através de uma combinação de métodos mecânicos e biológicos

Fonte: Global Power Synergy Public Company Limited (2017)

## Aterro Sanitário

A etapa final da gestão de resíduos sólidos é o aterro sanitário. Os métodos convencionais falham na implantação da primeira etapa de segregação, cujo resultado é o excesso de resíduos sólidos em aterros sanitários, e espaços limitados que não conseguem atender adequadamente aos volumes de resíduos sólidos. Atualmente, a redução, reutilização, reciclagem, e outras práticas, são promovidas para reduzir o volume de resíduos sólidos nos aterros sanitários.

A gestão de aterros sanitários envolve as seguintes etapas. Inicialmente, os resíduos sólidos são avaliados para se determinar o volume total. Como os aterros sanitários de resíduos sólidos são operados sob condições anaeróbicas, os resíduos orgânicos que são decompostos por micro-organismos produzem reações bioquímicas durante o processo de aterro, resultando em lixiviado poluído e biogás. Como resultado, o aterro sanitário de resíduos sólidos necessita de uma camada de fundação, um sistema de coleta, sistemas de tratamento e exploração de águas residuais e biogás, e de um acompanhamento do impacto ambiental, para garantir a segurança da comunidade e um menor prejuízo para o meio ambiente (Figura 15).



**Figura 15.** Operação e processos de aterros sanitários de resíduos sólidos

Fonte: Adaptação de Tchobanoglous, e outros (1993)



# Plástico

## e reciclagem do plástico

O plástico é um material significativo hoje em dia, pois seus usos e funções são paralelos aos dos materiais orgânicos, e amplamente aceitos. Em geral, suas propriedades incluem notável estabilidade em condições normais, dificuldade de decomposição, grandes funções como isolante térmico e elétrico, maleável e com boa capacidade de fusão quando exposto ao calor. Como tal, o plástico pode ser transformado em formas variadas, e com baixo peso.

Devido a seu baixo custo de produção, o plástico exerce uma função muito importante na vida cotidiana e sua demanda de uso cresce continuamente. Consequentemente, uma grande quantidade de resíduos plásticos é produzida, comprometendo o meio ambiente, em virtude de sua má administração. O lixo mais comum inclui sacos plásticos, seguidos de canudos plásticos, tampas de garrafas, e recipientes para alimentos. Sendo uma substância sintética e não degradável, o plástico pode levar centenas de anos para se decompor. Sem medidas adequadas, o lixo plástico pode deteriorar a qualidade do solo e da água, juntamente com a saúde humana. Além disso, a queima inadequada do plástico em incineradores não aprovados implica em emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e outros gases tóxicos, que provocam o aquecimento global.

### *Um histórico do Plástico*

A palavra “plástico” deriva do grego πλαστικός (plastikas), que significa “capaz de ser moldado ou moldado”. A maioria dos plásticos é produzida a partir da reação de síntese química, e 90% das matérias-primas são produtos petroquímicos, ou seja, petróleo e gás natural. Nos primeiros dias antes da invenção do plástico, o homem utilizava borracha líquida das árvores para fazer recipientes, calçados, tigelas de água, para citar apenas alguns produtos.



**Figura 16.** Um histórico do Plástico

De acordo com a evolução mostrada na Figura 16, o plástico foi conhecido pela primeira vez em 1839 quando Charles Goodyear, um inventor americano, descobriu uma maneira eficaz de modificar as propriedades da borracha natural através da adição de enxofre e introdução de calor. O método é chamado de vulcanização e tem sido utilizado até os dias de hoje. Seu esforço deu origem ao desenvolvimento significativo da utilização de polímeros.

Em 1856, Alexander Parkes produziu oficialmente o plástico pela primeira vez. Ele descobriu a substância orgânica que contém celulose, chamada Parkesine, poderia ser moldada ao ser aquecida e mantinha sua forma quando resfriada. Em 1970, um químico americano nascido na Bélgica, Leo Hendrick Baekeland, conseguiu introduzir o primeiro polímero sintético, quando foi realizada a condensação de fenol e formaldeído. Assim, a Baquelite foi produzida e considerada como o primeiro plástico sintético do mundo. Uma grande variedade de materiais plásticos tem sido utilizada para atender inúmeros usos. A partir de 1970, o plástico tem sido notavelmente útil em várias áreas industriais e produzido como mercadoria diária, resultando em uma produção anual de 300 milhões de toneladas deste material.

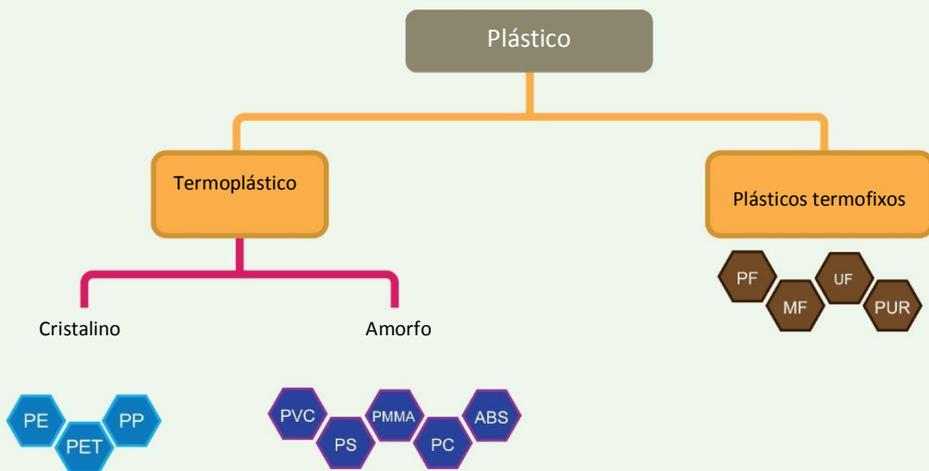
## *Tipos de plásticos*

De acordo com a Figura 17, existem dois tipos de plástico categorizados pelas suas propriedades térmicas, como mostrado abaixo:

1 Em relação ao uso, o termoplástico é o plástico mais comum. Quando exposto ao calor, ele se torna moldado, e quando resfriado ele se torna estável. Pode manter sua forma ou ser remodelado para atender várias necessidades, sem perder as propriedades originais. Ele se adapta à moldagem de itens através de métodos básicos, que vão da injeção à extrusão, e a produção de fios pelo processo de extrusão chamado thread spinning.

2 Os plásticos termofixos são caracterizados por baixa contração e grande resistência à temperatura, pressão, e reação química. Neles, as manchas e nós são raras. Estes plásticos mantêm sua forma eficiente após sofrer calor ou pressão por uma vez. Quando resfriados, não alteram mais suas formas.

Diante do calor excessivo, eles se rompem e queimam e se transformam em cinzas negras. Este tipo de plástico precisa de um tempo de moldagem mais longo do que o termoplástico, e pode exigir acabamento pós-moldagem.



**Figura 17.** Tipos de plásticos

Tabela 5. Diferenças entre plástico termoplástico e termofixo

Termoplástico	Plástico termofixo ou termoconsolidante
1. Semi-polímero	1. Polímero ligado ou em cadeia
2. Amolece ou derrete sob calor	2. Solidifica-se com o calor
3. Necessita esfriar antes de ser removido de um molde para evitar deformações	3. Não é necessário resfriamento antes da remoção do molde
4. Não causa reação de polimerização em um molde	4. Causa reação de polimerização quando no molde
5. Reciclável por moldagem e remodelação	5. Não reciclável

## Tipos de plástico pelas suas termo propriedades

1 O termoplástico apresenta moléculas de cadeia longa e contém dois tipos de formação de moléculas (conforme a Figura 20). Cada uma possui diferentes propriedades físicas, resistência ao calor, e condutividade, como se segue:

1.1 Termoplástico parcial cristalino ou cristalino - nesta categoria, a formação de moléculas é sistemática e próximas umas das outras, tornando este tipo de plástico forte e resistente ao calor. Entretanto, o plástico parecerá opaco. Abaixo estão amostras de cristalino.

