

RESÍDUOS SÓLIDOS- (CAPÍTULO 1

– Licenciatura de Engenharia do Ambiente – 3º ano –

Resíduos Tóxicos => um dos mais perniciosos produtos da Revolução Industrial.

Crescente domínio das leis naturais por parte da humanidade:

* Vantagens:

- aumento da qualidade de vida
- aumento da esperança de vida

* Desvantagens:

- riscos para a saúde humana
- riscos calamidades globais

Problemas ambientais actuais => fruto de uma acumulação de 200 anos Gestão de Resíduos, provenientes da produção industrial desajustada.

Práticas do Passado => dezenas de milhares de locais contaminados em quase todos os países do mundo=>custo de reabilitação para níveis minimamente aceitáveis Elevadíssimo e Incomportável



Custo de lidar com a produção corrente e futura e respectiva utilização de forma a não comprometer o ambiente e a saúde humana agora e no futuro!

Definição de Resíduo Tóxico

EUA=>**Resíduo Tóxico**: “um resíduo sólido, ou combinação de resíduos sólidos que devido à sua quantidade, concentração ou características físicas, químicas ou infecciosas pode:

- Causar, ou contribuir significativamente, para um aumento na mortalidade ou um aumento de doenças irreversíveis sérias ou doenças reversíveis incapacitantes;
- ou então constituir um perigo substancial presente ou potencial para a saúde humana ou para o ambiente, quando impropriamente tratado, armazenado, transportado, depositado ou manuseado de qualquer forma.”

EPA (Environmental Protection Agency) =>Resíduo toxico→características de acordo c/ a legislação:

- Tem que exibir características de auto-combustibilidade, corrosibilidade, reactividade e/ou toxicidade;
- É um resíduo de fonte não especifica (processos genéticos industriais)
- É um resíduo de fonte especifica (industrias especificas)
- É um produto com intermediário químico comercial especifico
- É uma mistura contendo um resíduo tóxico conhecido

- É uma substância que não é excluída de acordo com os critérios definidos (critérios definidos pelo Acto de Recuperação e conservação de Recursos- RCRA- nos EUA)



Critérios definidos pelo Acto de Recuperação e Conservação de Recursos(RCRA) nos EUA

Resíduos Sólidos - Uma consequência da vida

Sociedade primitiva => humanos e animais utilizam os recursos da terra para suporte de sobrevivência e deposição de resíduos;

Primórdios dos tempos => a deposição de resíduos não representava (problema significativo; população: pequena; quantidade de terra disponível: muita)

Actualmente => O ênfase na reciclagem do valor energético e fertilizante dos resíduos sólidos (já a agricultores dos tempos iniciais fez tentativas neste sentido). Podem encontrar-se indicações de reciclagem de práticas agrícolas primitivas em muitos países desenvolvidos onde os agricultores reciclar resíduos sólidos com valor fertilizante ou de combustível.

Problemas com a deposição de resíduos => desde que os humanos se começaram a congregarem em tribos, aldeias e comunidades e a acumulação de resíduos tornou-se uma consequência da vida.

- Espalhamento de comida e outros resíduos sólidos nas cidades medievais, prática de atirar os resíduos para as ruas não pavimentadas, estradas e terras desocupadas, esta prática conduziu à reprodução de ratos com pulgas a transportarem a praga bubónica.
- Falta de qualquer plano para a gestão de resíduos sólidos conduziu a “Morte Negra”, matou metade dos Europeus do Século XIV e causou muitas epidemias subsequentes com elevadas taxa de mortalidade.
- Século XIX – começou-se a alterar o comportamento das pessoas. Foram tomadas medidas de controle da saúde pública tornar-se de consideração vital para as autoridades públicas ⇒ que compreender que os resíduos devem ser recolhidos, depositados de forma sanitária para controlar os roedores e as moscas (Vectores de Doença)
- Relação entre Saúde Pública / Armazenamento / Recolha / Deposição – é uma relação imprópria dos resíduos sólidos ⇐ Clara .
- As autoridades da Saúde Pública mostraram que os ratos, moscas e outros vectores de doenças, criam-se : espaços abertos, habitações pobremente construídas ou com pobre manutenção, instalações armazenamento comida, muitos outros locais onde a comida e refúgio, estão disponíveis para ratos e insectos.

- Gestão imprópria dos resíduos sólidos → poluição da água e ar

Exemplos: Líquidos provenientes de lixeiras ou aterros mal concebidos => contaminação das águas superficiais e lençóis freáticos

- ↪ Locais de incineração
- ↪ Líquidos lixiviados pode conter elementos tóxicos(cobre/arsénio/urânio) e pode contaminar fornecimento de águas indesejadas Ca e Mg.
- ↪ Aterros – deposição de resíduos é feita de maneira controlada
- ↪ Lixeira- não se controla

Natureza => possui capacidade de diluir, dispersar, degradar, absorver, reduzir o impacto os resíduos não desejados na atmosfera, em cursos de água, na terra, quando ocorreram desequilíbrios ecológicos (nos casos em que a capacidade foi excedida).

Hoje em dia isso tornou-se impraticável.

Produção de Resíduos Sólidos numa sociedade Tecnológica

Desenvolvimento de uma sociedade tecnológica nos EUA, desde os inícios da Revolução Industrial Europeia , aumento substancial dos problemas de deposição de resíduos sólidos(Com os benefícios da tecnologia apareceram problemas associados com a deposição dos resíduo resultantes).

Última parte do século XIX⇒condições em Inglaterra tão más que em 1888 foi instituído um acto sanitário urbano proibindo a deposição de resíduos sólidos em fossas, rios e águas ⇒anos mais tarde, tomaram-se medidas regulamentando este tipo de situações em águas navegáveis e terras adjacentes(EUA).

Com benefícios da tecnologia⇒problemas associados com deposição de resíduos resultantes(figura 1.1)

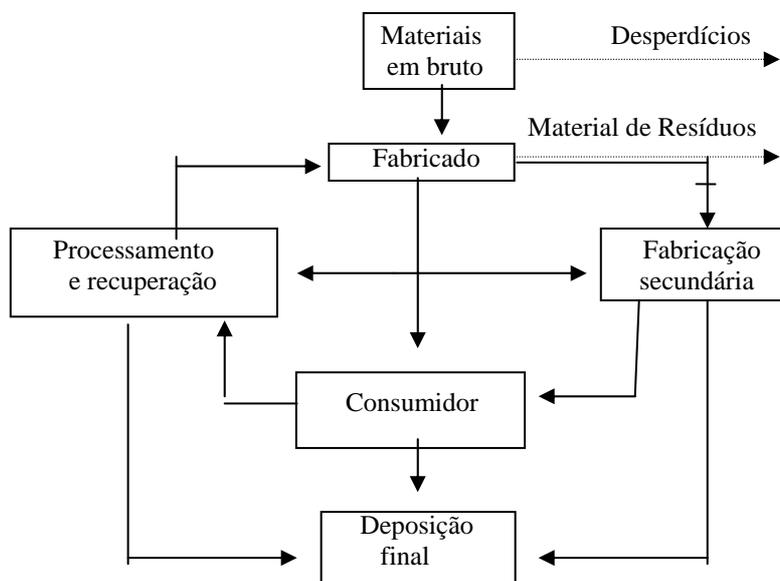


Figura 1.1 – Fluxo de materiais e produção de resíduos sólidos numa sociedade tecnológica

Resíduos sólidos (desperdícios) gerados no início do processo(exploração de materiais em bruto).

Resíduos sólidos(matéria bruta) ⇒ Resíduos sólidos(bens para consumo).

A melhor maneira de reduzir a quantidade de resíduos sólidos depositos é :

- limitar o consumo dos materiais em bruto:
- aumentar as taxa de recuperação e reutilização de resíduos

Avanços das tecnologias modernas no empacotamento de bens:

- Alteração constante do conjunto de parâmetros para o projectista das instalações dos resíduos sólidos:
 - Crescente utilização de plásticos⇒ diminuição da quantidade de desperdícios de comida em casa
 - Crescente utilização de comida congelada(sem resíduos no lar mas resíduos no pacote)⇒aumento da quantidades nas plantas de processamento agrícola.

Alterações contínuas ⇒Os problemas para o projectista das instalações é devido ao facto das estruturas necessárias envolverem elevado capital e deverem funcionar durante ~25 anos (consciência pelos engenheiros das TENDÊNCIAS).

∞ Utilização Técnica Previsão numa sociedade em permanente mudança ⇒ flexibilidade e utilidade passam a ser incorporados nas instalações ⇒ que devem se funcionais e eficientes toda a vida.

Questões Importantes:

↳ Que elementos da sociedade geram as quantidades mais elevadas de resíduos sólidos e qual a sua natureza?

↳ Como é que essas quantidades podem ser recicladas?

↳ Qual é o papel de recuperação de recursos?

↳ Podem as tecnologias de deposição e recuperação manter-se a par da tecnologia de produtos para consumo?

Desenvolvimento da Gestão de Resíduos sólidos

Gestão de Resíduos Sólidos ⇒ “disciplina associada com o controle de produção, armazenagem, recolha, transferência e transporte, processamento e deposição de resíduos sólidos de forma a que todos estes aspectos estejam de acordo com os princípios de saúde pública, económicos, de engenharia, de conservação, estéticos e com outras considerações ambientais e que é também responsável pelas atitudes públicas.”

- Inclui todas as funções administrativas, financeiras, legais, de planeamento e de engenharia envolvidas nas soluções para todos os problemas de resíduos sólidos.
- As soluções envolvem relações interdisciplinares complexas entre campos como as da ciência política, do planeamento cidadão e regional, da geografia, da economia, da saúde pública, da sociologia, da demografia, das comunicações e da conservação bem como da engenharia e da ciência dos materiais.
- Métodos mais comuns para a deposição final início do século: [Onde são depositados os resíduos?]

◆ no início do século:

- * deposição em terra
- * deposição na água
- * aragem no solo(resíduos alimentares provenientes do varrer das ruas- só)
- * alimentação de suínos(resíduos alimentares – só)
- * redução(resíduos alimentares – só)
- * incineração

◆ Nos dias de hoje:

- * Deposição controlada
- * Aterros sanitários

A gestão actual é muito complexa. Ter que ter em conta:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| * quantidades | * limitações emergentes – energia e |
| * natureza diversa | materiais em bruto |
| * desenvolvimento de áreas urbanas | * limitações em terrenos fundos para |
| * impactos tecnológicos | serviços públicos |

Sistema Gestão de Resíduos Sólidos:

- * Geração de resíduos
- * Manuseamento, separação, armazenamento e processamento na fonte
- * Recolha
- * Separação e processamento e transformação de resíduos sólidos
- * Transferência, transporte
- * Deposição – é o método menos desejável para o trata/ dos RS, logo é o método que vem em último.

