



EJA INTEGRADA - EPT
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Operador de unidade de tratamento de resíduos



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



EJA INTEGRADA - EPT
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS

Operador de unidade de tratamento de resíduos



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



PRESIDENTE DA REPÚBLICA
Jair Messias Bolsonaro

MINISTRO DA EDUCAÇÃO
Victor Godoy Veiga

SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA
Mauro Luiz Rabelo

SECRETÁRIO DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
Tomás Dias Sant'Ana



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte

REITOR

José Arnóbio de Araújo Filho

PRÓ-REITOR DE PESQUISA E INOVAÇÃO
Avelino Aldo de Lima Neto

PRÓ-REITOR DE ENSINO
Dante Henrique Moura

CAMPUS AVANÇADO NATAL - ZONA LESTE

DIRETOR-GERAL

José Roberto Oliveira dos Santos

**DIRETOR DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA
E TECNOLOGIA EDUCACIONAL**
Wagner de Oliveira

COMITÊ EDITORIAL DA DIRETORIA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS – CAMPUS AVANÇADO NATAL - ZONA LESTE/IFRN

PRESIDENTE
Wagner de Oliveira

MEMBROS

José Roberto Oliveira dos Santos
Albérico Teixeira Canario de Souza
Glácio Gley Menezes de Souza
Wagner Ramos Campos

SUPLENTE

João Moreno Vilas Boas de Souza Silva
Allen Gardel Dantas de Luna
Josenildo Rufino da Costa
Leonardo dos Santos Feitoza

EQUIPE DE ELABORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO DOS CURSOS FIC - PROJETO EJA INTEGRADA - EPT

ORGANIZADORAS
Luciane Soares Almeida
Francy Izanny de Brito Barbosa Martins

DESIGNER INSTRUCIONAL
Luciane Soares Almeida

REVISORAS PEDAGÓGICAS
Ivoneide Bezerra de Araújo Santos Marques
Mária Josevânia Dantas

REVISORES DE LINGUAGEM/LINGÜÍSTICA/ABNT
Wagner Ramos Campos
Rodrigo Luiz Silva Pessoa

DIAGRAMADORES
Amanda da Costa Marques
Rodrigo Ribeiro de Sousa Galvão

AUTORES

LIVRO AUXILIAR DE MANUTENÇÃO PREDIAL

Abraão Jhonny da Costa Brazão
Alexandro Vladno da Rocha
Carlindo Avelino Bezerra Neto
Marinaldo Pinheiro de Sousa Neto

**LIVRO OPERADOR DE UNIDADE DE
TRATAMENTO DE RESÍDUOS**

Amanda Rodrigues Santos Costa
Dayana Melo Torres
Felipe Bento de Albuquerque
Fernando Luiz Figueiredo
Sativa Barbosa de Brito Lelis Villar
Thais Cristina de Souza Lopez

**LIVRO OPERADOR DE PROCESSAMENTO
DE FRUTAS E HORTALIÇAS**

Adriana Melo Leite
Elisabete Pianco de Sousa
Emanuel Neto Alves de Oliveira
Thamirys Lorraine Santos Lima

LIVRO NÚCLEO ARTICULADOR

João Paulo de Oliveira
Marcelo Damasceno de Melo
Mária Helena Silva Soares
Marilson Donizetti Silvino
Mauro Froes Meyer
Thiago Valentim Marques

LIVRO OPERADOR DE COMPUTADOR

Alba Sandrya Bezerra Lopes
Elizama das Chagas Lemos
Karolayne Santos de Azevedo
Marcelo Henrique Ramalho Nobre

**LIVRO ELETRICISTA INSTALADOR PREDIAL
DE BAIXA TENSÃO**

Aldayr Dantas de Araújo Júnior
Felipe Bento de Albuquerque
Jean Carlos da Silva Galdino

O61 Operador de unidade de tratamento de resíduos. /
Organização: Luciane Soares Almeida, Francy Izanny de Brito
Barbosa Martins, -- 2022.
124 f. ; 30cm.

Guia (EJA – Integrada – Educação de Jovens e Adultos).
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande do Norte, Natal (RN), 2022.

ISBN: 978-65-84831-22-3

1. Educação 2. Guia 3. Educação Profissional 4. Curso Técnico
I. Título. II. Vários Autores.

CDU: 614.75



CONTATO

Endereço: Rua Dr. Nilo Bezerra Ramalho, 1692, Tirol.
CEP: 59015-300, Natal-RN.

Fone: (84) 4005-0763 **E-mail:** editora@ifrn.edu.br

Prefixo editorial: 94137

Linha editorial: Material Didático

Disponível para download em: <http://memoria.ifrn.edu.br>





Sumário

Apresentação	05
Conceitos gerais para operação de tratamento de resíduos sólidos	07
Tratamento e disposição final de resíduos sólidos	25
Segurança no trabalho	49
Compostagem e aproveitamento de resíduos orgânicos	71
Triagem e reciclagem	88
Operação de unidades de tratamento de resíduo	106



Apresentação

Prezado(a) estudante,

o Projeto básico para a implementação da política de educação de jovens e adultos integrada à educação profissional (Projeto EJA INTEGRADA – EPT) é o resultado de uma parceria estabelecida entre o Ministério da Educação (MEC/SEB/SETEC) e o IFRN. Ele visa, dentre seus objetivos de ação, ofertar cursos de formação inicial e continuada (cursos FIC), na modalidade de educação de jovens e adultos integrada à educação profissional, a estudantes do ensino fundamental, em convênio com municípios do estado do Rio Grande do Norte.

O Projeto EJA INTEGRADA – EPT atende o público jovem e adulto por meio de políticas afirmativas articuladas às políticas de pesquisa e de extensão e pretende desenvolver ações comprometidas em contribuir para a elevação da escolaridade e a qualificação profissional dos estudantes, dentro da perspectiva de construção de uma proposta de inclusão social. Nesse sentido, objetiva a superação de dificuldades e desafios na educação básica brasileira, tanto no contexto global como no contexto local do Rio Grande do Norte. Assim, partimos de uma proposta de educação inclusiva e emancipatória, em consonância com os princípios de educação humana integral defendidos no PPP do IFRN.

Assim, tendo em vista o desenvolvimento do Projeto em sala de aula, o IFRN preparou este material especialmente para você! Os livros foram produzidos para ajudá-lo(la) no desenvolvimento das atividades do curso, visando favorecer a aprendizagem e contribuir com a sua formação profissional por meio de leituras, estudos e discussões. A ideia é beneficiar a construção do conhecimento e a troca de experiências, de forma cooperativa e compartilhada. Os livros foram organizados a partir dos componentes curriculares que compõem a matriz curricular de cada curso e são divididos nas seguintes seções: **Apresentação**, com informações relacionadas a ementa e objetivos; **Conteúdo**; **Resumo** e **Referências**. Os livros que disponibilizamos são:

- LIVRO 1 – Auxiliar de Manutenção Predial
- LIVRO 2 – Eletricista Instalador Predial de Baixa Tensão
- LIVRO 3 – Operador de Computador
- LIVRO 4 – Operador de Processamento de Frutas e Hortaliças



- LIVRO 5 – Operador de Tratamento de Resíduos Sólidos
- LIVRO 6 – Núcleo Articulador

Com isso, esperamos que essa formação repercuta na melhoria da qualidade da educação ofertada a você, de modo que venha a articular as dimensões: ciência, trabalho, tecnologia e cultura. Mas, sempre tomando como referência as experiências anteriores do seu cotidiano.

Você tem em mãos um material de excelência que foi elaborado por professores específicos dos núcleos tecnológico e articulador, e que lhe proporciona subsídios valiosos para a construção dos conhecimentos necessários à compreensão dos conteúdos do curso. Enfim, esperamos que você desfrute das oportunidades de aprender, neste período em que refletiremos juntos sobre a formação humana integral ao longo do curso!

Boas leituras e estudos significativos para você!!!

Francy Izanny de Brito Barbosa Martins

Coordenadora Geral do Projeto EJA Integrada EPT no IFRN

ejaintegrada.ept@ifrn.edu.br

Conceitos gerais para operação de tratamento de resíduos sólidos

Thais Cristina
de Souza Lopez



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



Apresentação

Prezado educando(a), seja bem-vindo(a)!

Nesta disciplina, vamos falar de uma temática desafiadora na sociedade atual. Trataremos de conceitos importantes relacionados à geração, gerenciamento e operação de resíduos sólidos.

Mas afinal, o que são resíduos sólidos?

Popularmente, resíduos sólidos são o que denominamos por lixo, ou seja, objetos e materiais diversos que consideramos sem utilidade e descartamos. Porém, mais à frente, esclareceremos esse conceito de forma mais detalhada.

A geração de resíduos é um tema delicado, considerando a variedade e composição dos resíduos gerados. Acredita-se que o aumento da produção de resíduos sólidos esteja relacionado à aceleração do crescimento populacional e ao atual modelo de desenvolvimento econômico, baseado no consumo exacerbado de bens. Tais fatores geram uma significativa quantidade de resíduos, que quando dispostos no meio ambiente de maneira inadequada, provocam efeitos adversos à saúde humana e à qualidade de vida do meio (LUZ, 2018).

A Organização das Nações Unidas (ONU) realizou a COP-14 (14ª Conferência das Partes) em novembro de 2018, reunindo representantes de 190 países integrantes da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), tratado internacional do qual o Brasil é signatário. Na ocasião, 187 nações assinaram um acordo pelo combate à poluição plástica. Foram contrários à iniciativa apenas o Brasil, os Estados Unidos e a Argentina.

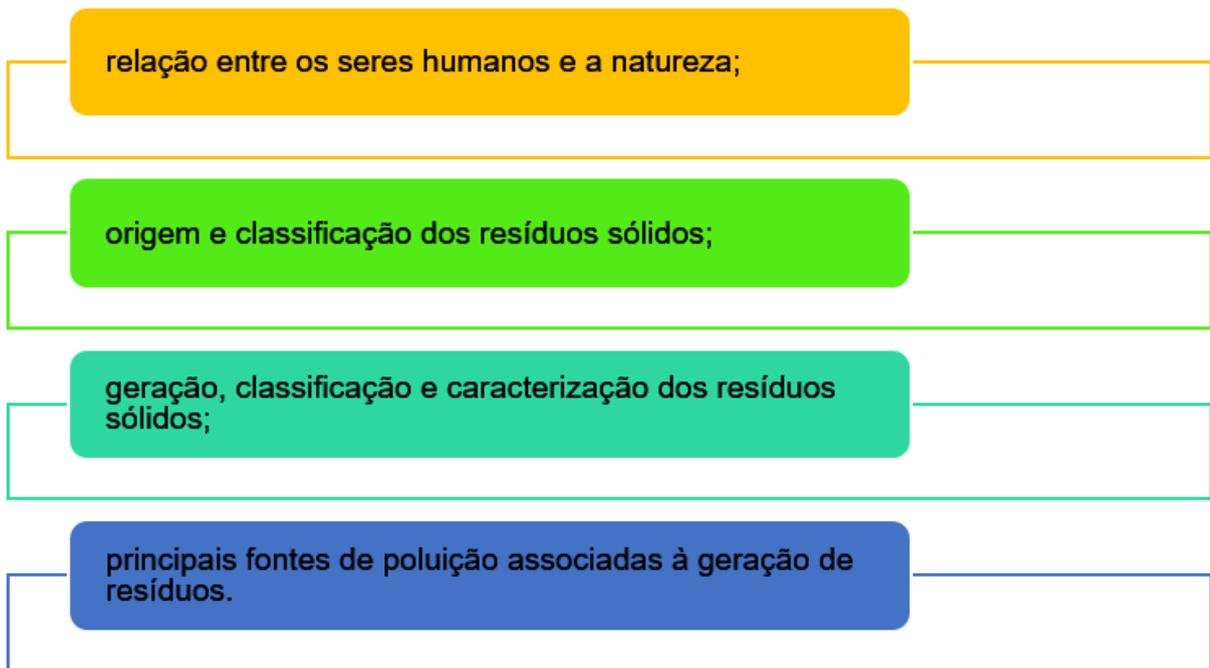
Um levantamento feito pelo WWF (Fundo Mundial para a Natureza), que resultou no relatório intitulado Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização, feito com base em dados do Banco Mundial, aponta um cenário preocupante, no qual o Brasil aparece como o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo (WWF, 2019).

Assim, você, prezado(a) aluno(a), como agente de transformação, está convidado(a) a participar do desafio atual da sociedade moderna. Esse desafio tem como base a diminuição da geração de resíduos sólidos, sob a ótica do consumo consciente, a reutilização e reciclagem de materiais, mas, acima de tudo, a gestão adequada dos resíduos sólidos. É importante entender a percepção de que o seu curso de formação é uma arma valiosa e essencial para solucionar problemas ambientais, melhorando a qualidade de vida de toda a população.



Assim, nesta disciplina, você encontrará quatro tópicos sobre conceitos e desafios relacionados à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos:

Figura 01 - Tópicos de estudo.



Fonte: autoria própria.

Após o estudo dos conteúdos desta disciplina, esperamos que você seja capaz de:

- Caracterizar e classificar os resíduos sólidos;
- Reconhecer os impactos dos resíduos sólidos no meio ambiente;
- Compreender os conceitos gerais e introdutórios que abordam a temática de resíduos sólidos;
- Atuar na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos como operador de unidade de tratamento de resíduos.

E aí, vamos juntos?

Bons estudos!



Relação entre os seres humanos e a natureza

Inicialmente, gostaria de contextualizar com vocês o cenário da relação existente entre o indivíduo e a natureza, além de discutir a problemática acerca do modelo de desenvolvimento atual predominante.

A degradação ambiental constitui um dos maiores problemas que a humanidade tem enfrentado nos últimos anos. Sua gravidade é amplamente conhecida pelo que esse problema representa para a vida de todas as espécies. Com isso, a conservação do meio ambiente surge como uma questão de sobrevivência para os seres humanos, e através desta, nasce a necessidade de conscientização da sociedade (Figura 2).

Figura 2 – Cenário da problemática ambiental.



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Acesso em: 03 mai. 2022.



Nesse contexto, a relação entre sociedade e natureza apresenta grande relevância no que se refere à formação dos indivíduos. Essa formação deve buscar conscientizar a sociedade sobre a importância de se cuidar do meio ambiente. Ou seja, deve ensinar as pessoas a perceberem-se como uma parte do meio no qual estão inseridas, sendo, por isso, fundamental protegê-lo.

Assim, é de extrema importância o desenvolvimento de valores e atitudes que promovam um comportamento orientado para a transformação da realidade em que se encontra o planeta, tanto em seus aspectos naturais como sociais. Tais valores devem desenvolver no educando as habilidades e atitudes necessárias para a dita transformação. Para a constituição de uma sociedade sustentável, é essencial despertar crianças, jovens, adultos e idosos para uma visão ambientalmente correta. Essa visão deve refletir a qualidade e a responsabilidade de cada pessoa na construção de valores éticos e coletivos que assegurem o bem-estar humano e o respeito a todas as formas de vida (Figura 3).

Figura 3 – Sociedade como agente de transformação.



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Acesso em: 03 mai. 2022.



Interessa, pois, destacar o conhecimento de conceitos básicos relacionados a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Esses conceitos agregam valor ao processo de ensino-aprendizagem, pois voltam-se à participação de todos os envolvidos, educandos e educador, na construção de um novo paradigma que contemple as aspirações sociais de melhor qualidade de vida e de um mundo ambientalmente sadio.

Origem e Classificação dos Resíduos Sólidos

Você já ouviu falar sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)? Instituída pela Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, a PNRS define resíduos sólidos como todo “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade” (BRASIL 2010, Art. 3º). É importante ressaltar que, quando falamos sobre o descarte desse resíduo, não significa afirmar que ele não tem mais valor, mas está relacionado à necessidade de utilização de quem o descartou. Contudo, existem grandes chances desse resíduo ainda ser útil para outras pessoas, seja em sua forma original ou por meio de sua transformação.

Em função do aumento da geração de resíduos e da demanda de utilização dos recursos naturais, a produção exacerbada de lixo acaba sendo inevitável durante as atividades humanas. Porém pode haver a sua diminuição, que pode ser obtida através da implantação da política dos 3 Rs, que consiste nos atos de Reduzir, Reutilizar e Reciclar o lixo produzido (Figura 4).

Essa política refere-se a um conjunto de ações sugeridas durante a Conferência da Terra, realizada no Rio de Janeiro em 1992, assim como em 1993, no 5º Programa Europeu para o Ambiente e Desenvolvimento.



Figura 4 – Política dos 3 Rs - *reduce* (reduzir), *recycle* (reciclar) e *reuse* (reuso).



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Acesso em: 03 mai. 2022.

Reduzir está relacionado a um dos atos de maior relevância. Isto é, a quantidade de lixo gerado deve ser minimizada ao máximo, procurando-se utilizar produtos com maior durabilidade e mais resistência, evitando-se ao máximo o uso de produtos descartáveis.

Reutilizar refere-se a, sempre que possível, utilizar várias vezes um determinado produto, priorizando as embalagens retornáveis e não as descartáveis. Com boa disposição e criatividade, novas funções podem ser dadas a objetos que seriam descartados.

Reciclar é a melhor alternativa quando não é possível a reutilização do resíduo. Seu enfoque está na transformação dos resíduos em novos produtos ou matérias-primas. Para que seja realizada de forma efetiva, a coleta seletiva proporcionará a separação de produtos passíveis de reciclagem (Figura 5). Materiais como o alumínio, papel, plástico, vidro, entre outros, devem ser reciclados, contribuindo com os recursos naturais, pois a sua reciclagem evitará que novas matérias-primas sejam extraídas da natureza para a produção de determinados produtos.



Figura 5 – Coleta seletiva - tradução (da esquerda para a direita): papel, vidro, metal, lixo eletrônico, plástico, orgânico.



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Acesso em: 03 mai. 2022.

É importante termos o entendimento de que o termo resíduo é diferente de rejeito. Resíduo designa algo que foi descartado, porém, passa a ter utilidade em outro processo produtivo, como matéria-prima na indústria, por meio do processo de reciclagem. Já o termo rejeito designa algo que não pode ser reutilizado ou reciclado nem passar pelo processo de compostagem e que não tem possibilidade economicamente viável de tratamento e recuperação. Nesse caso, a disposição final ambientalmente adequada é crucial (DIAS, 2006).

VOCÊ SABIA?

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é destinada a pessoas físicas, jurídicas, empresas privadas, poder público e todo e qualquer responsável pela produção de lixo. Ela prevê que cada uma dessas partes respeitem e cumpram a lei, colocando em prática ações relacionadas a gestão e gerenciamento de resíduos.



Outro aspecto que precisamos aprender é sobre a classificação dos resíduos. Você sabia que estes podem ser classificados em relação a sua origem e sua forma? Veja só no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos sólidos.

Quanto à origem			
Resíduos domiciliares	Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço	Resíduos de serviços de saúde	Resíduos de serviços de transporte
Resíduos de limpeza urbana	Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Resíduos de construção civil	Resíduos de mineração
Resíduos sólidos urbanos	Resíduos industriais	Resíduos agrossilvopastoris	
Quanto à periculosidade			
Perigosos		Não-perigosos	

Fonte: autoria própria.

Em função da diversidade de composição dos resíduos, existem múltiplas formas de classificá-los. Com base no que a PNRS e a NBR (Norma Brasileira) 10004 (ABNT, 2004) dispõem sobre a classificação, seguem abaixo alguns conceitos acerca da periculosidade e da origem dos resíduos.



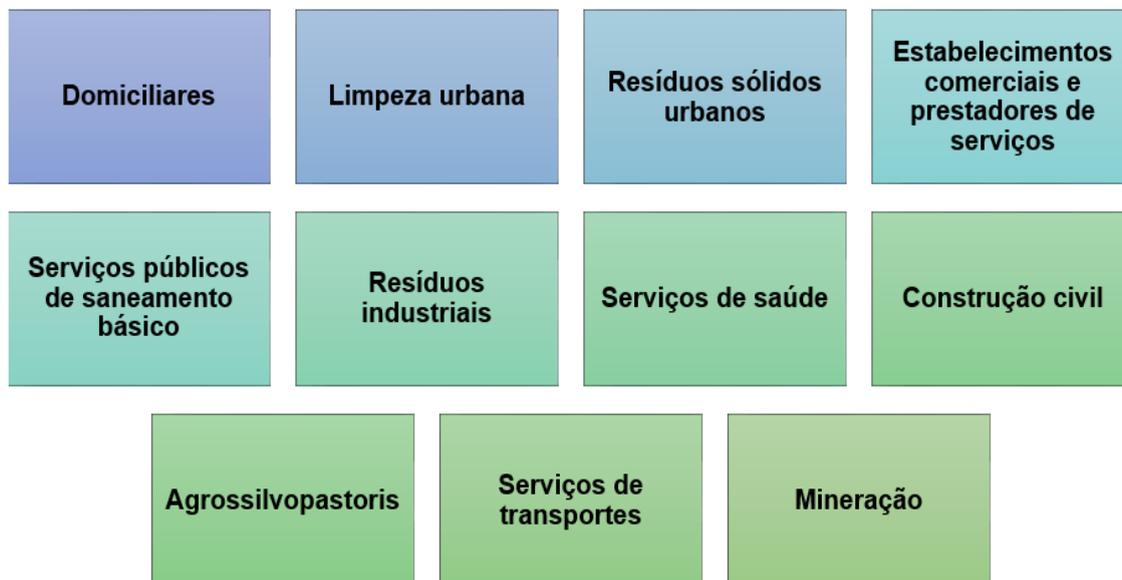
A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser estabelecida de acordo com as matérias-primas e a operação que lhe deu origem. De acordo com a PNRS (Artigo 13), a classificação é determinada quanto à origem dos resíduos e quanto à periculosidade, como observado no Quadro 1.