1.1.1 Polietileno ou PE - com baixo ponto de fusão e ineficiente resistência ao calor, este plástico é claro, viscoso e altamente flexível. O PE é um componente do processo de moldagem do plástico para criar produtos de plástico macio ou duro. Seus três níveis de densidade incluem baixo (PEBD / LPDE em inglês), médio (PEMD / MDPE); e alto (PEAD / HDPE).

1.1.2 Polietileno tereftalato ou PET - este termoplástico incolor, duro, e altamente cristalino oferece resistência, flexibilidade, e boa resistência ao impacto, bem como propriedade impermeável ao gás e baixa taxa de decomposição. Sendo o único material plástico 100% reciclável, o PET é comum na produção de embalagens, desde garrafas de água, filmes, garrafas de óleo vegetal e fios sintéticos para garrafas plásticas e frascos.

1.1.3 Polipropileno ou PP - este tipo de plástico, com baixa densidade, oferece uma capacidade de moldagem fácil que é esparsa e leve em peso. É forte, viscoso, resistente a produtos químicos, moderadamente durável, e menos resistente ao calor em comparação com o PE. É usado para produzir palhinhas, sacos para alimentos e recipientes para alimentos, uma vez que estes granulados plásticos, de grau alimentício, são seguros para embalagens de alimentos e protegem contra a umidade. Entretanto, este tipo de plástico é ineficaz em um ambiente de baixa temperatura, e portanto, não é ideal para embalagens de alimentos congelados e para o uso como materiais de colagem em juntas.

1.2 Termoplástico amorfo - este plástico tem uma estrutura molecular desorganizada, com uma longa distância de ligação entre as moléculas. Assim, ele tem uma resistência menor e pouca capacidade de resistir ao calor. Entretanto, tem melhor transparência em comparação com o plástico cristalino. Abaixo temos a lista de termoplásticos amorfos.

1.2.1 Cloreto de polivinila ou PVC - é duro, frágil, transparente, incolor, resistente a produtos químicos e facilmente solúvel, quando submetido ao calor. Portanto, é indispensável incluir aditivos para melhorar sua resistência ao calor. O PVC é comumente usado para produzir juntas de tubos, tubos de água, armação de portas, armação de janelas, couro artificial, mangueira, assento de carro, capa de chuva, e isolante de fio.

1.2.2 Poliestireno ou PS - este plástico é feito de monômero de estireno. É duro, transparente, frágil, facilmente quebrável e não resistente a impactos. Entretanto, é resistente a ácido e à base. É utilizado principalmente como material para componentes de geladeiras, automóveis e dispositivos eletrônicos, material de escritório, régua de plástico, corpos de canetas, cestos de lixo e garrafas de plástico.

1.2.3 Polimetilmetacrilato ou PMMA- também é conhecido como acrílico. Este plástico é notável pela sua viscosidade, resistência à tração, tenacidade, alta resistência aos raios ultravioleta e ao vidro, e peso mais leve. Por esta razão, nas indústrias, o acrílico é um excelente substituto do vidro, e um material ideal para a produção de coberturas plásticas para faróis dianteiros e traseiros de automóveis, telas de mostrador, lentes, lâmpadas, letreiros de loja, e placas publicitárias.

1.2.4 Policarbonato ou PC - este plástico de engenharia é de grande resistência e durabilidade e amplamente utilizado em todos os setores industriais. O PC é realmente duro, transparente, viscoso, resistente ao ácido mas não à base, resistente à força de retenção e ao impacto, e é capaz de resistir a temperaturas de até 140°C. Ele é um material caro e perfeito para construção, janelas à prova de balas, componentes de aparelhos eletrônicos, dispositivos eletrônicos, peças de bateria, coberturas de fusíveis elétricos e mamadeiras para bebês.



1.2.5 Acrilonitrilo-butadieno-estireno ou ABS - este polímero é altamente resistente ao impacto e à substâncias químicas. É viscoso, mas opaco. É comum na fabricação de itens dedicados a fins externos e decorativos, tais como peças elétricas, componentes de automóveis, equipamentos esportivos, tubulações de gás, materiais para caixas ou coberturas, telefones, teclados de computador, computadores, telefones celulares, brinquedos como Lego, louças, tigelas, estruturas de ventiladores, capacetes de corrida, e interruptores de energia.

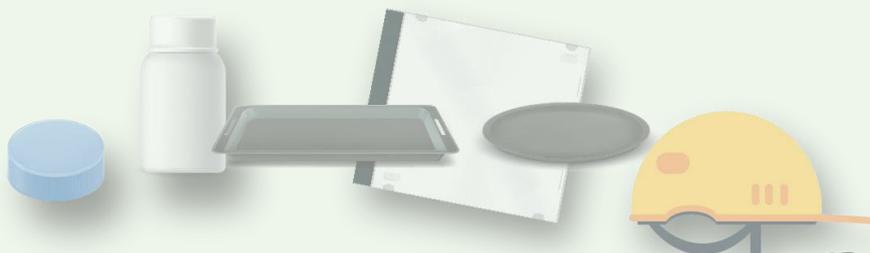
2. Plásticos termofixos - esta estrutura plástica, de ordem aleatória, oferece a capacidade de ter forma durável, porém só pode ser moldada uma vez, sendo incapaz de retornar à forma anterior após receber calor, pressão, e reação química (mais de 200 °C em geral). Após ser exposto ao segundo calor elevado, este plástico se deteriora e se decompõe, uma vez que o calor destrói sua estrutura molecular. Exemplos deste tipo estão relacionados abaixo:

2.1 Fenol formaldeído ou PF - este plástico, extremamente forte e rígido, não derrete ou se torna solúvel em qualquer solvente e suporta calor de até 200°C. Seus usos mais comuns estão na fabricação de cabos de painéis, tampas de distribuidores de automóveis, e bandejas químicas.

2.2 Melamina-formaldeído (resina melamínica) ou MF - este plástico extremamente forte resiste ao calor de até 110°C e é um material comum na fabricação de pratos de plástico, móveis, e materiais de bancada.

2.3 Ureia formaldeído ou UF - com a força comparável à da melamina-formaldeído, geralmente é usada em interruptores e plugues.

2.4 Poliuretano ou PUR - este plástico duro pode ser moldado em muitas formas, tais como espuma macia de poliuretano para almofadas, colchões, e frascos de embalagens. A versão dura serve como isolante em geladeiras e freezers.

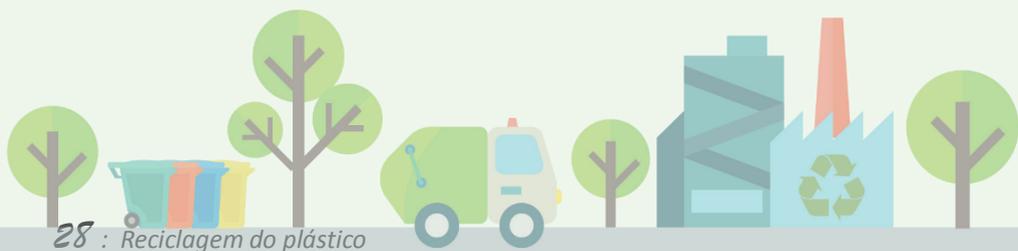




# Plástico Reciclagem

A parte mais importante do consumo de plástico é que os consumidores muitas vezes o descartam. Mesmo assim, vários tipos de plástico são recicláveis. Isto é especialmente verdadeiro para o termoplástico que pode ser remodelado através de moagem e fusão induzida pelo calor. Estas duas técnicas oferecem benefícios em face do desperdício. No entanto, o plástico pode sofrer degradação em virtude da reciclagem repetida. Assim sendo, o plástico reciclado deve ter uma quantidade apropriada de partículas plásticas adicionadas a ele, durante a produção. No caso de alguns produtos plásticos que requerem propriedades especiais, a limpeza e a contaminação devem ser fortemente monitoradas. Entretanto, o plástico reciclado tem uso limitado, pois pode ser alterado e deformado sob altas temperaturas.