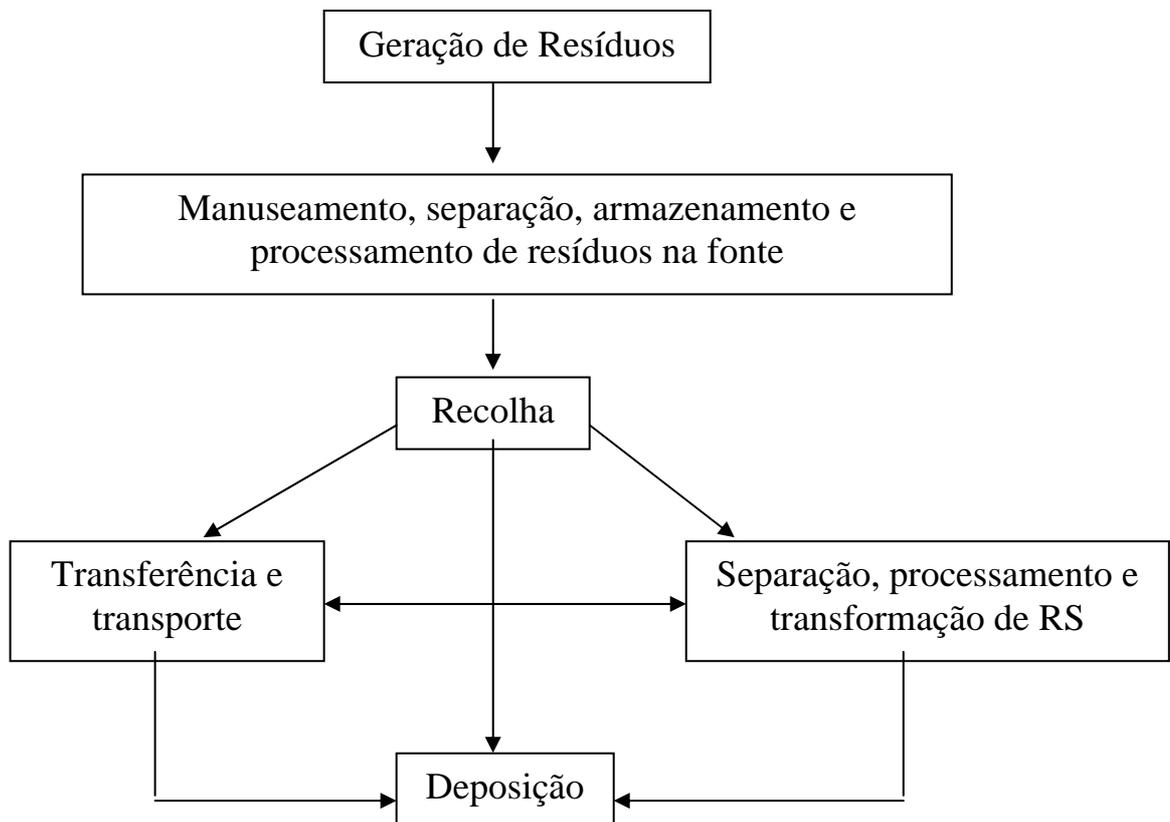


Figura 1.2 – Diagrama simplificado mostrando a relação entre os elementos funcionais num sistema de gestão de RS

Produção de resíduos ⇒ engloba as actividades nas quais os materiais são identificados como já não tendo valor e são deitados fora ou recolhidos junto para deposição. [NOTA: engloba todas as actividades humanas que levam à produção de materiais que não têm qualquer valor económico ou outro qualquer tipo de valor e que não são deitados fora ou levados para deposição.]

↳ **Actualmente** ⇒ não muito controlável

↳ **Futuro** ⇒ maior controle

↳ **Redução na fonte** ⇒ incluindo nas avaliações dos sistemas como método de limitação da quantidade de resíduos gerada

Manuseamento, reparação, armazenagem e processamento do resíduo na fonte ⇒ envolve as actividades associadas com a gestão de resíduos até que sejam colocados em contentores de armazenagem para recolha.

- **Manuseamento** ⇒ engloba a movimentação de contentores carregados para o ponto de recolha;
- **Separação** ⇒ passo importante no manuseamento e armazenagem do resíduos sólidos na fonte;
- **Armazenamento** ⇒ importância primordial: preocupações em termos de saúde pública e considerações estéticas;

- **Processamento** ⇒ compactação e compostagem de resíduos de pátios.

Recolha ⇒ envolve não apenas a recolha de resíduos sólidos e material reciclado, mas também o transporte destes materiais, após recolha, para o local onde o veículo de recolha é esvaziado. (instalação de processamento de materiais, estações de transferência ou local de deposição)

Separação, processamento e transformação do Resíduo Sólido ⇒ engloba a recuperação de materiais separados, a separação e processamento de componentes de resíduos sólidos e a transformação de resíduos sólidos que ocorre essencialmente em locais longe da fonte de geração dos resíduos. Estão englobados nestes elementos funcionais:

- * **Tipo de meios e instalações para recuperação** ⇒ centros de recolha diferenciada /despejo /compra de volta
- ⊗ **Separação e processamento** ⇒ instalações de recuperação materiais, estações de transferência, instalações de combustão e locais de deposição;
- ⊗ **Processamento** ⇒ separação itens volumosos, separação componentes resíduos por monitores/separação manual, redução do tamanho por trituração, separação de materiais ferrosos através da utilização de magnetes, redução volume por compactação, combustão.
- ⊗ **Processos de transformação** ⇒ reduzir o volume e o peso do resíduo que necessita de ser depositado e para recuperar produtos de conversão e energia. A parte orgânica do Resíduos Sólidos Urbanos é transformada por processos químicos (combustão e recuperação de energia sob a forma de calor) e biológicos (compostagem aeróbia)

Transferência e transporte ⇒ envolve 2 passos:

- ⊗ transferência dos resíduos dos veículos de menor capacidade para o equipamento para transportes com maior capacidade;
- ⊗ transporte subsequente de resíduos, normalmente ao longo de grandes distâncias para um local de processamento ou de deposição.

Deposição ⇒ passo final. Um dos destinos finais é o **ATERRO** (instalação utilizada para deposição de Resíduos Sólidos em terra ou no manto terrestre, sem oferecer perigo para a saúde ou segurança públicas, tais como a proliferação de ratos e insectos e a contaminação dos lençóis freáticos.

ATERRO(destino final) ≠ LIXEIRA

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

Gestão integrada ⇒ selecção e aplicação de técnicas, tecnologias e programas de gestão adequadas para atingir fins e objectivos específicos na gestão de resíduos.

Hierarquia:

- Redução na fonte
- Reciclagem → após todo o possível na redução na fonte!
- Combustão de resíduos
- Transformação resíduos → após reciclagem máxima!
- Aterro

Redução na fonte ⇒ envolve a redução de quantidade e/ou toxicidade dos resíduos que são agora gerados. É a forma mais efectiva de diminuição das quantidades dos resíduos, diminuição do custo associado com o seu manuseamento e diminuição dos impactos ambientais.

A redução permite uma concepção/transformação/empacotamento dos resíduos com teor tóxico mínimo, volume de material mínimo e vida útil mais longa.

Reciclagem ⇒ envolve a separação e recolha de materiais de resíduos, preparação destes materiais para reutilização/reprocessamento/transformação ou reutilização/reprocessamento/retransformação destes materiais (resíduos). Permite diminuição na procura dos recursos e diminuição das quantidades de resíduos que necessitam de ser depositados em aterros.

Transformação de resíduos ⇒ envolve a alteração física, química ou biológica de resíduos.

Diminuição da utilização da capacidade do aterro.

- * Aumento da eficiência das operações e sistemas de gestão de resíduos sólidos
- * recuperar materiais reutilizáveis e recicláveis
- * recuperar produtos de conversão e energia (calor/biogás)
- * diminuição da utilização da capacidade do aterro

Aterros ⇒ método mais comum de deposição final de Resíduos Sólidos que já não podem ser reciclados e que já não servem para nada, material residual que permanece após os Resíduos Sólidos terem sido separados numa instalação de recuperação de materiais e matéria residual que permanece após a recuperação de produtos de conversão e energia.

2 alternativas controláveis(manuseamento longo-prazo) : deposição no manto terrestre (dentro ou sobre) ou deposição no fundo do oceano.

Método mais comum de deposição final.

Combinação adequada de alternativas e tecnologias ⇒ Aumento da variedade:

➤ Qual é a combinação adequada de entre:

Isto tem que ser muito bem pensado. Podemos ter mais do que 1 combinação, mas devemos ver qual a mais adequada

- Quantidade de resíduos separados para reutilização e reciclagem?
- Quantidade de resíduos que sofre compostagem?
- Quantidade de resíduos que é combustado?
- Quantidade de resíduo a ser depositado em aterros?

- ⊗ Que tecnologia deve ser usada para recolher resíduos separados na fonte, para separação dos componentes de resíduos em instalações de recuperação de materiais, para compostagem de fracção orgânica dos RSU e para a compactação de resíduos num aterro?
- ⊗ Qual é a altura adequada para aplicação de diversas tecnologias num sistema de gestão integrada de resíduos sólidos e como é que as decisões devem ser tomadas?

Flexibilidade na satisfação de alterações futuras: Factores.

- ⊗ alterações nas quantidades e composição do fluxo de resíduos
- ⊗ alterações nas especificações e mercados para materiais recicláveis
- ⊗ desenvolvimento rápido na tecnologia

Monitorização e avaliação ⇒ só com monitorização e avaliação continuas se podem levar a cabo alterações periódicas ao sistema de gestão integrada de Resíduos Sólidos que reflecta mudanças nas características dos resíduos, mudanças nas especificações e mercados para materiais recuperados e novas e melhoradas tecnologias de gestão de resíduos.

Funcionamento dos Sistema de Resíduos Sólidos.

Instalações ⇒ unidade de sistema de gestão de RS

Planeamento e Engenharia ⇒ factores sociais, políticos e técnicos

Gestão de RSU ⇒ compreensível preocupação pública versus gestão efectiva de resíduos

} Decisores
comunidades

Questões :

Interpretação dos dados com precisão de ppm ou ppb:

↳ Qual é o significado de uma detecção com esta precisão por unidade de gestão de resíduos?

Resíduos Sólidos

- ↳ Qual é a quantidade de dados que deve ser entregues ao público?
- ↳ Quando é que esses dados devem ser entregues ao público?
- ↳ Como é que o público participa na recolha e interpretação dos dados?

Resíduos Sólidos Urbanos(massa heterogénea constituída por descargas de lares, comércio e instituições):

- ↳ Que produtos são mais perigosos?
- ↳ Como é que o consumidor armazena descargas perigosas até que sejam recolhidos ou entregues à unidade de gestão especial?
- ↳ Quem montará e operará as unidades de gestão de resíduos especiais, à medida que tais unidades forem sendo definidas pelos regulamentadores como unidades de resíduos perigosos?

Custos:

- ↳ Como é que o custo de resíduos deve ser apresentado ao consumidor?
- ↳ Quando se deve pedir ao consumidor que pague(quando compra ou descarta)?
- ↳ Quem paga pela manutenção a longo-prazo(degradação lenta dos resíduos) o gerador ou os utilizadores futuros?

Áreas ambientalmente aceitáveis para a deposição:

- ↳ Quem define ambientalmente aceitável?
- ↳ Qual deve ser a diferença de critérios, aplicados a áreas urbanas e rurais?
- ↳ Pode estabelecer-se uma base científica que satisfaça um público desconfiado relativamente à segurança das unidades de deposição?

Aumento das Unidades de gestão de resíduos sólidos em quantidades e complexidade:

- ↳ Quer treinará os gestores?
- ↳ Como é que o custo desse treino será pago?

Maior consumo ⇒ O desafio consiste em alterar os hábitos de consumo em resultados de pressão publicitário.

Diminuição de quantidades de material ⇒ Redução na fonte

Aterros ⇒ Aumento da concepção dos aterros ↳ melhor localização possível para o armazenamento a longo-prazo de materiais residuais.

Desenvolvimento de novas Tecnologias ⇒ o desafio consiste em encorajar o desenvolvimento de tecnologias que são mais conservativas em termos de recursos naturais e que são eficientes em termos de custos ↪ Regulamentação par evitar logros.

RESÍDUOS SÓLIDOS – CAPÍTULO 2

– Licenciatura de Engenharia do Ambiente – 3º ano –

Tipo de Resíduos Sólidos: (áreas residenciais e estabelecimento comerciais)

- Resíduo Sólido Orgânico (combustíveis) ou peresíveis ou biodegradáveis
- Resíduos Sólidos Inorgânico (não combustível)

Tabela 2.1 – Fontes de resíduos sólidos dentro de uma comunidade

Tipos de Resíduos Sólidos que provêm das áreas residenciais e estabelecimentos comerciais:

* **Orgânicos – são combustíveis**

- ↪ desperdícios alimentares (restos),
- ↪ papel de todos os tipos,
- ↪ cartão (papelão e papel ondulado),
- ↪ plásticos de todos os tipos (todos os plásticos são polímeros, mas nem todos os polímeros são plástico (bolas de esferovite)),
- ↪ testeis (linho, lã),
- ↪ borracha (polimero → tem carbono)
- ↪ couro (peles de animais),
- ↪ madeira,
- ↪ resíduos pátios (folhas, matéria orgânica, insectos mortos, restos da terra)

* **Inorgânicos – não combustíveis** (materiais que não são susceptíveis de combustão)

- ↪ Vidro (base do vidro é sílica),
- ↪ faiança (porcelanas,...),
- ↪ latas de estanho (latas de sardinha),
- ↪ alumínio,
- ↪ metais ferrosos,
- ↪ sujida

Resíduos Putrescíveis:

- ✧ decompõem-se rapidamente (especialmente em tempo quente)
- ✧ originam odores com o tempo
- ✧ influenciam a concepção e funcionamento do sistema de recolha de resíduos que não podem ser misturados com os outros resíduos

* Fonte :

- ◆ manuseamento
 - ◆ preparação
 - ◆ cozedura
 - ◆ ingestão
- } Alimentos

Papel dos resíduos sólidos urbanos é proveniente de:

- ✧ Jornais (tinta possui chumbo e por isso não devem ser lidos na cama)
- ✧ Livros e revistas
- ✧ Impressão comercial
- ✧ Papel de escritório
- ✧ Papelão
- ✧ Papel de embrulho
- ✧ Papel sem ser de embrulho
- ✧ Lenços de papel
- ✧ Papel de limpar as mãos
- ✧ Papel ondulado

Tabela 2.2 – Estimativa de resíduos em alguns países (milhões de toneladas)

❖ Os materiais plásticos encontrados nos RSU caem nas seguintes categorias

- Tereflato de polietileno (PETE / 1); Polietileno de alta densidade (HDPE / 2); Cloreto de polivinilo (PVC / 3); Polietileno de baixa densidade (LDPE / 4); Polipropileno (PP / 5); Poliestireno (PS/6); Outros materiais plásticos de multicamadas (7)

O tipo de plástico empregue pode ser identificada pelo n.º de código (de 1 a 7) impresso na parte inferior do artigo – figura 1. Plástico misto é o termo empregue para a mistura de tipo de plástico individuais que se encontra nos RSU]

Figura 1 – designação em código utilizada para os diversos tipo de plástico (ver tabela 2.8)

Resíduos especiais (residenciais e coloniais)

- * Itens volumosos ⇒ mobília, lâmpadas, estantes
- * Consumíveis electrónicos ⇒ Rádios, aparelhagens, TV's, electrodomésticos
- * Bens Brancos ⇒ Fogões, frigoríficos, máquinas da louça, roupa e secadoras
- * Resíduos dos pátios recolhidos separadamente
- * Baterias

- De lares, instalações de serviços automóveis
- Domésticas
 - Alcalina
 - Mercúrio
 - Prata
- Automóveis

- Zinco
- Níquel
- Caldeira

} Metais => contaminação
lençóis freáticos (presença de
lixiviados)

Chumbo ácido ⇒ chumbo + ácido sulfúrico

* Óleos

- serviços automóveis
- despejado no chão, em sanitários, nas fossas, esgotos e contentores do lixo ⇒ contaminação das águas superficiais e lençóis freáticos

* Pneus

- depositados em aterros ou pilhas
- deposição cara (má compactação)
- Incêndio

Resíduos Perigosos ⇒ perigo substancial, presente ou potencial saúde humana e organismos vivos.

Resíduos sólidos Institucionais ⇒ provem de instituições governamentais ou municipais, escolas, prisões e hospitais (manuseamento separado).

Resíduos de construção, remodelação e separação ⇒ são provenientes de resíduos individuais, edifícios comerciais e outras estruturas, possuem uma composição variável:

- Lixo
- Pedras
- Concreto
- Tijolo
- Gesso
- Madeira
- Material para telhado
- Material para canalização
- Material para aquecimento
- Material para electricidade

Resíduos de demolição ⇒ a diferença que existe com os de cima é que possuem:

- Mais vidro partido
- Mais plásticos
- Mais aço reforçado

Outros tipos de resíduos municipais (funcionamento e manutenção de instalações municipais)

- Resíduos dos contentores municipais
 - Varrimento d ruas
 - Animais mortos
 - Veículos abandonados
- } Constituem resíduos à parte, uma vez que ao considerados c/º 1 situação não recorrente. É algo que não acontece frequente/

[**Resíduos de fonte não específica** – não tem uma determinada periodicidade]

Resíduos sólidos e semisólido (resultam do tratamento de resíduos industriais)

- São resíduos de plantas de tratamento
- Composição variável do processo de tratamento ← depende da natureza do processo de tratamento

Cinzas e resíduos ⇒ provenientes da combustão da:

- Madeira, carvão
- Croque
- Outro resíduo combustíveis
- pequenas quantidades queimadas e parcialmente queimadas (cinzas de carvão, poeiras e siderúrgicas)
- Materiais finos em pó
- Escórias de carvão (restos semifundidos)

Resíduos agrícolas – provenientes de:

- Plantações
- Colheitas cereais
- Árvores
- Vinhas
- Produção de leite
- Produção de materiais

Tabela 2.3 – Fontes e tipos de resíduos industriais

Tabela 2.4 – Distribuição estimada de todos os componentes dos RSU gerados numa comunidade típica, excluindo resíduos industriais e agrícolas

Tabela 2.5 – Composição física típica dos RSU excluindo materiais reciclados e resíduos alimentares descarregados nos esgotos (1990)

Tabela 2.6 – Dados típicos sobre a distribuição de resíduos sólidos gerados pelas principais indústrias excluindo materiais reciclados e resíduos de processos industriais.

Tabela 2.7 – Variação sazonal típica observada na composição residencial dos RSU, em termos do que é recolhido

Materiais recuperáveis dos RSU para reciclagem

Tabela 2.8 – Materiais que foram recuperados dos RSU para reciclagem

↪ Alumínio

- Latas de alumínio ⇒ São muito finas, leves, não enferrujam e fáceis de se moldar. 95% de energia do que uma nova, que teria de ser produzida por um minério. Ex. latas de refrigerantes
- Alumínio secundário ⇒ Não é tão homogéneo e tem < qualidade. Ex. caixilhos de janelas, portas (≠ classes) de segurança e calhas.
- É utilizado mtas vezes pois é um material que não é susceptível a ser corrosivo (Os iões Cl⁻ é que corroem os metais)

↪ Papel

- Papel de boa qualidade ⇒ papel de escritório, fotocópia e de computador e classes de elevada percentagens de fibras longas (papel contínuo)
- Os materiais ondulados são os mais utilizados, por serem mais resistentes
- Jornais velhos
- Cartão
- Papel misto

Tabela 2.9 – Distribuição percentual dos tipos de papel encontrados nos resíduos sólidos residenciais

↪ Plásticos

- Sucata comercial limpa
 - Sucata pós consumo
 - < 5% da sucata é reciclada
- } Tereftalato polietileno(PETE/1)[garrafas de refrigerante] e Polietileno de elevada densidade(HDPE/2)[Recipientes de leite e água; garrafas de detergente]

↪ **Vidro**

Recipiente de vidros (embalagens de comida e bebidas)
Vidro plano (janelas)
Vidro prensado, laranja ou verde

} Separação em :
Claro
Verde
Laranja

↪ **Metais ferrosos**

- ferro, aço
- Carros e máquinas
- Os metais ferrosos são depositados em pilhas de sucata e não são tratados

↪ **Metais não ferrosos – 3 tipos**

* Itens domésticos

- mobília ao ar livre
- instrumentos e utensílios de cozinha
- escadas metálicas
- ferramentas
- hardware

* Projectos de construção e demolição

- Fio cobre
- Tubos
- Acessórios de canalização
- Acessórios de iluminação
- Calhas e esguichos
- Portas
- Janelas

* Projectos de consumo, comerciais e industriais grandes

- Instrumentos
- Automóveis
- Barcos
- Camiões
- Aviões
- Maquinaria

↪ Resíduos de pátios utilizados na compostagem

- folhas
- aparas de relva e manta morta
- partes de florestas
- cepas de árvores e madeira (fragmentação)

↪ Resíduos construção e demolição

- Recuperação de madeira => combustíveis agregados para concreto => construção de metais ferrosos e não ferrosos => refabricação solo => materiais enchimento

Esforços futuros

- ◆ recuperação locais contaminados – tentar encontrar uma solução para aqueles resíduos
- ◆ redução na fonte: → quantidade resíduos gerados
→ graus de toxicidade
- ◆ Atenção:
 - ✓ Ciclo de vida dos produtos --< durante o ciclo de vida de um produto geram-se resíduos que podem ser tóxicos ou não;
 - ✓ Avaliação das consequências ambientais e para a saúde de um produto em cada estágio → que tipo de consequências futuras temos a nível do ambiente;
 - ✓ Tomadas de decisão funcionais cruzadas → quando uma pessoa toma uma decisão num determinado projecto temos que ver a que nível estamos a tratar.

Por exemplo: ter em conta os resíduos que vão para a estação de tratamento, se os resíduos que vão para a estação podem prejudicar a população tendo em conta a deposição a jusante e a montante do mesmo.

Os **resíduos sólidos** incluem todos os materiais sólidos ou semi-sólidos cujo detentor já não considera de valor suficiente para manter. A gestão de materiais é de importância fundamental para todas as actividades relacionadas com a gestão de resíduos sólidos.

Assim sendo, algumas questões importantes devem ser respondidas:

1. Que tipos e quantidades de Resíduos sólidos urbanos (resíduos sólidos domésticos e provenientes do comercio) que são recebidos?
 2. A que ritmo chegam?
 3. Que tipos e quantidades de materiais já foram removidos para reutilização e reciclagem?
 4. Que propriedades possuem os RSU quando são recebidos?
 5. Como é que as suas propriedades variam por hora, diariamente, semanalmente e sazonalmente?
 6. Como é que as suas propriedades alteram durante o processamento?
 7. Como é que as propriedades dos RSU podem ser alteradas durante o processamento?
 8. Quais são as propriedades destes resíduos que tem valor económico?
 9. Que objectos perigosos ou não manuseáveis devem ser removidos?
 10. Que contaminantes deviam ser removidos? (nas baterias dos automóveis retira-se o chumbo e o ácido sulfurico)
 11. Que testes e medições podem ser realizados para obter respostas para as questões acima?
 12. Que gama de variações deve ser esperada nas quantidades medidas e qual o nível de confiança?
- (Em Portugal não existe nenhum nível de confiança)

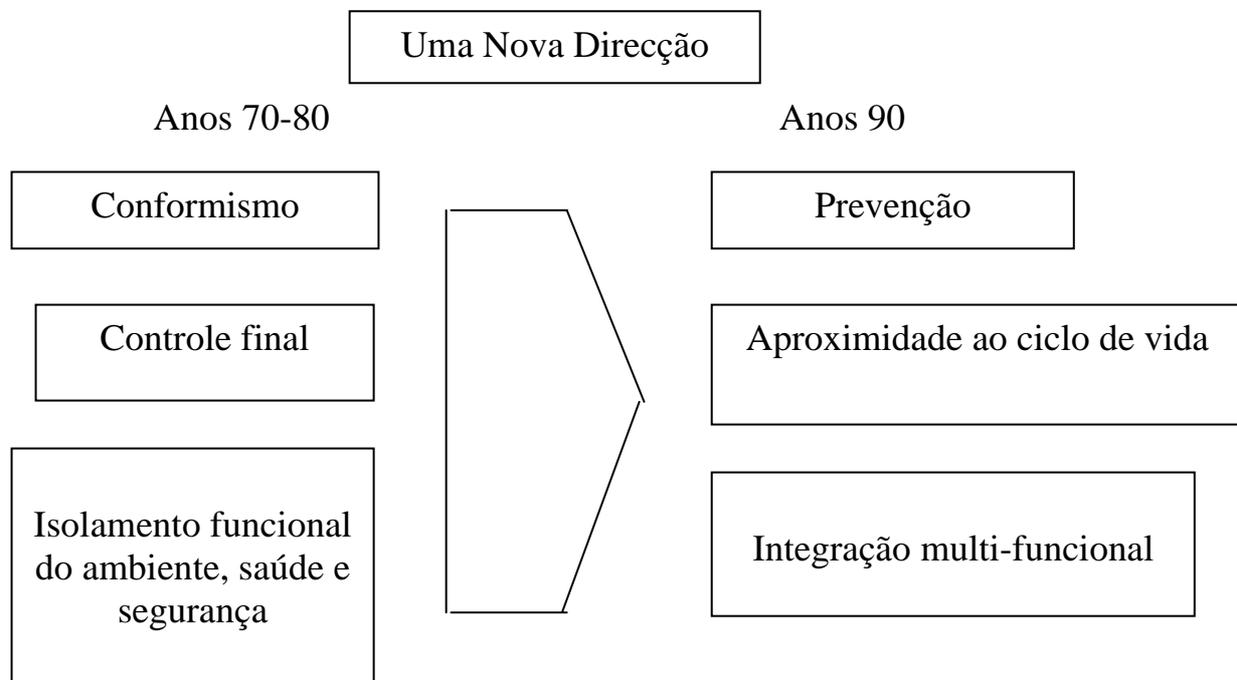


Figura 2.2. – Uma nova direcção para as empresas

RESÍDUOS SÓLIDOS- (CAPÍTULO 3)

- Licenciatura de Engenharia do Ambiente - 3º ano -

Propriedades Físicas dos RSU

Peso Específico ⇒ Peso de uma material por unidade de volume,

⇒ Expresso em g/cm³ diferente densidade

⇒ Avaliação massa total e volume dos resíduos (não uniformidade na literatura)