Assim, quanto à origem:

- a) **Resíduos Domiciliares:** os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) **Resíduos de Limpeza Urbana:** os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) **Resíduos Sólidos Urbanos:** os resíduos domiciliares e de limpeza urbana;
- d) **Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços:** os gerados nessas atividades, excetuados os de limpeza urbana, serviços públicos de saneamento básico, serviços de saúde, construção civil e serviços de transporte;
- e) **Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico:** os gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos;
- f) **Resíduos Industriais:** os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) **Resíduos de Serviços de Saúde:** os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS);
- h) **Resíduos da Construção Civil:** os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) **Resíduos Agrossilvopastoris:** os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) **Resíduos de Serviços de Transportes:** os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) **Resíduos de Mineração:** os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.



Figura 6 – Classificação quanto à origem.



Fonte: autoria própria.

No que concerne à classificação quanto à periculosidade, a PNRS define e apresenta as características dos resíduos perigosos; enquanto que a NBR 10.004 classifica os resíduos, como podemos observar logo adiante.

Segundo a PNRS, resíduos perigosos são aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica.

Já, segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), os resíduos são classificados em:

- **Resíduos classe I - Perigosos:** resíduos que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, ou que apresentem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.



- **Resíduos classe II – Não perigosos.** Estão subdivididos em:
 - a) **Resíduos Classe II A** – Não inertes: resíduos que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou II B. Podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
 - b) **Resíduos Classe II B** – Inertes: resíduos que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, com exceção dos parâmetros aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Quadro 2 - Classificação dos resíduos sólidos quanto à periculosidade.

Quanto à Periculosidade – NBR 10004		
<p>Classe I – Resíduos Perigosos:</p> <p>são aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais em função de suas características de <i>inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade</i>. Como exemplo, tem-se os radioativos, inflamáveis, com risco químico, infectantes, etc.</p>	<p>Classe II A – Resíduos Não Inertes:</p> <p>são os que podem ter propriedades tais como <i>combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água</i>. Os resíduos domésticos são exemplos dessa classe.</p>	<p>Classe II B – Resíduos Inertes:</p> <p>são aqueles que, submetidos a um contato estático ou dinâmico com a água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não têm nenhum de seus componentes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. A exemplo, tem-se os resíduos de construção civil.</p>

Fonte: autoria própria.



Segundo a NBR 10004, resíduos sólidos são resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Nesta perspectiva, no que concerne à gestão dos resíduos sólidos, a NBR 10004 é uma ferramenta fundamental, pois, a partir desta, o gerador do resíduo identifica o potencial de risco dos resíduos, assim como as melhores alternativas de tratamento e disposição final.

Geração, Classificação e Caracterização

Agora que já aprendemos sobre a origem e classificação dos resíduos sólidos segundo a legislação e normalização ambiental, vamos nos aprofundar um pouco mais nos conceitos?

Neste tópico, abordaremos de forma sucinta os principais objetivos, princípios e instrumentos da PNRS, assim como as diretrizes fixadas na norma NBR 10004:2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Conforme estudamos no Tópico 1 (Relação entre os seres humanos e a natureza), a geração de resíduos é algo intrínseco às atividades humanas. Porém, o aumento do crescimento populacional a partir das décadas de 1960 e 1970, em consonância com os atuais padrões de consumo, tem aumentado a demanda da geração de resíduos, trazendo inúmeros malefícios para as esferas sociais e ambientais, principalmente quando não há um gerenciamento adequado. Nesta perspectiva, a PNRS foi instituída, em 2010, com a proposta de normatizar a gestão de resíduos sólidos no Brasil.

Assim, segundo a PNRS, a gestão integrada de resíduos sólidos refere-se ao “[...] conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL 2010, Art. 3º).



Ainda segundo a referida lei, o gerenciamento de resíduos sólidos refere-se ao

conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL 2010, Art. 3º).

Após abordarmos aspectos relacionados à gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, é importante compreendermos a definição do que de fato são resíduos sólidos. A PNRS é atualizada e propõe a definição ampla em seu Art. 3º, ao apresentar resíduos sólidos como material, substâncias, objeto ou bem descartado, assim como considera que os resíduos são provenientes das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e de serviços de varrição.

Todavia, anteriormente à PNRS esse conceito já havia sido apresentado pela NBR 10004 (ABNT, 2004). A referida norma, no item 3, define resíduo sólido como o resultado de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas e de serviços de varrição.

Quando se remete ao aspecto de classificação de resíduos sólidos, observa-se a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, tendo em vista seus constituintes e características, e a comparação destes com listagens de resíduos e substâncias que inferem no impacto à saúde humana e ao meio ambiente.

Assim, observamos que as partes integrantes do processo de classificação referem-se à segregação (separação) dos resíduos na fonte geradora e à identificação da sua origem com a descrição de matérias primas, de insumos e do processo no qual o resíduo foi gerado. Este conteúdo será melhor aprofundado ao longo das demais disciplinas do curso.



Principais Fontes de Poluição

A geração excessiva de resíduos sólidos (ou lixo) representa um dos maiores problemas causados pela sociedade moderna. A disposição final ambientalmente adequada deve ser levada em consideração a fim de evitar a contaminação do meio ambiente e a disseminação de doenças.

O contexto situacional do Brasil é que grande parte dos municípios não possui sistemas de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos com manejo ambientalmente adequado.

O lixão é caracterizado como uma forma inadequada de disposição final de rejeitos, pois seu manuseio se dá pelo simples descarte de lixo sobre o solo, com ausência das medidas de proteção ao meio ambiente e à saúde pública (BRAGA *et al.*, 2002).

Figura 7 – Lixão.



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Acesso em: 03 mai. 2022.



No local do lixão, observa-se a presença de animais vetores de doenças e mau odor proveniente da decomposição dos resíduos. Isso comprova que se trata de um tipo de disposição inadequada dos resíduos sólidos.

Figura 8 – Decomposição de resíduos e presença de vetores.



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Acesso em: 03 mai. 2022.

Segundo Luz (2018), outros aspectos estão relacionados à ausência de monitoramento ambiental e do emprego de técnicas para impedir os efeitos nocivos oriundos da má disposição de resíduos sólidos. Dentre tais aspectos, citamos:

1. Poluição das águas superficiais e subterrâneas, devido ao escoamento do chorume.
2. Poluição dos solos por metais pesados e outras substâncias perigosas.
3. Poluição do ar causada por poeira, fumaça e mau cheiro.
4. Obstrução dos componentes de drenagem de águas pluviais, agravando alagamentos e enchentes.
5. Poluição visual, com impacto estético e emotivo.
6. Presença de animais, colocando a integridade física das pessoas em risco.
7. Presença de pessoas vivendo e trabalhando em condições deploráveis e expostas a muitos riscos.



Figura 9 – problemas ocasionados pela má disposição de resíduos sólidos



Fonte: <https://br.freepik.com/>. Acesso em: 03 mai. 2022.

PARA REFLETIR:

Considerando nossa abordagem sobre a geração de resíduos sólidos ao longo do processo civilizatório, você acha que um maior poder aquisitivo está relacionado a uma maior geração de resíduos?

O município no qual você reside apresenta disposição adequada de resíduos? Qual é a disposição final dos resíduos sólidos urbanos no local?



Resumo

Em 2 de agosto de 2010, após alguns anos de tramitação no Legislativo Federal, a Lei nº 12.305 foi aprovada, estabelecendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta política é considerada um marco na gestão de resíduos sólidos com objetivos embasados no desenvolvimento sustentável em todas as esferas, a nível federal, estadual e municipal. A PNRS estabelece princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes para a gestão integrada e gerenciamento dos resíduos sólidos, constituindo as responsabilidades dos geradores, do poder público e dos consumidores. Vimos que a PNRS trouxe melhorias importantes na área do manejo adequado dos resíduos sólidos por meio de instrumentos como os planos de resíduos sólidos, a coleta seletiva, dentre outros.

Referências

ABNT. **NBR 10004**. Resíduos sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. 71p.

BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. **Lei Federal nº 12305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, 3 ago. 2010, p. 2. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 28 mar. 2022.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2006.

LUZ, Andréia Marega. **Gestão de resíduos sólidos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S. A., 2018. 208 p.

WWF. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. **WWF Brasil**, 2019. Disponível em:

<https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 28 abr. 2022.

Operador de tratamento de resíduos sólidos

Amanda Rodrigues
Santos Costa



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



Apresentação

Olá! Agora que você aprendeu, nas disciplinas anteriores, o que são resíduos sólidos e como estes devem ser gerenciados, agora é a sua vez de aprender sobre o destino e tratamento adequado desses materiais.

Você já observou para onde vão os resíduos sólidos de sua casa, da sua comunidade e da cidade onde você mora? Será que vão para um lixão ou para um aterro sanitário?

O destino adequado dos resíduos sólidos é uma questão que ainda não foi bem resolvida em muitos lugares. Isso tem afetado o meio ambiente, a economia e a qualidade da vida no nosso planeta. Apesar de existirem leis sobre a gestão adequada dos resíduos sólidos, nem sempre essa legislação é cumprida.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) trata uma diversidade de objetivos, princípios e diretrizes sobre a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil. O objetivo maior é a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos materiais gerados nas diversas atividades humanas, incluindo os resíduos perigosos. A gestão sustentável, no entanto, ainda é uma questão complexa para os municípios, os quais detêm a responsabilidade pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos. Essa gestão torna-se ainda mais difícil para os municípios de pequeno porte, principalmente devido aos altos custos envolvidos.

Ao mesmo tempo que a PNRS reafirmou a responsabilidade dos municípios sobre os resíduos sólidos gerados em seus territórios, ela estabeleceu prazos e metas, como eliminação total dos lixões, disposição apenas de rejeitos nos aterros sanitários, recuperação e aproveitamento energético e a reciclagem. Tal contexto implica a adoção de diferentes alternativas de gerenciamento dos resíduos, como coleta diferenciada, transporte, triagem, reciclagem de materiais, tratamento biológico, tratamento térmico e aterro sanitário. A ideia é que se encontre uma estratégia para um sistema mais ambientalmente efetivo em termos de emissões gasosas, líquidas e de resíduo sólido final, o qual é um bem econômico e com valor.

No entanto, mais de 10 anos após a promulgação da Lei federal 12.305/2010, ainda há muito para se avançar no tratamento dos resíduos e disposição final. O Brasil apresenta um número relevante de municípios que dispõem os seus resíduos em locais inapropriados. São mais de 2.000 lixões ainda em atividade no país e mais de 17 milhões de toneladas de resíduos sólidos descartados incorretamente. Essa é uma situação inaceitável, pois os lixões constituem uma fonte de contaminação do solo, da água e do



ar, além de causarem impactos à saúde pública ao atrair vetores transmissores de doenças.

Para que você compreenda melhor como deve ser o tratamento e disposição final dos resíduos, esta disciplina traz conceitos, legislações e tecnologias adotadas no gerenciamento integrado dos resíduos sólidos. Também aborda a valorização econômica dos materiais, os sistemas de controle ambiental dos aterros sanitários, bem como os impactos ambientais dos lixões e as diretrizes para o seu encerramento.

Ao final desta disciplina, esperamos que você alcance os seguintes objetivos de aprendizagem:

- Identificar as legislações ambientais pertinentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos;
- Compreender aspectos conceituais e metodológicos para o tratamento e disposição final de resíduos;
- Entender os sistemas e tecnologias de tratamento e disposição final.

Bons estudos!



Aspectos legais: tratamento e disposição final de resíduos

Sabemos que as leis existem para regulamentar e orientar sobre um tema específico. Quando falamos de medidas adequadas de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, a legislação principal é a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Nela são apresentados objetivos, princípios e instrumentos, inclusive econômicos, para a gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos, definindo também quais são as responsabilidades dos geradores e da gestão pública.

Após 20 anos de discussão no Congresso, a lei adotou um texto moderno, prevendo instrumentos como a hierarquização e priorização em prevenção e redução da geração de resíduos, bem como conceitos considerados inovadores, como a logística reversa, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto entre poder público, iniciativa privada e cidadão. Dentre os conceitos trazidos pela PNRS, destacam-se dois fundamentais para as políticas públicas aplicadas à gestão de resíduos e para a compreensão do tratamento e disposição final, quais sejam:

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;

VII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos; (BRASIL, 2010, Art. 3).

As diferentes possibilidades de destinação final estão apoiadas, portanto, em princípios e objetivos firmes e bem estabelecidos pela PNRS, embora os resultados desses objetivos ainda não estejam plenamente atendidos. É o caso do reconhecimento do resíduo sólido como um bem econômico, reutilizável e reciclável, com valor social, gerador de trabalho e renda e promotor da cidadania. Por isso não falamos mais em lixo, esse termo ficou para trás.



A legislação estabelece também uma importante hierarquia quando se trata do gerenciamento de resíduos, com a seguinte ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Nesse sentido, percebemos que, em primeiro lugar, a mudança dos hábitos da população e das atividades econômicas deve ser no caminho da não geração de resíduos e da sua redução. Esse ponto está diretamente relacionado à educação ambiental voltada para um consumo e descarte consciente.

A gestão e gerenciamento de resíduos são abordados também na Política Nacional do Saneamento Básico (PNSB), a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007), a qual foi atualizada pelo novo marco legal do saneamento, a Lei nº 14.026/2020. Segundo essa legislação, o serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos compreende as atividades e disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana (BRASIL, 2020).

De acordo com a PNSB, os titulares dos serviços públicos de saneamento básico poderão delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços, mediante celebração de contrato. Dessa forma, a gestão de resíduos municipais pode ser feita diretamente pela Administração Pública ou por meio de autarquia, empresa pública ou sociedade de economia mista; ou, ainda, por meio de consórcios públicos ou de delegação à iniciativa privada.

Por isso mesmo, um dos instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos é o incentivo à adoção de consórcios ou outras formas de cooperação entre os entes da federação, de forma a promover a regionalização da gestão dos resíduos.

Os consórcios públicos são estabelecidos de acordo com a Lei federal nº 11.107/2005 (BRASIL, 2005) e constituem uma alternativa para gestão integrada dos resíduos municipais, seja pela definição de um local adequado para disposição final, ou para uma melhor alocação de recursos. Além disso, esses consórcios são capazes de atender um maior número de municípios. O consórcio é um acordo entre municípios com o objetivo de alcançar metas comuns previamente estabelecidas. Isso porque, nem sempre a melhor alternativa de destinação dos resíduos corresponde ao território do município. Esse contexto é ainda mais relevante para a realidade dos pequenos municípios.



Outra possibilidade que o poder público dispõe para delegar sua titularidade no manejo dos resíduos sólidos urbanos é através da Parceria Público-Privada (PPP), regulamentada pela Lei nº 11.079/2004 (BRASIL, 2004). As PPPs são contratos administrativos de concessão de serviço público em que o parceiro privado é responsável pelo investimento em infraestrutura e operação dos serviços e o parceiro público remunera-o em longo prazo, através de contraprestações.

Uma particularidade dos contratos de PPP é que estes devem prever níveis de performance do parceiro privado, com objetivos e indicadores mensuráveis. No caso da gestão de resíduos, as metas, resultados e eficiência dos serviços prestados devem estar de acordo com as diretrizes da PNRS, como redução da geração, incentivo à indústria da reciclagem e inclusão dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis. Quaisquer que sejam as escolhas da administração, duas questões importantes devem ser consideradas: a remuneração correta e suficiente dos serviços prestados e a garantia na arrecadação de receitas destinadas à limpeza urbana.

Outras legislações nacionais também são importantes na temática de tratamento e disposição final de resíduos. É o caso da Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/1998) a qual diz que o lançamento de resíduos sólidos em desacordo com as exigências estabelecidas em leis e regulamentos, causando poluição em qualquer nível que resultem ou possam causar danos à saúde humana ou mortandade de animais ou destruição significativa da flora, é crime sob pena de reclusão.

Além das leis federais, o tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos também são complementados por decretos, portarias, resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e normativos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Estes complementos vão definir, regulamentar e orientar acerca dos diferentes procedimentos para o adequado manejo dos resíduos, visando a sustentabilidade dos processos, critérios técnicos e a padronização.



Tratamento de resíduos sólidos

Conceitos gerais

O gerenciamento de resíduos sólidos urbanos contempla a separação na origem, o armazenamento e a coleta, passando pelo processamento e tratamento, até a disposição final. Um sistema integrado de gerenciamento considera as características locais em relação à composição e estratégias de reciclagem dos resíduos, bem como os desafios ambientais, o financiamento e custos, considerando a viabilidade econômica das soluções disponíveis.

Em uma perspectiva global, o gerenciamento de resíduos passa de uma visão simplória voltada apenas para coleta e disposição final e incorpora a economia de ciclos fechados. Além disso, deve respeitar a hierarquização de atividades proposta pela legislação nacional, que consiste em um modelo de prioridades.

PRIORIDADES NA GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Em primeiro lugar, deve-se evitar a geração de resíduos, que é a opção mais desejável, considerando todo o ciclo de vida dos produtos e materiais, desde a extração da matéria-prima, fabricação, distribuição, consumo e descarte; em sequência, diminuir a demanda por matérias-primas, através da reutilização; maximizar a vida útil dos materiais; reciclar, reprocessar e aproveitar energeticamente os resíduos, processos em que há valorização dos resíduos; e, por fim, quando não houver mais possibilidade de tratamento, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.



O gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos é um processo complexo que se utiliza de três ferramentas principais: legislação, instrumentos econômicos e infraestrutura. Também envolve uma variedade de tecnologias e métodos sujeitos a diretrizes legais e fatores ambientais, sociais, econômicos e culturais. Tudo isso visando proteger tanto a saúde da população quanto o meio ambiente, o que configura o princípio da visão sistêmica, existente na PNRS.

Dependendo das alternativas escolhidas para o manejo dos resíduos (ou da falta destas estratégias), haverá o potencial de geração de impactos ambientais resultantes de emissões gasosas, líquidas e resíduos finais das etapas do sistema. Com relação às emissões gasosas, os resíduos sólidos gerados podem ser importante fonte de emissão de gases do efeito estufa que causam o aquecimento global.

Medidas como redução da geração, reciclagem, compostagem e aproveitamento energético dos gases em aterros sanitários reduzem a emissão desses poluentes para a atmosfera. Da mesma forma, a eficiência do sistema de coleta e transporte também reduz a emissão de gases, bem como evita que os materiais cheguem aos corpos d'água e causem problemas na rede de drenagem.

Mesmo os aterros sanitários, principal forma de disposição final no Brasil, têm restrições e controles ambientais cada vez maiores. Isso acarreta maiores custos de implantação e operação e dificuldades na escolha do local, que ficam distantes das fontes geradoras, implicando em grandes distâncias de transporte. Assim, um sistema sustentável de gerenciamento de resíduos deve visar a diminuição da quantidade de resíduos que vai para os aterros e a escolha de melhores práticas e tecnologias de tratamento.

O tratamento dos resíduos sólidos é representado pelo uso de uma série de tecnologias e procedimentos – que podem ser físicos, químicos e biológicos – com o objetivo de reduzir a periculosidade, os impactos ambientais, bem como proporcionar o reaproveitamento e beneficiamento econômico dos materiais. Considerando essas particularidades, podemos classificar tipos de tecnologias e formas de tratamento dos resíduos também em função de suas características e origens.



Tipos e tecnologias de tratamento

Os tipos e tecnologias de tratamento vão ser definidos em função das características do resíduo. Por isso, em um primeiro momento, é necessário a classificação dos materiais. As tecnologias de tratamento têm como objetivo diminuir a carga poluidora dos resíduos e transformá-los, visando sua valorização. Nesse sentido, as tecnologias de tratamento dos resíduos sólidos podem ser divididas em: tratamento mecânico, bioquímico e térmico. Vamos apresentar cada um desses tipos de tratamento.

Tratamento mecânico

O tratamento mecânico consiste em procedimentos físicos, como: diminuição do tamanho das partículas (trituração, quebra), aumento do tamanho das partículas (aglomeração, briquetagem), separação da fração física (classificação), mistura de substâncias (extrusão, compactação) e mudança de estados físicos (condensação, evaporação).

O principal processo mecânico utilizado nos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é a triagem. As unidades ou centrais de triagem realizam a separação dos materiais, a limpeza e o enfardamento para posterior comercialização. Essas unidades podem utilizar procedimentos mecânicos, manuais ou mistos. O nível tecnológico dessa etapa vai depender do grau de pureza exigido nas tecnologias de tratamento subsequentes, além de aspectos sociais e econômicos locais.

Na triagem manual estão presentes silos e mesas para a atividade manual. Os custos desse processo são mais baixos e são adotados por municípios que possuem uma geração de resíduos pequena, entre 5 e 10 toneladas diárias. No entanto, é mais baixa a produtividade e o índice de recuperação dos materiais. Já a triagem mecanizada ocorre em galpões com infraestrutura e cobertura adequada com esteiras de separação mecanizada. É indicada para municípios com geração diária maior que 15 toneladas. As plantas de triagem são adaptadas de acordo com as condições locais, visando a redução de custos e também a geração de empregos.



Dessa forma, a triagem possibilita a reutilização ou reciclagem dos materiais, diminuindo a quantidade de resíduos encaminhados para a disposição final. A reciclagem, por sua vez, é o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à sua transformação em insumos ou em novos produtos (BRASIL, 2010, Art. 3).