De acordo com a figura 18, o plástico reciclado é dividido em 7 tipos. A Society of the Plastic Industry Inc. dos Estados Unidos fornece os símbolos padrão para plástico reciclável, em funções diárias. A sinalização ostenta três setas voltadas para a mesma direção em um triângulo, ou um loop Mobius. Indica que o produto é reciclável ou fabricado a partir de materiais reciclados. O número no centro do triângulo e os caracteres do alfabeto romanos sob a base do triângulo denotam a classificação de tipos plásticos recicláveis.





# 7 Tipos de Plástico

Segregar plástico reciclável antes do descarte.

Símbolo	Nome do polímero	Exemplos de produtos	Propriedades
	Tereftalato de polietileno	 Garrafas de água e óleo vegetal	Polímero transparente e denso. Resiste ao impacto e tem um bom desempenho para evitar a permeabilidade do gás.
	Polietileno de alta densidade	 Frascos de xampu, sacos plásticos, cestos de lixo	O plástico de alta densidade oferece uma resistência importante, mas é menos transparente que o polietileno. É menos denso, resistente ao ácido e à base, e eficaz na prevenção da permeabilidade da umidade.
	Cloreto de polivinilo	 Tubos para água, isolantes de fios	Este material extremamente forte permite uma leve penetração de vapor e ar, mas uma grande prevenção da permeabilidade do óleo.
	Polietileno de baixa densidade	 Sacos plásticos, sacos de comida congelada	É transparente com alto volume, mas de baixa densidade.
	Polipropileno	 Tampas de garrafa, frascos de remédio	É o mais leve de todos os tipos de plástico, mas forte e resistente ao impacto e alta temperatura.
	Polistireno	 Tigelas, pratos e caixas de CD	Transparente e frágil, mas com grande resistência ao ácido e à base. Pode ser facilmente moldado em formas e permite uma leve permeabilidade de umidade e ar.
	Outros	 Canetas, garrafas de alimentação, capacetes de segurança	Existem muitos tipos de plástico que podem ser reciclados. Os plásticos diferentes dos 6 tipos acima são agrupados neste tipo

**Recomendação de classificação**

Classificar por tipos com base no símbolo encontrado nas embalagens ..... Enxaguar com um borrifos de água ..... Não jogue pontas de cigarro ou lixo dentro de garrafas ..... Separe uma garrafa e uma tampa, pois eles não são o mesmo tipo de plástico

Figura 18. Tipos de plásticos recicláveis a serem segregados antes do descarte

## Processos de Reciclagem de Plásticos

A reciclagem do plástico é um processo de recuperação e reprocessamento de resíduos plásticos que se transformam em produtos funcionais e úteis. A reciclagem pode reduzir a quantidade de matérias-primas principais em um processo de fabricação de plástico virgem, e minimizar os resíduos perigosos durante o processo. Os produtos acabados de plásticos reciclados oferecem funcionalidade diferente daquelas dos originais. Por exemplo, as garrafas plásticas são fundidas e moldadas como outros recipientes.

Deve-se ter em mente que a segregação do plástico é o primeiro e mais significativo passo na reciclagem. Como o plástico tem um peso diferente e uma estrutura molecular altamente complexa, a mistura de tipos de plástico não é viável. Existem 4 tipos-chave de reciclagem de plástico (como mostrado na figura 19)



**Figura 19.** 4 tipos de reciclagem de plástico

1 Reciclagem primária - reutiliza garrafas não contaminadas ou material plástico do mesmo tipo, que são produzidos em um processo de produção ou moldagem, em uma fábrica. Este processo pode ser concluído usando apenas um tipo de material ou adicionando quantidades apropriadas de novas partículas plásticas.

2 Reciclagem secundária - também conhecida como um processo de moldagem. O plástico usado será limpo, moído, fundido, e remodelado para criar um novo produto plástico. Este processo de reciclagem pode ser feito por vários métodos, conforme detalhado abaixo.

2.1 Reciclagem mecânica - o plástico é separado por tipos e cores, enxaguado até ficar limpo, e depois moído e fundido em uma resina plástica reciclada, ficando pronto para ser usado na próxima produção ou misturado com nova resina para garantir a propriedade desejada em uma etapa de moldagem.

2.2 Modificação química - a resina de plástico reciclado é processada para ter uma qualidade tão próxima quanto a nova resina. Isto pode ser aplicado tanto à resina simples como à resina mista. Para a primeira, serão utilizados métodos de adição química ou de irradiação. No caso da segunda, é necessário um compatibilizador para a mistura.

2.3 Moldagem por co-extrusão e co-injeção - esta opção é adequada para a produção de embalagens de alimentos. Os produtos processados com este método contêm várias camadas, semelhantes a um sanduíche. As camadas externas serão feitas de plástico novo, tornando-as altamente resistentes à tração e ao arranhão, enquanto a camada intermediária é de plástico reciclado.



**3** A reciclagem terciária tem duas categorias, como abaixo descritas:

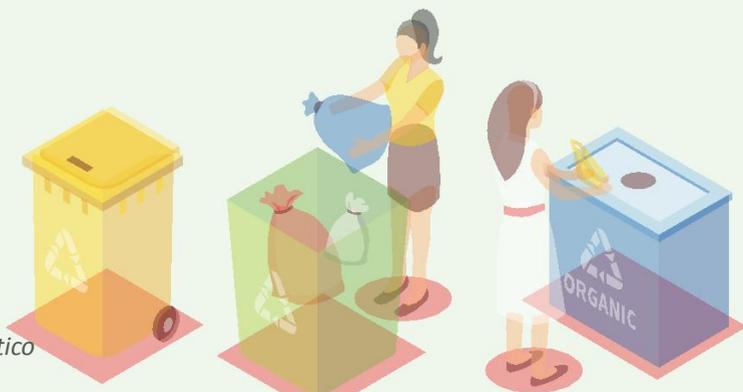
3.1 Reciclagem química - envolve a despolimerização que produz monômero ou oligômero. Através da purificação com base no refino e cristalização, obtém-se como resultado final um substrato de alta qualidade. Este método é frequentemente utilizado para a reciclagem de plástico PET.

3.2 Termólise - o calor é introduzido para quebrar a estrutura plástica. Esta técnica pode ser realizada com estes 3 métodos, da seguinte forma:

(1) Pirólise - a despolimerização é obtida através de uma ação térmica livre de oxigênio. Através da condensação, é produzida uma substância líquida chamada óleo cru sintético, que pode ser fornecida às plantas de refino. Simultaneamente, os materiais restantes que não sofrem condensação serão utilizados como combustível para fornecer calor durante um processo.

(2) Gaseificação - a despolimerização é obtida através de uma ação térmica utilizando oxigênio limitado para facilitar uma reação. Este processo utiliza uma temperatura mais alta em comparação com a pirólise. Isto resulta em syngas, que consiste em monóxido de carbono e hidrogênio. Este gás pode ser usado como uma fonte direta de combustível. Entretanto, seu valor pode ser aumentado de duas a três vezes se for processado através da separação do gás.