Tabela 3.1 – Dados sobre o peso específico e teor de humidade típicos para resíduos residenciais, comerciais, industriais e agrícolas

Teor de humidade – Peso húmido => humidade → % peso húmido(mais utilizado)

– Peso seco => humidade → % peso seco

Equação 3.1 – Base húmida

$$M = \frac{W - d}{W} \times 100$$

M – teor de humidade em %

W – peso inicial da amostra que foi recebida, lb.(Kg)

D – peso da amostra após secagem a 105°C , lb.(Kg)

Equação 3.1 – Base seca

$$M = \frac{W - d}{d} \times 100$$

Tabela 3.1 – Dados sobre peso específico e teor de humidade típicos para resíduos residenciais, comerciais, industriais e agrícolas

$$1 \text{ Kg/m}^3 = 1,6855 \text{ lb/yd}^3 \text{ ou } \text{lb/yd}^3 \times 0,5933 = \text{Kg/m}^3$$

Granulometria ou distribuição granulométrica

- Importante na recuperação de materiais em meios mecânicos (tambores e separadores magnéticos) (figuras 4)
- Escolha da equação adequada ao fim específico

Equação 3.2 a 3.6

1. $Sc = L$ Sc – granulometria do componente (mm)

L – comprimento (mm)

2. $Sc = \frac{1 + W}{2}$ W – largura (mm)

3. $Sc = \frac{1 + W + h}{3}$ h – altura (mm)

4. $Sc = (L \times W)^{1/2}$

5. $Sc = (L \times W \times h)^{1/3}$

Figura 4.1

MSW – Resíduos municipais urbanizados

- As escalas estão em proporções diferentes
- As ordenadas estão em exponencial
- A medida que a malha aumenta, o n.º dos objectos de > dimensão são em < n.º.
- n.º. de objectos por tonelada que corresponde aos objectos de > dimensão diminui

Figura 4.2 ⇒ Á medida que o tamanho da malha aumenta, diminui a percentagem do peso total da partícula

Figura 4.3 ⇒ 1 pulgada = 2.5cm

Figura 4.4

Capacidade de Campo

- ⊗ Capacidade total de humidade que pode ser retida numa amostra de resíduo sujeita á acção da força de gravidade.(Exemplo: camisola a secar depois de toda a água ter escorrido.)
- ⊗ Importância crítica na determinação da formação de lixiviados nos aterros(água em excesso⇒lixiviados)
- ⊗ Varia com o grau de pressão aplicada e do estado de decomposição do resíduo.

- ☞ Capacidade 30% volume => 30 cm/100cm (em cada 100cm, 30cm está preenchido com água)

Permeabilidade do Resíduo Compactado

- * Condutividade hidráulica dos resíduos → regula a movimentação dos líquidos e gases do num aterro

Cd^2 → permeabilidade intrínseca ou específica (equação 3.7) – depende das propriedades do material sólido:

- ☞ Distribuição da dimensão poros
- ☞ Tortuosidade
- ☞ Superfície específica
- ☞ Porosidade

Permeabilidade típica no aterro:

- ☞ 10^{-11} a 10^{-12} m² na direcção vertical
- ☞ 10^{-10} na direcção horizontal

Equação 3.7

$$K = Cd^2 \frac{\gamma}{\mu} = k \frac{\gamma}{\mu}$$

K – coeficiente de permeabilidade

C – constante adimensional ou factor de forma

d – dimensão média dos poros

γ - peso específico da água

μ - viscosidade dinâmica da água

k – permeabilidade intrínseca

$Cd = k$ – permeabilidade intrínseca

Propriedades Químicas dos RSU

- ☞ Importante na avaliação de alternativas de processamento e opções de recuperação

✓ Análise inicial → Permite saber:

- Humidade (perda humidade qdo aquecido a 105°C (durante 1h)
- Matéria combustível volátil ⇒ perda de peso adicional a 950°C num cadinho
- Carbono fixo (resíduos combustível após a remoção da matéria volátil)
- Cinzas ⇒ peso do resíduo após combustão num cadinho aberto. Sem poder combustível

Tabela 3.2 – Dados típicos de análise inicial e energia para materiais encontrados em resíduos sólidos residenciais, comerciais e industriais

- ✓ **Ponto de fusão da cinza** ⇒ temperatura á qual a cinza que resulta da queima de resíduos formará um sólido –**sinter** – por fusão e aglomeração 1100°C – 1200°C => **sinter resíduos sólidos** 

Material aglomerado a que há combustão parcial entre as partículas.

Forma um tipo de espuma

- ✓ **Análise final** (elementos principais)
 - Determinação da % e C,H, O, N, S e cinzas. Preocupação com compostos cloretados => determina os halogéneos
 - Serve para resultados utilizados para caracterizar a composição química da matéria. Orgânica nos RSU
 - Serve para resultados utilizados para definir a mistura adequada para atingir taxas C/N adequadas aos processos de conversão biológica (combustável)
 - ☒ H e O → refere-se á composição da água
 - ☒ C → teor energético do resíduo
 - ☒ N e S → teor biológico do resíduo
 - ☒ Cinzas → parte não combustível

Tabela 3.3 – Dados típicos de análise final para materiais combustíveis encontrados em resíduos sólidos residenciais, comerciais e industriais

Tabela 3.4 –Dados típicos de análise final dos componentes combustíveis em RSU residenciais

- ✓ **Teor energético dos componentes sólidos**
 1. determinada pela utilização de uma caldeira como calorímetro
 2. determinada pela utilização de um calorímetro de bomba no laboratório
 3. através de cálculo, se for conhecida a composição elementar (**Equação 3.10**)

Equação 3.8

$$\text{Btu/lb (base)} = \text{Btu/lb (como são postos de lado)} \times \frac{100}{100 - \% \text{ humidade}}$$

Equação 3.9 – equação numa base seca livre de cinzas é:

$$\text{Btu/lb (base seca sem cinzas)} = \text{Btu/lb (como são postos de lado)} \times \frac{100}{100 - \% \text{ humidade} - \% \text{ cinzas}}$$

Equação 3.10 - Dado o teor do resíduo em C, H, O, N e S podemos calcular através da equação o teor energético do resíduo.

$$\text{Btu/lb} = 145 \text{ C} + 610 \left(\text{H}_2 - \frac{1}{8} \text{O}_2 \right) + 40 \text{ S} + 10 \text{ N}$$

Btu –BritishThermal unit

C – Carbono, % em peso

O₂ – Oxigénio, % em peso

H₂ – Hidrogénio, % em peso

S – Enxofre, % em peso

N – Azoto, % em peso

Tabela 3.5 – Valores típicos para resíduos inertes e teor energético de RSU residenciais

- ✓ **Nutrientes essenciais e outros elementos** ⇒ quando a fracção orgânica é utilizada como elemento para a produção de produtos de conversão biológica (adubos, metano, etanol). É importante ter informação sobre os nutrientes essenciais e elementos nos materiais residuais no que diz respeito ao balanço de nutrientes microbiológicos e na avaliação de nutrientes finais que podem ser dados aos materiais que restam depois da conversão biológica.

Tabela 3.6 – Análise elementar dos materiais orgânicos usados como alimento nos processos de conversão biológica

Propriedades Biológicas dos RSU

Fracção Orgânica RSU [sem plástico, borracha, componentes em couro ⇒ A parte orgânica é a mais importante pois é a única susceptível de ser biodegradada]

- Constituintes solúveis em água (açúcares, a.a., diversos ácidos orgânicos)
- Hemicelulose (produto condensação de açúcar de 5 ou 6 C's) → polímero presente na madeira
- Celulose (produto de condensação de açúcar de glucose de 6 C's)

- Gorduras, óleos e ceras (ésteres de álcoois e ácidos gordos de longas cadeias), lenhina (1 material polimerico contendo anéis aromático com grupos metaxilo ($\rightarrow\text{CH}_3$) cuja natureza química é ainda desconhecida, a lenhina encontra-se presente nos papeis de jornal e papel de fibra.
- Lenhinoceleulose (combinação de lenhina com celulose)
- Proteínas (compostas cadeias e a.a.)

Biodegradabilidade dos componentes dos resíduos orgânicos – como se determina?

- Determinação do teor em sólidos voláteis \rightarrow a determinação faz-se a uma ignição a 550°C.
- Existe 1 problema \Rightarrow alguns constituintes orgânicos dos RSU são altamente voláteis e de baixa degradabilidade – ex. papel do jornal
- Determinação do teor de lenhina (**equação 3.11**) para estimar a fracção biodegradável

Tabela 3.7 – dados sobre a fracção biodegradável dos componentes orgânicos dos resíduos baseados no teor em lenhina

- Quanto maior teor de lenhina \rightarrow menor é a Biodegradabilidade
- Classificação: Degradação rápida versus degradação lenta

Equação 3.11

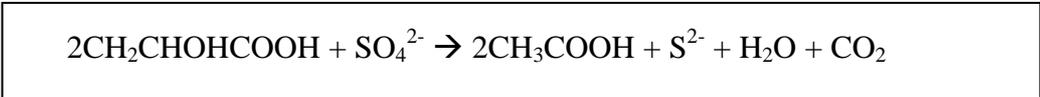
$$\text{FB} = 0.83 - 0.028 \text{ TL}$$

FB – fracção biodegradável expressa na base de sólidos voláteis
 0.83 e 0.028 – constante empírica
 TL – teor em lenhina dos SV expresso em % de peso seco

Produção de odores

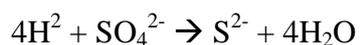
- Desenvolvem-se quando há armazenamento de Resíduos Sólidos durante elevados períodos de tempo entre as recolhas (em estações de transferência e aterros).
- São mais elevados em climas quentes. Porque em Temperatura elevadas, acelera-se o processo de decomposição
- **Formação de odores** \rightarrow **Resultado:** decomposição anaeróbia dos componentes orgânicos prontamente decomponíveis encontrados nos RSU provoca a formação de odores
- Ex.: condições anaeróbias dos sulfato \rightarrow sulfuretos \rightarrow H_2S

Equação: 3.12



lactato sulfato acetato ião sulfureto

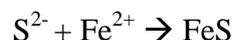
Equação 3.13



Equação 3.14



Equação 3.15



Cor preta dos Resíduos Sólidos que sofreram decomposição aneróbia no aterro deve-se a formação de sulfuretos matálicos.

Redução bioquímica dos compostos orgânicos contendo em radical enxofre conduz á formação de compostos malcheirosos (mercaptan metilo, ácido aminobutrico)

Exemplo: Redução metionica(aminoácido)

Equação 3.16



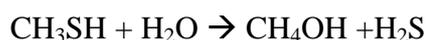
Metionina

Mercaptan
de metilo

Ácido aminobutrico

O mercaptan de metilo pode ser hidrolizado bioquimicamente em álcool metilo e sulfito de hidrogénio:

Equação 3.17:



Proliferação de moscas:

Tempo quente → Geração de moscas é muito importante.

→ Menos 2 semanas após a postura dos ovos.

⊗ desenvolvimento dos ovos: 8-12h

⊗ 1º estágio de período larval : 20h

⊗ 2º estágio do período larval : 24h

⊗ 3º estágio do período larval: 3 dias

⊗ estágio crisálida: 4-5 dias

Total 9-11 dias

Transformações Físicas, Químicas e Biológicas dos Resíduos Sólidos:

☒ Transformação física → não há alteração de fase. Existem 3 transformações:

1 - Separação dos componentes [

↳ Processo de separação, por meios mecânicos ou manuais, dos compostos identificáveis dos RSU misturados:

- Utilizada para transformar o resíduo heterogêneo em componentes mais ou menos homogêneos;
Exemplo: Combustagem
- Necessária na recuperação de materiais reutilizáveis e recicláveis dos RSU [NOTA: se nos RSU existem materiais que podem ser reutilizados e reciclados têm que separá-los nos locais adequados e não misturá-los com os outros resíduos];
- Importante na remoção de contaminantes dos materiais separados para a recolha de especificação de material separado;
- Importante remoção de resíduos sólidos urbanos (não inclui os industriais e agrícolas)
- Quando se pretende que a energia e os produtos de conversão sejam recuperados;

2- Redução mecânica do volume: (compactação)

- ☒ Termo utilizado para descrever o processo em que o volume inicial ocupado por um resíduo é reduzido por aplicação de força ou pressão;
- ☒ Cidades → veículos de recolha equipados com mecanismos de compactação para elevada quantidade de resíduo recolhido por viagem. Papel/cartão/plásticos/latas de alumínio e estanho, removidas dos RSU para reciclagem são enfardadas para reduzir custos de manuseamento e armazenamento e custos de envio para centros de processamento.
- ☒ Recentemente → desenvolvimento de sistemas de compactação para produção de materiais adequados a usos alternativos (troncos de papel e cartão para lareiras)
- ☒ Diminuição (dos custos) → utilização de estações equipadas com instalações e equipamento de compactação (municípios associados ao transporte)
- ☒ Aterros → resíduos compactados antes de cobertos. São concebidos para funcionarem durante um certo número de anos.