Reciclar significa reverter resíduos – como plásticos, papel/papelão e vidro – em produtos novos e úteis, com valor econômico. É o processo de retorno dos materiais para a indústria, que contribui diretamente para a preservação dos recursos naturais, a economia de energia e a geração de trabalho e renda. No entanto, depende da economia local e do mercado de cada um dos materiais separados, pois o custo do beneficiamento de muitos dos materiais reciclados ainda é maior em relação ao custo da matéria-prima virgem.

A cadeia de reciclagem no Brasil tem grande e importante participação dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, que resgatam materiais que teriam como possível destino o aterro sanitário ou até mesmo lixões. A PNRS afirma que os sistemas de coleta seletiva municipal devem priorizar a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores (BRASIL, 2010). Os princípios que regem a inclusão desses agentes no gerenciamento de resíduos devem observar que o trabalho seja realizado de maneira social e ambientalmente adequada, promovendo a valorização do papel econômico da reciclagem na sociedade.

Figura 1 – Reciclagem dos materiais.



Fonte: foto de Alex Ful. Disponível em: <https://www.pexels.com/pt-br/>.
Acesso em: 18 mar. 2022.



Tratamento bioquímico

O tratamento biológico utiliza-se de microrganismos naturalmente existentes na fração orgânica putrescível dos resíduos para o processo de decomposição. Este processo pode ocorrer de duas formas distintas: na presença de oxigênio (aeróbio) ou na ausência desse elemento (anaeróbio). Assim, há duas formas principais de tratamento biológico nos sistemas de gerenciamento de resíduos urbanos: a compostagem e a digestão anaeróbia.

A compostagem é o processo biológico de decomposição aeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos sólidos realizada por microrganismos que ocorrem naturalmente. O produto desse processo é um material semelhante ao solo denominado composto. A compostagem também é uma forma de reciclagem, bem como uma maneira natural de devolver nutrientes biológicos ao solo.

A compostagem pode ser realizada de duas formas: natural e acelerada. No método natural, os resíduos são dispostos em pilhas ou leiras as quais devem ser reviradas, manual ou mecanicamente, para promover a aeração do material, fornecendo o oxigênio necessário à atividade biológica. Já no método acelerado, o material é colocado em reatores rotatórios ou sobre tubulações perfuradas, onde a aeração é forçada.

Figura 2 – Resíduos orgânicos em compostagem natural.



Fonte: foto de Ben Kerckx. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/>.
Acesso em: 18 mar. 2022.



O processo de compostagem permite, dessa forma, o reaproveitamento dos resíduos orgânicos em forma de composto que pode ser utilizado em praças e jardins municipais e na recuperação de áreas degradadas, por exemplo. Esse processo reduz o volume de resíduos que irá para a disposição final. As dificuldades desta tecnologia são a necessidade de um espaço amplo para operação, necessidade de mercado para revender o composto e uma separação prévia dos resíduos.

A biodigestão anaeróbia é o processo de degradação da fração orgânica dos resíduos em completa ausência de oxigênio livre e com microrganismos anaeróbios. A conversão da matéria orgânica ocorre em três fases: ácida, acetogênica e metanogênica. Nesta última, ocorre a geração de metano e gás carbônico, o biogás, que pode ser aproveitado para geração de energia de modo semelhante ao gás natural. Outro produto do processo é o biofertilizante, o qual também pode ser aplicado no solo para aumentar sua produtividade.

A digestão anaeróbia tem a vantagem de diminuir o volume de resíduos enviados para aterros sanitários com a redução da fração orgânica, geração de produtos valorizáveis e a possibilidade de captura dos gases gerados com redução das emissões de gases do efeito estufa. No entanto, esse tratamento exige mão de obra qualificada para operação e manutenção da tecnologia. Outro problema é que a composição dos resíduos varia de acordo com a localização e a estação do ano, o que pode comprometer a qualidade dos produtos gerados. Além disso, há a necessidade de tratamento posterior, como a compostagem.

Os resíduos domiciliares são ricos em matéria orgânica na forma de resíduos alimentares e resíduos verdes de jardinagem, além dos resíduos de poda urbana, também presentes nos RSU. Dependendo da localização geográfica, a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos pode variar entre 25% e 60%. Dessa forma, a maioria dos resíduos orgânicos pode ser tratada biologicamente, seja como pré-tratamento (antes da disposição final em aterros sanitários) como medida para redução do volume, ou para a valorização econômica dos produtos gerados pelos tratamentos.



Tratamento térmico

Já o tratamento térmico consiste na transferência de uma grande quantidade de energia em forma de calor aos resíduos a uma temperatura mínima, durante uma certa quantidade de tempo, a depender da tecnologia utilizada. O objetivo é a diminuição do volume dos resíduos, a sua estabilização, o aproveitamento da energia liberada e a esterilização. O uso mais comum desse tipo de tratamento dá-se com resíduos do serviço de saúde, para a destruição de infectocontagiosos e patogênicos.

A incineração é um tratamento térmico de resíduos a alta temperatura (800°C) realizada em câmaras fechadas para controle da combustão. Antes da combustão, os resíduos precisam de pré-tratamento que pode incluir trituração e homogeneização. Mas a etapa principal do tratamento é o controle dos efluentes. As emissões gasosas da incineração são normalmente de dióxido de carbono (CO₂), oxigênio residual (O₂), óxidos de nitrogênio (NO₂), óxidos de enxofre (SO₂) e material particulado, as quais devem ser tratadas antes de serem emitidas para a atmosfera.

As cinzas e escórias devem ser dispostas em aterros sanitários para resíduos perigosos. Já os efluentes líquidos devem ser neutralizados na própria unidade e direcionados para estações de tratamento. A incineração é indicada para o tratamento de quantidades médias de resíduos de cerca de 240 toneladas diárias. Nesse processo, é necessário que os resíduos contenham materiais comburentes, como papel e plástico, pois, do contrário, parte da energia seria usada para evaporar a água contida nos resíduos.

As principais vantagens deste tipo de tratamento são: menor área para implantação e operação, redução do volume dos resíduos e aproveitamento energético (na ordem de 50% a 70% da energia contida nos resíduos, sendo 15% a 25% de energia elétrica e o restante de energia térmica). No entanto, os custos da tecnologia de incineração são elevados e há inviabilidade quando a massa de resíduos é muito úmida ou tem pequeno poder calorífico. É uma tecnologia usada no Brasil, principalmente, para resíduos do serviço de saúde. Ainda é pouco empregada para o tratamento de resíduos sólidos urbanos, considerando a realidade das cidades brasileiras e a necessidade de inclusão social de catadores de materiais recicláveis (JUCÁ *et al.*, 2014).



Valorização dos resíduos

Agora que você já conhece as tecnologias e políticas de gerenciamento de resíduos sólidos, você já deve ter percebido que o objetivo destas não é somente a redução do volume de resíduos aterrados e dos impactos ambientais da gestão inadequada. A ideia aqui é também contribuir positivamente para o meio ambiente e economia. Até mesmo porque a melhoria do desempenho ambiental está diretamente relacionada a ganhos no desempenho econômico.

Um sistema integrado e sustentável de resíduos sólidos é reconhecido como uma boa oportunidade para criação de empregos decentes, incentivo ao consumo responsável e proteção do meio ambiente. No entanto, especialmente em países em desenvolvimento, as infraestruturas existentes para gerenciamento de resíduos são inadequadas, resultando em degradação ambiental e perda de recursos naturais e oportunidades de negócios.

Dessa forma, o aproveitamento e valorização dos resíduos representam uma oportunidade de receita para os municípios e de geração de renda e inclusão social para diferentes setores da sociedade. Considerando as tecnologias de tratamento abordadas, identificamos pelo menos três formas de valorização dos resíduos sólidos: o aproveitamento dos materiais recicláveis, através da triagem e reciclagem; a produção do composto possível de ser utilizado na agricultura, derivado do tratamento da fração orgânica dos resíduos; além da possibilidade de geração de eletricidade e calor.

Disposição final de resíduos sólidos

A disposição final ambientalmente adequada segundo a PNRS é a:

Distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010, Art. 3).

Observa-se que, na realidade brasileira, essa é a única etapa do processo de tratamento de resíduos sólidos que é feita de maneira adequada. Ainda assim, os depósitos a céu aberto (os chamados lixões) ainda existem em muitos municípios.



Os aterros sanitários utilizam princípios da engenharia para confinar os resíduos sólidos ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho ou, quando necessário, a intervalos menores (ABNT, 1996). Os aterros sanitários, além de serem uma forma de disposição final dos rejeitos, também podem ser vistos como uma tecnologia de tratamento dos resíduos, a depender dos processos que ocorrem em seu interior. Rejeitos são aqueles materiais que não podem ser mais recuperados ou que não possuem mercado. No Brasil, em especial, os aterros sanitários são a principal tecnologia de tratamento de resíduos adotada.

Essa forma de disposição final opera como um sistema vivo no qual ocorrem processos físicos, químicos e biológicos. Ele age como se fosse um reator anaeróbico que torna a massa de resíduos mais estável, química e biologicamente. Para garantir a segurança desse sistema, tanto para a saúde pública quanto para o meio ambiente, devem ser cumpridos critérios como: impermeabilização de base, sistema de cobertura dos resíduos, drenagem dos líquidos e gases gerados na decomposição dos resíduos e tratamento dos lixiviados.

Os aterros podem ser implementados com ou sem geração de energia. O aproveitamento energético ocorre a partir do biogás gerado pela decomposição anaeróbia dos resíduos. Para isso, é preciso considerar a composição dos materiais aterrados, sua composição microbiológica, bem como sua densidade e umidade. Tal medida é importante para melhorar a eficiência operacional da tecnologia, com a redução da emissão de gases do efeito estufa (metano e dióxido de carbono) e a possibilidade de retorno financeiro por meio de créditos de carbono (REICHERT, 2013; JUCÁ *et al.*, 2013).

A tecnologia de aterramento é uma das mais difundidas formas de destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. No entanto, os aterros possuem uma vida útil limitada, de apenas 20 a 30 anos. Também constituem um passivo ambiental que deve ser monitorado e gerenciado mesmo após a sua desativação, ou seja, possuem ciclo de vida longo, tornando-se uma opção onerosa. Diante das tecnologias disponíveis para o tratamento dos resíduos sólidos e também pela perspectiva do gerenciamento integrado, o uso intensivo dos aterros sanitários como opção de destinação futura é resultado da ineficiência gerencial do poder público. Isso ocorre também porque a seleção de áreas para instalação de aterros sanitários pode ser cada vez mais difícil, devido tanto ao aumento da densidade urbana quanto ao aumento do preço da terra (SILVA *et al.*, 2017; AYODELE *et al.*, 2018; BIANCO, 2018).



Aterro sanitário e sistemas de controle ambiental

Os aterros sanitários constituem a solução ambientalmente adequada para a disposição final dos rejeitos segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essas unidades precisam atender critérios e sistemas de controle ambiental rigorosos para que não causem maiores impactos ao meio ambiente e, nesse contexto, diferenciam-se dos chamados aterros controlados e lixões. Os sistemas de controle ambiental do aterro sanitário constituem-se, em linhas gerais, de: impermeabilização de base, drenagem e tratamento do chorume, tratamento do biogás e drenagem das águas pluviais.

Esse conjunto de sistemas têm a premissa de garantir a segurança do aterro, o controle de efluentes líquidos, a redução das emissões gasosas, bem como a redução de riscos à saúde da população. Dessa forma, busca-se a adequada destinação dos resíduos com menor impacto ao meio ambiente e à comunidade. A concepção desses sistemas vai depender do tipo do aterro, das finalidades de valorização dos resíduos e da localização.

Uma das primeiras ações desenvolvidas no aterro sanitário é a impermeabilização de base. Esse elemento tem como objetivo proteger o ambiente contra a contaminação dos líquidos gerados pela decomposição da matéria orgânica ali depositada, chamados de chorume ou, quando misturados com água da chuva, de lixiviados. Na impermeabilização, podem ser utilizados materiais naturais, sintéticos ou ambos. Nesse sentido, o fundo do aterro é coberto por uma camada de argila compactada e, em alguns casos, uma camada extra de material sintético para prevenir a infiltração de líquidos no solo e, conseqüentemente, no lençol freático.

Outro importante elemento de controle ambiental nos aterros sanitários é a drenagem e tratamento de lixiviados. O chorume é definido como sendo o líquido de coloração escura e odor fétido formado através da decomposição de resíduos sólidos, caracterizado por sua alta carga poluidora. Quando transportados pelas águas pluviais ou subterrâneas, esses líquidos são chamados de lixiviados. Os lixiviados de aterros de resíduos sólidos são formados por uma complexa mistura de substâncias orgânicas e inorgânicas. Devido a sua composição, eles causam danos ao meio ambiente, sobretudo pela elevada concentração de matéria orgânica e pela toxicidade presente. Por isso, esses líquidos devem ser coletados e tratados por processos biológicos antes do lançamento final.



Além da drenagem dos lixiviados, outros sistemas de drenagem que devem ser instalados no aterro sanitário são os de drenagem de águas pluviais e dos gases. A drenagem de águas pluviais é importante para diminuir a produção de lixiviados, bem como diminuir os transtornos operacionais e evitar a instabilidade do aterro.

A formação dos gases no aterro sanitário também é proveniente do processo de decomposição da matéria orgânica ali depositada, em condições anaeróbias. Dessa forma, são gerados gases como dióxido de carbono (CO₂), amônia (NH₃) e, principalmente, o metano (CH₄), dentre outros. Esses gases, se lançados na atmosfera sem nenhum tratamento, além de prejudicial à saúde, são potencializadores do efeito estufa e conseqüente aquecimento global. Além disso, podem causar a expansão das células do aterro e ruptura das camadas de cobertura.

Por esse contexto, os gases gerados no aterro, chamados de biogás, devem ser coletados por um sistema de drenagem constituído por tubos perfurados de concreto ou policloreto de vinila (PVC), revestidos com brita. O tratamento mais usual é a coleta e a queima do biogás para a conversão do metano em dióxido de carbono e água, em sua queima completa. No entanto, esses gases podem ser aproveitados energeticamente para geração de eletricidade, vapor, ou até mesmo para abastecer gasodutos.

A disposição dos resíduos no aterro tem como técnica primária a cobertura dos resíduos por uma camada de terra. A camada de cobertura de solo compactado tem as funções de: controlar a entrada de água e ar para dentro do aterro, minimizar a migração dos gases gerados para a atmosfera, servir como elemento de redução do odor e vetores de doença e facilitar a recomposição futura da paisagem, quando do encerramento da célula.

É importante destacar que todos esses sistemas de controle ambiental são apresentados e orientados em normas técnicas da ABNT, que definem também critérios de apresentação de projetos, localização dos aterros sanitários, monitoramento e encerramento. As normas 8.419/92 e 13.896/97 tratam especificamente de aterros de resíduos sólidos urbanos e não perigosos, respectivamente.



Aterro industrial e de resíduos perigosos

Os aterros industriais são muito semelhantes aos aterros sanitários, a diferença é que o aterro industrial irá receber os resíduos provenientes de diferentes processos industriais. Quando o aterro recebe resíduos perigosos, é chamado de aterro de resíduos perigosos ou aterro Classe I. Os resíduos perigosos são aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com a PNRS.

O aterro de resíduos perigosos – Classe I é uma área tecnicamente adequada onde são dispostos os resíduos perigosos classe I no solo de forma a não causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível. No aterro de resíduos perigosos, podem ser dispostos resíduos como lodo de estação de tratamento de efluentes, efluentes galvânicos, borra de retífica e de tintas, cinzas de incineradores, entre outros.

Os aterros de resíduos perigosos devem conter os sistemas de controle ambiental de impermeabilização de base, drenagem e tratamento dos líquidos percolados pela massa de resíduos. Devem ser projetados de forma a minimizarem as emissões gasosas e promoverem a dispersão das eventuais emissões fugitivas. Da mesma forma, a localização é um ponto importante na concepção do projeto. Deve ser escolhido um local em que o impacto ambiental do empreendimento seja minimizado, que seja bem aceito pela população, que esteja de acordo com as leis de uso e ocupação do solo e que possa ser utilizado por um longo período de tempo.

No aterro que recebe resíduos perigosos, a análise dos resíduos se mostra essencial. Deve-se saber quais são as características dos materiais e suas propriedades físicas e químicas, uma vez que disso dependerá seu correto manuseio e disposição. Nesse monitoramento e análise, deve-se definir: os parâmetros a serem analisados em cada resíduo; os métodos de amostragem, análise e ensaios, assim como sua frequência; e as características de periculosidade e incompatibilidade com outros resíduos. Além de tudo, a análise e caracterização dos resíduos também devem seguir as orientações da norma ABNT 10004/04 (ABNT, 2004).



Impactos ambientais da disposição final inadequada

A cultura das comunidades, aliada ao progresso tecnológico, ao nível econômico, assim como aos valores individuais, apresentam relação com os elevados padrões de consumo (MUCELIN; BELLINI, 2008). Estes padrões, juntamente com os aspectos da descartabilidade e obsolescência programada¹, levam-nos a um estado de insustentabilidade. Isso porque tais fatores resultam em maior produção de resíduos e incentivam o desperdício, acarretando problemas relacionados à disposição final.

Figura 3 – Disposição irregular dos resíduos sólidos.



Fonte: foto de Hermes Rivera. Disponível em: <https://www.unsplash.com>.
Acesso em: 24 mar. 2022.

¹Segundo Vieira e Rezende (2014), consiste na estratégia utilizada por fabricantes que programam para que a vida útil dos produtos de consumo tenha tempo determinado, reduzido, com o objetivo de incentivar a compra de novos bens dentro de um curto período de tempo.



Em um primeiro momento, a solução para a geração de resíduos era considerada simples, pois bastava descartá-los nas áreas mais distantes dos centros urbanos, fora do alcance da população. A partir do avanço da tecnologia e da ciência, busca-se uma diferente compreensão da gestão de resíduos sólidos, focada na busca da melhor qualidade do meio e da saúde para o homem.

Quando dispostos de forma inadequada, os resíduos sólidos podem acarretar poluição do ar, degradação do solo, contaminação de águas superficiais e subterrâneas pelo chorume e intensificação de enchentes. Também podem provocar o aumento da incidência de doenças causadas por vetores que se proliferam com o acúmulo do lixo e pela catação em condições insalubres na rua e em áreas de disposição, levando, inclusive, a prejuízos turísticos.

Como vimos na seção anterior, o aterro sanitário é a disposição final ambientalmente adequada prevista pela PNRS. Os aterros controlados e os depósitos a céu aberto constituem, do ponto de vista ambiental, econômico e social, soluções inadequadas, pois não possuem técnicas ou sistemas de controle que protejam o meio ambiente e a saúde pública, causando, portanto, impactos ambientais. O aterro controlado se diferencia dos lixões apenas por ter cobertura de terra e algum nível de controle de acesso (em alguns casos).

IMPACTOS AMBIENTAIS

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 001/86: “Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.



Os principais impactos provenientes da disposição dos resíduos em lixões são: a contaminação das águas subterrâneas e superficiais, devido à infiltração dos lixiviados e outras substâncias, como metais pesados; a poluição do ar pela emissões de gases poluentes e potencializadores do efeito estufa; e contaminação do solo. Tais impactos vêm modificando a biodiversidade local e afetando a saúde das pessoas. A água contaminada e os animais atraídos pelo lixo também são potenciais transmissores de doenças, especialmente para a comunidade catadora de materiais recicláveis que vive nesse ambiente. Em muitos casos, os lixões não possuem controle de acesso, além do que, a contaminação do solo contribui para sua improdutividade e consequentes impactos econômicos e sociais.

Encerramento dos lixões e novo marco regulatório do saneamento

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, sancionada em 2010, determinou como prazo para encerramento dos lixões no Brasil o ano de 2014. Dessa forma, a legislação estabeleceu um período de quatro anos para que os municípios se adequassem às diretrizes da PNRS, que tratavam não somente da extinção dos depósitos a céu aberto, como também da substituição destes por aterros sanitários e das estratégias de tratamento, como coleta seletiva, reciclagem e compostagem.

A PNRS não foi a primeira legislação que proibiu os lixões. Desde 1981, com a Política Nacional de Meio Ambiente, existe a proibição e penalização de ações que causem poluição do meio ambiente. No entanto, no último Panorama do Saneamento Básico no Brasil, lançado em 2021 pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, contabilizou-se ainda 1.545 lixões e 617 aterros controlados.

Erradicar lixões é uma prioridade, por todos os impactos já listados. Entretanto, a PNRS também exige que se garanta as condições de sobrevivência para as famílias que obtêm o sustento dos lixões. Exige ainda a recuperação e descontaminação desses locais, para evitar que, mesmo após encerrada sua operação, a atividade de disposição irregular seja retomada ou permaneça oferecendo pontos de poluição ao meio ambiente. Os principais desafios para se alcançar as metas estão na carência de recursos financeiros e na falta de capacidade técnica para a gestão de resíduos sólidos em muitas prefeituras.



O prazo de 2014 estabelecido pela PNRS para o encerramento dos lixões não foi atendido e, em projeto aprovado em 2015, a extinção desses locais foi prorrogada em prazos escalonados, de acordo com os tamanhos dos municípios, entre 2018 e 2021. Esse período foi novamente alterado e estendido a partir do novo Marco Legal do Saneamento, sancionado em julho de 2020.

