Introdução ao Desenvolvimento Sustentável



Centro de Desenvolvimento Sustentável UnB

UnB

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil

Introdução ao desenvolvimento sustentável [livro eletrônico] / [editores Tálita Floriano dos Santos...[et al.]]. -- 1. ed. -- Brasília, DF : Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2025.
PDF
Outros editores: Cristiane Gomes Barreto, Mauro Guilherme Maidana Cappellaro, José Augusto Drummond.
Bibliografia.
ISBN 978-65-85259-38-5
1. Desenvolvimento sustentável 2. Meio ambiente 3. Sustentabilidade ambiental I. Santos, Tálita Floriano dos. II. Barreto, Cristiane Gomes. III. Cappellaro, Mauro Guilherme Maidana. IV. Drummond, José Augusto.

25-266925 CDD-333.9516

Índices para catálogo sistemático:

1. Meio ambiente : Conservação e proteção 333.9516
Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

ISBN: 978-65-85259-38-5
9 786585 259385

Expediente

Editores

Tálita Floriano dos Santos

Cristiane Gomes Barreto

Mauro Guilherme Maidana Cappellaro

José Augusto Drummond

Diagramação/Projeto gráfico/Infografia

Lidiane Holanda

Revisão

Stela Máris Zica

Colaboradores

Alessandro Roberto de Oliveira
Alexandre Strapasson
Ana Claudia Sanches Baptista
Ana Karine Pereira
Andrei Cechin
Andrés Burgos
Arnoldo Santos de Lima
Bernardo Carlos Spaulonci Chiachia Matos de Oliveira
Carlos Hiroo Saito
Cristiano Lenzi
Daniela Gonçalves Mattar
Daniela Nogueira
Diego Pereira Lindoso
Doris Sayago
Edel Nazaré Santiago de Moraes
Elimar Pinheiro do Nascimento
Fabiano Toni
Fernando Paiva Scardua
Gleidson Oliveira Silva
Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti
José Luiz de Andrade Franco
Lígia Chicareli Kawata
Louis Philippe Patrick de Jongh Filho
Marcela Ibiapino
Marilia Telma Manjate
Maurício Amazonas
Nayara Rodrigues Marques
Oscar de Moraes Cordeiro Netto
Paulo Celso dos Reis Gomes
Renata Camargo de Araújo
Renata Távora
Romero Gomes P. da Silva
Saulo Rodrigues Filho
Stéphanie Nasuti
Tahinah Martins
Yasmin Oliveira

INTRODUÇÃO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Tálita Floriano dos Santos

Cristiane Gomes Barreto

Mauro Guilherme Maidana Cappellaro

José Augusto Drummond

Universidade de Brasília

Centro de Desenvolvimento Sustentável

Este livro foi patrocinado pela Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos (FINATEC)

FINATEC Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos

Centro de Desenvolvimento Sustentável

UnB

SUMÁRIO

PREFÁCIO 5

CARTA DOS EDITORES 14

CONCEITOS INICIAIS 16

1. O ANTROPOCENO E A GRANDE ACELERAÇÃO 17
2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: A TRAJETÓRIA DE UM CONCEITO 31
3. CIÊNCIA DA SUSTENTABILIDADE 48
4. CRÍTICAS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 59
5. ALTERNATIVAS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: O PÓS-DESENVOLVIMENTO 70

FUNDAMENTOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 82

6. ECOLOGIA E SUSTENTABILIDADE 83
7. ECONOMIA E SUSTENTABILIDADE 93
8. SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE 103
9. POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE 114

TÓPICOS CONTEMPORÂNEOS 125

10. BIODIVERSIDADE E ÁREAS PROTEGIDAS 126
11. ÁGUA E SUSTENTABILIDADE 135
12. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUSTENTABILIDADE: PARTE I 142
13. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUSTENTABILIDADE: PARTE II 152
14. CIDADES SUSTENTÁVEIS 162
15. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS 168
16. ENERGIA E SUSTENTABILIDADE 178
17. EDUCAÇÃO AMBIENTAL 187
18. INJUSTIÇA, RACISMO, DIVERSIDADES E MEIO AMBIENTE 196
19. GÊNERO E SUSTENTABILIDADE 207
20. GOVERNANÇA AMBIENTAL 213
21. REDES E SUSTENTABILIDADE 221
22. ESG: ENVIRONMENTAL, SOCIAL AND GOVERNANCE 230
23. ECOLOGIA INDUSTRIAL OU O USO EFICIENTE DE RECURSOS NATURAIS 240