(3) Hidrogenação - a técnica é desenvolvida com base no método catalítico de refino de petróleo bruto. A despolimerização utiliza um processo térmico. O material será introduzido ao hidrogênio excessivo a uma pressão superior a 100 bar até que a quebra (cracking) e a hidrogenação completa sejam alcançadas. Este método produz principalmente combustível líquido, como gasolina ou diesel.



A termólise é mais vantajosa e econômica que a reciclagem química, uma vez que é capaz de processar resíduos plásticos misturados com contaminantes não plásticos. Pelo contrário, a reciclagem química requer plástico relativamente limpo, resiste somente a uma baixa contaminação, e contribui para um alto custo de preparação. Porém, a termólise ainda requer limpeza ou triagem por tamanho. Reciclagem quaternária - o plástico pode ser queimado como combustível alternativo.

4 O poder calorífico dos plásticos varia entre 22 e 46 MJ/kg, semelhante ao carvão (29 MJ/kg). Isto é propício para a queima de resíduos úmidos e, assim, garante um menor volume de combustível necessário na queima de resíduos.

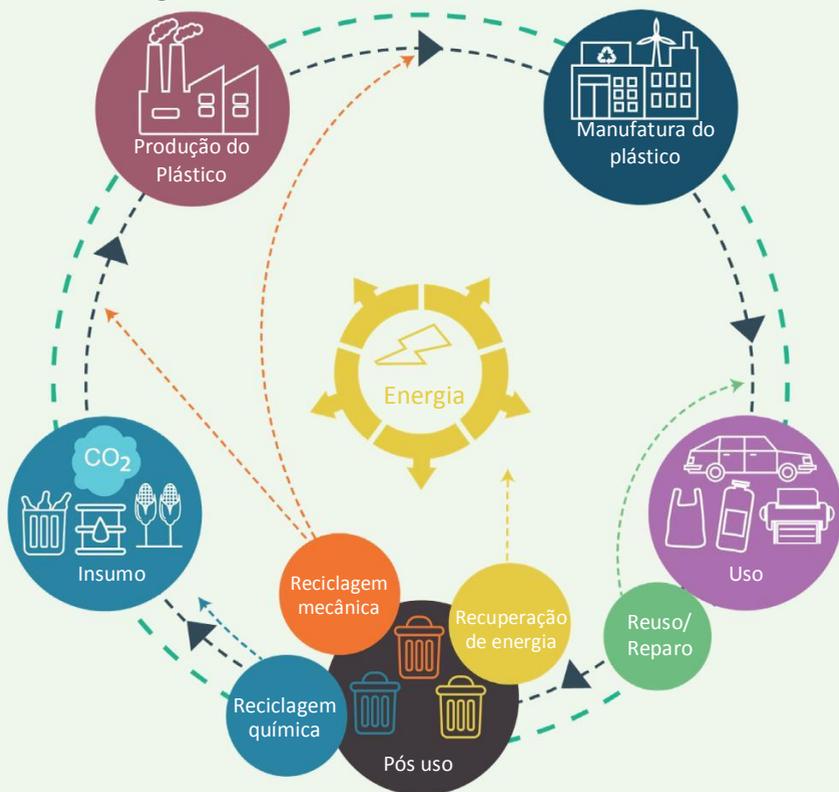
## Tipos de Plásticos e Reciclagem

Todos os tipos de plástico são recicláveis, exceto aqueles com limitações, como PVC, melamina, plástico leve com dificuldade na coleta, ou aqueles feitos de plásticos mistos, tornando-os não ideais para reciclagem. A maioria dos plásticos recicláveis estão listados abaixo:

1 PET	2 HDPE	3 PVC	4 LDPE	5 PP	6 PS	7 Other
Fácil reciclagem	Fácil reciclagem	Difícil de reciclar	Reciclagem possível, mas rara	Fácil reciclagem	Difícil de reciclar	Difícil de reciclar
						
Transparente e leve	Forte e durável	Moldado para ficar resistente ou macio	Leve e barato	Resistente ao calor e ao impacto	Leve, frágil, e quebradiço	Variedade é alta, com base em tipos de polímero

Figura 20. Tipos de plástico comuns no processo de reciclagem

Como mencionado acima, os processos de reciclagem de plástico são vitais para maximizar a utilização dos recursos. O ciclo começa no gerenciamento e produção de matéria-prima até a geração de combustível, como claramente representado na figura 21.



**Figura 21.** O ciclo de vida dos plásticos

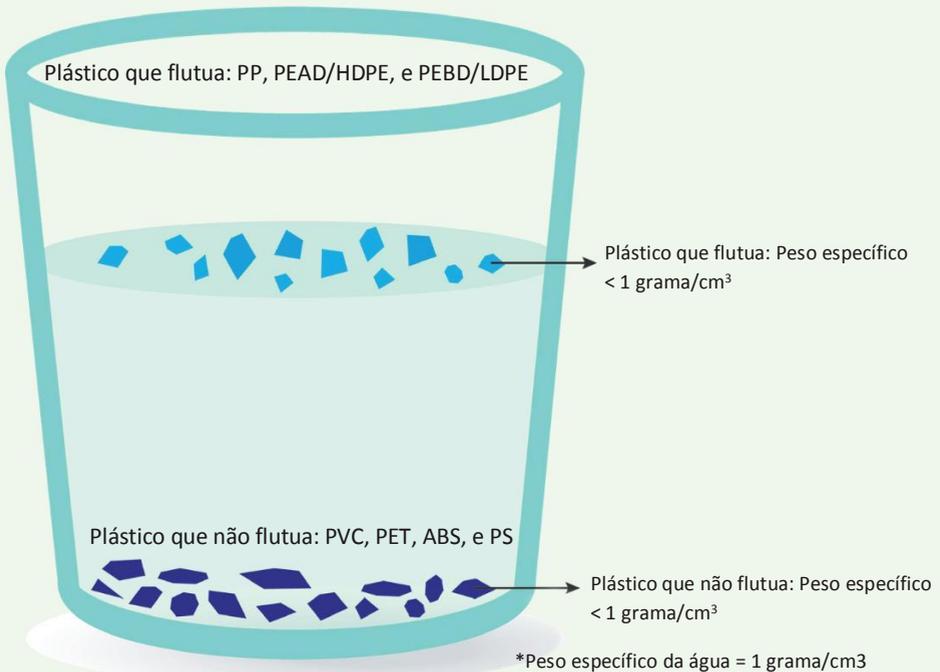
Fonte: Woldemar (2019)

Atualmente, a garrafa PET de 1,5 litros pesa 26,8 gramas, menos do que a versão anterior. Isto é resultante da maior eficiência na utilização do material, e também ajudou a reduzir o volume de materiais em 66%, nos últimos 5 anos. Como resultado, um único caminhão pode transportar mais produtos e reduzir significativamente o consumo de combustível e as emissões (Stadler, 2020).

## Processo de Reciclagem

A reciclagem do plástico consiste em etapas, explicadas a seguir.

- 1 Inspeção - a primeira etapa é peneirar e separar contaminantes em resíduos plásticos, tais como pedregulhos, vidro, e plástico não reciclável.
- 2 Cortar em pedaços e lavar - o segundo passo é a limpeza do plástico.
- 3 Tanque de flutuação - como cada tipo de plástico tem uma densidade diferente, alguns tipos de plástico como PS, PVC, PET e ABS irão afundar, enquanto o PP, PEAD/HDPE e PEBD/LDPE irão flutuar. Este procedimento demonstra ser um método simples para classificação, como mostrado na figura 22.