A Lei Federal nº 14.206/20 estabeleceu, em função do tamanho dos municípios e, principalmente, pela existência do Plano de Gerenciamento dos Resíduos e do sistema de cobrança e sustentabilidade financeira dos serviços, um prazo até 2024 para o encerramento de todos os lixões do país. No entanto, os municípios que não atendiam a esses critérios deveriam ajustar a disposição final dos rejeitos até dezembro de 2021. Percebemos a complexidade da gestão de resíduos sólidos pela gestão municipal e a necessidade de ações que melhorem os processos visando a sustentabilidade e o incremento da qualidade de vida.

Resumo

Chegamos ao fim desta disciplina compreendendo melhor os tipos e tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos. Verificamos que os resíduos, quando não tratados e dispostos de maneira inadequada no meio ambiente, provocam diversos impactos ambientais, sociais e econômicos. Os resíduos são materiais que possuem valor econômico, um bem social e gerador de renda. Com esse reconhecimento, entendemos que os resíduos precisam ser valorizados. A triagem e reciclagem dos materiais constituem uma etapa importante para possibilitar o aproveitamento dos resíduos, bem como a coleta seletiva e a separação prévia. Assim, conseguimos separar a fração úmida dos resíduos e tratá-la através da compostagem, cujo produto é um composto orgânico, natural, que pode ser aproveitado na agricultura. A fração seca dos resíduos pode ser reutilizada, aproveitada e reciclada em novos materiais. Aprendemos também que existem outras tecnologias de tratamento dos resíduos, como a incineração, que é o tratamento térmico, em que os materiais são queimados a altas temperaturas. Também podemos valorizar esses materiais com o aproveitamento do calor e a geração de energia elétrica. Além das tecnologias de tratamento de resíduos, verificamos que existe apenas uma forma adequada de disposição final dos rejeitos, que é o aterro sanitário. Esse é um sistema de disposição no solo que conta com um conjunto de técnicas de controle ambiental para minimizar os impactos dos gases gerados e dos lixiviados, os quais devem ser tratados. Apesar de essa ser a principal tecnologia de disposição, sabemos que nosso país ainda possui muitos municípios com lixões, onde os resíduos são colocados a céu aberto, causando diversos impactos.



Referências

ABNT. **NBR N° 10004**. Resíduos sólidos - Classificação. 2 ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. 71p.

ABNT. **NBR N° 8.419**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996.

AYODELE, T. R.; ALAO, M. A.; OGUNJUYIGBE, A. S. O. Recyclable resources from municipal solid waste: Assessment of its energy, economic and environmental benefits in Nigeria. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 134, p. 165–173. [s.l.], 2018.

BIANCO, T. S. D. **Modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos como elemento de desenvolvimento regional sustentável: uma análise dos municípios do oeste do Paraná**. 2018. 281 f. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo (PR), 2018.

BRASIL. **Lei Federal n° 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União, 16 jul. 2020, p.1.

_____. **Lei Federal n° 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, 3 ago. 2010, p. 2.

_____. **Lei n° 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico. Brasília: SAJ/CC/PR, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 20 abr. 2022.

_____. **Lei n° 11.107, de 06 de abril de 2005**. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Brasília: SAJ/CC/PR, 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm>. Acesso em: 20 abr. 2022.

_____. **Lei n° 11.079, de 30 de dezembro de 2004**. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Brasília, DF, 2004. Disponível em:



<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L11079.htm>.
Acesso em: 20 out. 2019.

JUCÁ, J. F. T. *et al.* **Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. 1. ed. Recife: CCS Gráfica Editora Ltda., 2013. 186p.

MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 111-124, jun. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/q3QftHsxztCjbWxKmGBcmSy/?lang=pt>. Acesso em: 03 mar. 2022.

REICHERT, G. A. **Apoio à tomada de decisão por meio da Avaliação do Ciclo de Vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre**. 2013. 276 f. Tese (Doutorado). Porto Alegre: Instituto de Pesquisa Hidráulica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

SILVA, A.; ROSANO, M.; STOCKER, L.; GORISSEN, L. From waste to sustainable materials management: Three case studies of the transition journey. **Waste Management**, v. 61, p. 547-557. [s.l.], 2017.

Segurança no trabalho (resíduos sólidos)

Felipe Bento
de Albuquerque



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



Apresentação

Prezado(a) aluno(a), seja bem-vindo(a) à disciplina de Segurança no Trabalho em Unidades de Tratamento de Resíduos! Aqui, iremos trabalhar os preceitos básicos preventivos para o desenvolvimento das atividades envolvendo tratamento de resíduos. Sempre com o intuito de reduzir o número de acidentes, garantindo a integridade física do trabalhador.

No decorrer deste capítulo, vamos estudar, entre outros conteúdos, os tipos, origem e composição dos resíduos; a classificação dos resíduos e suas categorias de riscos; a ergonomia (biomecânica, organizacional, ambiental e psicossocial) nos postos de trabalho das unidades de tratamento de resíduos; as doenças ocupacionais provenientes do trabalho com resíduos; e a prevenção de acidentes de trabalho em unidades de tratamento de resíduos.

Ao final da disciplina, esperamos que você seja capaz de alcançar os seguintes objetivos de aprendizagem:

- Reconhecer riscos ambientais no desempenho das atividades laborais de forma segura;
- Identificar os riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos do trabalho em unidades de tratamento de resíduos;
- Compreender as responsabilidades que os empregadores e trabalhadores têm para com a segurança no trabalho com resíduos;
- Reconhecer a importância das medidas de emergência e prevenção dos riscos e perigos associados às atividades laborais com resíduos;
- Conhecer formas de prevenção de acidentes e doenças ocupacionais.

Vamos começar?

Bom estudo!



Tipos, origem e composição dos resíduos a serem manuseados

A Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), evidencia as principais responsabilidades do gerador de resíduos e favorece uma visão sistêmica, que abrange diversas variáveis ambientais. A PNRS fundamenta-se no compartilhamento de responsabilidades da geração até a destinação final. Tais responsabilidades compreendem o ciclo de vida dos resíduos e o direito da sociedade à informação e controle social. Além disso, ela estimula a cooperação entre governo, empresas e sociedade. De acordo com essa lei, pode-se classificar os resíduos sólidos, quanto à fonte geradora, em três categorias: resíduos urbanos, resíduos sólidos industriais e resíduos especiais (ARAÚJO, 2010).

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Os resíduos sólidos urbanos implicam em resíduos resultantes das residências (domiciliar ou doméstico), resíduos de serviços de saúde, resíduos de construção civil, resíduos de poda e capina, resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários e os resíduos de serviços, que abrangem os resíduos comerciais, os resíduos de limpeza de bocas de lobo e os resíduos de varrição, de feiras e outros. A seguir, tem-se uma breve definição de cada tipo (CRESPO, 2012).

- A. **Resíduo residencial:** também denominado resíduo doméstico ou domiciliar, é originado nas residências e é constituído principalmente por restos de alimentação, papéis, papelão, vidros, metais ferrosos e não ferrosos, plásticos, madeira, trapos, couros, varreduras, capinas de jardim, entre outras substâncias.
- B. **Resíduo de serviços de saúde (RSS):** proveniente de hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos e outros estabelecimentos afins. Conforme a forma de geração, pode ser dividido em dois níveis distintos: o resíduo comum, que compreende os restos de alimentos, papéis, invólucros, dentre outros; e o resíduo séptico, constituído de resíduos advindos das salas de cirurgias, centros de hemodiálise, áreas de internação e isolamento, dentre outros. Embora represente uma pequena quantidade do total de resíduos gerados na comunidade, este tipo de



resíduo exige atenção especial, com um correto acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e destinação final, devido ao potencial risco à saúde pública que pode oferecer (OLIVEIRA, 2011).

- C. **Resíduo da construção civil ou resíduos de construção e demolição (RCD):** denominado de entulho, são rejeitos provenientes de construções, reformas, demolições de obras de construção civil, restos de obras e da preparação e escavação de terrenos, dentre outros. Em termos de quantidade, esse resíduo corresponde a algo em torno de 50% dos resíduos sólidos urbanos produzidos nas cidades com mais de 500 mil habitantes no Brasil e no mundo (MONTEIRO et al., 2001).
- D. **Poda e capina:** são produzidos esporadicamente e em quantidade variada. Como exemplos, têm-se a folhagem de limpeza de jardins, os restos de poda, dentre outros.
- E. **Resíduo de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários:** constituem os resíduos sépticos, que podem conter organismos patogênicos nos materiais de higiene e de uso pessoal, em restos de alimentos, dentre outros, provenientes de locais de grande trânsito de pessoas e mercadorias.
- F. **Resíduo de serviço comercial:** abrange os resíduos resultantes dos diversos estabelecimentos comerciais, tais como escritórios, lojas, hotéis, restaurantes, supermercados, quitandas, dentre outros.
- G. **Resíduo de varrição, feiras e outros:** abrangem os resíduos advindos da limpeza pública urbana, ou seja, são resultantes da varrição regular de ruas, da limpeza e conservação de galerias, de feiras, de bocas de lobo, dos terrenos, dos córregos e das praias, dentre outros.

RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS (RSI)

Os resíduos sólidos industriais abrangem os resíduos das indústrias de transformação, os resíduos radioativos e os resíduos agrícolas, descritos a seguir:

- A. **Resíduos das indústrias de transformação:** são os resíduos provenientes de indústrias de processamentos de diversos tipos e portes. São muito variados e apresentam características diversificadas, pois dependem do tipo de produto manufaturado devendo, portanto, serem estudados caso a caso.



- B. **Resíduos radioativos (lixo atômico):** são os resíduos que emitem radiações acima dos limites permitidos pelas normas brasileiras. São geralmente originados dos combustíveis nucleares, que, de acordo com legislação que os especifica, são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).
- C. **Resíduos agrícolas:** são aqueles gerados pelas atividades da agricultura ou da pecuária, como as embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e esterco animal. As embalagens de agroquímicos, por conterem um alto grau de toxicidade, estão subordinadas a uma legislação específica.

RESÍDUOS SÓLIDOS ESPECIAIS

Existem ainda os resíduos tidos como especiais, em função de suas características diferenciadas, nos quais se inserem os pneus, as pilhas e baterias e as lâmpadas fluorescentes.

- A. **Pneus:** são graves os problemas ambientais causados pela destinação inadequada dos pneus usados. Isso porque, se deixados em ambientes abertos, sujeitos a chuvas, eles podem acumular água e tornarem-se locais propícios para a proliferação de mosquitos vetores de doenças.
- B. **Pilhas e baterias:** em função de suas características tóxicas e da dificuldade em se impedir seu descarte junto com o lixo domiciliar, esses resíduos devem ter seu tratamento e disposição final semelhantes aos resíduos perigosos.
- C. **Lâmpadas fluorescentes:** essas lâmpadas liberam mercúrio quando são quebradas, queimadas ou enterradas, o que as transforma em resíduos perigosos, uma vez que o mercúrio é tóxico para o sistema nervoso humano. Quando inalado ou ingerido, o mercúrio pode causar uma enorme variedade de problemas fisiológicos.



Classificação dos resíduos e suas categorias de riscos

Segundo a NBR 10.004/04, resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. Segundo a NBR 10.004/04 e a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 os resíduos sólidos são classificados em:

- **Resíduos classe I (perigosos):** são aqueles que apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Ou seja, são aqueles que apresentam risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices ou riscos ao meio ambiente, quando gerenciados de forma inadequada;
- **Resíduos classe II (não perigosos):** esses resíduos subdividem-se em resíduos classe II A e classe II B;
 - a) **Resíduos classe II A – não inertes:** são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de classe II B. Esses resíduos podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - b) **Resíduos classe II B – inertes:** são aqueles resíduos que, quando submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.



Principais riscos ambientais para o trabalho com resíduos

A aplicação dos conceitos mínimos de saúde ocupacional e dignidade laboral nas questões relacionadas com a reciclagem e a catação é uma premissa urgente no Brasil, para melhorar a qualidade de vida dos catadores. Isso porque estas atividades diferenciam-se das demais por vários fatores, como: saúde precária, habitação inadequada, locais de trabalho, geralmente, com infraestrutura básica precária ou inexistente e com materiais que podem estar contaminados por vários agentes, havendo pouco preparo e formação profissional da mão de obra para lidar com os riscos ocupacionais (GONÇALVES, 2008).

De acordo com a Norma Regulamentadora (NR-9), consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho, que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

FIQUE POR DENTRO!

As Normas Regulamentadoras (NRs) são normativos emitidos pelo Ministério do Trabalho (atualmente MPT - Ministério do Trabalho e Previdência) que regulam diversas esferas de atividades profissionais.

Os trabalhadores envolvidos com a coleta de resíduos estão expostos, em seu processo de trabalho, a seis tipos diferentes de riscos ocupacionais, sendo eles:

- **Físicos:** ruído, vibração, calor, frio, umidade;
- **Químicos:** gases, névoa, neblina, poeira, substâncias químicas tóxicas;
- **Mecânicos:** atropelamentos, quedas, esmagamentos pelo compactador, fraturas;



- **Ergonômicos:** sobrecarga da função osteomuscular e da coluna vertebral, com conseqüente comprometimento patológico e adoção de posturas forçadas incômodas;
- **Biológicos:** contato com agentes biológicos patogênicos (bactérias, fungos, parasitas, vírus), principalmente através de materiais perfuro-cortantes;
- **Sociais:** falta de treinamento e de condições adequadas de trabalho.

Ergonomia (biomecânica, organizacional, ambiental e psicossocial) nos postos de trabalho das unidades de tratamento de resíduos

Para a Organização Internacional do Trabalho (OIT), a ergonomia consiste na aplicação das ciências biológicas do ser humano em conjunto com a engenharia, para alcançar a adaptação das pessoas com o trabalho, medindo-se os efeitos em torno da eficiência e do bem-estar.

A ergonomia está ligada à execução de tarefas, à organização e às relações de trabalho, ao esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de peso, mobiliário inadequado, posturas incorretas, controle rígido de tempo para produtividade, imposição de ritmos excessivos, trabalho em turno e noturno, jornadas de trabalho prolongadas, monotonia, repetitividade e outras situações causadoras de estresse. Verifica-se, algumas vezes, que os postos de trabalho não estão bem adaptados às características do operador, quer quanto à posição da máquina com que trabalha, quer no espaço disponível ou na posição das ferramentas e materiais que utiliza nas suas funções (OLIVEIRA; ZANDONADI; CASTRO, 2015)



Figura 01 – Riscos de lesões aos catadores de resíduos sólidos.



Fonte - <https://nardes.jusbrasil.com.br/artigos/185075166/nr-17-e-o-risco-de-lesoes-dos-catadores-de-residuos-solidos>. Acesso em: 23 mar. 2022.

Legalmente, a ergonomia está embasada pela Norma Regulamentadora NR-17 (BRASIL, 2021), a qual estabelece os parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Mesmo que todos levem em consideração práticas ergonômicas na empresa, talvez o trabalho exija uma força maior e uma melhor condição física. Manter boa forma física e saber aproveitar os eventuais intervalos para um exercício de respiração e de relaxamento é inegavelmente uma boa maneira de minimizar riscos e evitar problemas. Portanto, vinte minutos de exercício aeróbico praticado três vezes por semana podem ajudar a obter mais vigor físico, aumentando a resistência no trabalho e afastando os riscos. Além disso, é necessário aproveitar os pequenos intervalos que eventualmente possam surgir durante o período de trabalho para um breve alongamento, mudança de postura e uma boa respirada, como forma de aumentar a circulação sanguínea, aliviar as tensões e melhorar os reflexos (PINHEL, 2013).



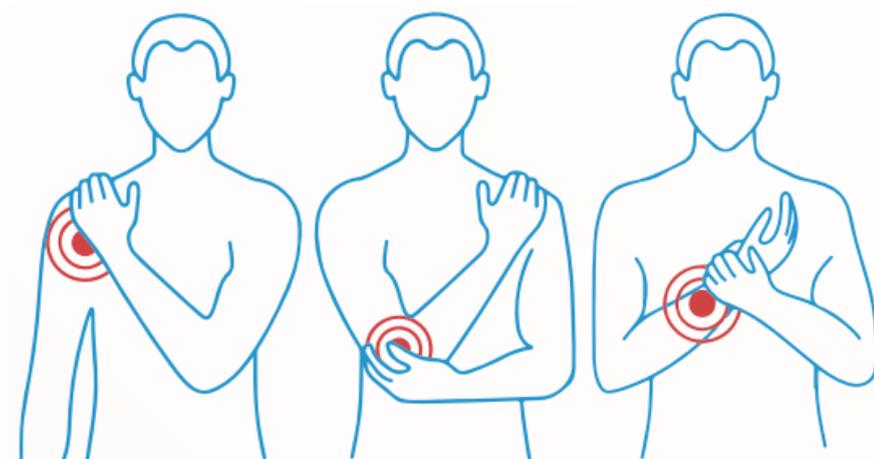
Lesão por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho (DORT)

As Lesões por Esforços Repetitivos (LER) ou Distúrbios Osteomusculares Relacionadas ao Trabalho (DORT) são agravos que afetam, em geral, os membros superiores (dedos, mãos, punhos, antebraços, braços, ombros) relacionados às exigências das tarefas, ambientes físicos e organização do trabalho (GONDIM, 2016).

Podem ainda ser chamadas de Lesão por Trauma Cumulativo (LTC) ou Afecções Musculares Relacionadas ao Trabalho (AMERT). Vários termos são utilizados, como tendinite, tenossinovite, bursite, epicondilite, compressões de nervos, a depender do aspecto clínico.

As principais causas para o desenvolvimento de LER/DORT são as atividades com repetitividade, esforços excessivos, contrações estáticas, posturas incorretas, compressão contra superfícies rígidas ou pontiagudas, vibração excessiva, frio excessivo e ruído elevado, além de fatores organizacionais e psicossociais ligados ao trabalho.

Figura 02 – Lesões por esforço repetitivo.



Fonte - <https://prodi.ifes.edu.br/images/stories/ler-dort-marco2021.pdf>.

Acesso em: 23 mar. 2022.



As LER/DORT podem provocar desconforto, dificuldade no uso do membro afetado, fadiga, dolorimento, dor, formigamento e sensação de peso no membro afetado. Também podem ocorrer inchaços, alteração na coloração da pele e/ou na temperatura do membro afetado e limitação dos movimentos. Tais sintomas devem ser atentamente observados.

O diagnóstico para LER/DORT consiste em investigação clínica, feita pelo profissional médico. Conhecer os sinais e sintomas é muito importante, bem como suas causas, para que seja definido o tratamento mais adequado, sendo às vezes necessária uma avaliação multidisciplinar. Para o tratamento, pode ser necessário o uso de medicamentos e o repouso das estruturas acometidas. Em casos específicos, sessões de fisioterapia e intervenção cirúrgica são recursos terapêuticos a serem considerados.

Ações preventivas podem ser desenvolvidas por abordagens envolvendo biomecânica, gestão e organização do trabalho. Podem ser feitas mudanças nos equipamentos utilizados e acertos de posturas incorretas. Além disso, aquecimento e alongamento são úteis para um melhor condicionamento musculoesquelético. O trabalhador deve tomar parte no controle do ritmo de trabalho. Rodízio de atividades é uma estratégia que faz com que o trabalhador não permaneça muito tempo em atividades de maior exigência. Deve-se reduzir o esforço manual e as vibrações excessivas, assim como a exposição ao frio e/ou ruído excessivos. Quando não se consegue neutralizar os riscos ergonômicos com outras medidas, pode-se, ainda, instituir pausas para recuperação, visando o descanso das estruturas osteomusculares como método de prevenção da LER/DORT.

SAIBA MAIS!

Para maiores informações sobre LER/DORT consulte a cartilha da Sociedade Brasileira de Reumatologia, disponível no link: <https://www.reumatologia.org.br/doencas-reumaticas/ler-dort>



Acidentes e doenças ocupacionais envolvendo manuseio, segregação e armazenamento interno de resíduos

De acordo com a Norma Regulamentadora 15 (NR-15) do Ministério do Trabalho e Previdência, a atividade de manuseio, segregação e armazenamento interno de resíduos é classificada como insalubre em grau máximo, devido ao contato dos trabalhadores com agentes biológicos, presentes nos resíduos sólidos.

Entre os trabalhadores é comum o aparecimento de alguns eventos, tais como: dermatites infecciosas, mal estar, cefaleias e náuseas devido ao odor, perda parcial ou permanente da audição, hipertensão arterial pela exposição a ruídos excessivos, estresse, desconforto, problemas respiratórios, pulmonares e de visão pela exposição à poeira, patologias infectocontagiosas nos aparelhos digestivo e respiratório, leptospirose, lombalgias, dores no corpo e estresse causados pela vibração de equipamentos, ferimentos e cortes por objetos perfurantes e/ou cortantes, doenças osteomusculares, atropelamentos e quedas.

Esses trabalhadores não contam com nenhuma proteção trabalhista efetiva, caso necessitem de afastamento por problemas de saúde e/ou acidentes de trabalho, gerando preocupação e sofrimento neles e em suas famílias. Esta situação, característica do trabalho informal, pode levar trabalhadores a desempenharem suas atividades mesmo estando doentes. Isso acontece porque eles diminuem ou negam a gravidade dos danos sofridos e enfrentam os riscos para não ficarem afastados e, conseqüentemente, terem sua renda afetada. A alta rotatividade de cooperados é uma dificuldade observada nas cooperativas como um todo, afetando todas as áreas de trabalho (FERREIRA; ANJOS, 2011).