SEÇÃO

03

TÓPICOS CONTEMPORÂNEOS



15. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti[1]
Paulo Celso dos Reis Gomes [2]
Gleidson Oliveira Silva [3]

Resumo

Este capítulo tem como objetivo abordar a gestão dos resíduos sólidos urbanos como parte integrante de um sistema de gestão integrada no contexto brasileiro. Devido à sua complexidade, analisamos os resíduos de acordo com a sua classificação, a atividade que os gera e o processo de sua formação, seguindo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Quanto aos aspectos legais e aos instrumentos ambientais, o texto destaca a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada por meio da Lei 12.305, de 3 de agosto de 2010. A PNRS, por sua vez, aponta para a Política Nacional de Educação Ambiental – Pnea/1999, já que a educação ambiental é um instrumento importante do sistema de gestão dos resíduos sólidos, por contribuir para a sensibilização e a conscientização da população e para a sustentabilidade do sistema. A conclusão é que a gestão dos resíduos sólidos no Brasil é um desafio e que o enfrentamento da questão passa pela implantação de sistemas de gestão integrada em todo o país e pela exigência de que esses sistemas tenham como objetivo a sustentabilidade ambiental, econômico-financeira e social. Ao final do capítulo, será possível responder às seguintes questões: (i) Como podem ser classificados os resíduos sólidos? (ii) Quais os avanços que a PNRS trouxe para a gestão dos resíduos sólidos? (iii) Qual é o papel da educação ambiental na gestão de resíduos sólidos?

Introdução

Neste capítulo abordamos aspectos gerais da problemática dos resíduos sólidos urbanos a partir da perspectiva de um sistema integrado de gestão e do contexto brasileiro. Os resíduos sólidos são sobras dos processos produtivos e de consumo. Se bem tratadas, separadas na origem e encaminhadas corretamente, essas sobras podem ser reaproveitadas, recicladas e compostadas. Os resíduos têm uma composição complexa. A sua classificação neste texto leva em conta a atividade que lhes dá origem e o seu processo de geração.

Quanto aos aspectos legais e aos instrumentos ambientais pertinentes, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) tem forte relevância, pois resultou de uma ampla discussão nacional, que tomou a forma da Lei 12.305/, de 3 de agosto de 2010. No entanto, depois de 13 anos de vigência da lei, a maioria dos municípios brasileiros ainda não resolveu problemas básicos de gestão de resíduos. Eles carecem de capacidade técnica, convivem com lixões ilegais e lidam com a presença de catadores e crianças que trabalham em condições precárias nos lixões. Nacionalmente, a taxa de recuperação de resíduos sólidos secos (papel, papelão, plástico, vidro e metal) envolve apenas 2,2%, em relação ao que foi coletado (Brasil, 2022). Os desafios para equacionar os problemas gerados por esse déficit passa pela implantação de sistemas otimizados de gestão integrada que se pautem pelos princípios da sustentabilidade ambiental, econômico-financeira e social.

1 Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília
2 Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília
3 Parque Tecnológico de Belo Horizonte

Vale destacar que a PNRS aponta a Política Nacional de Educação Ambiental – Pnea (Brasil, 1999) como um instrumento importante para montar sistemas de gestão dos resíduos sólidos, pois a educação ambiental (EA) contribui para sensibilizar e conscientizar a população e para a sustentabilidade desses sistemas.

Classificação dos resíduos

Para classificar corretamente os resíduos, é necessário identificar o processo ou a atividade que lhe deu origem, além das suas características e as dos seus componentes. É necessário compará-los com as listas de materiais residuais conhecidos e verificar o seu potencial de danos à saúde humana e ao meio ambiente. Os materiais que compõem os resíduos devem ser classificados de acordo com as matérias-primas, os insumos e os processos que deram origem ao produto (ABNT, 2004). Quanto à origem, de forma geral os resíduos se dividem em pelo menos dez categorias: resíduos domiciliares, da limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais, de serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transportes e de mineração.