3- Redução mecânica do tamanho:

- Processos de transformação que visa reduzir o tamanho dos materiais residuais;
- Pretende-se obter um produto final razoavelmente uniforme e consideravelmente reduzido em tamanho relativamente à forma inicial;
- Redução do tamanho ⇒ redução de volume

Retalhe
Moagem
Trituração

} Operações mecânicas de redução de tamanho

☒ **Transformação Química** → há alteração de fase

1- **Combustão** (oxidação química)

- Reacção química do oxigénio com materiais orgânicos para produzir compostos oxidados acompanhados pela emissão de luz e rápida geração de calor.

Na presença de excesso de ar e sob condições ideais, a combustão da fracção orgânica dos RSU é representada pela seguinte equação:

Equação 3.18 :



↪ Condição ideais ⇒ excesso de ar → combustão completa da fracção orgânica do RSU

↪ Produtos finais → gases quentes de combustão:

- azoto (N₂)
- dióxido de carbono (CO₂)
- água (H₂O)
- oxigénio (O₂)
- resíduos não combustíveis (cinzas)

↪ Também presentes (resíduos libertados):

- NH₃ (diminuição de quantidade)
- SO₂
- NO_x
- Gases Residuais

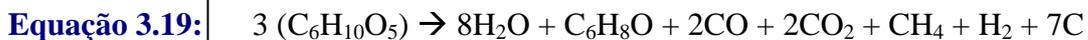
2- **Pirólise ou destilação destrutiva**

- A maior parte de substâncias orgânicas são termicamente estáveis ⇒ separação (combinação separação térmica e reacções de condensação) na atmosfera, livre de oxigénio, em fracções gás, líquido e sólido.
- Elevadamente endotérmico (contrário de combustão)(Termo⇒destilação destrutiva)

* Características das 3 fracções componentes que resultam da pirólise: Importante

1. fluxo de gás contendo essencialmente H₂, CH₄, CO, CO₂ e outros gases
2. liberta-se corrente óleo e/ou alcatrão líquida á temperatura ambiente e contém químicos, tais como ácido acético, acetona, metanol
3. carvão (carbono quase puro mais material inerte)

No caso da celulose (C₆H₁₀O₅), foi sugerida a seguinte expressão como sendo representativa da reacção de pirólise:



3- Gaseificação ⇒ combustão parcial de um combustível carbonáceo $\xrightarrow{\text{Gerando}}$ gás combustível rico em CO, H₂O e alguns hidrocarbonetos.

* Produtos finais(operando a pressão atmosférica com o ar como oxidante):

- 1- gás energeticamente básico contendo tipicamente CH₄, H₂ e N₂
- 2- carvão contendo C e inertes originalmente presentes no combustível
- 3- líquidos condensáveis semelhantes ao óleo piralítico.

4- Outros processos de transferência química → exemplo: conversão hidrolítica de celulose e glucose seguida de fermentação de glucose em álcool etílico

⊗ **Transformação Biológica:** [NOTA: não há necessariamente uma alteração de face. Pode-se dar na ausência ou na presença de oxigénio. Depende da disponibilidade]

- Podem ser usadas para reduzir o volume e o peso do material
- Produzir adubo, material do tipo do húmus que podem ser utilizados como um condicionador do solo e para produzir mais metano.
- Para produzir mais metano.
- Principais organismos ⇒ bactérias, fungos, leveduras e actinomicetes
- Transformações aeróbias (presença de O₂) e anaerobias (ausência de O₂) ⇒ estas dependem da disponibilidade de oxigénio
- Principais diferenças a nível do processo ser anaeróbio ou anaeróbio dependem :
 - ⊗ natureza dos produtos finais que se formam

- ⊕ fornecimento oxigénio para existir conversão aeróbia

1- Compostagem (Digestão) Aeróbia:

- Sem tratamento, a fracção orgânica dos RSU sofre decomposição biológica
- A extensão do período de tempo depende:
 - ⊗ da natureza do resíduo
 - ⊗ teor de humidade
 - ⊗ nutrientes disponíveis
 - ⊗ outros factores ambientais
 - ⊗ granulometria
 - ⊗ razão Carbono/Azoto
- em condições controladas



Resíduos de pátios e a fracção orgânica dos RSU $\xrightarrow{\text{Conversão}}$ “humu” ou “composto”(resíduo orgânico estável entre 4 a 6 semanas)

A compostagem da fracção orgânica dos RSU sob condições aeróbias pode ser representada pela seguinte equação:

Equação 3.20:

$\begin{matrix} \text{Matéria} \\ \text{Matéria} + \text{O}_2 + \text{Nutrientes} \rightarrow \text{novas} + \text{orgânica} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{SO}_2 + \text{calor} \\ \text{orgânica} \qquad \qquad \qquad \text{células} \quad \text{resistente} \\ \text{“Composto”} \rightarrow \text{aglomerado de materiais, é a matéria resistente orgânica (não é fácil de se continuar a degradar) que permanece. É mais estável, mais difícil de sofrer alterações). Utilizado mts vezes para cobertura de aterros. Possui elevada \% de lenhina (difícil de converter biologicamente em pouco tempo)} \end{matrix}$

2- Digestão anaeróbia:

- Fracção biodegradável da fracção orgânica dos RSU que é convertida biologicamente, em condições anaeróbias, em CO₂ + metano:
- Esta conversão pode ser representada pela seguinte equação(99% do gás total produzido):

Equação 3.21:

$\begin{matrix} \text{Matéria} \\ \text{Matéria} + \text{H}_2\text{O} + \text{Nutrientes} \rightarrow \text{novas} + \text{orgânica} + \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{calor} \\ \text{orgânica} \qquad \qquad \qquad \text{células} \quad \text{resistente} \end{matrix}$

Matéria orgânica resistente deve ser desidratada antes de deposição ou espalha/ em aterros. A lama que vem da combustão anaeróbia pode ser novamente combustada e depois são guardadas nos aterros.

A lama desidratada é frequentemente compostada aerobicamente para maior estabilização antes de aplicada.

3- Outros processos de transformação biológica ⇒ desenvolvimento de vários outros processos para transformação biológica dos resíduos sólidos.

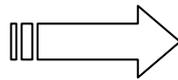
Exemplo: digestão anaeróbia de altos sólidos é um processo no qual a fermentação ocorre para um elevado teor de sólidos totais cerca de 22% ou mais.

Importância das transformações de Resíduos e gestão de Resíduos Sólidos:

* **As transformações físicas, químicas e biológicas permite:**

- Melhorar a eficiência das operações dos RS nos sistemas de gestão;
- Permitem recuperar materiais reutilizáveis e recicláveis;
- Permitem recuperar produtos de conversão e energia

*Implicações da transformação de resíduos na concepção integrada de gestão de resíduos sólidos



Ex: se se prevê a utilização da compostagem
→ fracção orgânica dos RSU deve ser separada das RSU misturados

na fonte da geração?

Numa instalação de recuperação de materiais?



Que resíduos devem ser separados para produção de um composto óptimo?

* **Locais de deposição. Pode haver:**

- Compactação de RS, sendo necessário a utilização eficiente da capacidade de deposição disponível
- Se houver transporte hidráulico ou pneumático, pode haver trituração (onde existe redução mecânica do tamanho) → melhora também a eficiência dos locais de deposição

Separação normal no local de produção → forma eficiente de remover pequenas quantidades de resíduos perigosos dos RSU → Aterros mais seguros

* **Processos químicos e biológicos:**

- Reduzem o volume e peso do resíduo a ser depositado

- Produzem produtos úteis

No caso dos processos físicos não se pretende obter produtos úteis. Por isso é que não se colocaram aqui.

***Em termos práticos:** Os componentes mais susceptíveis á recuperação são os que têm mercado e estão presentes em quantidades suficientes para justificar a sua separação.

*** Materiais mais frequentemente recuperados dos RSU**

- | | | |
|-------------|--------------------|---------------------|
| - papel | - aparas de jardim | - alumínio |
| - cartão | - vidro | - outros metais não |
| - plásticos | - metais ferrosos | ferrosos |

*** Fracção orgânica dos RSU**

conversão em produtos utilizáveis

conversão em energia de várias formas

- combustão ⇒ para produção de vapor e electricidade
- pirólise ⇒ para produção de gás sintético e/ou combustível sólido e sólidos
- gaseificação ⇒ para produção de um combustível sintético
- conversão biológica ⇒ para produzir “composto”
- biodigestão ⇒ para gerar metano e produzir húmus orgânico estabilizado

RESÍDUOS SÓLIDOS – CAPÍTULO 4

- Licenciatura de Engenharia do Ambiente - 3º ano -

Propriedades e classificação de Resíduos perigosos

* O que constitui um resíduo perigoso(RP) ?

Os RP têm sido definidos como resíduos ou combinações de resíduos que constituem um perigo substancial presente ou potencial para os humanos ou outros organismos vivos devido ao facto de:

- Tais resíduos serem não degradáveis ou persistentes na natureza;
- Poderem ser biologicamente amplificados (haver com a bioacumulação);
- Poderem ser letais
- Poderem de qualquer outra forma causar(tenderem) a causar efeitos cumulativos prejudiciais

* As propriedades utilizadas para avaliar se 1 resíduo é perigoso estão relacionadas com questões de saúde ou segurança:

Propriedades relacionadas com a segurança:

- De corrosão ⇒ relacionadas com a pele, por exemplo;
- De explosão ⇒resíduos que explodem;
- De inflamação ⇒ existem resíduos que são inflamáveis mas não sofrem explosão;
- De ignição ⇒ tem haver com o ponto onde começa a reacção;
- De reacção ⇒ um resíduo pode ser mais ou menos reactivo. Tem haver com reacções químicas.

Propriedades relacionadas com a saúde:

- Carcinogénese ⇒ substâncias susceptíveis de provocar cancro;
- De infecção ⇒ substâncias susceptíveis de provocar infecções;
- De irritação ⇒ substâncias que provocam alergias
- Mutagénese ⇒ mutações genéticas;
- Radioactividade⇒ mutações genéticas. Pode ser letal. Pode originar doenças q levam à morte
- Toxicidade

- ⊗ aguda ⇒ o grau de toxicidade naquele momento é grave, mas depois deixa de o ser;
- ⊗ crónica ⇒ o grau de toxicidade permanece.
- Teratogenese ⇒ substâncias que provocam monstruosidades nos seres. (Exemplo: Um bebé nascer sem um braço)

Propriedades mais frequentemente utilizadas pelos Municípios:

- De ignição
- Corrosibilidade
- Reactividade
- Toxicidade
- Carcinogénese

Existem diferentes sistemas de classificação e listas de prioridade por definição de um resíduo perigoso → ter em conta diferentes perspectivas!

A EPA ao desenvolver regulamentação para a implementação de legislação relacionada com resíduos e águas residuais, publicou e refinou definições para resíduos sólidos em 3 categorias gerais:

- Resíduos listados;
- Resíduos perigosos característicos;
- Outros resíduos perigosos (tabela 4.1)

Tabela 4.1 – categorias de resíduos perigosos.

A EPA preparou uma lista de resíduos perigoso específicos. Se um resíduo satisfazer estes critérios é considerado tóxico independentemente da concentração.

As características são estabelecidas com base nas suas propriedades de: **ignição, corrosibilidade, reactividade e toxicidade** (tabela 4.2)

Tabela 4.2 – lista de resíduos da EPA, baseados em características perigosas.

Outros resíduos perigosos incluem misturas de resíduos perigosos e não perigosos. São resíduos resultantes da gestão de outros resíduos, tais como plantas e tratamento de resíduos e materiais perigosos contidos em resíduos não perigosos.



Os resíduos medicinais e resíduos misturados de radioactividade baixa são considerados resíduos especiais ⇒ regulamentação e gestão separada.