Prevenção de acidentes de trabalho em unidades de tratamento de resíduos

Sobre a prevenção e promoção da saúde no ambiente de trabalho visando a minimização dos riscos aos colaboradores envolvidos com a coleta de resíduos, foram propostas algumas medidas, são elas:

- Elaboração, junto aos trabalhadores, de um quadro com os tipos de acidentes de trabalho;
- Construir um mapa de riscos do local, listando os riscos existentes no galpão, considerando a área interna e a externa;
- Instalação de equipamentos contra incêndio no galpão de triagem.
- Apresentação do conceito de CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes);
- Capacitação sobre prevenção de acidentes;
- Construção de um layout de produção (disposição de equipamentos, maquinários em geral e locais de armazenamento) que garanta a segurança dos trabalhadores;
- Manutenção, limpeza e organização do ambiente de trabalho;
- Criação de um plano de aquisição de equipamentos com especificações técnicas de acordo com a finalidade pretendida.
- Sensibilização dos trabalhadores sobre os riscos de se comer alimentos provenientes dos resíduos;
- Implantação de programas de manutenção preventiva e corretiva;
- Definição de funções, estabelecendo responsabilidades e deveres para cada uma delas, proporcionando melhor direcionamento aos treinamentos de cada função;
- Construir um Plano de Ações de Prevenção de Acidentes do Trabalho, contemplando treinamentos para o uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) no ambiente de trabalho.



Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC)

Dados os riscos inerentes aos diferentes ambientes de trabalho aqui apresentados, ressalta-se que, a fim de que o trabalho do catador seja realizado com segurança, é indispensável o uso do Equipamento de Proteção Individual (EPI). Este deve ser adotado como parte das etapas de controle de riscos ocupacionais, tendo como objetivo a proteção direta do trabalhador.

Segundo a Norma Regulamentadora 6 (NR-6), considera-se EPI todo e qualquer dispositivo ou produto usado individualmente pelo trabalhador que seja destinado para proteger sua saúde e integridade física. Este equipamento só poderá ser comercializado ou utilizado quando possuir o registro de certificação de aprovação emitido pelo Ministério do Trabalho ou por empresas cadastradas no Departamento Nacional de Saúde e Segurança do Trabalho do Ministério do Trabalho (BRASIL, 2022).

Os principais EPIs destinados ao uso por parte dos catadores de resíduos urbanos são:

- **Luvas:** material de pvc, impermeáveis, com antiderrapantes nas palmas das mãos, resistentes, tipo kevlar com revestimento nitrílico externo, que protege contra o risco de acidente e contato com material tóxico ou contaminante (agulhas, fezes, material biológico em geral);
- **Botas:** impermeáveis, resistentes, com cano de comprimento $\frac{3}{4}$ e solado antiderrapante;
- **Uniforme:** calça comprida e camisa, não sendo necessária manga longa;
- **Creme protetor de silicone:** cria uma barreira a mais contra o risco de contato com líquidos e poeiras de origem desconhecida;
- **Roupas resistentes:** pela grande quantidade de materiais cortantes e para proteção contra o frio;
- **Avental de plástico:** primeira barreira impermeável a líquidos e outros produtos que possam respingar na roupa, sendo de fácil limpeza e manipulação;
- **Sapatos de proteção com biqueira de aço:** pelo risco de acidente e queda de produtos pesados que estejam empilhados;



- **Máscara de poeira:** barreira física contra a inalação de partículas suspensas no ar, que podem ser tóxicas, além de minimizar o odor.

Dentre os Equipamentos de Proteção Coletiva tem-se:

- Cones de sinalização;
- Corrente de sinalização;
- Fita de sinalização.

Controle e manuseio seguro de resíduos

TRATAMENTO E ACONDICIONAMENTO ADEQUADO

O tratamento mais eficaz é o prestado pela própria população quando está empenhada em reduzir a quantidade de lixo, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis em casa ou na própria fonte e desfazendo-se do lixo que produz de maneira correta. A qualidade da operação de coleta e transporte do lixo depende da forma adequada do seu acondicionamento e armazenamento. Também é importante dispor os recipientes no local, dia e horários estabelecidos para a coleta pelo órgão de limpeza urbana. A população tem, portanto, participação decisiva nesta operação.

COLETA DOMICILIAR

A coleta do lixo domiciliar deve ser efetuada em cada imóvel, sempre nos mesmos dias e horários, regularmente. Somente assim, os cidadãos habituar-se-ão e serão condicionados a colocar os recipientes ou embalagens do lixo nas calçadas, em frente aos imóveis, sempre nos dias e horários em que o veículo coletor irá passar. Em consequência, o lixo domiciliar não ficará exposto, a não ser pelo tempo necessário à execução da coleta. Dessa forma, a população não jogará lixo em qualquer local, evitando o seu espalhamento por animais ou pessoas e os prejuízos ao aspecto estético dos logradouros.



TRANSFERÊNCIA

Nas cidades de médio e grande portes que sofrem forte expansão urbana, aumentam também as exigências ambientais e a resistência da população em aceitar a implantação, próximo às suas residências, de qualquer empreendimento ligado à disposição final de resíduos sólidos. Além do mais, os terrenos urbanos ficam muito caros para localização de aterro, que demanda áreas de grandes extensões. Assim, os aterros sanitários estão sendo implantados cada vez mais distante dos centros da massa de geração de resíduos. O aumento na distância entre o ponto de coleta dos resíduos e o aterro sanitário causa os seguintes problemas: atraso nos roteiros de coleta, alongando a exposição do lixo nas ruas; aumento do tempo improdutivo da guarnição de trabalhadores parados à espera do retorno do veículo que foi vazar sua carga no aterro; aumento do custo de transporte; e redução da produtividade dos caminhões de coleta, que são veículos especiais e caros (ROCHA, 2021).

Exames médicos ocupacionais

A norma NR-7, embasada legalmente nos artigos 168 e 169 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO), com o objetivo de promover e preservar a saúde de todos os trabalhadores. Fica obrigatória a realização de exames médicos por conta do empregador: quando da admissão, periodicamente, na mudança de função, no retorno ao trabalho e na demissão do empregado.



Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos - PGRS e segurança do trabalho

Com o desenvolvimento da indústria, a globalização e o crescimento populacional, têm-se, também, o aumento dos impactos causados pelo acondicionamento e lançamento incorreto dos resíduos no meio ambiente. Soma-se a isso a ausência de áreas para a disposição final. Juntos, estes fatores justificam a criação de um mecanismo para a correta gestão dos resíduos sólidos. Além disso, a aplicação de conceitos preventivistas de segurança do trabalho nessa atividade faz com que se tenha uma atenção quanto à prevenção de acidentes e doenças do trabalho. Isto reduz os riscos e contribui para qualidade de vida dos profissionais, proporcionando uma melhor interação entre o ser humano e o ambiente laboral.

Nesse contexto, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) é um documento elaborado por profissional de nível superior, habilitado pelo seu conselho de classe (CREA, CRQ, CRBio, etc.), com apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, Certificado de Responsabilidade Técnica ou documento similar, quando couber, que define diretrizes de gerenciamento ambientalmente adequado de todos os resíduos que são gerados em um estabelecimento. O PGRS determina estratégias de controle e monitoramento dos processos produtivos, visando evitar descartes/destinações inadequadas que possam gerar poluição ao meio ambiente e acarretar prejuízos à saúde pública.



NR-25 - Resíduos Sólidos

Esta Norma Regulamentadora (NR), criada pelo Ministério do Trabalho e Previdência, tem como objetivo a saúde e a segurança dos trabalhadores em relação aos resíduos industriais gerados nas empresas. Segundo esta norma, entende-se como resíduos industriais aqueles provenientes dos processos industriais, na forma sólida, líquida ou gasosa ou combinação dessas, e que por suas características físicas, químicas ou microbiológicas não se assemelham aos resíduos domésticos. Alguns exemplos são: cinzas, lodos, óleos, materiais alcalinos ou ácidos, escórias, poeiras, borras, substâncias lixiviadas, os resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como demais efluentes líquidos e emissões gasosas contaminantes atmosféricos (SILVA; SIQUEIRA, 2017).

SAIBA MAIS!

A NR-25 está disponível, na íntegra, no endereço <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>



Mudanças de conceitos, hábitos, procedimentos e valorização do trabalho e do profissional

Os trabalhadores envolvidos com a coleta de resíduos têm grande importância para a preservação dos recursos naturais, sendo o seu trabalho essencial na gestão integrada de resíduos sólidos (SOARES, 2019).

O trabalho desses profissionais de uma maneira geral, pode ser descrito como a coleta e separação de resíduos sólidos provenientes dos domicílios, para que estes possam ser comercializados. Esses profissionais se autoempregam, o que, na realidade, significa que eles vendem a sua força de trabalho à indústria de reciclagem sem terem acesso à seguridade social. Isso acontece devido à falta de emprego no país, obrigando-os a se sujeitar a um trabalho insalubre. Além disso, a sociedade ainda é muito preconceituosa para com esses profissionais, que não são reconhecidos pelo seu papel na economia e no meio ambiente (ZECHIN, 2022).

A criação de cooperativas e associações vem a cada dia mudando esse cenário. Os profissionais que trabalham com resíduos começam a unir forças, intervindo assim na sua forma de trabalho, passando a refletir sobre o seu papel na sociedade e participando cada vez mais de diversos movimentos em favor dos seus direitos. Atrelado a isso, a educação ambiental pode ser utilizada como instrumento de mudança de vida desses profissionais, despertando um novo olhar acerca da organização do trabalho e da mudança das atuais condições sociais. Quando a educação ambiental é aplicada de forma construtiva, crítica e contínua, os trabalhadores passam a refletir melhor sobre sua realidade. Esta reflexão pode levá-los a desempenhar um papel transformador na sociedade, fato que é essencial na gestão ambiental.



Resumo

Segurança do Trabalho é o conjunto de medidas adotadas visando minimizar ou prevenir acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade física e a capacidade de trabalho do trabalhador. Os trabalhadores envolvidos com a coleta de resíduos têm grande importância para a preservação dos recursos naturais, sendo o seu trabalho essencial na gestão integrada de resíduos sólidos. Porém, eles enfrentam diversos problemas, pois trabalham sem ter nenhum direito trabalhista ou previdenciário nem muito menos condições de segurança adequadas para a realização da atividade. Além disso, o valor recebido pelo trabalho é muito baixo. Ao longo do tempo, diversos movimentos reivindicaram a criação de leis voltadas à proteção do trabalhador. Atualmente, tem-se as Normas Regulamentadoras (NRs), a Lei nº12.305, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, dentre outras. Este conjunto legal descreve premissas básicas para o desenvolvimento da atividade de coleta de resíduos sólidos, bem como orientações aos trabalhadores para que adotem sempre um comportamento seguro, sem desafiar os riscos originários desta atividade.



Referências

ARAÚJO, Wellington Tavares de. **Manual de segurança do trabalho**. São Paulo; DCL, 2010.

BRASIL. Normas Regulamentadoras. **FUNDACENTRO**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/fundacentro/pt-br>> Acesso em: 16 mar. 2022.

_____. **NR 17 - Ergonomia**. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2021. Disponível em:

<<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/s-ecretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamenta-doras/nr-17-atualizada-2021.pdf>>. Acesso em: 23. mar. 2022.

_____. **Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: SAJ/CC/PR, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 28 mar. 2022.

CRESPO, Patricia Grassini. **Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho**. Indaiat: Uniasselvi, 2012. 126p.

FERREIRA, João Alberto; ANJOS, Luiz Antonio dos. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 689-696, 2001.

GONÇALVES, Edwar Abreu. **Manual de segurança e saúde no trabalho**. 4ª ed. São Paulo: LTr, 2008.

GONDIM, Priscylla Cinthya Alves. **Apostila de Segurança do Trabalho**. 1ª ed. Mossoró/RN: IFRN, 2016. Disponível em: <<https://www.professorapriscylla.com.br>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAMA, 2001.



OLIVEIRA, A. P. S. de; ZANDONADI, F. B.; CASTRO, J. M. **Avaliação dos riscos ocupacionais entre trabalhadores da coleta de resíduos sólidos domiciliares da cidade de Sinop–MT**: um estudo de caso. Sinop/MT: Universidade de Cuiabá (UNIC) - *Campus Sinop*, 2015. Disponível em:

<<http://www.segurancaotrabalho.eng.br/artigos/ressol.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

OLIVEIRA, Denise Alves Miranda de. **Percepção de riscos ocupacionais em catadores de materiais recicláveis**: estudo em uma cooperativa em Salvador-Bahia. Salvador/BA: Universidade Federal da Bahia (UFBA), 2011. Disponível em:

<<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/31820/1/cd-disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

PINHEL, Julio Ruffin (Org.). **Do Lixo à cidadania**: Guia de Formação de Cooperativas de Materiais Recicláveis. São Paulo: Instituto de Projetos e Pesquisas Socioambientais (IPESA), Editora Peirópolis, 2013. Disponível em:

<<https://base.socioeco.org/docs/dolixoacidadania.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

ROCHA, Marcus Vinícius Queiroz. **Orientações de saúde (LER/DORT)**. IFES, 2021.

Disponível em: <<https://prodi.ifes.edu.br/images/stories/ler-dort-marco2021.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2022.

SILVA, Monique N.; SIQUEIRA, Vera L. Riscos ocupacionais de catadores de materiais recicláveis: ações em saúde e segurança do trabalho. **Revista Osvaldo Cruz**. São Paulo, 2017. Disponível em:

<http://revista.oswaldocruz.br/content/pdf/edicao_16_silva_monique_n.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.

SOARES, Edson Silva *et al.* **Plano de prevenção para controle e eliminação de riscos ocupacionais de catadores de materiais recicláveis**. Campina Grande/PB: Universidade Estadual da Paraíba, 2019. Disponível em:

<<http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/3424/2/PDF%20-%20Edson%20Silva%20Soares.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

ZECHIN, Veridiana Machado. **Levantamento dos Riscos Ambientais em uma Cooperativa de Triagem de Resíduos Sólidos**. Porto Alegre/RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/76976/000895455.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

Compostagem e aproveitamento de resíduos orgânicos

Fernando Luiz
Figueiredo





Apresentação

Olá! Seja bem-vindo(a) à disciplina de *Compostagem e Aproveitamento de Resíduos Orgânicos*. Nela, vamos embarcar em mais uma viagem por um mundo de conhecimentos importantes que podem contribuir de forma significativa para o incremento da produção agrícola, da geração de renda e dos cuidados com os aspectos ambientais.

Para iniciar, gostaria que você pensasse um pouco sobre qual destino é dado aos resíduos orgânicos produzidos por você na sua casa, no seu trabalho ou em sua propriedade. Na maioria das vezes, esses materiais acabam indo parar em um lixão, em terrenos baldios ou em um aterro sanitário, gerando uma série de problemas relativos a questões econômicas, sociais e ambientais, você sabia disso?

A compostagem dos resíduos orgânicos surge como uma alternativa ambientalmente correta para aproveitarmos os mais diversos resíduos orgânicos, seja em grande ou pequena escala, constituindo-se como uma ferramenta muito boa para se trabalhar a educação ambiental nas escolas, nas diversas modalidades de ensino.

Mas afinal, o que é a compostagem? A compostagem é um processo no qual os microrganismos transformam a matéria orgânica em húmus, que, por sua vez, irá melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando a produtividade e contribuindo com a preservação ambiental.

Para potencializar o aproveitamento dos resíduos orgânicos através da técnica da compostagem, esta disciplina destaca o seu contexto histórico, definição, conceitos e as etapas envolvidas no seu processo de produção. Para efeitos de aprendizagem, sugerimos, ao término do conteúdo, um exercício de fixação com a perspectiva de realização de uma atividade prática de produção de composto orgânico.

Esperamos que, ao final da disciplina, você seja capaz de:

- Conhecer aspectos históricos, conceitos básicos — teóricos e práticos — sobre a importância, produção e aproveitamento de resíduos orgânicos para compostagem.
- Compreender o processo de decomposição da matéria orgânica e mineralização de nutrientes.
- Escolher e recomendar adubos orgânicos com o propósito de suprir as necessidades nutricionais das plantas e evitar degradação ambiental.

Bons estudos!



Introdução

Atualmente, muitos resíduos orgânicos no campo e na cidade têm sido desperdiçados por falta de reciclagem e ou por serem destruídos pelas queimadas. O processo de reaproveitamento desses materiais através da compostagem, tem sido uma alternativa ambientalmente correta e sustentável para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente daqueles que se encontram em processo de degradação.

A compostagem é um processo bastante antigo de se processar resíduos orgânicos, transformando-os em húmus, produto este indispensável ao bom desenvolvimento das plantas em função das melhorias das características do solo. A técnica pode ser adaptada e aplicada aos mais diferentes sistemas de produção, desde os mais simples (pequenos produtores familiares e pequenas propriedades) aos mais sofisticados (grandes produtores e grandes propriedades), com a adoção de várias tecnologias. Isso nos dá uma ideia da eficiência da compostagem nos mais diferentes sistemas de exploração agrícola. Apesar de a técnica ser aparentemente simples, o processo de compostagem requer cuidados específicos que serão responsáveis pela qualidade do seu produto final (PEIXOTO, 1988).

O húmus, principal produto da compostagem, quando aplicado ao solo, exerce papel fundamental na dinâmica do mesmo, pois, além de funcionar como fornecedor de nutrientes, atua diretamente no seu processo de recuperação. Vale ressaltar que, para se recuperar uma área que passou por algum processo de degradação, o tempo cronológico é um fator determinante, juntamente com outras práticas de manejo (LOPES, 1998).

No estado do Rio Grande do Norte, por exemplo, boa parte das propriedades rurais encontram-se em solos extremamente pobres em nutrientes e de acidez elevada. Assim, faz-se necessária a adoção de práticas de manejo adequadas e o uso da matéria orgânica decomposta surge como insumo indispensável à melhoria dos aspectos supracitados.

A aplicação de resíduos orgânicos “crus” e em forma de composto (estabilizado) tem diferentes efeitos na resposta das culturas as quais desejam ser exploradas pelo produtor. Isso é verdade, principalmente, quando se trata de culturas de ciclo curto, que têm uma exigência muito maior na disponibilidade imediata de nutrientes bem como na escolha acertada das épocas e das intensidades de aplicação dos resíduos.



Diversos trabalhos mostram que a aplicação de composto orgânico tem gerado fatores positivos ao solo e, conseqüentemente, às culturas. Isso acontece devido à melhoria de características físicas tais como permeabilidade e agregação das partículas minerais, além do fornecimento de macro e micronutrientes, correção da acidez, aumento da população de microrganismos benéficos e melhoria da Capacidade de Troca Catiônica do Solo – CTC (GUERRA, 2000).

Assim, percebe-se que o manuseio correto de técnicas de produção de composto orgânico pode contribuir significativamente para o desenvolvimento racional de atividades agrícolas nas mais diferentes propriedades, principalmente para produtores familiares. Isso porque a compostagem diminui diretamente a dependência de insumos minerais, através da ciclagem de nutrientes, o que, por sua vez, leva a um uso mais racional do solo, otimizando o princípio da economicidade.

Nesta disciplina, abordaremos os aspectos técnicos voltados à produção de compostagem utilizando os resíduos orgânicos produzidos em residências urbanas ou em propriedades rurais, apresentando seus princípios básicos, observações práticas de planejamento, manejo e uso, no sentido de aprimorar sua implantação.

Histórico, definição e etapas do processo de compostagem

O processo de compostagem não é uma prática recente, uma vez que vem sendo desenvolvido e aplicado há séculos no oriente pelos chineses. No ocidente, F. H. King, professor do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, fez várias observações utilizando composto orgânico em seus experimentos. Nas primeiras décadas do século XX, o inglês Sir Albert Howard, considerado o pai da compostagem, desenvolveu vários trabalhos de aplicação dessa prática na Índia.

Quanto à sua definição, a compostagem é um processo que pode ser utilizado para transformar diferentes tipos de resíduos orgânicos (esterco, folhas, papel, resto de comida, etc.) em adubo, que, quando adicionado ao solo, melhora as suas condições, proporcionando mais vida a este, fazendo com que aumente a produção das plantas por mais tempo e com mais qualidade.



As etapas do processamento da compostagem são duas: a física e a química.

Etapa Física – consiste na primeira etapa do processo, quando ocorre a quebra mecânica ou desintegração dos resíduos que serão utilizados no processo.

Etapa Química – é a segunda etapa do processo. Nela, os elementos são decompostos nas suas unidades estruturais básicas por enzimas extracelulares e, posteriormente, absorvidos e oxidados pelos microrganismos.

Na Figura 1, podemos observar estudantes fazendo a coleta de materiais orgânicos para a produção da compostagem.

Figura 1 - Coleta de material orgânico para produção de composto.



Fonte: Coordenação de Comunicação Social e Eventos (COCSEV) / IFRN *Campus* São Paulo do Potengi (SPP).



Condições essenciais para compostagem

Para o sucesso na obtenção de um bom composto orgânico, alguns aspectos técnicos essenciais devem ser levados em consideração, dentre os quais, destacamos:

A) AREJAMENTO

Refere-se à oxigenação da pilha de compostagem, uma vez que o processo é aeróbico, ou seja, os microrganismos responsáveis pela quebra da matéria orgânica dependem de oxigênio para realização de suas atividades. Para atingirmos uma oxigenação adequada na pilha de compostagem devemos levar em consideração alguns fatores:

- Porosidade - o espaço poroso da pilha tem de corresponder em média de 25 a 30% do seu volume total;
- Tamanho da partícula do material orgânico utilizado;
- Revolvimento periódico da pilha;
- Não compactar a pilha;
- Evitar água em excesso;
- Dimensão da pilha (base 1,5 a 2,0 m e 1,5 m de altura).