**Figura 22.** Classificação do plástico por sua flutuabilidade

Fonte: S. Serranti & G. Bonifazi (2019)

4 Secagem - secar o plástico segregado do passo anterior através de um secador .

5 Térmico e pressão - uma extrusora insere calor no plástico. A temperatura e a pressão variam dependendo dos tipos de plástico, devido aos diferentes pontos de fusão.

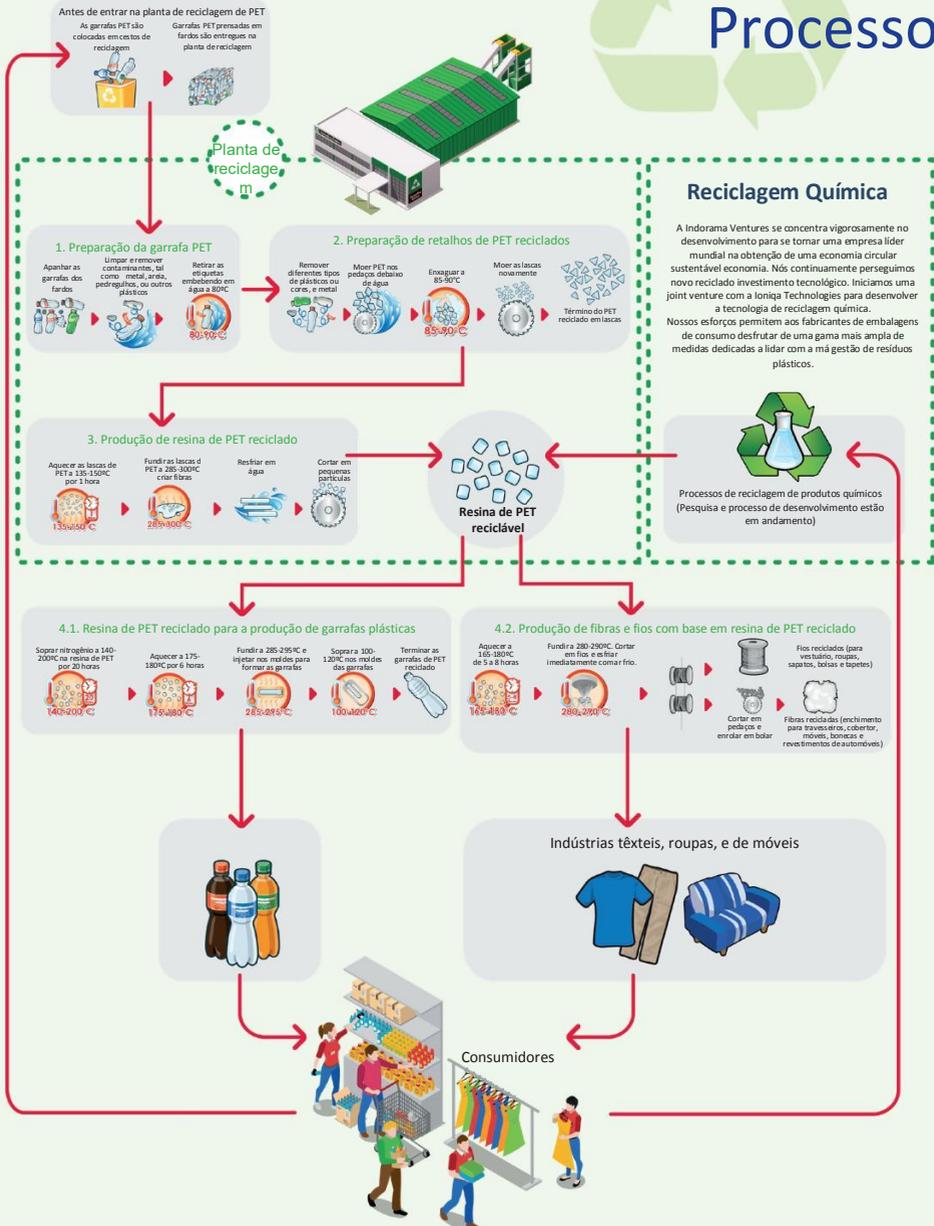
6 Filtragem - o plástico fundido é finamente filtrado para eliminar contaminantes, e alimentado com uma extrusão para formar os fios de plástico.

7 Pelotização ou granulação - esfriar os fios de plástico por imersão em água, quebrá-los em pequenos grãos e alimentá-los em instalações de produção de plástico, para moldagem.



# Reciclagem do PET

## Processo



**Figura 23.** Processos de reciclagem de plástico pela Indorama Ventures Public Company Limited



## Uma nova perspectiva sobre a reciclagem de plásticos

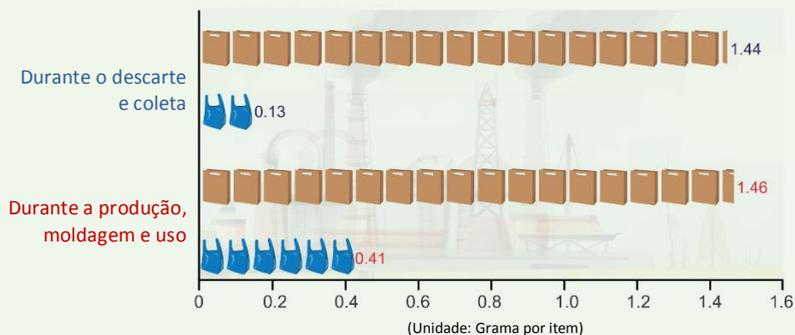
A maioria das pessoas pode pensar que o plástico é a principal causa da degradação ambiental. No entanto, o plástico apresenta inúmeros benefícios. Em comparação com materiais alternativos, o plástico exerce menos impactos ambientais. Por exemplo, entre os ciclos de vida dos sacos plásticos e os dos sacos de papel, descobriu-se que os sacos plásticos emitem menos poluição atmosférica e requerem muito menos energia e água limpa. De acordo com a Figura 24, no mesmo volume de produção, os sacos de papel provocam 6 vezes mais poluição do ar e consomem 2,5 vezes mais energia, enquanto consomem 16,1 vezes mais água limpa.

A partir destas informações, pode-se argumentar em detalhes que as produções de sacos plásticos e sacos de papel consomem recursos naturais. O plástico tem origem em gases naturais ou óleo cru, enquanto o papel é feito de fibras de celulose de árvores. Os materiais são fixados e processados através de processos de produção, e depois passam para os consumidores na forma de produtos. Finalmente, eles são descartados e posteriormente coletados para reciclagem. Nestes processos, são necessárias emissões de poluição (gases de efeito estufa, por exemplo), consumo de energia e consumo de água limpa. Considerando os níveis de emissão de carbono de todos os tipos de embalagens, os produtos plásticos representam apenas 5% do consumo total de gases naturais e petróleo na Tailândia. Portanto, o plástico não é a principal causa da diminuição do gás natural e do petróleo, em comparação com outras atividades.