Poluentes prioritários

Em 1979, a EPA preparou uma lista de poluentes tóxicos, prejudiciais á saúde humana utilizando 4 critérios:

1- Dano actual ou potencial que uma descarga de água destes materiais pode criar em virtude de determinadas propriedades toxicológicas. Estas propriedades incluem:

Bioacumulação

Carcinogénese

Mutagénese

Teratogenese

Toxicidade aguda

2 – Gravidade de descarga ou descarga potencial do poluente por fontes pontuais. Os factores incluem:

A natureza e a extensão dos efeitos tóxicos associados com o poluente

A extensão em que a descarga foi identificada

Produção e distribuição

Utilização padrão do poluente

3 – A definição de padrões de efluentes por descargas de fontes pontuais. Quando se descarregam as concentrações dos poluentes devem obedecer aos limites legais.

4 – Efeitos ambiente global das medidas de controle disponíveis

A lista inicial continha 65 classes de poluentes compreendendo 129 substâncias específicas.

Fontes, tipos e quantidade dos Resíduos Perigoso encontrados nos RSU

*** Produtos perigosos utilizados diariamente no lar:**

Produtos de limpeza

Produtos para automóveis

Produtos pessoais

Produtos para o jardim

São tóxicos porque são perigoso para a saúde e ambiente. Ao preocupantes devido ás propriedades corrosivas, inflamáveis, irritantes e venenosas

Tabela 4.3 – produtos domésticos perigosos típicos

Tabela 4.4 – distribuição de materiais residuais perigosos encontrados em RSU residenciais e comerciais

Tabela 4.5 – distribuição de materiais residuais perigosos recolhidos durante dias destinados à recolha de resíduos perigosos

* **Resíduos perigosos produzidos em estabelecimentos comerciais**(produtores de pequena quantidade)

Estão relacionados com serviços fornecidos.

Exemplos.:

- ☞ Tonners de lojas de impressão
- ☞ Solventes de limpeza de lojas de auto reparação
- ☞ Tintas e espessantes de empreiteiros de limpeza

Tabela 4.6 – Compostos de resíduos perigosos produzidos por actividades comerciais, industriais e agrícolas que são tipicamente encontrados nos RSU

Segundo a EPA:

* **Produtor de pequena quantidade produz num mês:**

Mais do que 100 Kg mas menos de 1000 Kg de RS não agudamente perigosos;

Menos do que 100 Kg de RS resultantes de limpeza de qualquer resíduos ou solo, água, contaminados ou outros destroços (envolvendo a limpeza de 1 RS agudamente perigoso);

Menos do que 1 Kg de um RS agudamente perigoso.

* **Grande produtor** ⇒ produz mais do que estas quantidades

* **Produtores isentos condicionalmente** ⇒ geram quantidades inferiores a estas

* **Resíduos Perigosos nos RSU(1992)** ⇒ entre 0.01 a 1% em peso ⇒ **Valor Típico:** 0.1%(Sem contabilizar os resíduos ilegalmente depositados em terra, esgotos e sarjetas)

* **Gama Larga** ⇒ Devido a métodos variáveis e a períodos de amostragem não consistentes.

* **Valores elevados na Primavera** ⇒ Devido a limpezas de garagens e de deitar fora os pesticidas ,etc.

Significado dos Resíduos Perigoso nos RSU

Baixas quantidades de resíduos porque:

ocorrência em todas as instalações de gestão de resíduos;

persistência quando descarregados no ambiente

Em instalações de Gestão:

ocorrência nos RSU em pequenas quantidades de RS perigosos sólidos, semi-sólidos e líquidos e compostos gasosos derivados destes resíduos, influencia a recuperação de materiais, produtos de conversão (Exemplo: Composto), produtos de combustão e aterros.

Em instalações de Conversão (matéria e produto não voltam a ser utilizados):

ocorrência de quantidades vestigiais de constituintes orgânicos ou componentes de resíduos que foram separados mecanicamente dos RSU misturados.

Ocorrência de contaminantes vestigiais no composto produzido a partir dos RSU.

Deve encorajar-se a **separação** para eliminar estes constituintes das operações de processamento.

Em produtos da combustão:

ocorrência de resíduos perigosos emissões gasosas e em materiais residuais resultantes da combustão de resíduos sólidos

especialmente problemático – metais tóxicos tais como Cádmio(Cd), crómio, chumbo. Mercúrio, prata.

Em aterros:

ocorrência de constituintes orgânicos em quantidades mínimas na atmosfera próximo de aterros em gás de aterros e em lixiviados de aterros.

Fontes: advêm de resíduos perigosos e/ou podem ser produzidos por reacções de conversão química e biológicas dentro do aterro.

- Destino destas pequenas quantidades de RP encontrados nos RSU é geralmente desconhecido.
- **Persistência ambiental** ⇒ tema crítico na Gestão a longo prazo. A classificação é feita em **persistentes** ou **não persistentes**.

Tabela 4.7 – Riscos associados com a não persistência e persistência de resíduos orgânicos

Equação 4.1

$$\frac{d [C]}{dt} = - K_T C$$

C – concentração no tempo t

t - tempo

K_T – reacção de 1ª ordem – constante da lei de Henry, adimensional

Tempo de meia- vida ou semi- vida ($t_{1/2}$) \Rightarrow quando a concentração final é metade da concentração inicial $\rightarrow C_0 / C = 2$

Equação 4.2

$$\ln \frac{[C_0]}{[C]} = k_T t$$

Onde $[C_0]$ = concentração para tempo 0

Equação 4.3

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_T} = \frac{0.69}{k_T}$$

Transformações físicas, químicas e biológicas de constituintes de RP encontrados nos RSU.

Estas transformações são importantes na determinação do destino e dispersão destes materiais.

Resíduos perigosos nos RSU:

- Sólidos
- Semi-sólidos
- Líquidos
- Compostos vestigiais como
 - Um soluto dentro do solvente líquido,
 - Um gás adsorvido num sólido,
 - Um componentes de emissões gasosas de RSU (particularmente aterros)

↪ Transformações Físicas:

- Volatilização
- Distribuição de fases

*** Volatilização:**

- Principais mecanismos que conduzem á produção das substâncias gasosas dos RSU são a volatilização(mais importante), biodegradação e a reacção química
- Os resíduos sólidos podem ocorrer no estado gasoso como resultado de 3 processos relacionados:

⊗ **Volatilização de resíduos sólidos químicos** \Rightarrow função da área superficial exposta, tempo, coeficientes de difusão, pressões de vapor, peso molecular e temperatura

⊗ **Volatilização de resíduos sólidos químicos líquidos em água e lixiviados**
 \Rightarrow primordialmente afectado pela constante da lei de Henry para a substância

em questão, mas tb pela temperatura, turbulência do líquido, concentração dos constituintes vestigiais na fase gasosa e velocidade do vento

- ☹ **Volatilização de resíduo sólidos adsorvidos em solo e outros sólidos** ⇒
factores importantes: área superficial, resistência á adsorção, pressão de vapor, tipo de solo ou sólido

Outros factores que afectam a volatilização:

- | | |
|---|--------------------------------|
| - pH | tamanho das partículas |
| - solubilidade | densidade dos Resíduos sólidos |
| - quantidade e tipo de organismos presentes | reactividade
lixiviação |

* **Pressão de Vapor:**

- Pressão exercida pelo vapor no líquido quando as 2 fases se encontram em equilíbrio.
- Fortemente afectada pela temperatura ⇒ quando a temperatura de ebulição de 1 líquido é atingida ⇒ pressão de vapor = pressão atmosférica.
- Característica da substância utilizada para determinar a pressão parcial de cada componente numa mistura de gases. As proporções relativas podem ser determinadas quando a pressão parcial é conhecida.
- A pressão de vapor pode também ser utilizada como medida de volatilidade :
 - ☹ Aumento da Pressão de vapor ⇒ líquidos evaporar rapidamente
 - ☹ Diminuição Pressão de vapor ⇒ líquidos evaporar lentamente
 - ☹ Compostos voláteis ⇒ Pressão de vapor > 0.1 μ Hg a 20°C com o ponto de ebulição < 100°C.

* **Lei de Henry:**

A constante de Henry relaciona a pressão parcial o soluto na fase de vapor com a fracção molar do constituinte em solução

Equação 4.4 ;4.6 e Tabela 4.8;4.9;4.10.

Equação 4.5

$$H_C = \frac{H}{RT}$$

H_C = constante da lei de Henry

* Distribuição de resíduos entre fases

- A distribuição de 1 substância entre 2 fases ou líquidos imiscíveis é definido pelo coeficiente da distribuição.
- conhecimento da quantidade de resíduos em cada fase é importante no desenvolvimento das plantas de gestão de resíduos

↪ Coeficiente de distribuição para 2 fases:

- ⊘ Lei de distribuição: quando 1 substância que é solúvel em cada uma das 2 fases ou líquidos (miscíveis) é adicionada a 1 sistema destas 2 fases imiscíveis, a substância será distribuída em cada, em proporções fixas a uma dada temperatura independentemente da quantidade da substância
- ⊘ Coeficiente de distribuição ou partição: razão das concentrações em cada fase para soluções diluídas
- ⊘ **Importante:** Para soluções diluídas, o anterior é também afirmação da Lei de Henry

↪ Coeficiente de distribuição de 2 líquidos imiscíveis:

- ⊘ Uma relação idêntica á das 2 fases tb se mantém para a distribuição de um soluto entre 2 líquidos imiscíveis.
- ⊘ Coeficiente constante somente quando o soluto em questão se dissolve em ambos os solventes da mesma forma e nenhuma associação ou dissociação se verifica
- ⊘ Quando soluto inalterado ⇒ utilizado para calcular a eficiência de 1 processo de extracção no qual 1 determinado solvente é usado para extrair 1 soluto de outros solvente.

Equação 4.7

↪ Coeficiente de distribuição octanol-agua:

- ⊘ para fins de comparação e análise, o sistema de solventes octanol-água é usado para caracterizar uma variedade de substâncias orgânicas
- ⊘ inicialmente o coeficiente de distribuição octanol-água foi utilizado para avaliar o potencial de bio-acumulação de 1 composto
- ⊘ valores variam muito !

Tabela 4.10 – Propriedades físicas de alguns compostos orgânicos Voláteis e Semi-voláteis

↳ Transformações químicas

Os constituintes de Resíduos perigosos orgânicos nos RSU podem ser transformados para uma variedade de reacções químicas

* Reacções químicas na combustão:

- ↳ Combustão – meio efectivo de destruição de constituintes orgânicos encontrados nos RSU
- ↳ Quando a combustão não é ideal ⇒ produtos de combustão incompleta variados → normalmente tóxicos.
- ↳ Exemplo: Combustão estequiométrica do clorobenzeno(C_6H_5Cl) – Equação 4.8
- ↳ Combustão completa ⇒ Cl do C_6H_5Cl convertido em ácido hidrolórico
- ↳ Combustão incompleta ⇒ formação possível de constituintes vestigiais tóxicos similar a muitas outras reacções noutros compostos de resíduos perigosos.

* Reacções químicas em aterros:

- ↳ Principais classes de reacções químicas (abióticas) que podem ocorrer para alterar a composição dos compostos de resíduos encontrados nos RSU:
 - substituição simples
 - desidrogenação
 - oxidação
 - redução
- ↳ São reacções que ocorrem tipicamente durante a deposição em aterros e após a deposição final em aterros
- ↳ Maior parte das reacções abióticas envolvendo compostos halogenados são lentas mas significativas na escala do tempo envolvida na gestão de aterros a longo prazo
- ↳ ATERRO(decomposição biológica) ⇒ taxas de reacção abióticas significativamente elevadas através de enzimas produzidas biologicamente.

Tabela 4.11 – Tempos de meia-vida e produtos típicos provenientes da hidrólise química ou desidrogenação de compostos alifáticos halogenados a 20°C

↳ **Transformações Biológicas** ⇒ relativamente bem estabelecidas (diferentes transformações químicas/biológicas dos resíduos perigosos inorgânicos e orgânicos)

* **Transformações envolvendo metais:**

- Muitos constituintes perigosos inorgânicos presentes nos RSU (CR,Pb,Hg,..) podem ser convertidos biologicamente numa variedade de compostos(alguns extremamente tóxicos).
- Exemplos de compostos tóxicos produzidos em condições anaeróbias(tal como nos aterros)
- Podem sofrer reacções tais como a substituição simples, desidrogenação ou oxidação
 - metimercúrio → dimetilarsina → dimetilselenida
- À medida que as coberturas metálicas das baterias domésticas e outros se decompõem com o tempo, a transformação biológica do mercúrio ocorrerá possivelmente nos anos que se seguirão.