Vale destacar que existem outras classificações de resíduos. A norma NBR 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), classifica os resíduos quanto aos riscos potenciais à saúde humana e ao meio ambiente. Segundo a norma, os resíduos pertencem à Classe 1, Classe 2A ou Classe 2B, conforme exposto no Quadro 1:

Quadro 1 – Classificação dos resíduos, segundo a norma NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas

Classe	Características	Exemplos
Classe 1	Com características perigosas, que provocam risco à saúde pública (morte ou doenças); ou risco ao meio ambiente. Características notáveis: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, conforme ABNT NBR 10.007	Pilhas, baterias, telhas de amianto, óleo usado, resíduos de tinta, pigmentos e resíduos de serviços de saúde
Classe 2ª	Sem características perigosas; não inertes. Propriedades notáveis: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água	Restos de alimentos, resíduos sanitários, óleos alimentares, gorduras, papel e lodos
Classe 2B	Inertes; quando em contato com a água, destilada ou deionizada, em temperatura ambiente, não são solubilizados, conforme os padrões de potabilidade da água (cor, turbidez, dureza e sabor)	Plásticos, rochas, tijolos, vidros, metais ferrosos, produtos têxteis, entulho da construção civil e polímeros

Fonte: Elaboração dos Autores, a partir de ABNT (2004).

A classificação feita pela NBR 10.004 é de grande importância para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, pois ela identifica os seus aspectos físicos, químicos e biológicos. Ela permite que coleta, transporte e destinação final sejam feitos de forma adequada, além de ser usada por empresas de triagem de resíduos e por órgãos reguladores.

Resíduos sólidos urbanos

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – Sinir (Ministério do Meio Ambiente, 2021), os resíduos sólidos urbanos (RSU) merecem outra classificação além da apresentada acima. Eles são constituídos por dois tipos de resíduos de origem doméstica, denominados resíduos domiciliares e resíduos originados da limpeza urbana. Os RSU podem ainda ser classificados em secos, orgânicos e rejeitos. O Quadro 2 expõe essa segunda forma de classificação dos RSU.

Quadro 2 – Classificação de resíduos sólidos urbanos segundo o Ministério do Meio Ambiente

Tipos de resíduos	Origem	Exemplos
Resíduos domiciliares	Residências domésticas urbanas	Sobras de alimentos, cascas de frutas e legumes, papéis, jornais, plásticos, vidros, latas, embalagens, lixo do banheiro e fraldas descartáveis
Resíduos da limpeza urbana	Varrição e limpeza de vias públicas, limpeza de praias, galerias, terrenos, capina, poda e feiras livres	Restos de vegetais diversos, resíduo de varrição, embalagens em geral e resíduos de descarte irregular

Fonte: Elaboração dos Autores, a partir de Ministério do Meio Ambiente (2021)

Os RSU exigem atenção, pois geram desafios ligados à geração, à coleta, ao tratamento e à destinação final. Além disso, eles são fonte de renda para muitas famílias que orbitam a cadeia produtiva dos resíduos, com destaque para os catadores de materiais recicláveis. Dada a sua relação íntima com os seres humanos, os RSU são propícios para soluções dentro dos requisitos da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável (DS).

Panorama dos resíduos sólidos no Brasil

A geração de resíduos num país está diretamente relacionada com a dinâmica do crescimento populacional, com a escala do Produto Interno Bruto e com o grau de urbanização (Campos, 2012). Outras variáveis que afetam a geração de resíduos são os hábitos de consumo ampliados e a expansão desordenada das cidades (Ministério do Meio Ambiente, 2022). A humanidade gera em torno de 2 bilhões de toneladas de RSU por ano (Kaza, 2018). O Brasil contribui com cerca de 4% desse total. Segundo a Abrema (2023), o Brasil produziu 77,1 milhões de toneladas de RSU em 2022; cada brasileiro gerou, em média, 1,04 quilo/dia de resíduos sólidos, num total de 211 mil toneladas por dia.

Os municípios brasileiros enfrentarão um desafio enorme nos próximos anos: adotar uma solução adequada para destinar os seus RSU. Apesar de a cobertura da coleta dos RSU alcançar percentagens elevadas no país como um todo (em média 93%) (Abrema, 2023), as situações de município a município são muito desiguais nas etapas de tratamento e disposição final. Nos estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, os índices de coleta são superiores a 94%; nos estados do Nordeste e Norte, os índices são inferiores a 83%.

A etapa de tratamento dos resíduos sólidos é a mais precária e revela as maiores desigualdades. Segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Planares, apenas seis capitais têm taxa de recuperação de recicláveis secos acima de 2% (Brasil, 2022), ou seja, a quase totalidade dos RSU gerados no Brasil não têm qualquer aproveitamento e são encaminhados diretamente para disposição final em aterros. Ainda no Planares, verifica-se que, da fração de resíduos orgânicos, correspondente a 45,3% dos RSU no país (Brasil, 2022), menos de 0,5% é encaminhado para o devido tratamento biológico (compostagem, em sua maioria, ou biodigestão anaeróbica, mais raramente). Ainda não existem iniciativas de porte no país para gerar energia a partir dos resíduos (*waste to energy* – WTE).