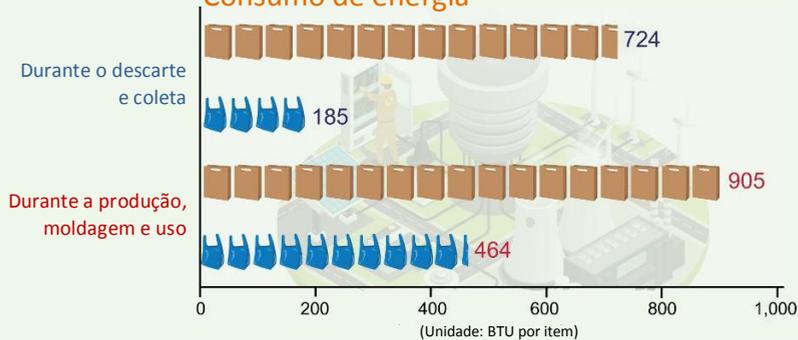


## Comparação entre sacos plásticos e sacos de papel

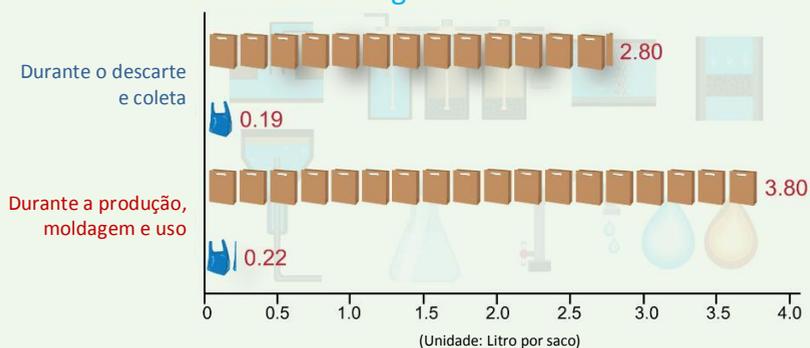
### Emissão de poluição



### Consumo de energia



### Consumo de água



**Figura 24.** Comparação entre sacos plásticos e sacos de papel

Fonte: Franklin Associates, A Division of Eastern Research Group (ERG)

De acordo com o estudo das emissões de gases de efeito estufa, na Avaliação do Ciclo de Vida dos materiais de embalagem (Voulvoulis N et al., 2019), cada embalagem de bebida, quer seja feita de plástico ou de outros materiais, causa um impacto ambiental. Contudo, em termos das embalagens de 500 ml de bebidas, a produção de garrafas de plástico tem menos emissões de gases de efeito estufa do que a de papelão (painel de fibras) para líquidos, latas de aço, latas de alumínio, e garrafas de vidro, como mostra a Figura 2.



Figura 25. Emissão de gases de efeito estufa a partir da produção de embalagens de 500 ml de bebidas usando variados materiais.

Fonte: Voulvoulis N e outros (2019)



# A Economia circular e a indústria do plástico

Uma economia circular é um modelo de negócio que se concentra na gestão do desperdício após o consumo. Ela é diferente do modelo de take-make-use-dispose (*pegar, fazer, utilizar e descartar*), que é uma economia linear que gira em torno da produção e do consumo, e que causa enormes desperdícios. A economia circular, promove a eficiência dos recursos e o fornecimento dos produtos usados para o processo de produção, e seu modelo é o modelo make -use-return (*fazer, utilizar, retornar*). Como resultado, o equilíbrio nos negócios, a qualidade de vida, e o futuro sustentável são encorajados.



Figura 26. Economia circular

Fonte: Indorama Ventures Public Company Limited

A implantação de uma economia circular para a gestão de resíduos deve começar com um projeto que utilize o mínimo de recursos em um processo de produção, ofereça o maior valor para os clientes, ou possa ser reutilizado o máximo possível. Para atingir o máximo de utilização e reutilização efetiva, o usuário é obrigado a classificar e armazenar sistematicamente os itens. Mas, se não puderem ser reutilizados, eles devem ser utilizados, pelo menos, como combustível. Estas ideias devem contribuir para a tendência crescente do modelo de economia circular, utilizado em muitas indústrias. Os fabricantes utilizam sobras de materiais para agregar mais valor a seus produtos através do projeto, bem como a reciclagem de produtos usados, e o replanejamento de produtos no sentido de serem ecologicamente corretos desde o início da produção.



# A reciclagem do plástico na economia circular

Muitos países implantaram adequadamente o modelo de economia circular, de acordo com o contexto de cada um e suas organizações. A indústria do plástico é uma das que aplicam o modelo de economia circular para reduzir as implicações ambientais de forma sustentável. Ao seguir apenas o modelo pegar-fazer-utilizar-descartar de eliminação de resíduos, sem gestão ou eliminação de resíduos, rapidamente se duplicará o desperdício, quando houver resíduos plásticos. Portanto, os resíduos plásticos são considerados uma questão global que precisa ser tratada com seriedade.

Entretanto, a União Europeia estabeleceu um novo regulamento que estabelece que as garrafas de bebidas devem ser compostas de 25% de plásticos reciclados até 2025, e 30% até 2030. O regulamento, juntamente com a mudança de comportamento dos consumidores, facilitará um rápido aumento na taxa de reciclagem do plástico (Stadler, 2020).

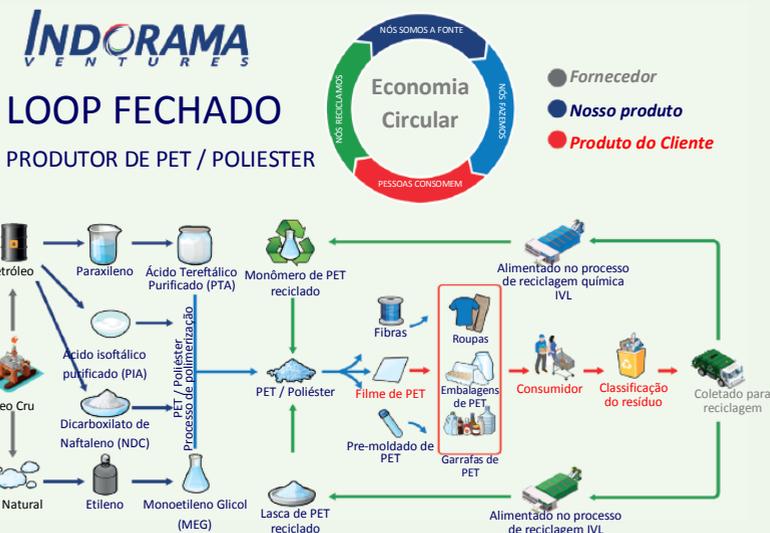


Figura 27. A reciclagem do plástico na economia circular

Fonte: Indorama Ventures Public Company Limited

As Nações Unidas (ONU) apontaram a má gestão do plástico como o desafio global especificado nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS / SDG em inglês), que foram reconhecidos por 193 Estados membros, em setembro de 2015. Os ODSs / SDGs são formados por numerosas metas relativas à gestão de recursos e resíduos, especialmente 17 metas relativas ao consumo e produção sustentáveis (SDG 12) e conservação e uso sustentável dos mares e recursos marinhos (SDG 14), as quais estão intimamente relacionadas aos resíduos plásticos e aos plásticos em geral. Em 2016, a UNEA-2 ((United Nations Environment Assembly / Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente) retificou a resolução No. 2/11 para determinar a necessidade de análise da questão dos resíduos plásticos e reciclagem.

Atualmente, o governo está se preparando para atingir metas de desenvolvimento sustentável, conforme um acordo do Plano de Ação ASEAN-ONU (*Associação das Nações do Sudeste Asiático, na ONU*), de 2016 a 2020, mediante a elaboração de um plano estratégico para impulsionar o país em direção ao desenvolvimento sustentável, nos aspectos econômicos, sociais, e ambientais. O Ministério da Indústria tem um papel importante no estabelecimento das políticas para a indústria do plástico. Essas políticas visam facilitar a transição da estrutura produtiva para o modelo de economia circular, objetivando diminuir o impacto ambiental no país, aumentando o valor econômico, e incentivando as empresas a fabricar produtos inovadores, a partir de resíduos ou sobras de materiais.