↳ **Transformações envolvendo compostos orgânicos biodegradáveis** (não persistentes)

- Alguns compostos orgânicos perigosos encontrados nos resíduos municipais são biodegradáveis.
- Tipicamente, os químicos biodegradáveis sofrem reacções tais como:
 - Substituição simples → Oxidação
 - Desidrogenação(hidrólise) → Redução

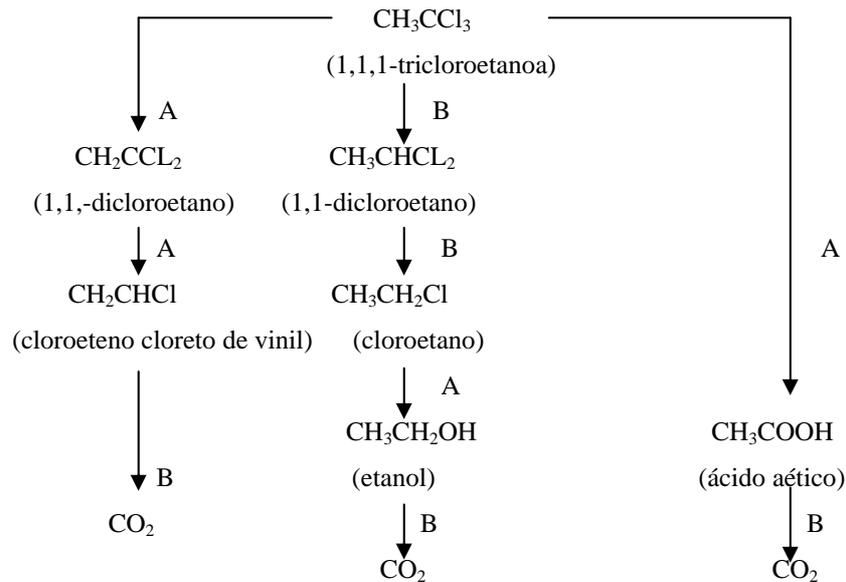
↳ **Transformações envolvendo compostos orgânicos persistentes:**

- Alguns compostos orgânicos perigosos persistentes encontrados nos RSU são biodegradáveis(a velocidades extremamente baixas)
- Reacções típicas sofridas:
 - Hidrólise de amido ou éster → hidroxilação
 - Desalkinações → oxidação(oxidação β)
 - Desaminação → redução
 - Desalogenação
 - Redução de ligação dupla
 - Clivagem do anel
- Muitas destas reacções conduzem à destoxificação do composto original .Infelizmente, muitas destas reacções também resultam na formação de novos compostos tóxicos, alguns dos quais podem ser mais tóxicos que o original.

↳ **Transformações combinadas abióticas e não abióticas:**

- Para além das transformações abióticas e bióticas consideradas acima, em n.º de compostos de resíduos perigosos é transformado através de 1 combinação de reacção abiótica/biótica.
- No futuro uma gestão + eficiente dos aterros poderá acelerar a conversão destes compostos

Figura 4.1 – Ramos para a transformação de 1,1,1 – tricloroetano, CH_3CCl_3 , sob condições metanogénicas.



A – reacções abióticas

B – reacções bióticas

No futuro, uma gestão mais eficiente dos ATERROS poderá acelerar a conversão destes compostos.

* Gestão de Resíduos Perigosos nos RSU

A maneira mais eficiente de elimina pequenas quantidades de resíduos perigosos encontrados dos RSU é na redução na fonte (separação no ponto de geração).

N.º de tipos de componentes separados depende das instalações de armazenamento, da recolha, tratamento e deposição de resíduos. O manuseamento e armazenamento dos resíduos perigosos domésticos depende da natureza do produto

Tabela 4.3 - Produtos domésticos perigosos típicos

Os resíduos são encontrados em todos os locais de residência. Não há regulamentação específica – muitos dos produtos das diversas categorias genéricas são frequentemente armazenados e, uma vez utilizadas são postos de lado de forma **imprópria**.

Há que educar os cidadãos qto á sua utilização, armazenamento e deposição adequadas e dar aos cidadãos opções convenientes para a deposição.

Para minimizar a deposição inadequada dos resíduos domésticos perigosos:

já há programas de troca de produtos;

dias de recolha especiais – incentivar as pessoas a trazer os resíduos para tratamento;

locais de deposição permanente – mais eficiente!, permite que as pessoas tragam os resíduos de acordo com a sua conveniência.

Produtos de pintura ⇒ constituem 1 parte substancial dos resíduos domésticos perigosos:

↳ têm-se tentado reutilização de tintas à base de látex(recuperação 50%)

↳ tinta não recuperável → combustada e depositada → em algo próprio para resíduos perigosos

* **Caracterização dos resíduos e estudos de desvios:**

objectivo → identificar tipos e quantidades, características de resíduos gerados.

Passos típicos:

1 – Recolha de informação existente (fontes de informação)

estudo prévios de gestão de resíduos sólidos;

estudos prévios de desvios de resíduos;

programas de recuperação de reciclagem
(pública e privada);

instalação de recuperação de materiais;

centros de compra em 2ª mão;

centros de deposição;

centros de reciclagem de pneus e óleos;

rebocagem privada (resíduos especiais);

organização de caridade e serviços.

2 – Identificação das fontes de geração dos resíduos e características dos resíduos:

Residencial;

Comercial;

Institucional;

Construção e demolição;

Serviços municipais;

Plantas de tratamento de água e

águas residuais;

Industrial;

Agrícola.

RESÍDUOS SÓLIDOS – (CAPÍTULO)

– Licenciatura de Engenharia do Ambiente – 3º ano –

Geração e Recolha de Resíduos Sólidos

Conhecimento sobre as quantidade de Resíduos sólidos que são gerados, separados para recolha e recolhidos para processamento ou deposição posterior

Fundamental

A gestão de RS envolve:

Seleccção de equipamento específico

Concepção (conhecimento) das rotas de recolha de resíduos, dos materiais e das instalações de recuperação e deposição. Estão dependentes das quantidades geradas (se não se conhecerem as quantidades não é possível ter um conhecimento anterior)

A informação sobre



A quantidade total dos RSU

A quantidade de resíduos reciclados

Quantidade resíduos que sofrem outro tipo de tratamento e não fazem parte o fluxo de resíduos

É necessária para definir o desempenho dos programas de reciclagem em

Exemplo: nível de 25% de reciclagem a atingir.

Mas! ↳ baseado em quantidade gerada?

↳ baseado em quantidade recolhida?

Á medida que a diversidade e reciclagem dos materiais residuais aumenta é importante saber:



Quantidade de resíduos gerados;

Quantidades de resíduos separados para reciclagem

Quantidades de resíduos recolhidos

Quantidades de resíduos depositados em aterros

É determinante na concepção e planificação das instalações de gestão de RS.

Ex1. Concepção veículos especiais e a recolha de resíduos separados na fonte depende da quantidade de resíduos s serem recolhidos e a variação das quantidades entregues hora a hora, diariamente, semanalmente ou mensalmente.

Exemplo2: Dimensionamento dos Aterros depende da quantidade de resíduos depositados após remoção de todos a materiais recicláveis.

Medidas e métodos utilizados para avaliação das quantidade de resíduos sólidos

A razão da medição da quantidade de RS gerados, separações para reciclagem ou recolhidos para processamento ou deposição posterior é para obtenção de dados usados para desenvolver e implementar programas de gestão de RS eficientes:

Grande cuidado em decidir o que efectivamente deve ser conhecido num estudo

Reserva de fundos (\$) para recolha de dados

Volume – medida enganadora → $1\text{m}^3 \text{ RS} \neq 1\text{m}^3$ resíduos compactados num veiculo de recolha $\neq 1\text{m}^3$ resíduos compactados posteriormente num aterro!!!!!!

Peso

Estes 2 últimos são utilizados para a medição de quantidade de resíduos sólidos.

Medidas referenciadas ao grau de Compactação dos resíduos ou Peso específico dos resíduos sob condições de armazenamento

Para evitar confusões recorre-se á utilização do Peso nas quantidade de RS, uma vez ser a única base precisa porque é independente do grau de compactação.

Os registos do Peso são necessários no transporte de RS porque a quantidade rebocada está normalmente restringida por limites em termos de peso (auto-estradas) e não volúmicos.

Contudo, peso e volume são ambos importantes relativamente á capacidade dos aterros.

Importante: Desenvolver formas significativas de expressar as quantidades geradas.

Tabela 5.1 – Unidades de expressão sugeridas para quantidades de RS.

As quantidades de resíduos:

são estimados com base em dados reunidos através de estudos de caracterização de resíduos;
utilizando dados de geração de resíduos anteriores;
combinação das 2 aproximações

Métodos normalmente utilizados para quantificar a quantidade de resíduos:

- Análise da contagem de carga → n.º de cargas individuais e as características dos resíduos são anotados durante um período de tempo específico.

- Análise peso-volume – melhor informação, mas... → Que informação é necessária?
- Análise balanço de materiais – única forma de determinação da geração e movimentação dos resíduos com alguns graus de confiança. **Figura 5.1; equação 5.1-5.3**

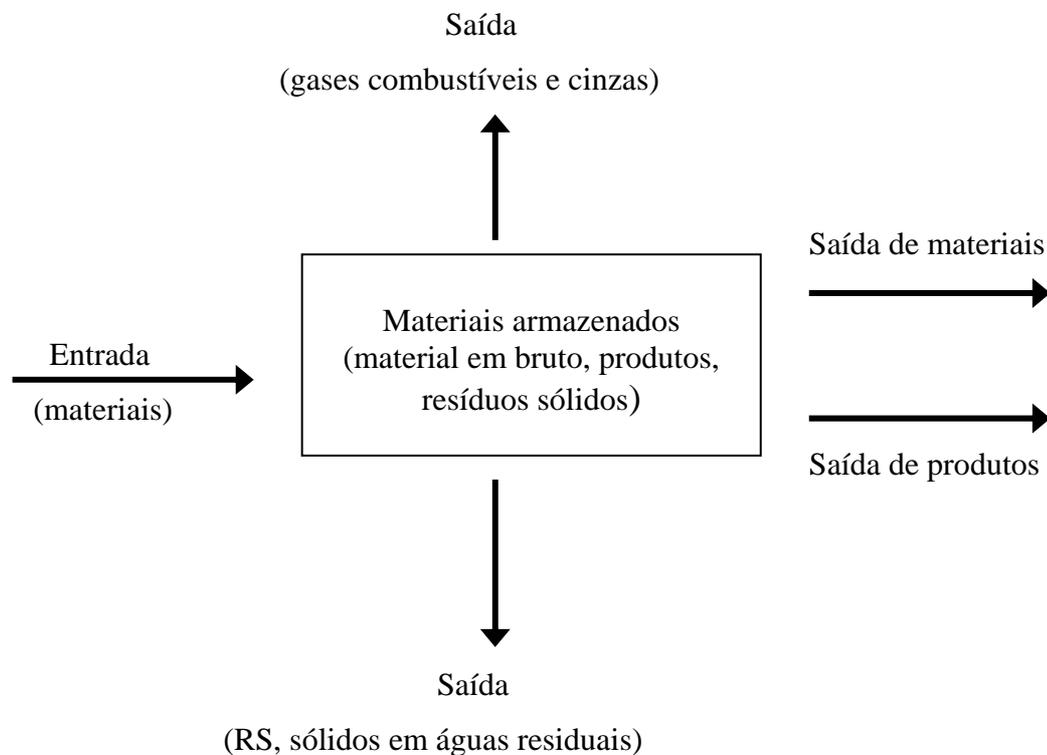
Permite comprovar se tudo se passa tal como acordado, mas existe dificuldade em definir adequadamente todas as entradas e saídas que atravessam a fronteira do sistema.

A maior parte medidas em quantidades de resíduos não representam com precisão o que pretender registar ou representar.

Resíduos recolhidos?

Resíduos gerados?

Figura 5.1 – Definição esquemática para análise de balanço de materiais usado para determinação das taxas de geração de resíduos.