Os dados sobre a disposição final dos RSU revelam outra situação grave: 39% dos RSU coletados no país são enviados para lixões e aterros controlados (Abrema, 2023) que, na verdade, devem ser considerados "lixões maquiados". Cerca de 3.000 lixões continuam a operar ilegalmente em todas as regiões do país (Abrelpe, 2022). Isso significa a destinação ambientalmente inadequada dos resíduos de aproximadamente 71% dos municípios brasileiros, que sofrem os graves impactos ambientais, econômicos e sociais oriundos dessa prática inadequada.

No aspecto social, pensar sobre a problemática dos RSU no Brasil exige levar em consideração a existência de aproximadamente 800 mil catadores de materiais recicláveis (Ipea, 2012). Eles trabalham em condições indignas, perigosas e insalubres, e são sujeitos a acidentes, doenças e mortes. Os catadores são uma variável importante na equação da política dos resíduos sólidos em praticamente todos os municípios brasileiros e, por isso, devem fazer parte de qualquer solução planejada pelo poder público.

Vemos, portanto, que é preciso melhorar a gestão dos RSU no Brasil para torná-la sustentável. Para tanto, é necessário implantar um manejo adequado, incorporando tecnologias apropriadas às realidades locais, dando preferência a soluções que possam ser compartilhadas por municípios vizinhos. Soluções baseadas na coleta e no transporte para afastar os resíduos devem ser abandonadas. É preciso incluir as etapas de tratamento e disposição final dos resíduos nos planejamentos municipais para evitar a geração de passivos ambientais cada vez maiores.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos

As principais leis federais relacionadas aos RSU são a Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, da Política Nacional de Saneamento PNSB; a mencionada Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, da PNRS; e a Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, do novo Marco Legal do Saneamento Básico e da Pnea/1999.

Jacobi e Besen (2011) argumentam que desde a Rio-92 o Brasil incorporou novas prioridades à gestão sustentável de resíduos sólidos. Essas prioridades constam na PNRS e influenciam a atuação dos governos, indústrias e sociedade. Garbaccio et al. (2021) acrescentam que a PNRS é fundamentada nos três pilares da sustentabilidade, isto é, reconhece a importância do governo, da indústria e da sociedade na gestão dos RSU e envolve a responsabilidade comum e a necessidade de ações de todos os atores.

Cetrulo et al. (2020) salientam que, ao considerar as fontes geradoras e a variedade dos RSU, uma relação direta entre os resíduos e a sustentabilidade envolve os seguintes aspectos: (i) utilização de recursos naturais; (ii) degradação dos recursos naturais; (iii) justiça ambiental; (iv) e equidade intergeracional. Eles destacam que outros fatores tangenciam a gestão de RSU e a sustentabilidade após a segregação, coleta e triagem deles: (i) prevenção de poluição na disposição final ou tratamento final; (ii) adaptação à economia circular; (iii) eficiência financeira; (iv) interferência no bem-estar humano; e (v) civilidade socioambiental e governança socioambiental democrática e participativa.

A Lei 12.305, em seu artigo 4º, "reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações [...] com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos" (Brasil, 2010). Analisando a realidade da maioria dos sistemas de gestão e gerenciamento de RSU do país, vemos que, mesmo após 13 anos, a efetividade da PNRS ainda é baixa. Há expectativas de avanços no setor, pois a PNRS introduziu a responsabilidade compartilhada da gestão dos RSU, que é o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas de fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos RSU. Isso visa minimizar o volume de RSU e rejeitos gerados e reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos. Cabe destacar entre os pontos incorporados pela PNRS: (i) a classificação dos RSU quanto à origem; (ii) a criação dos planos nacional, estaduais e municipais de gestão integrada de RSU; (iii) a consolidação da coleta seletiva com a participação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis; (iv) a implantação obrigatória dos sistemas de logística reversa; (v) a proibição da importação de resíduos perigosos e rejeitos; e (vi) a criação do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir).