Na situação atual, o relatório do Instituto de Plásticos da Tailândia constatou que o país gera resíduos plásticos totalizando 2.000.000 toneladas por ano, mas, apenas um quarto do total de resíduos é devidamente reciclado. Devido à falta de gestão de resíduos e de medidas sistemáticas de reciclagem, no momento, os resíduos plásticos limpos são insuficientes, o que resulta em alto custo de reciclagem e baixo valor econômico. Além disso, a tecnologia de produção dos pequenos empresários ainda está insuficientemente desenvolvida, carece de um padrão, e permanece fora do sistema onde o governo pode prestar apoio. Assim, cada setor deve cooperar para discutir uma solução vantajosa para todos. Como a Tailândia anunciou que a importação de resíduos plásticos será proibida até 2021, esta é a melhor oportunidade para rever conceitos e criar um plano nacional de gestão de resíduos para obter o máximo de benefícios. De acordo com a estratégia nacional de 20 anos relativa ao plano de ação de resíduos plásticos, os 7 tipos de plásticos descartáveis após uso único serão proibidos até 2025 (Figura 28).

# 7 Tipos de Plásticos a serem Banidos na Tailândia

## Meta 1

Reduzir e eliminar progressivamente o plástico utilizando materiais ecológicos



## Meta 2

Reciclagem do plástico



**Figura 28.** Os 7 tipos de plásticos que terão uso proibido na Tailândia

Fonte: Pollution Control Department

Esta medida melhora a gestão de resíduos, através da aplicação de um sistema de economia circular. Isto é considerado como um ponto de partida para a indústria do plástico, pois incentiva os empresários a inovar seus produtos de plástico de longa duração, ou totalmente recicláveis, para que possam ser reutilizados com o máximo de benefícios.



# Últimas observações

Inevitavelmente, as atividades diárias são a fonte de resíduos sólidos, particularmente em relação ao aumento dos resíduos de embalagens, embora os fabricantes estejam tentando substituir o plástico por materiais biodegradáveis, ou por plástico reciclado para embalagens. Para resolver este problema, é essencial uma gestão adequada das embalagens. Comportamentos problemáticos, como lixo em estradas e espaços públicos, também devem ser abordados. O descarte de resíduos em lixeiras corretas permite que os resíduos sejam devidamente tratados. Esta ação é especialmente crucial para os resíduos plásticos, os quais podem ser reciclados em pellets (grânulos) de resina plástica, ou transformados em energia através da tecnologia estabelecida.

A reciclagem é uma ação na qual materiais deteriorados, quebrados, com mau funcionamento, passam por um processo de transformação para retornar a uma forma original. Destina-se a utilizar parcialmente, ao invés de totalmente, material novo. Por exemplo, garrafas plásticas que são jogadas fora são transformadas em garrafas novas. Enquanto isso, o upcycle (*reutilização criativa*) promove um maior valor do material antigo, através do processamento em conjunto com material novo, para uso em uma nova forma. A reciclagem e o upcycle ainda requerem energia e substância química no processo, mesmo que o material usado seja o recuperado.

Em geral, o upcycle é semelhante à reciclagem. Entretanto, os métodos e objetivos são diferentes em termos de gerenciamento de resíduos sólidos. Mas, eles têm o mesmo benefício de fomentar um ciclo de resíduos. Ambos são adequados para a gestão de resíduos na Tailândia. De acordo com a Figura 29, a reciclagem e o upcycle, relacionados às garrafas PET, tornam possível a obtenção de uma grande variedade de produtos.



Figura 29. Produtos resultantes de reciclagem ou upcycle de garrafas PET

Os processos de reciclagem e upcycle são ferramentas eficientes para a gestão dos problemas de resíduos sólidos. Se os resíduos forem tratados corretamente, provenientes do processo de triagem, e reutilizados, os 4 benefícios significativos serão alcançados, tal como ilustrado na Figura 30.

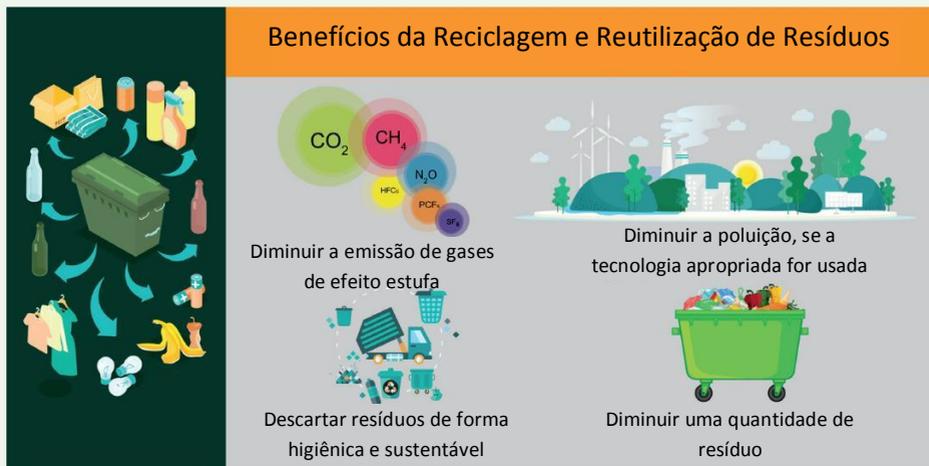
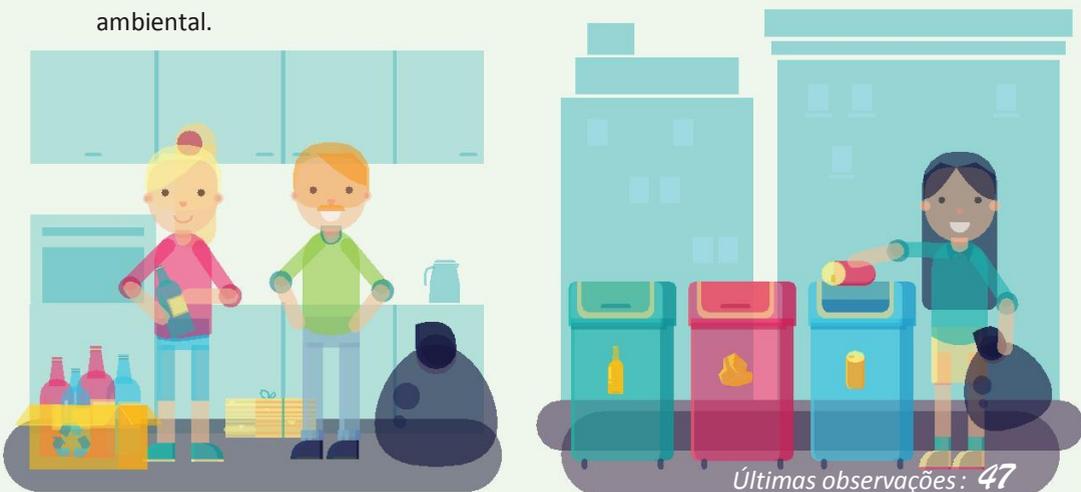


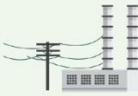
Figura 30. Benefícios da reutilização dos resíduos

Por último, a reciclagem e o upcycle podem tratar com eficiência a gestão de resíduos sólidos e conduzir a uma menor carga de eliminação de resíduos no último estágio, restaurando os resíduos em um ciclo. Entretanto, tudo isso pode não ser adequado para enfrentar o problema relacionado ao meio ambiente. As soluções ideais são: criar menos resíduos, reconhecer as questões ambientais, e usar produtos verdes que possam ser reutilizados no meio ambiente. Mais importante ainda, as pessoas devem descartar corretamente o lixo, em uma lixeira correta, para um descarte simples e eficiente do ponto de vista energético, e com menor impacto ambiental.