B) TEMPERATURA

Não deve exceder os 65 - 70 °C. Deve-se baixar a temperatura regando, revolvendo ou introduzindo na pilha material orgânico com uma relação carbono/nitrogênio mais alta. Usam-se termômetros apropriados ou uma barra de ferro espetada até o interior da pilha.

C) UMIDADE

A pilha deve estar sempre úmida, mas o excesso de água impede a circulação do ar. A umidade (água) tem de ficar em torno de 55 - 65% do peso da pilha. Para verificar a quantidade de água ideal no composto, deve-se pegar um pequeno volume de material e comprimi-lo com as mãos, devendo escorrer entre os dedos não mais que 2 a 3 gotas de chorume.



Figura 2 - Formação e umedecimento de uma pilha de composto realizada na área do viveiro do IFRN - *Campus São Paulo do Potengi*.



Fonte: Coordenação de Comunicação Social e Eventos (COCSEV/IFRN/SPP).

D) MATÉRIA ORGÂNICA

Numa pilha, à base de material lenhificado, devemos misturar material verde, dejetos animais ou até adubo orgânico nitrogenado para acelerar a decomposição. É importante que a mistura de resíduos que apresente uma relação carbono/nitrogênio entre 20 - 30%, a fim de se evitar um processo de decomposição acelerado demais ou muito demorado.



ATENÇÃO!

A manutenção das condições ideais de arejamento, umidade e temperatura e da qualidade do material orgânico utilizado são fundamentais para o sucesso da compostagem.

Características desejáveis em pilha de composto

Uma pilha deve ter uma estrutura que permita um bom arejamento. Nesse sentido, pedaços demasiadamente grandes dificultam seu contato direto com o material ativo, dificultando sua decomposição. Quanto menor for o tamanho das partículas, mais acelerado será o processo de deterioração.

ATENÇÃO!

Deve-se cobrir a pilha com palha, terra, material poroso ou plástico perfurado para evitar a penetração da chuva (percolação), a dissipação de calor e a perda de umidade (dessecação).

Local da Compostagem

O local da compostagem deve ser de fácil acesso e com espaço suficiente para facilitar os revestimentos das pilhas de acordo com o volume a ser produzido. Deve ter também uma fonte de água e uma barreira de proteção contra o excesso de ventos e insolação. As leiras devem ser construídas de modo que o seu comprimento fique disposto no sentido da declividade do terreno, construindo-se canaletas à sua volta, a fim de se evitar o escoamento do chorume.



ATENÇÃO!

Sempre que possível, montar as pilhas nos mesmos locais onde foram montadas as pilhas anteriores. Essa orientação baseia-se na grande população de microrganismos já existente no solo nesses locais, os quais contribuirão também nas seguintes de forma significativa na decomposição das pilhas.

Fases da compostagem

Durante o processo de compostagem (decomposição dos resíduos orgânicos), ocorrem quatro fases, das quais destacamos:

- 1) **FASE MESÓFILA** - É o primeiro estágio de decomposição da matéria orgânica, acontecendo logo nos primeiros dias. Nessa fase, a pilha de compostagem pode atingir entre 40 e 45 °C.
- 2) **FASE TERMÓFILA** - Nessa fase, a temperatura pode atingir até 60 °C. É nela que verifica-se o máximo efeito de decomposição da pilha, podendo durar até vinte dias.
- 3) **FASE DE ARREFECIMENTO** - Subsequente ao final da fase termofílica, a fase de arrefecimento é caracterizada pela queda gradativa da temperatura, até que a pilha atinja a temperatura ambiente.
- 4) **FASE DE MATURAÇÃO** - É a última fase do processo de compostagem. Nesse estágio, o composto atinge sua estabilidade, estando pronto para uso.

Materiais que podem ser utilizados no processo de compostagem

Vários resíduos orgânicos podem ser utilizados no processo de compostagem, dentre os quais podemos destacar:

- Restos de cultura (folhas, raízes, caules, frutos);
- Estercos diversos;
- Lixo orgânico doméstico;
- Excrementos líquidos de animais (chorumes e urina);
- Produtos de compostagem ou fermentação de resíduos domésticos;



- Turfa (material orgânico resultante de decomposição de vegetais);
- Compostos de cultura de cogumelos, excremento de minhocas e insetos.

Figura 3 - Mistura de resíduos orgânicos e material ativo na confecção de uma pilha de composto na área do viveiro do IFRN - Campus São Paulo do Potengi.



Fonte: Coordenação de Comunicação Social e Eventos (COCSEV/IFRN/SPP).

ATENÇÃO!

É interessante observar que os materiais utilizados na compostagem devem ser os mais diversificados possíveis, obtendo-se, assim, efeitos favoráveis no tocante à melhoria da relação carbono/nitrogênio (C/N) e uma população diversificada de microrganismos. Uma relação C/N entre 26 a 35 proporciona uma rápida e eficiente compostagem. Se essa relação for bem maior que o exposto, o que pode ocorrer? E se a relação for menor, o que acontece? Que tal tentar descobrir?



Vantagens da compostagem

- A. Redução das perdas de nutrientes no solo;
- B. Destruição de microrganismos patogênicos do solo;
- C. Melhoria da qualidade dos produtos;
- D. Ativação dos microrganismos do solo;
- E. Redução da poluição ambiental;
- F. Supressão de odores desagradáveis.

Biofertilizantes Líquidos

Agora que já aprendemos o que é compostagem e suas etapas de produção, vamos falar de outro importante adubo orgânico: o biofertilizante líquido. Você já ouviu falar em biofertilizantes? Neste item, vamos aprender sobre o conceito de biofertilizante líquido de fermentação anaeróbica (sem a presença de oxigênio), os procedimentos para seu preparo e os benefícios de seu uso nas plantas e solos.

Biofertilizante líquido é um adubo orgânico vivo, produzido pela metabolização da matéria orgânica, composto basicamente por água, esterco, diversos tipos de matéria orgânica (plantas trituradas, sangue e vísceras origem animal, urina, leite, cascas de camarão, dentre outros) e alguns aditivos minerais contendo macro e micronutrientes, quando necessário.

Igualmente ao composto orgânico, os biofertilizantes líquidos são utilizados como fonte de matéria orgânica e condicionador de solo na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, melhorando o desempenho das plantas. Além das vantagens especificadas, o biofertilizante também pode ser utilizado como fertilizante foliar, fornecendo teores significativos de macro e micronutrientes às plantas, contribuindo para o seu equilíbrio nutricional e, conseqüentemente, para o seu desempenho.

De acordo com a recomendação da EMBRAPA (2018), para preparar o biofertilizante líquido, você vai precisar dos seguintes materiais/insumos:

- Uma bombona plástica com capacidade de 200 litros;
- 15 litros de esterco bovino fresco;
- 15 litros de folhas de alguma espécie leguminosa triturada;
- 15 litros de folhas e pseudocaule de bananeira triturados;
- 15 litros de embaúba triturada.



Modo de preparo: misture bem o material e o deposite na bombona de 200 litros completando o volume para 140 litros d'água. Faça a canalização com o auxílio de uma mangueira flexível até um recipiente menor contendo água a fim de permitir a liberação dos gases produzidos durante o processo. Deste modo, evita-se a entrada de oxigênio no interior da bombona, o que comprometeria o processo anaeróbico da fermentação. O processo é ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Preparo do recipiente para recebimento de materiais orgânicos para produção de biofertilizante na área do viveiro do IFRN - Campus São Paulo do Potengi.



Fonte: Coordenação de Comunicação Social e Eventos (COCSEV/IFRN/SPP).

É importante destacar que, quando da utilização do material ativo (material orgânico com grande população de microrganismos), dá-se preferência aos esterco frescos. Esses materiais podem ser coletados diretamente nas instalações onde são criados os animais, conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5 - (A) Curral de criação de gado leiteiro localizado no município de São Paulo do Potengi - RN; (B) esterco bovino fresco para ser utilizado na produção de biofertilizante líquido.



Fonte: Coordenação de Comunicação Social e Eventos (COCSEV/IFRN/SPP).

Para finalizar o processo, faz-se necessário agitar periodicamente (uma a duas vezes por semana) a bombona contendo o material orgânico que vai originar o biofertilizante. Tomados todos os cuidados necessários, em sessenta dias (em média), seu biofertilizante estará pronto para uso. Ressaltamos que este deverá ser filtrado, separando-se a parte líquida da parte sólida.

E então, percebe como a produção de compostagem e de biofertilizante líquido, aproveitando resíduos orgânicos, pode contribuir para o enriquecimento do solo e para o desenvolvimento das plantas? Sem falar nos benefícios ambientais e econômicos que essas práticas podem gerar. Esperamos que você coloque em prática estes ensinamentos. Para isso, incluímos, ao final desta disciplina, uma atividade de fixação e um roteiro de aula prática para que você possa ampliar seus conhecimentos.



Resumo

Nesta disciplina, aprendemos sobre aspectos técnicos do aproveitamento de resíduos orgânicos na produção de compostagem, tanto na forma sólida (composto orgânico) quanto na forma líquida (biofertilizante), através da fermentação aeróbica e anaeróbica, respectivamente. Sobre a compostagem, tivemos a oportunidade de conhecer seu contexto histórico, definição, conceitos, bem como as etapas envolvidas no seu processo de produção, além dos cuidados que devem ser tomados em todas as suas etapas. Abordamos informações básicas relativas ao processo de compostagem, onde destacamos suas principais vantagens tanto do ponto de vista econômico, quanto do social e ambiental, principalmente no que diz respeito às características físicas, químicas e biológicas dos solos. Ressaltamos que a incorporação de resíduos orgânicos aos solos, principalmente em áreas que passaram por algum processo de degradação, contribui significativamente para a melhoria e manutenção de sua estrutura, bem como para a reposição de vários macro e micronutrientes que foram extraídos pelas plantas, perdidos por algum processo erosivo ou lixiviação. Vale ressaltar que, além de todas as vantagens apresentadas da produção de composto orgânico, não poderíamos deixar de destacar a perspectiva da amenização de um dos maiores problemas ambientais a nível mundial, que é a questão do lixo.

EXERCÍCIO DE FIXAÇÃO

1. Conforme o que foi apresentado, defina com suas palavras o que é compostagem.
2. Quantas e quais são as etapas da compostagem? Especifique o significado de cada uma delas.
3. Na sua residência ou na sua propriedade, você costuma fazer a separação dos resíduos orgânicos dos resíduos não recicláveis? Na sua concepção, existe alguma vantagem e/ou desvantagem de se fazer essa separação? Explique.
4. De acordo com o que foi abordado na disciplina, descreva o que é necessário para se fazer uma boa compostagem?
5. Quais as características desejáveis de uma pilha de composto?
6. Descreva os aspectos que devem ser levados em consideração quanto ao local que irá escolher para fazer sua compostagem.
7. Cite algumas vantagens da compostagem.



ATIVIDADE PRÁTICA - PRODUÇÃO DE PILHA DE COMPOSTO ORGÂNICO

Seguindo as orientações descritas abaixo, vamos construir uma pilha de compostagem levando em consideração todos os aspectos abordados na disciplina.

Passo 1 - colete resíduos orgânicos produzidos na sua residência para ajudar na composição da pilha.

Passo 2 - colete resíduos orgânicos de origem vegetal nas dependências do local onde realizará a prática.

Passo 3 - todo esse material deverá ser encaminhado para uma área coberta específica, com disponibilidade de água e espaço, condições essenciais para que possamos desenvolver nossa atividade.

Passo 4 - o material ativo (fonte de microorganismos) a ser utilizado pode ser esterco bovino, ovino, caprino ou alguma outra fonte disponível na região. Vale ressaltar que esse material deverá estar disponível no local da realização da prática.

FERRAMENTAS A SEREM UTILIZADAS:

1. Carro de mão;
2. Pá;
3. Enxada;
4. Mangueira de jardim e ou regadores;
5. Barra de ferro.

PROCEDIMENTOS:

1. Faça uma camada com aproximadamente 20 centímetros de altura, 1,5 metros de largura e 4 metros de comprimento com os restos vegetais coletados, bem como com os resíduos que vocês trouxeram de casa.
2. Adicione uma pequena quantidade do material ativo coletado à camada feita anteriormente, distribuindo-o uniformemente, de forma a garantir o maior contato possível com os resíduos orgânicos utilizados.
3. Com o auxílio de um regador ou de uma mangueira, faça a rega da camada obtida a partir dos itens 1 e 2, estando atento a não permitir encharcamento.
4. Os procedimentos dos itens 1, 2 e 3 devem ser repetidos de 4 a 5 vezes, sobrepondo-se às camadas, formando-se a pilha de compostagem conforme mostrado na Figura 4.



Figura 6 - Formação de uma pilha de composto na área do viveiro do IFRN - Campus São Paulo do Potengi.



Fonte: Coordenação de Comunicação Social e Eventos (COCSEV/IFRN/SPP).

5. Uma vez concluída a pilha, leve a barra de ferro à parte central da mesma e enterre-a até a superfície do solo. A barra de ferro funcionará como um termômetro.
6. Em média sete dias após a formação da pilha, faz-se necessário revolvê-la, a fim de diminuir sua temperatura interna, que pode chegar até 70 °C. Caso seja necessário, deve-se também fazer a aplicação de água.
7. De acordo com as condições de temperatura da pilha, geralmente, faz-se entre quatro e cinco revolvimentos num período de 60 a 90 dias, prazo em que seu composto estará pronto para ser utilizado.



Referências

- EMBRAPA. **Produção de biofertilizantes**. 1ª ed. Macapá: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2018. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/189603/1/CPAF-AP-2018-FDR-Biofertilizante.pdf>. Acesso em: 30 mai. 2022.
- GUERRA, H. O. C. **Física dos Solos**. 1 ed. Campina Grande-PB: Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) – UFPB, 2000. 175 p.
- LOPES, A. S. **Manual Internacional de Fertilidade do Solo**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.
- PEIXOTO, R. T. G. **Compostagem**: opção para o manejo orgânico do solo. Londrina/PR: IAPAR – Circular 75, 1988. 48p.

Triagem e reciclagem

Dayana Melo Torres



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



Apresentação

Olá, caro(a) aluno(a)!

Seja muito bem-vindo(a) à nossa disciplina de Triagem e Reciclagem do curso de Operador de Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos!

Para iniciarmos, vamos observar a Figura 1 e refletir sobre a importância de se separar e reaproveitar os resíduos sólidos?

Figura 1 – Pessoas depositando seus diferentes resíduos numa mesma lixeira.



Fonte: <https://www.shutterstock.com/pt/image-vector/ecological-waste-sorting-recycling-banner-people-1587518416>. Acesso em: 01 jan. 2020.

Você consegue identificar que cada pessoa produz um resíduo sólido diferente? Percebe que todas elas estão indo colocar seu lixo no mesmo lugar, a famosa “lata de lixo”? Será que deve ser sempre assim? Pois eu lhe digo que não! Nós podemos fazer diferente? Devemos fazer diferente e vamos aprender sobre isso nesta disciplina.



Aqui, você aprenderá sobre a necessidade de se realizar a separação e o reaproveitamento dos resíduos sólidos dentro e fora de nossas casas, da nossa escola, do nosso trabalho e em tantos outros lugares por onde passamos e vamos deixando nosso lixo. Ou melhor, nossos resíduos.

Para que a nossa conversa possa ser melhor conduzida, iremos trabalhar os conteúdos de acordo com os seguintes tópicos:

- O que é reciclagem e triagem?
- Coleta seletiva no Brasil.
- Vantagens da reciclagem.
- Sustentabilidade e Logística Reversa.

Tenho certeza que você ficou curioso para saber mais sobre triagem e reciclagem de resíduos sólidos. Vamos juntos?

Bons estudos!

O que é reciclagem e triagem?

Nós temos, basicamente, duas opções quando o assunto é o tratamento dos resíduos sólidos: destruí-los ou recuperá-los. Sabemos que eliminar todo o lixo é impossível. Portanto, é importante compreender que esses resíduos precisam ser separados (a chamada triagem) e reciclados (por meio da reciclagem).

É nas usinas de triagem onde ocorre a separação e o aproveitamento de muitos materiais, gerando o reconhecimento do resíduo como um bem econômico e de valor social. Além disso, permitem a integração dos catadores de materiais, conforme está previsto no Artigo 7º, inciso XII, da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº 12.305 de 2010).



As unidades ou usinas de triagem recebem o resíduo recém coletado e ainda misturado; passam esse resíduo por uma mesa de triagem ou esteira para que os trabalhadores promovam a separação dos materiais recicláveis, da matéria orgânica e dos rejeitos; enviam os recicláveis para baias, prensagem e enfardamento, os orgânicos para o pátio de compostagem (caso exista) e os rejeitos para a alternativa de disposição final existente no município, seja lixão, aterro controlado ou sanitário. A Figura 2 mostra uma usina de triagem de resíduos sólidos.

Figura 2 – Usina de triagem de resíduos sólidos.



Fonte: autoria própria, 2014.

Já a reciclagem consiste em reaproveitar de forma direta ou indireta os resíduos sólidos que podem ser reciclados. Com a reciclagem, busca-se aproveitar o que pode ser recuperado, e desfazer-se do lixo. Pôr a reciclagem em prática possibilita uma mudança de postura, através através do uso mais racional dos recursos naturais, visto o incremento do custo das matérias-primas.

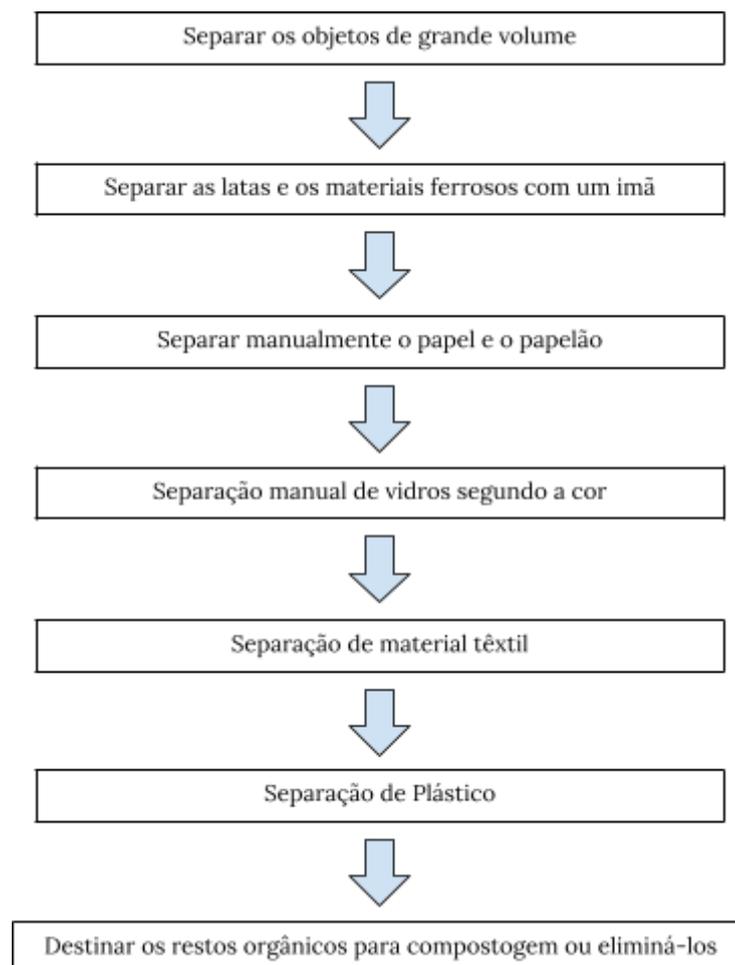


De acordo com a PNRS, o processo de reciclagem pode ser definido como:

Processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa. (BRASIL, 2010, Art. 3º).

As usinas de triagem são uma maneira de promover a reciclagem. A partir do lixo bruto, realiza-se a seleção dos resíduos a serem reciclados, de acordo com as etapas apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Etapas da seleção dos resíduos nas usinas de triagem.



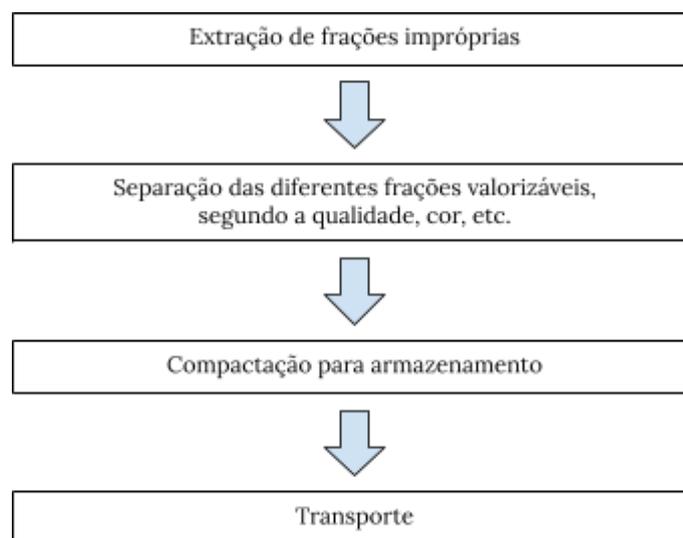
Fonte: Torres de Albuquerque, 2012.



A recuperação dos resíduos sólidos a partir da sua origem promove a coleta seletiva. Esta atividade conta com a participação da população na separação dos diferentes resíduos a serem descartados em recipientes distintos, de acordo com sua composição, conforme veremos posteriormente. Também é possível fazer a separação dos resíduos na origem, de forma mais simples, em orgânicos, rejeitos e secos.