A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, chamada de novo "Marco Legal do Saneamento Básico", criou uma nova perspectiva para atrair investimentos privados, destacando-se a implantação obrigatória de uma política tarifária municipal que gere sustentabilidade financeira para o setor de resíduos. Os serviços de tratamento dos resíduos podem se consolidar usando os recursos gerados pelos pagamentos ao poder público pela limpeza urbana e pelo manejo de resíduos, cuja dívida das prefeituras com as prestadoras de serviço chegava ao total, em 2017, de R$ 10 bilhões (ABLP, 2017) e atualmente deve estar beirando os R$ 20 bilhões.

O Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro 2022, sinaliza avanços, pois regulamentou a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Ele criou (i) o Programa Nacional de Logística Reversa. Ele instituiu também o Programa Coleta Seletiva Cidadã, que determina que os órgãos da administração pública federal devem separar os resíduos sólidos reciclá-

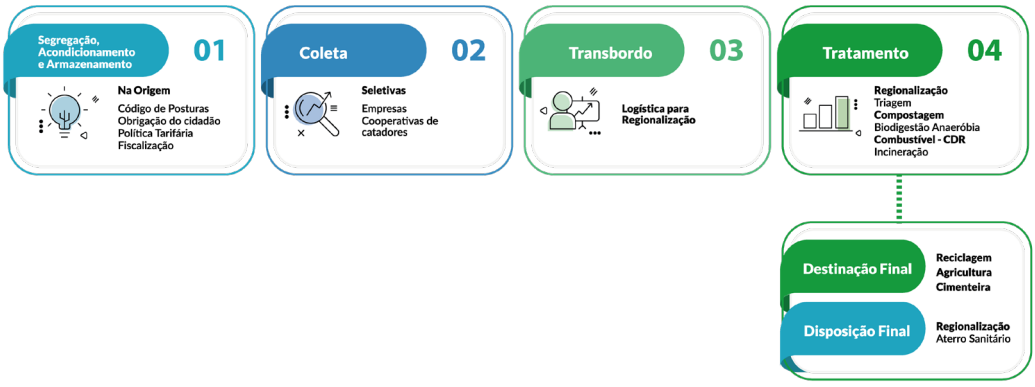
veis e destiná-los a cooperativas de catadores (Brasil, 2022). Ainda em 2022, o Decreto nº 11.043 finalmente instituiu o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), incorporando alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU (Ministério do Meio Ambiente, 2022). Com o intuito de aprimorar a gestão de RSU, o Planares definiu as diretrizes, estratégias, ações e metas a serem adotadas nos próximos 20 anos. Entre as principais metas cabe destacar (i) o fechamento dos lixões e (ii) atingir um índice de 50% de recuperação de resíduos em 20 anos.

É difícil definir a melhor abordagem que um município deve adotar para a gestão de seus RSU, ainda mais com cenários e situações tão díspares pelo país afora. Inicialmente, é necessário incorporar os conceitos de economia circular desde a concepção dos projetos, de forma a maximizar a parcela de resíduos que retornem ao ciclo produtivo após o tratamento, como material reciclado, composto orgânico ou energia. Deve ser incorporado o princípio de que os resíduos podem se tornar facilmente uma grande fonte de receitas para as prefeituras por meio de novas tecnologias de tratamento. Historicamente, os sistemas de limpeza urbana e de manejo de resíduos têm sido deficitários. Em situações específicas, algumas instalações do sistema de gestão de RSU, se administradas eficientemente, podem passar a gerar receitas que reduzirão o déficit gerado pelas despesas do sistema como um todo.

Vale destacar que a PNRS estabelece a seguinte ordem de prioridade no gerenciamento de RSU: a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada. Entretanto falta à PNRS a capacidade de propor soluções que atuem na não geração, na prevenção e na redução dos RSU (Gonçalves-Dias; Ghani; Cipriano, 2015).

Planejadores e executores devem examinar todas as etapas da gestão dos RSU de forma a otimizá-las, tanto do ponto de vista operacional como logístico e financeiro. Nesse escalonamento tecnológico (ilustrado na Figura 1), os responsáveis devem inverter a hierarquia prevista na PNRS. A disposição final deve ser a primeira etapa a ser resolvida, com a decisão de fechar todo e qualquer lixão ainda em operação. Essa resolução é fundamental, pois pode evitar ações judiciais, principalmente aquelas oriundas do Ministério Público, que têm ameaçado as prefeituras nesse sentido. Por ser complexa, para além das questões estritamente sanitárias e ambientais, a implantação do sistema de gestão de RSU deve também prever a inclusão socioprodutiva dos catadores localmente atuantes. O MDR disponibiliza detalhes sobre isso no “Roteiro de Encerramento de Lixões” (https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/protegeer/biblioteca/).