O balanço de materiais pode ser formulado como se segue:

1- Afirmação escrita geral

Taxa de acumulação do material dentro da fronteira do sistema	=	Taxa de fluxo do material dentro da fronteira do sistema	-	Taxa de fluxo do material fora da fronteira do sistema	+	Taxa de geração do material residual dentro da fronteira do sistema
---	---	--	---	--	---	---

2- Afirmação escrita simplificada

Acumulação = Entrada - Saída + Geração

3- Representação simbólica

$$\frac{dM}{dt} = \sum M_{\text{entrada}} - \sum M_{\text{saída}} + R_w$$

dM/dt – taxa de alteração do peso do material armazenado (acumulado) dentro da uni// de estudo (lb/dia)

$\sum M_{\text{entrada}}$ - somatório de todo o material que flui para o interior da unidade de estudo (lb/dis)

$\sum M_{\text{saída}}$ - somatório de todo o material que flui para o exterior da unidade de estudo (lb/dia)

R_w - taxa de geração de resíduos (lb/dia)

Recapitulando:

Como é que se faz uma análise de balanço de material?

- 1- Estabelecer a fronteira do sistema em torno da unidade a ser estudada (o + simples e o + pequena possível)
- 2- Identificam-se todas as actividades q ocorrem dentro da fronteira e em q medida é q elas interferem na actividade (vai-se ao departamento responsável que possui este tipo de informação)
- 3- Identifica-se a taxa de geração de resíduos produzidos na actividade
- 4- Utilizando fórmulas matemáticas calcula-se o balanço de materiais.

Média – é definida média aritmética de 1 n.º de observações individuais ou agrupadas. A média para observações agrupadas é dada por:

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i x_i}{n}$$

\bar{x} – valor médio

f_i – frequência (para dados não agrupados $f_i=1$)

x_i – ponto médio do i-ésimo dado da gama (para dados não agrupados $x_i = \text{i-ésima observação}$)

n – n.º de observações

Mediana – se 1 série de observações estão arranjadas por ordem crescente, a observação central, ou a média aritmética das 2 observações centrais numa série, é conhecida como a mediana.

Numa distribuição simétrica a mediana será = á media.

Moda – o valor que ocorre com > frequência numa série de observações é conhecido como a moda. Se se esboçar 1 gráfico contínuo da distribuição de frequência, a moda é o valor do ponto + elevado da curva.

Num conjunto de observações simétricas, a média, a mediana e a moda coincidirão.

A moda pode ser aproximada com precisão razoável utilizando a seguinte expressão:

$$\text{Moda} = 3(\text{mediana}) - 2(\text{média})$$

Desvio padrão – traduz a diferença do resultado em função à média. Devido às leis do acaso existe incerteza em qualquer conjunto de medições. A precisão de 1 conjunto de medições pode ser avaliada de várias formas. Mais frequentemente o erro de 1 mediação individual num conjunto é definido como a diferença entre a média aritmética e o valor da mediação.

O desvio padrão para dados agrupados é definido como:

$$S = \sqrt{\sum f_i(X_i - \bar{X})^2 / (n-1)}$$

s- desvio padrão

f_i- frequência (para dados não agrupados f_i = 1)

x_i – ponto médio do i-ésimo dado da gama (para dados não agrupados x_i = à i-ésima observação)

x – valor médio

n – n.º de observações

A partir da forma da equação, pode concluir-se que quanto maior for a dispersão num conjunto de medições, maior será o valor de s.

Reciprocamente, à medida q a precisão num conjunto de medições melhora, o valor de s diminui.

Das considerações teóricas, pode mostrar-se que se as medições estão distribuídas de forma normal, então 68,57% das observações cairão dentro de +/- 1 desvio padrão da média (x +/- s)

Coefficiente de variação – embora o s pode ser usado como 1 indicador da dispersão absoluta de 1 conjunto de valores médios, fornece pouca ou nenhuma informação sobre se o valor é elevado ou baixo.

Para ultrapassar esta dificuldade, o coeficiente de variação é utilizado como 1 medida relativa de dispersão:

cv – coeficiente de variação (%)

$$cv = \frac{100s}{x}$$

s – desvio padrão

x – valor médio

Típicamente o cv para as taxas de geração de resíduos sólidos varia entre 10 a 60 %. Para julgar se esta % representa dispersão elevada ou baixa podem comparar-se os valores obtidos com medições noutros campos.

Para medições na área biológica, o cv variará entre 10 e 30%. O cv para análises químicas varia entre 2 e 10%. Assim, a dispersão dos dados relativos à geração de resíduos sólidos é claramente significativa.

Coefficiente de assimetria – ao longo dos anos forma propostos vários modos de avaliação da assimetria numa distribuição assimétrica, mas nenhuma é aceite universal/.

Definiremos assimetria através de:

$$\alpha_3 = \frac{\sum f_i (X_i - \bar{X})^3 / (n-1)}{S^3}$$

α_3 – coeficiente de assimetria

x_i – ponto médio de i-ésimo dado da gama (para dados não agrupados $x_i =$ à i-ésima observação)

\bar{x} – valor médio f_i – frequência (para dados não agrupados $f_i = 1$) s – desvio padrão

O coeficiente de assimetria também tem sido colocado através da equação:

$$\alpha_3' = \frac{2(\bar{X} - \text{Moda})}{S}$$

α_3' - coeficiente de assimetria

\bar{x} – valor médio

s - desvio padrão

Coefficiente de Kurtosis – a extensão na qual 1 distribuição tem 1 > cume ou é a nivelada do que a distribuição normal é definida pelo Kurtosis da distribuição. O coeficiente de Kustosis pode ser calculado utilizando:

$$\alpha_4 = \frac{\sum f_i (X_i - \bar{X})^4 / (n-1)}{S^4}$$

α_4 – coeficiente de Kustosis

x_i – ponto médio de i-ésimo dado da gama (para dados não agrupados $x_i =$ à i-ésima observação)

\bar{x} – valor médio f_i – frequência (para dados não agrupados $f_i = 1$) s – desvio padrão

O valor de Kurtosis para 1 distribuição normal é 3.

Uma curva com cume terá 1 valor superior 3, enquanto que 1 curva nivelada terá 1 valor inferior 3.

O valor α_4 que separa as curvas com pequenas elevações das rectangulares ou das em forma de U, encontra-se na gama de 1,78 a 1,8.

Os valores de α_4 para distribuição em forma de U são inferiores 1,75.

Geração de Resíduos Sólidos e Taxas de Recolha

- ↳ É necessário estimar quantidades de RS que serão gerados por categoria de resíduos, dentro de um consumo. A quantidade de RSU é baseado na quantidade resíduos gerados/pessoa *dia

- ↳ A distribuição de RSU é variada(resíduos residenciais comerciais → 50 a 75% RSU comunidade) – (tabela 5.2)
 - ↳ Fontes institucionais ⇒ escolas, prisões, hospitais. A distribuição é similar nos resíduos residenciais comerciais
 - ↳ Resíduos construção e demolição ⇒ quantidades difíceis de estimar uma vez que são variáveis em composição (40-50% entulho (concreto, asfalto, tijolos, sujidade), 20-30% madeira e relacionados (paletes, cepas, ramos, ripas, madeira para suporte e construção, madeira tratada) e 20-30% - resíduos diversos (moveis pintados ou contaminados, metais, argamassa, vidro, bens brancos, amianto, material isolante)
 - ↳ Resíduos industriais e agrícolas ⇒ comparação entre taxas de geração dos resíduos e 1 unidade de produção.

- ↳ Os resíduos recolhidos incluem resíduos misturados (quando não há programas de reciclagem) e resíduos separados na fonte (quando há programas de reciclagem)

- ↳ A diferença entre quantidade de RSU residenciais/comerciais e a quantidade de resíduos recolhidos para processamento e/ou deposição variará entre 4-15% devido à quantidade de material que é:

Combustado	Vendido em feiras
Queimado em lareiras	Entregue para deposição e em locais de reciclagem
Descarregado em esgotos	Reciclado directamente
Dados para instituições caridade	

- ↳ As quantidade de RS gerados e recolhidos variam diária, semanal, mensal e sazonalmente.

- ↳ Picos: Férias de Natal, dias de limpeza doméstica na Primavera.

Factores que afectam as taxas de geração de resíduos

{
Redução na fonte
Atitude pública
Factores geográfico e físicos

↳ Redução na fonte e actividade de reciclagem

Concepção, manufactura e empacotamento de produtos com teor tóxico mínimo, volume material mínimo, vida útil mais longa.

No lar/instalação comercial ou industrial (padrões de compra selectiva e reutilização produtos e materiais)

Outras formas de redução:

- Diminuir o empacotamento desnecessário ou excessivo (embalagens mais pequenas)
- Desenvolver e utilizar produtos com maior durabilidade (laminas de barbear de titânio) e reparabilidade
- Substituir produtos elimináveis de uso único, por produtos reutilizáveis
- Utilizar menos recursos
- Aumentar o teor materiais recicláveis nos produtos
- Desenvolver estruturas classificativas que encorajem menor produção de resíduos

↳ Efeitos da atitude pública e legislação (se houver incentivos, indução de alteração de comportamento, consegue-se mudar a maneira de pensar e agir das pessoas)

Pessoas – se estão dispostas a mudar, tudo se altera;

Educação – importante alterar a atitude das pessoas. Explicar a consequência de uma forma clara.

Regulamentação – a legislação altera a atitude dos vendedores

↳ Efeitos de factores geográficos e físicos

Clima ↘ Afectam a geração de resíduos ; período tempo de geração

Localização ↗ EX: aparas de jardim

Estação do ano (amostragem sazonal. O que comemos é diferente de estação em estação)

Equipa/ moagem

Frequência de recolha (IMPORTANTE)

Peculiaridades da área de serviço

↳ Quantidade material recuperado RSU

Grau de reciclagem depende do tipo de programas de reciclagem em acção e regulamentação (**tabela 5.3**)

↳ Resíduos perigosos domésticos

Resíduos perigosos-(especiais)- (produtos de limpeza), óleos usados, pneus velhos, bens brancos, resíduos construção e demolição

Dados variáveis

Toxicidade (**tabela 5.4**)

Caracterização dos resíduos e Estudos de Desvios

Objectivo da caracterização ⇒ identificar as fontes, as características e quantidades de resíduos gerados.

É difícil uma vez que há maior número de fontes e limitado número de amostras o que faz com que possa não abranger quantitativamente o que se quer amostra.

Passos típicos:

1- Recolha da informação existente (poupar \$ e tempo).

Fontes de informação:

- Estudos e documentos prévios de planeamento e gestão de RS
- Registos de recolha de resíduos da empresa (pública e privada)
- Registos das instalações de processamentos (compostagem, incineração,..)
- Registos de estações de transferência e aterros
- Estudos prévios de deposição de resíduos
- Informação de comunidades comparáveis
- Departamento das obras públicas
- Empresa utilizadores públicos
- Registo comércio de retalho
- Registos de emprego da comunidade (câmara do comércio)

2- Identificação das fontes de geração dos resíduos e características dos resíduos.

* Fontes:

- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| Residencial | Plantas de tratamento de águas e |
| Comercial | água residual |
| Institucional | Industrial |
| Construção e demolição | Agríc |
| Serviços municipais | |

* Desenvolvimento de categorias resíduos (tabela 5.5)

3 – Desenvolvimento de metodologia de amostragem – desenvolver o método de amostragem

Identificação e características das amostras incluindo a fonte (s) , tamanho da amostra e número de amostras necessário para importância estatística

Duração do período da amostragem

Altura do ano (empresa de gelados- sazonal)

4 – Realização de estudos de campo (“in situ”)

5- Realização de pesquisas de mercado para os resíduos especiais

6- Avaliação dos factores que afectam as taxas de geração de resíduos ⇒ se calhar temos que descontar certos parâmetros que afectam positiva ou negativa/ as nossas amostras.

Objectivo do estudo prévio: Identificar tipos e quantidades de materiais residuais separados para reciclagem ou desviados da deposição em aterros.

Passos Típicos:

1. Recolha da informação existente.

Fontes de informação:

- ❖ Estudos prévios de gestão de resíduos
- ❖ Estudos prévios de desvio de resíduos
- ❖ Programas de controlo de reciclagem(pública e privados)
- ❖ Instalações de recuperação de materiais
- ❖ Centros de compra de 2ª mão
- ❖ Centros de deposição
- ❖ Centros de reciclagem de pneus e óleo
- ❖ Reciclagem privada(resíduos especiais)
- ❖ Organizações de caridade e serviços

2.Desenvolvimento de metodologia para estimar as quantidades de resíduos agora desviados

- ❖ Residencial
- ❖ Comercial

- ❖ Institucional
- ❖ Construção e demolição
- ❖ Plantas de tratamento de água e águas residuais
- ❖ Industrial
- ❖ Agrícola