A coleta dos resíduos secos é realizada em veículo individual e encaminhada para uma usina de triagem, onde os materiais recicláveis são selecionados. Uma vez recolhidas, as diferentes frações de resíduos seguem para uma série de operações de seleção e afino prévias à sua reciclagem e/ou valorização, que são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Etapas operacionais prévias para a reciclagem.



Fonte: Torres de Albuquerque, 2012.



Coleta seletiva no Brasil

A coleta seletiva consiste na organização de um serviço de coleta para cada um dos elementos que se quer recolher separadamente (vidro, papel, plástico, etc.). Após a coleta seletiva, deve haver um processo de triagem de materiais que posteriormente serão reciclados. Dessa forma, é importante que a coleta seletiva tenha:

- Participação da comunidade, ao depositar em distintos recipientes os diferentes tipos de resíduos, o que requer um grau de conscientização e envolvimento elevado dessa comunidade.
- A coleta em separado destes componentes em veículos especiais.

A coleta seletiva favorece o aproveitamento dos resíduos, especialmente do ponto de vista econômico. Este tipo de coleta por frações pode ser de dois tipos:

- **Tipo 1:** quando os resíduos se depositam em bolsas separadas nas moradias e a coleta é realizada em caminhões com dois compartimentos ou em caminhões independentes: um que coleta a fração úmida (matéria orgânica, como restos de comida e cascas de frutas, verduras e legumes) e outro que coleta a seca (formada pelo resto de lixo não orgânico).
- **Tipo 2:** quando a classificação é mais específica, dividindo-se em: fração úmida (matéria orgânica), fração reciclável (papelão, papel, etc.), e fração não reciclável (formada por aquele tipo de resíduo que não se recicla, chamado de rejeitos).

A tendência atual dos municípios é a de organizar dois sistemas de coleta independentes: a coleta convencional dos resíduos sólidos urbanos e a coleta seletiva. Existem diversos tipos de recipientes para se depositar os resíduos da coleta seletiva, mas todos seguem o mesmo padrão de cor, conforme é estabelecido no código de cores da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 275/01 (BRASIL, 2001) (Figura 5).



Figura 5 – Recipientes e suas respectivas cores para coleta seletiva.



Fonte: autoria própria, 2021.

Por meio da Resolução CONAMA nº 275/01, podemos observar que os resíduos orgânicos podem ser acondicionados em recipientes (lixeiras) de coloração marrom. Enquanto os resíduos recicláveis podem ser acondicionados em recipientes de diversas colorações, tais como: azul (papel e papelão); amarelo (metal); vermelho (plástico); e verde (vidro). Já os rejeitos sólidos podem ser acondicionados em recipientes de cor cinza. Esse mecanismo de segregação/acondicionamento busca, portanto, a não contaminação ou contato dos resíduos orgânicos e recicláveis com os rejeitos sólidos.

No entanto, é importante salientar que a segregação/acondicionamento dos resíduos orgânicos, recicláveis e os rejeitos sólidos pode ser implementada de forma mais simples. De fato, atualmente, vem-se adotando uma forma mais simplificada de segregação/acondicionamento desses materiais, separando-os em três recipientes, como ilustrado na Figura 6.



Figura 6 – Modelos de recipientes para segregação e acondicionamento de resíduos e rejeitos sólidos.



Fonte: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR7DM-9D5gTWu9d29pB5nFP_jQ9Xhg6CZBCWA&usqp=CAU. Acesso em: 01 jan. 2020.

Esse mecanismo mais simplificado de segregação/acondicionamento busca economizar recursos financeiros, evitando a aquisição de diversos recipientes, e facilitar a compreensão dos cidadãos no que diz respeito à coleta seletiva e ao armazenamento desses materiais.

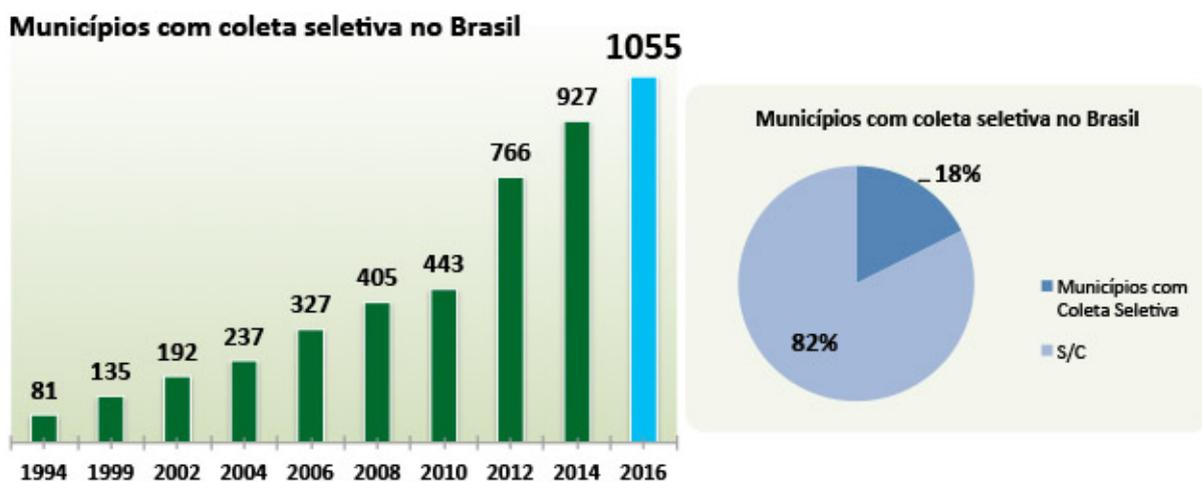
A PNRS possui importantes instrumentos que podem ser utilizados no processo do manejo dos resíduos sólidos, sendo importantes ferramentas de conscientização ambiental. Podemos citar os seguintes instrumentos que compõe a PNRS:

- Coleta seletiva;
- Educação ambiental;
- Incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas de catadores;
- Gerenciamento de resíduos sólidos com a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final, ambientalmente correta, dos rejeitos.
- Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos



No Brasil, a coleta seletiva sempre foi realizada de maneira informal, há anos, por meio dos catadores autônomos. Em muitos municípios do país, os catadores organizam-se em cooperativas, que recebem os resíduos, fazem a separação adequada, e encaminham-nos para empresas recicladoras dos materiais. Uma pesquisa feita pelo CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) mostrou que, em 2016, apenas 1055 (18%) dos municípios brasileiros possuíam sistema de coleta seletiva implantado, sendo que a maioria desses, cerca de 81%, está concentrada no Sul e Sudeste do país (Figura 7). Do quantitativo de resíduos que é destinado à coleta seletiva, aproximadamente 34% é papel ou papelão, 11% é plástico e 35% são materiais não recicláveis que foram misturados aos recicláveis. Por isso é tão importante empreender ações de educação ambiental junto à população, para que se compreenda como deve ser a manipulação desses materiais.

Figura 7 – Quantitativo de municípios brasileiros com coleta seletiva.



Fonte: Recicloteca - Centro de Informações Ambientais. Disponível em:
https://www.recicloteca.org.br/wp-content/uploads/2016/09/im_clico2016_2.jpg.
Acesso em: 12 abr. 2022.



Você sabia?

Nós temos uma Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), publicada em 2010 por meio da Lei nº 12.305, que traz metas a serem cumpridas quanto à gestão dos resíduos sólidos. Apesar disso, nosso país recicla somente 2,1% do total de resíduos coletados, conforme consta no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL, 2022), por meio de dados obtidos em 2019. Em 2020 tivemos uma atualização da PNRS, e nela se estabelece que, pelo menos, 72,6% da população tenha acesso à coleta seletiva e que 20% do material coletado seja reciclado. São metas ambiciosas e que necessitam de investimentos públicos e privados para que sejam alcançadas.

Vantagens da Reciclagem

Lembre-se que a reciclagem, tanto através da coleta seletiva como a feita nas usinas de triagem, é uma operação muito importante para o meio ambiente, além de ser rentável.

Quando se fala sobre reciclagem de papel, o primeiro passo na usina de reciclagem é classificar o papel de acordo com a sua graduação (tamanho das fibras), qualidade e estado (se tem poeira, resíduos, clips, impressões e outras contaminações). Depois dessa classificação, todo esse material é compactado e segue para a indústria de recuperação.

Os metais, como latas de aço, alumínio ou bimetálicos (dois metais grudados ou soldados) têm um alto aproveitamento no mercado de recicláveis. Depois de selecionados, são achatados/compactados e enfardados para venda. É importante que esses materiais, principalmente as latas, sejam lavados e limpos para eliminação de restos de alimentos.

Outro material que possui um potencial de reciclagem elevado é o vidro, mas alguns têm melhores usos que outros. Apesar disso, o que se observa na prática de pequenas cooperativas de catadores é um problema em relação à sua manipulação. Isso porque, para que o vidro seja transportado, é necessário quebrá-lo para reduzir seu volume e, na maior parte das vezes, os equipamentos de proteção individual (EPI) são inadequados (Figura 8). A maior parte do vidro, cerca de 80%, é proveniente dos recipientes utilizados no nosso dia a dia.



Figura 8 – Funcionário de cooperativa de materiais recicláveis quebrando vidros manualmente sem proteção adequada.



Fonte: autoria própria, 2021.

O plástico é um dos materiais mais difíceis de se reciclar, devido à competição com o relativo baixo custo dos materiais virgens, e à dificuldade dos próprios processos de reciclagem. O problema não é a falta de capacidade de reutilizar os materiais; a dificuldade situa-se na existência de inúmeras variedades, muitas com a mesma aparência, mas que não são intercambiáveis (trocáveis).

Atualmente, há dois tipos principais de plásticos recicláveis. Um deles é o tereftalato de polietileno (PET), o qual é usado nas garrafas de bebidas de plástico de diferentes tamanhos. O outro é o polietileno de alta densidade (HDPE), que é usado na produção de vasilhames de leite, sucos, água, detergente, etc. Geralmente, após a seleção do tipo de plástico nas usinas, é realizado seu retalhamento de forma que possam ser facilmente enfardados para o embarque.



Em relação às embalagens conhecidas popularmente como Tetra Pak®, embalagem cartonada, caixa de leite ou embalagem longa vida, estas são passíveis de serem recicladas separando-se as fibras do papel em água por meio de agitação durante 30 minutos. As fibras vão se soltando do plástico e do alumínio e ficam misturadas na água; depois, as fibras do papel são peneiradas e separadas do plástico e do alumínio, enquanto que a polpa com o papel vai para o processo de reaproveitamento e fabricação de papel. Tanto o plástico como o alumínio são levados para outras empresas de reciclagem especializadas na separação desses dois materiais. A Figura 9 mostra fardos dessas embalagens prontos para comercialização.

Figura 9 – Fardos de embalagem longa vida prontos para comercialização.



Fonte: autoria própria, 2021.



PARA REFLETIR!

Foram feitos alguns investimentos na implantação de usinas de triagem pelo Brasil, mas em alguns municípios pequenos a experiência não foi bem-sucedida e muitas dessas unidades ficaram sucateadas, apesar dos custos de implantação e operação serem relativamente baixos devido a uma operação manual. Na maioria dos municípios onde se encontram usinas desativadas ou paralisadas não foi realizado um trabalho de conscientização da população, ou seja, é necessário mobilização social, fazer com que a população seja partícipe do processo de separação dos resíduos sólidos na fonte, onde eles são produzidos.

Além disso, estimular a reciclagem e a implantação das unidades de triagem melhora os aspectos ambientais, gerando benefícios sociais pela integração dos catadores que antes buscavam lixo nos lixões (loais insalubres e de alto grau de risco). Isso dá dignidade para esses trabalhadores executarem um trabalho tão importante no gerenciamento de resíduos de forma mais saudável.

Sustentabilidade e Logística Reversa

Deu para perceber até aqui que a triagem e a posterior reciclagem geram efeitos diretos e indiretos. Elas reduzem a quantidade de resíduos descartados no meio ambiente, o que promove: a preservação e conservação dos recursos naturais, a conscientização da sociedade e os ganhos financeiros, pois o lixo é uma fonte de renda. Para que essas ações ocorram, é importante que a reciclagem tenha objetivos para alcançar a promoção da sustentabilidade e a logística reversa.



Você lembra da frase “na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”, de Antoine Lavoisier? Relacionar a logística reversa com a sustentabilidade tem tudo a ver com essa frase. A logística reversa constrói uma estreita relação com a sustentabilidade e a reciclagem, pois possibilita o descarte correto de resíduos que serão encaminhados para o processo de reciclagem. Isso significa dizer que os resíduos são reintegrados/reinseridos no processo produtivo, transformando-os em matéria-prima, a fim de que se forme um novo produto com as mesmas características.

A PNRS estabelece que a logística reversa é

instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação ambientalmente adequada. (BRASIL, 2010, Art. 3º).

O sistema de logística reversa visa, portanto, destinar os resíduos perigosos, após o uso pelo consumidor, aos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes. Ou seja, o consumidor gerador de um determinado resíduo perigoso deve encaminhar seus resíduos aos fabricantes ou comerciantes, a fim de que estes implementem o tratamento e disposição final desse material.

A PNRS elenca uma série de resíduos perigosos que deverão ser submetidos ao sistema de logística reversa, tais como:

- Embalagens de agrotóxicos;
- Pilhas e baterias;
- Pneus;
- Lâmpadas fluorescentes de vapor de sódio e mercúrio; e
- Produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Cabe também destacar o conceito de lixo zero nessa relação entre sustentabilidade e logística reversa, pois consiste no aproveitamento e no encaminhamento correto dos resíduos recicláveis e orgânicos, podendo-se reduzir significativamente sua quantidade antes de seu tratamento e destinação final.



A concepção de lixo zero aplica os 5 Rs da sustentabilidade que são: Reduzir, Recusar, Reciclar, Reutilizar e Repensar (Figura 10). Aplicá-los no dia a dia promove práticas sustentáveis que têm como meta diminuir o desperdício de materiais e produtos, preservando a natureza da extração de recursos já escassos.

Figura 10 – Os 5 Rs da sustentabilidade.



Fonte: <https://www.larplasticos.com.br/wp-content/uploads/2019/06/5res.jpg>
Acesso em: 01 jan. 2020.



Resumo

Chegamos ao fim desta disciplina, na qual estudamos os principais aspectos sobre triagem e reciclagem de resíduos sólidos. Vimos que essas etapas se complementam e são fundamentais para que o gerenciamento de resíduos sólidos seja efetivo, sobretudo em relação aos resíduos potencialmente recicláveis. Em todo o texto, sempre discutimos aspectos teóricos e práticos, tendo como referência a legislação brasileira. Também conhecemos a coleta seletiva e vimos que, apesar de ser um processo simples, torna-se complexo devido à necessidade de conscientização da população e da implementação de políticas públicas. Em todos esses processos, temos a participação dos catadores ou cooperados de cooperativas de materiais recicláveis, que são os grandes atores quando se fala de gestão de resíduos sólidos. Além disso, vimos algumas vantagens da reciclagem dos diferentes tipos de resíduos sólidos. Finalizamos nossos estudos conhecendo a logística reversa e sua relação com a sustentabilidade e a reciclagem, compreendendo o conceito de lixo zero e a importância de se praticar os 5 Rs da sustentabilidade.



Referências

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento**. Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 18 abr. 2022.

_____. **Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 03 ago. 2010.

_____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 275 de 25 de abril de 2001**. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Brasília: Diário Oficial da União, 19 jun. 2001.

TORRES DE ALBUQUERQUE, J. B. **Resíduos sólidos: lixões, aterros sanitários, reciclagem, do meio ambiente e do crime ambiental**. Imprensa: Leme, SP, Independente, 2012.

Operação de unidades de tratamento de resíduos

Sativa Barbosa
de Brito Lelis Villar



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte



Apresentação

Olá, caro(a) estudante! Sejam bem-vindo(a) à disciplina de Operação de Unidades de Tratamento de Resíduos!

Agora que você já entende sobre gerenciamento de resíduos, incluindo seu destino e tratamento adequados, é hora de conhecer como funcionam as unidades de tratamento de resíduos sólidos e como você pode atuar profissionalmente nestes locais.

Como as unidades de tratamento recebem uma grande quantidade de resíduos sólidos potencialmente contaminados, estes locais precisam ser muito bem organizados para evitar impacto produtivo com prejuízo financeiro, contaminação ambiental, atração de vetores transmissores de doenças, acidentes de trabalho e até a desconfiguração da unidade. Qualquer unidade recebedora de resíduos que não funcione bem e exponha esses materiais a céu aberto está sujeita a ser considerada pelos órgãos ambientais e de controle como um lixão. Já conhecemos as consequências dos lixões e sabemos que, mesmo em caráter temporário, estes são locais inadequados para armazenamento/disposição de resíduos sólidos.

Para evitar com que esses problemas aconteçam, o trabalho em unidades de tratamento de resíduos sólidos demanda uma **rotina de ações que são planejadas visando o funcionamento adequado das unidades**. É sobre isso que aprenderemos nesta disciplina.

Ao final da disciplina, esperamos que você alcance os seguintes objetivos de aprendizagem:

- Compreender boas práticas na rotina operacional de aterros sanitários, usinas de compostagem, de incineração e de biodigestão.
- Entender a relação entre a operação de unidades de tratamento de resíduos sólidos e a manutenção da qualidade ambiental.

Bons estudos!



Operação de unidades de tratamento de resíduos sólidos

O termo operação (do latim operatio-onis: trabalho, obra) refere-se a execução metódica; combinação sistemática. No caso das unidades de tratamento de resíduos sólidos, podemos considerar a operação como: **o conjunto dos meios que se combinam na execução sistemática do trabalho para se alcançar o resultado de bom funcionamento das unidades.**

Nos itens a seguir, trataremos da rotina operacional das principais unidades de tratamento de resíduos sólidos.

Operação de aterros sanitários

Os aterros sanitários são considerados unidades de tratamento e de disposição final de resíduos sólidos e são adequados para boa parte dos resíduos sólidos produzidos nas cidades.

ATENÇÃO!!!

A replicação de modelos e critérios operacionais internacionais para aterros sanitários pode ser feita desde que completamente adaptada às características locais, tanto ambientais como em relação às características dos resíduos dispostos, que são diversos e provocam comportamentos diferentes na estabilidade da massa de resíduos!

No Brasil, os aterros sanitários estão mais concentrados nas capitais e regiões metropolitanas, como é o caso do Aterro Metropolitano de Salvador (Figura 1).



Figura 1 - Aterro sanitário metropolitano de Salvador/BA.



Fonte: autoria própria (2018).

Os aterros sanitários recebem diariamente toneladas de resíduos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública. Demandam estruturas de contenção, empilhamento de resíduos e também de controle ambiental, como cercamento para controle do acesso, sistemas de drenagem de águas pluviais, de proteção do solo, de drenagem do lixiviado, de tratamento do lixiviado e de drenagem dos gases resultantes da decomposição dos resíduos. Por possuírem estruturas complexas, os aterros devem ser operados com muito cuidado para evitar acidentes.

Infelizmente não são raros os registros de deslizamentos dos resíduos confinados em aterros sanitários no mundo. Esses deslizamentos causam prejuízos em edificações nas imediações ao aterro, impactos ambientais, inclusive, a morte de pessoas. Cabe destacar que, quando ocorrem deslizamentos de aterros, a taxa de sobrevivência costuma ser baixa, devido à natureza do resíduo e ao potencial do gás metano que se acumula dentro dos bolsões de ar e causa intoxicação.



No Brasil, já foram registrados alguns deslizamentos de aterros de resíduos, com destaque para o Aterro de Bandeirantes (SP) que ocorreu em 1991, quando houve um deslizamento de volume de resíduos correspondente a 65.000 m³. Na ocasião, o Aterro de Bandeirantes era um dos maiores aterros em operação no mundo e representou um divisor de águas para o setor de gestão de resíduos, pois, a partir dele, os profissionais que atuam na área desenvolveram e aprofundaram estudos para o aprimoramento das técnicas e processos de construção e operação dos aterros, com o objetivo de que situações similares não voltassem a acontecer (BENVENUTO et al., 2019).

Os principais aspectos a serem considerados na operação de aterros sanitários são descritos abaixo.

Horário de funcionamento e controle no acesso

É comum que o horário de funcionamento de um aterro seja baseado no horário de coleta de resíduos do município. É oportuno que o horário de encerramento de recebimento de resíduos sólidos no aterro seja anterior ao horário final de funcionamento do aterro. Dessa maneira, é possível proceder à compactação e recobrimento dos resíduos que chegaram no último recebimento, assim como a limpeza da frente de serviço e higiene pessoal dos funcionários do aterro, antes do término do expediente diário.

Os aterros devem ser cercados para delimitar seu espaço e evitar a entrada de pessoas (catadores de materiais recicláveis ou curiosos) ou animais. O tipo de cerca a ser utilizada costuma ser de arame farpado ou tela. Caso o cercamento não seja suficiente, a construção de cinturões verdes associados a outro tipo de cerca também podem reforçar o isolamento.

Informações sobre características do resíduo depositado

Na chegada dos resíduos sólidos ao aterro, deve haver uma pesagem. É comum que a pesagem seja feita por balanças próximas à portaria do aterro, onde os caminhões são pesados na chegada e na saída e a diferença entre as duas pesagens corresponde à massa de resíduos descarregada no local. Caso o aterro não disponha de balanças, será necessário estimar a massa de resíduo a partir da capacidade de cada caminhão.



Além do conhecimento das quantidades de resíduos sólidos que entram no aterro, as pesagens são feitas para estabelecer parâmetros de controle da operação e determinar tarifas de cobrança. O funcionário que atua na etapa de pesagem deverá: registrar peso da tara (peso do veículo sem sua carga) e peso da carga de cada veículo, além de emitir faturas, recibos e documentos de pesagem.