# Teste

1 Combinar os seguintes resíduos com seus tipos e tecnologia de descarte

Resíduo	Tipos de resíduo	Tecnologia de descarte
Restos de alimento, Vegetais, Frutas		
Plástico	Reciclável	Fermentação
Madeira		
Vidro	Orgânico	Incineração
Metal		
Borracha	Geral	Aterro
Pedras, Cerâmica		
Papel		

2 Combinar os seguintes tipos de resíduos com seus produtos reciclados e por upcycle

	
Embalagem de papelão de Leite UHT	
	
Garrafa PET	
	
Saco Plástico	
	
Tubo de PVC	
	
Lata de alumínio	

# Bibliografia

องค์กรธุรกิจเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. 2562. TBCSD Sustainable Development 2019.

มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย. นนทบุรี. 178 หน้า

Voulvoulis, N., R. Kirkman, T. Giakoumis, P. Metivie, C. Kyle and V. Midgley. 2019.

EXAMINING MATERIAL EVIDENCE THE CARBON FINGERPRINT.

Centre for Environmental Policy, Imperial College London.

Franklin Associates, A Division of Eastern Research Group (ERG). 2018. LIFE

CYCLE IMPACTS OF PLASTIC PACKAGING COMPARED TO

SUBSTITUTES IN THE UNITED STATES AND CANADA Theoretical

Luque, R. and J.G. Speight. 2015. Gasification for Synthetic Fuel Production:

Fundamentals, Processes and Applications. Elsevier Ltd. United Kingdom.

Suma, Y., N. Pasukphun, A. Hongtong, V. Keawdunglek, P. Laor and T. Apidechkul.

2019. Waste composition evaluation for solid waste management guideline in highland rural tourist area in Thailand. Applied Environmental Research 41(2): 13-26.

S. Serranti and G. Bonifazi. 2019. Chapter 2 - Techniques for separation of plastic

wastes. Use of Recycled Plastics in Eco-efficient Concrete. Woodhead

Publishing Series in Civil and Structural Engineering. Pages 9-37. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102676-2.00002-5>

Stadler. 2020. PET recycling: towards a circular economy. source : [https://www.](https://www.recycling-magazine.com/2020/06/08/pet-recycling-towards-a-circular-economy)

[recycling-magazine.com/2020/06/08/pet-recycling-towards-a-circular-economy](https://www.recycling-magazine.com/2020/06/08/pet-recycling-towards-a-circular-economy)

Substitution Analysis: source: [https://www.plasticpackagingfacts.org/wp-content/](https://www.plasticpackagingfacts.org/wp-content/uploads/2018/11/Life-Cycle-Impacts-of-Plastic-Packaging-Compared-to-Substitutes-in-the-United-States-and-Canada.pdf)

[uploads/2018/11/Life-Cycle-Impacts-of-Plastic-Packaging-Com](https://www.plasticpackagingfacts.org/wp-content/uploads/2018/11/Life-Cycle-Impacts-of-Plastic-Packaging-Compared-to-Substitutes-in-the-United-States-and-Canada.pdf)

[pared-to-Substitutes-in-the-United-States-and-Canada.pdf](https://www.plasticpackagingfacts.org/wp-content/uploads/2018/11/Life-Cycle-Impacts-of-Plastic-Packaging-Compared-to-Substitutes-in-the-United-States-and-Canada.pdf)

Tchobanoglous, G., H. Theisen and S.A. Vigil. 1993, Integrated Solid Waste

Management, McGraw-Hill Inc., US.

The inventory of Carbon & Energy (ICE) database, Circular ecology. DEFRA,

Fraunhofer Institute. 2011. A BSRIA Guide: Embodied Carbon The

inventory of Carbon and Energy (ICE). Source: [https://greenbuildingen](https://greenbuildingencyclopaedia.uk/wp-content/uploads/2014/07/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf)

[cyclopaedia.uk/wp-content/uploads/2014/07/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf](https://greenbuildingencyclopaedia.uk/wp-content/uploads/2014/07/Full-BSRIA-ICE-guide.pdf)



# Anexo:

## Análise da composição dos resíduos sólidos

### *Objetivo*

Estudar a composição física dos resíduos da fonte selecionada

### *Princípio*

Os resíduos sólidos urbanos de várias fontes têm composição diferente, o que será uma informação útil para prever as abordagens de gestão de resíduos na próxima etapa. A composição dos resíduos pode ser dividida em:

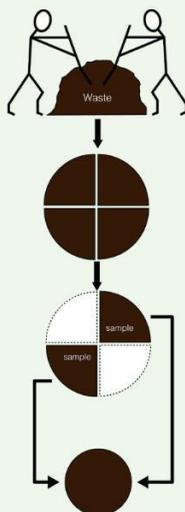
- Restos de alimentos, vegetais, frutas
- Papel
- Plástico e espuma
- Borracha
- Couro
- Têxteis
- Madeira
- Vidro
- Metal
- Pedra e cerâmica
- Resíduos perigosos. Por exemplo, pilhas, lâmpadas fluorescentes, produtos químicos
- Outros, como vistos na pilha

## Ferramentas e equipamentos

1. Têxteis de borracha, toalhas de mesa plásticas ou telas para classificação de resíduos
2. Luvas de borracha
3. Respiradores
4. Bandeja de alumínio ou saco plástico
5. Balança de pesagem
6. Pinças
7. Secador

## Método de teste

1. No caso de uma grande quantidade de resíduos, recolher os resíduos e usar o método de coleta de resíduos em lote equivalente a aproximadamente 10% do total de resíduos, para obter uma amostragem dos resíduos em quantidade adequada ao próximo passo e a análise. No caso de uma quantidade reduzida de resíduos, utilize a totalidade dos resíduos para a análise.



**Coleta de Resíduos e o Método de Lotes**

2. Para calcular a composição do resíduo sem perda de água (peso fresco)
  - a. Classificar os resíduos em diferentes tipos (Tabela 1)
  - b. Calcular a porcentagem de cada tipo de resíduo usando a fórmula (1)
3. Para calcular a composição dos resíduos com o método de secagem:
  - a. Classificar os resíduos em diferentes tipos
  - b. Pesar cada tipo de resíduo
  - c. Secar a amostra a 75 °C por 4-5 dias até que seu peso esteja estável
  - d. Pesar cada tipo de resíduo seco
  - e. Calcular a porcentagem de cada tipo de resíduo usando o peso seco e a fórmula (1)

$$C_i = \frac{W_i}{W} 100 \quad (1)$$

Onde:

$C_i$  = Porcentagem do tipo i de resíduo na pilha

$W_i$  = Peso do tipo i de resíduo

$W$  = Peso total



## Relatório de Análise da Composição de Resíduos

Nome do relator .....

Data do teste.....

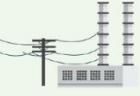
### Resultado da Análise

Fonte do resíduo.....

Tipo do resíduo	Peso		Porcentagem (%)	
	Com água (fresco) (g)	Seco (g)	Peso com água (fresco)	Peso seco
Restos de alimento, vegetais, frutas				
Papel				
Plástico e espuma				
Borracha				
Couro				
Têxteis				
Madeira				
Vidro				
Metal				
Pedra, cerâmica				
Resíduo perigoso				
Outros				
<b>Total</b>				

## Chaves de teste

1 Por favor, escolha o resíduo sólido, o tipo de resíduo sólido, e a gestão tecnológica adequada

	Resíduo	Tipos de resíduo	Tecnologia de descarte
(1)	 Restos de alimento, Vegetais, Frutas	 Reciclável	 Fermentação
(2)	 Plástico	(2) (4) (8)	(1)
(3)	 Madeira		
(4)	 Vidro	 Orgânico	 Incineração
(5)	 Metal	(1) (3)	(3) (6)
(6)	 Borracha	 Geral	 Aterro
(7)	 Pedras, Cerâmica		
(8)	 Papel	(6) (7)	(7)

2 Por favor, combine o tipo de plástico e os produtos de upcycle