É importante conhecer a origem dos resíduos que chegam ao aterro. Conforme estudado em disciplinas anteriores, o ideal é que o aterro receba os resíduos após esgotadas as possibilidades de reutilização, reciclagem e tratamentos que envolvam a minimização e a valorização dos resíduos. Porém, pode acontecer de chegarem ao aterro caminhões trazendo resíduos que não deviam estar ali, como os com elevado teor de matéria orgânica, recicláveis e, ainda, resíduos que não devem ser recebidos pelo aterro como pneus, poda, resíduos dos serviços de saúde, entre outros. De modo a controlar a origem de resíduos que chegam ao aterro, é importante que o acesso seja restrito a veículos cadastrados com especificação de carga, acompanhada de inspeções por amostragem.

O recebimento de volumes de resíduos acima do previsto pode trazer diversos prejuízos ao funcionamento do aterro, inclusive, contribuir para diminuir sua vida útil (quando, antes do tempo previsto de funcionamento do aterro, a área prevista para a disposição dos resíduos já está toda ocupada). A redução do tempo de vida útil demanda investimentos na ampliação e/ou construção de novos aterros antes do momento previsto, gerando custos para o(s) município(s) atendido(s) pelo aterro.

Para se evitar a sobrecarga, deve ser feito um controle efetivo dos resíduos que o aterro recebe e incentivos à coleta seletiva, compostagem, logística reversa, reutilização e reciclagem de resíduos produzidos no município.

Conhecer a origem dos resíduos que chegam ao aterro é fundamental também para o monitoramento geotécnico, como veremos adiante. Pela existência de matéria orgânica nos resíduos, associada à influência climática em um ambiente predominantemente anaeróbico, há formação de biogás que exerce pressões internas e formação de lixiviados que influenciam na estabilidade das pilhas de resíduos. O que se espera é que o comportamento geotécnico seja definido pela maior quantidade e predominância dos tipos de resíduos que o aterro recebe.



Adequada disposição de resíduos

Os resíduos descarregados devem ser empurrados, de baixo para cima, e espalhados no talude da frente de serviço a partir de tratores de esteira. O espalhamento tem como objetivo criar uma camada de espessura uniforme e promover a homogeneização dos resíduos.

A compactação normalmente é realizada com o trator de esteira, que deve trabalhar de baixo para cima e passar de 3 a 5 vezes sob uma camada de resíduos de 30 a 50 cm. A passagem do caminhão de baixo para cima costuma render volumes de resíduos menores (maior compactação) do que no sentido contrário. Cabe destacar que a altura das células costuma ser de 2 a 3 metros para melhor aproveitamento do caminhão compactador.

Encerrada a compactação e com o avançar das frentes de serviço, deve ocorrer o recobrimento dos resíduos. Em aterros de pequeno porte, esse recobrimento ocorre no final do expediente diário de serviço com materiais inertes, como a terra. Para aterros de maior porte, o recobrimento ocorre sempre que a exposição for maior que 8h, com terra ou outros materiais inertes, como os resíduos da construção civil. O recobrimento evita a exposição dos resíduos e a atração de animais que podem servir como vetores na transmissão de doenças.

Monitoramento

Uma vez em operação, os aterros de resíduos devem ser continuamente monitorados. O aterro deve possuir um programa de monitoramento permanente, atualizado, sistemático e que abranja as diversas instalações que compõem o aterro. Cada aterro deve ter o seu próprio programa, que é desenvolvido em função das características locais, como tipo de solo, capacidade, método construtivo, distância de elementos como residências, recursos hídricos, aeroportos, etc. O programa deve ser seguido à risca e as dificuldades de sua implementação devem ser sempre reportadas aos profissionais competentes.

Há dois tipos de monitoramento: o **ambiental** e o **geotécnico**.



Os elementos monitorados no monitoramento ambiental são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Exemplos de programas de monitoramento ambiental para aterros sanitários.

PROGRAMA	OBJETIVOS	EXECUÇÃO/ LOCAL
Qualidade das águas subterrâneas	Avaliar a eficiência dos sistemas de impermeabilização e drenagem de lixiviados e detectar alterações na qualidade da água subterrânea para preservação de mananciais subterrâneos.	Análise em laboratório de amostras de água coletadas em poços a montante e a jusante do aterro.
Lixiviado	Monitorar a qualidade e quantidade de lixiviados gerados no aterro sanitário para avaliar a eficiência do sistema de tratamento e atender aos padrões de lançamento em corpos de água.	Análises laboratoriais de diversos parâmetros, como DBO, DQO, sólidos e metais pesados na entrada e na saída do sistema de tratamento.
Qualidade das águas superficiais	Avaliar alterações nos cursos de água da região onde se localiza o aterro e avaliar a contaminação de águas pluviais para preservar os mananciais superficiais.	Análise em laboratório de amostras de água coletadas em pontos do sistema de drenagem pluvial, tais como canais, tanques ou lagoas de captação das águas pluviais drenadas.
Gases	Monitorar a qualidade e quantidade de gases gerados no aterro sanitário para acompanhar as fases de degradação e o grau de estabilização dos resíduos, bem como seu potencial energético.	Detectores de gases na saída dos drenos (queimadores, flares).



Fauna	Evitar que o aterro seja um foco de atração de aves, como urubus, que podem trazer risco para a navegação aérea/ Monitorar a comunidade de aves na área de influência direta do aterro para identificar possíveis efeitos na fauna silvestre/ Verificar se há incidência anormal de insetos potencialmente transmissores de doenças. O programa visa sinalizar problemas operacionais, proteger a saúde do trabalhador e pessoas na área de influência direta do aterro e contribuir para evitar acidentes com aeronaves.	Em toda a área do aterro e área de influência direta: trabalhos de campo com observação direta e indireta; manutenção de listagem atualizada de espécies; resgate de fauna com técnicas e equipamentos específicos; afugentamento de fauna com uso de drones, aeromodelos e fogos de artifício.
-------	---	---

Fonte: adaptado de RECESA (2008).

De uma forma geral, o acondicionamento dos resíduos no menor espaço possível nos aterros condiciona o empilhamento de camadas de resíduos. Ao alterar os resíduos por camadas, são necessários cuidados para estabilizar essas massas de resíduos ao longo do tempo (ABNT NBR 8419:1997). Nesse sentido, o monitoramento do comportamento geotécnico do aterro é realizado com os seguintes objetivos:

- Antever movimentações indesejadas do maciço, com proposição de medidas proativas;
- Detectar áreas de deficiências de drenagem com mais precisão, de forma localizada e menor custo;
- Aferir o sistema de drenagem de percolados, com possibilidade de mudança de concepção;
- Acompanhar a eficiência de ações corretivas;
- Estudar a estabilidade do maciço com maior grau de certeza.



ATENÇÃO!!!

O monitoramento geotécnico deve continuar mesmo após o encerramento do aterro, pois a massa de resíduos poderá continuar se movimentando e causar consequências ambientais, administrativas e jurídicas.

Já no monitoramento geotécnico, são usadas técnicas e metodologias para controlar a estabilidade geotécnica dos aterros de resíduos sólidos de forma a evitar a ruptura dos taludes e escorregamento da massa de resíduos. No monitoramento geotécnico, os seguintes elementos são monitorados: deslocamentos verticais (recalques); deslocamentos horizontais (afastamentos); poropressões de líquidos e gases (pressões neutras); resistência ao cisalhamento dos resíduos; vazões de lixiviados e gases; e pluviometria local.

Os principais instrumentos utilizados no monitoramento geotécnico são:

- Piezômetros: têm a função de registrar pressões dos fluidos internos diante das disposições dos resíduos.
- Marcos superficiais: são referências instaladas nas superfícies dos taludes. A partir do seu monitoramento, é possível saber se há deslocamentos horizontais ou verticais, a magnitude desses deslocamentos e sua velocidade.
- Inclinômetros: Medem os desvios de inclinação por uma vertical em duas direções do maciço.

Cabe ressaltar que as inspeções em campo e a interpretação dos resultados da instrumentação devem ser realizadas por profissionais especialistas treinados em monitoramento geotécnico. Os demais profissionais envolvidos na operação do aterro devem se reportar aos profissionais do monitoramento geotécnico sempre que observarem situações como as descritas abaixo:

Trincas

Afundamentos

Erosões

Lixo exposto



Operação de usinas de triagem

O processo de triagem é uma etapa importante para permitir o aproveitamento de frações de resíduos sólidos aproveitáveis e/ou comercializáveis. Nos municípios onde não há coleta seletiva, os resíduos podem ser separados em locais específicos denominados usinas de triagem. Nesses locais, ocorre a separação manual dos diversos componentes dos resíduos sólidos.

Após a chegada dos resíduos na usina de triagem, os resíduos maiores como sucatas de eletrodomésticos, utensílios grandes, metais e papelões são separados na área de recepção. Os demais (resíduos menores), são encaminhados à mesa de triagem.

A mesa de triagem, normalmente, é construída com madeira ou metal, podendo ser mecanizada ou não. De modo a proporcionar aos funcionários a adequada operação de triagem, as mesas costumam ter 90 cm de altura. O armazenamento dos materiais triados, normalmente, é feito em tambores metálicos ou bombonas plásticas dispostas próximas aos operadores.

Os principais procedimentos operacionais nas usinas de triagem são apresentados no Quadro 2:



Quadro 2: Procedimentos a serem adotados na operação das usinas de triagem.

PROCEDIMENTOS DIÁRIOS
<ul style="list-style-type: none">- Fazer uso rigoroso de EPIs. Os funcionários devem utilizar respirador individual, luvas, botas e aventais, e trocar os uniformes a cada dois dias, ou antes, se necessário;- Promover rigorosa separação dos componentes do lixo;- Evitar que os componentes separados caiam no chão;- Distribuir corretamente o material triado;- Impedir a entrada de animais domésticos no local;- Varrer o local após o encerramento das atividades;- Lavar com detergente e desinfetante a área de triagem e os tambores utilizados no transporte da matéria orgânica e dos rejeitos.
PROCEDIMENTOS MENSAIS
<ul style="list-style-type: none">- Limpar os ralos e as canaletas de drenagem;- Substituir os tambores ou bombonas danificados;- Realizar manutenção dos componentes mecanizados da mesa de triagem.
PROCEDIMENTOS SEMESTRAIS OU ANUAIS
<ul style="list-style-type: none">- Repor os EPIs e uniformes;- Pintar a área;- Desinsetizar o local.

Fonte: FEAM (2006).



Operação de usinas de reciclagem/ compostagem

As usinas de compostagem, normalmente, são licenciadas para receber e tratar resíduo orgânico domiciliar e comercial. Para o recebimento de resíduos orgânicos provenientes de outras fontes, como agroindustriais, industriais e lodos orgânicos, deve haver uma análise prévia para investigação de periculosidade (resíduos classe 1). Caso sejam considerados perigosos, esses resíduos não poderão ser recebidos pela usina de compostagem.

O local onde é executada a compostagem chama-se pátio de compostagem, e deve permitir a incidência solar, ter piso pavimentado, impermeabilizado e com sistema de drenagem pluvial para afastamento da água de chuva.

Os resíduos orgânicos que chegam ao pátio de compostagem devem ser dispostos em leiras triangulares com diâmetro de aproximadamente 1,5m a 2,0m e altura de 1,6m.

A umidade deve ser controlada, pois seu excesso pode tornar a massa de resíduos anaeróbia e ocasionar a emissão de odores e a baixa umidade desacelera a estabilização e formação do composto. O valor ideal de umidade é de 55%.

A temperatura é um parâmetro importante de acompanhamento da compostagem. Conforme estudamos em disciplinas anteriores, há variação de temperatura entre as diferentes fases da compostagem (fase inicial, fase de degradação ativa, fase de maturação). Caso a temperatura demore a subir para os limites desejáveis para cada fase, pode-se acrescentar mais matéria orgânica e investigar outras possíveis causas: baixa ou excesso de umidade do resíduo ou compactação do resíduo.

Se a temperatura medida no meio da leira estiver acima de 65°C, a leira deverá ser revirada. A aeração das leiras faz parte da rotina operacional de um pátio de compostagem e contribui para oxigenar camadas mais profundas da leira, facilitando a atuação dos microrganismos decompositores e, também, reduzindo a temperatura e umidade das leiras. A aeração deve ser realizada com ciclo de reviramento em média a cada 3 dias durante os 30 primeiros dias e a cada 6 dias até a finalização da fase de degradação ativa.



Rotina operacional

A Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais publicou um manual de orientações básicas para operação de usinas de triagem e compostagem de lixo em 2006, que resume os procedimentos a serem adotados na rotina operacional desses locais:

Procedimentos diários:

- Fazer uso rigoroso de EPIs. Os funcionários devem utilizar respirador individual, luvas, botas e aventais, e trocar os uniformes a cada dois dias, ou antes, se necessário;
- Verificar a umidade das leiras. Havendo excesso de umidade, adicionar palha ou materiais fibrosos, cobri-las com uma camada fina de composto maturado e, em período chuvoso, com lona. Se o material estiver muito seco, adicionar água;
- Identificar as leiras, até os 120 dias de compostagem, com placas numeradas;
- Ler e anotar a temperatura diária das leiras durante a fase de degradação ativa (90 dias) e durante a fase de maturação (30 dias) até completar o ciclo de 120 dias de compostagem;
- Promover a aeração a cada reviramento, na frequência de 3 em 3 dias. Se o material estiver muito compactado, adicionar material fibroso, aumentando os vazios;
- Retirar durante os reviramentos os inertes presentes nas leiras;
- Atentar para a presença dos nutrientes essenciais ao processo. Quanto mais diversificados forem os resíduos orgânicos que compõem a leira de compostagem, mais diversificados serão os nutrientes e, conseqüentemente, a população microbológica, resultando em uma melhor eficiência na compostagem;
- Garantir o tamanho de até 5 cm das partículas a compostar;
- Eliminar as moscas, cobrindo as leiras novas com uma camada de composto maturado e dedetizando as canaletas;
- Impedir o armazenamento de resíduos e sucatas no pátio;
- Retirar qualquer vegetação produzida nas leiras.
- Procedimentos mensais:
- Limpar os ralos e as canaletas de drenagem;
- Verificar as condições de impermeabilização do piso do pátio e das juntas de dilatação;
- Testar o funcionamento e substituir, caso necessário, a torneira e a mangueira que abastecem o pátio de compostagem.
- Procedimento semestral ou anual:
- Promover a poda da vegetação no entorno do pátio de compostagem a fim de evitar qualquer sombreamento.



Composto maturado

A fase de maturação é percebida a partir da redução de temperatura observada durante os procedimentos operacionais de verificação de temperatura e revolvimento das leiras. Nessa fase, devem ser suspensas as práticas de revolvimento e correção de umidade e o composto ficar “descansando” até que alcance temperatura ambiente e adquira coloração escura (marrom escuro a preto).

Depois de pronto, o composto deve ser:

- Peneirado e armazenado adequadamente (os materiais retidos na peneira podem ser encaminhados para aterro em valas de rejeito);
- Analisado em laboratório por amostragem e de acordo com parâmetros físicos, químicos e microbiológicos;
- Estocado em local com piso impermeabilizado, cobertura e protegido do acesso de animais;
- Utilizado no paisagismo, produção de mudas de espécies nativas ou ornamentais, recuperação de áreas degradadas ou outras iniciativas.

Acompanhamento do Licenciamento Ambiental de unidades de tratamento de resíduos sólidos

As unidades de tratamento de resíduos sólidos precisam ser submetidas ao processo de Licenciamento Ambiental. De acordo com a Resolução do CONAMA N° 237, de 19 de dezembro de 1997, Art. 1º, inciso I, o Licenciamento Ambiental é:

[...] procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.



O Licenciamento Ambiental tem caráter preventivo e deve ser iniciado antes do início das obras da unidade de tratamento de resíduos sólidos. O processo é iniciado pelo empreendedor ou interessado pelo empreendimento que dá entrada junto ao órgão ambiental competente (federal, estadual ou municipal a depender do tipo, porte e potencial poluidor da unidade) no pedido para emissão da Licença Ambiental. Após análise do pedido, o órgão ambiental decide pela emissão ou não da Licença Ambiental requerida.

Conforme a mesma Resolução do CONAMA, em seu Art. 1º, inciso II, Licença Ambiental é:

[...] ato administrativo pelo qual o órgão ambiental competente, estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental.

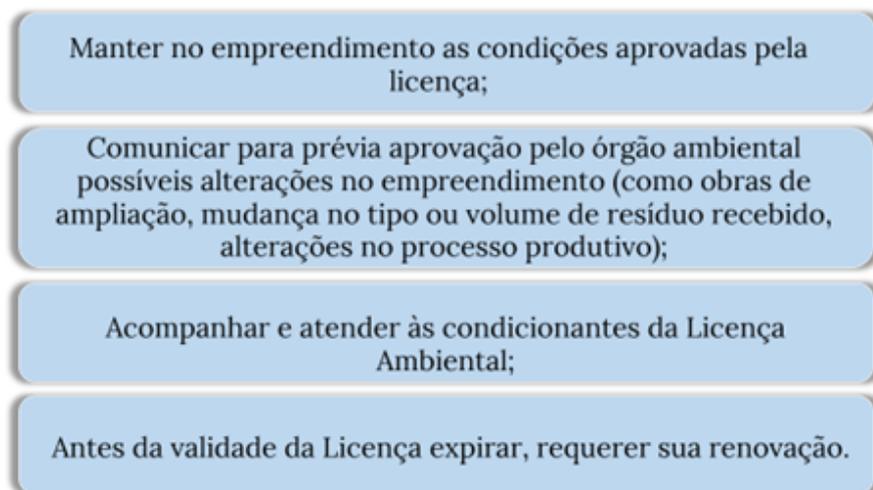
ATENÇÃO!!!

Nem toda Licença Ambiental autoriza a construção da unidade de tratamento de resíduos sólidos. Há licenças aplicáveis à fase de concepção, à fase de instalação e à fase de operação. Procure saber em qual fase o empreendimento está, a licença ambiental correspondente com a fase e as respectivas condicionantes.

Durante o período de vigência da Licença Ambiental, alguns aspectos precisam ser bem acompanhados na rotina operacional da unidade de tratamento, com destaque para:



Figura 2 - Acompanhamento da licença ambiental no empreendimento.



Fonte: autoria própria.

A unidade de tratamento licenciada deve manter uma placa indicativa no empreendimento, conforme modelo da Figura 3:

Figura 3 - Modelo de placa de licenciamento ambiental.

IDEMA
Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte

DISQUE DENÚNCIA | 3232-7004

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE
DO RIO GRANDE DO NORTE - IDEMA
LICENCIAMENTO AMBIENTAL

NOME DO EMPREENDEDOR: INSIRA AQUI
CNPJ: INSIRA AQUI, EX: 11. 222. 333/4444-55

LICENÇA AMBIENTAL Nº: INSIRA AQUI VALIDADE: INSIRA AQUI	LICENÇA AMBIENTAL Nº: INSIRA AQUI VALIDADE: INSIRA AQUI
LICENÇA AMBIENTAL Nº: INSIRA AQUI VALIDADE: INSIRA AQUI	LICENÇA AMBIENTAL Nº: INSIRA AQUI VALIDADE: INSIRA AQUI

Fonte: <http://www.idema.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=PASTAC&TARG=964&ACT=null&PAGE=null&PARM=null&LBL=null>. Acesso em: 02 jun. 2022.



Resumo

A operação de unidades de tratamento de resíduos sólidos é o conjunto dos meios que se combinam na execução sistemática do trabalho para se alcançar o resultado de bom funcionamento dessas unidades. Os aterros sanitários são unidades de tratamento e também disposição final de resíduos e recebem, diariamente, toneladas de resíduos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente e à saúde pública. Os aterros demandam estruturas complexas e, por isso, devem ser operados com muito cuidado para evitar acidentes. Nesta aula, aprendemos sobre os principais aspectos a serem considerados na operação de aterros sanitários e sobre os tipos de monitoramento: ambiental e geotécnico. Estudamos que as usinas de triagem são importantes, pois permitem o aproveitamento de frações de resíduos sólidos. Elas precisam ser operadas com cuidado e com procedimentos claros a serem adotados diariamente, como, por exemplo, a rigorosa separação dos componentes do lixo, acumulando-os em recipientes adequados por profissionais usando os EPIs. Nas usinas de reciclagem e compostagem, os resíduos passam por tratamento mecânico e os orgânicos são dispostos em leiras em formato conveniente para permitir sua maturação. O controle da umidade e temperatura, assim como a aeração das leiras são importantes aspectos da operação dessas unidades, pois são fundamentais para a eficiência do processo. Por último, aprendemos que é necessário submeter as unidades de tratamento de resíduos sólidos ao Licenciamento Ambiental, visando cumprir os aspectos legais e seu caráter preventivo.



Referências

ABNT. **NBR 8.419**. Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.

BENVENUTO, C.; MORETTI, M.; CIPRIANO, M. A.; BENVENUTO, M.; SOUZA, D. Instrumentação Geotécnica e Monitoramento da Estabilidade de Aterros Sanitários. **Revista Limpeza Pública**, São Paulo, ed. 101, 1º e 2º trimestres de 2019. Disponível em: http://www.ablp.org.br/revistaPDF/edicao_0101.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

FEAM. **Orientações técnicas para a operação de usina de triagem e compostagem do lixo**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2006. 52 p.

RECESA. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Belo Horizonte: ReCESA, Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.), 2008. 120 p.



EJA INTEGRADA - EPT
EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS



INSTITUTO FEDERAL
Rio Grande do Norte