Figura 1 – Escalonamento tecnológico para implantação de um sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos



Fonte : Elaboração dos Autores

Com a decisão sobre a disposição final, é preciso: (i) aprovar códigos de posturas municipais que definam regras para segregação, acondicionamento e armazenamento dos RSU pelos munícipes e (ii) otimizar a coleta dos resíduos, com a implantação gradual de coleta seletiva, começando pelas áreas centrais e incorporando paulatinamente outros bairros/setores. A prioridade deve ser dada às etapas de segregação, acondicionamento e armazenamento, que são anteriores à coleta, pois o potencial de aproveitamento dos resíduos depende delas. O papel da educação ambiental é fundamental nessas etapas iniciais, pois se os resíduos não forem devidamente segregados, o tratamento tenderá a ser mais difícil e caro. A segregação consiste na separação dos resíduos em pelo menos três frações: orgânicos, recicláveis secos e rejeitos. O acondicionamento é a etapa que corresponde a "colocar o lixo no saco", pôr os resíduos no interior de invólucros apropriados que garantam a sua estanqueidade, ou seja, usar invólucros que não permitam a passagem de umidade. A etapa de armazenamento consiste em "colocar os sacos de lixo em recipientes estanques, lixeiras ou contêineres" situados em locais adequados até a coleta. É recomendável que o município crie normas para regular essas três etapas, inserindo-as em um código de posturas municipal, para efetivar a fiscalização e a coleta seletiva.

A coleta pode ser efetuada com diversas técnicas e equipamentos específicos: (i) modalidade porta a porta e/ou em pontos de entrega voluntária; (ii) sistemas de coletas convencionais e/ou não convencionais; (iii) caminhões compactadores e/ou em caminhões carroceria/baú. Podem ser incorporados sensores, como GPS, câmeras e células de carga, com técnicas computacionais (softwares), para otimizar as rotas de coleta, evitar desperdícios, reduzir emissões de gases de efeito estufa e gerar economia financeira para o sistema. A adoção de sistemas híbridos, aplicando um modelo em algumas partes da coleta e outro modelo em outras partes, tem gerado bons resultados (Vu, 2020; Zsigraiova, 2012), mas depende de um planejamento minucioso. A PNRS consolidou a inclusão das cooperativas de catadores como prestadores de serviços de coleta seletiva; a contratação delas pode ser feita com dispensa de licitação.

Depois de solucionada a disposição final e iniciado o planejamento das etapas iniciais de segregação, acondicionamento, armazenamento e coleta para todos os resíduos e todas as fontes, chega o momento de planejar o tratamento. A maioria das tecnologias de tratamento não tem viabilidade financeira se for concebida para lidar com os RSU gerados por pequenos contingentes populacionais. É necessário buscar soluções regionais para racionalizar os esforços, os profissionais e os custos e, dessa forma, gerar economia de escala, viabilizando um modelo sustentável para a operação dos serviços. Cabe então analisar a possibilidade de instalar estações de transbordo em municípios pequenos para armazenar temporariamente os seus resíduos e encaminhá-los periodicamente para tratamento em uma unidade de tratamento regional, que atenda pelo menos 150.000 habitantes.

A etapa de tratamento pode prever arranjos tecnológicos de acordo com as seguintes opções internacionalmente reconhecidas: (i) recuperação ou valorização secundária de materiais (triagem/reciclagem); (ii) tratamento biológico da matéria orgânica (compostagem ou biodigestão anaeróbia); e (iii) tratamento térmico (combustível derivado de resíduos – CDR ou incineração). A tecnologia de tratamento deve atender aos critérios sanitários e ambientais do local e, de preferência, prever a redução do volume a ser encaminhado para a disposição final em aterro sanitário.

Os planos devem prever ainda o aproveitamento dos resíduos recicláveis secos que tenham mercado local (plásticos, papel, papelão, vidros e metais), implantando unidades de triagem manual (em locais com populações pequenas) ou mecanizada (em cidades com 100 mil habitantes ou mais). A coleta seletiva dos recicláveis secos tem o potencial de aumentar a efetividade da triagem. De forma análoga à coleta seletiva, é recomendado incluir as cooperativas de catadores como prestadores de serviços nessa etapa de triagem.

A retirada dos recicláveis "comercializáveis" potencializa o aproveitamento da fração de resíduos orgânicos. Cabe adotar as técnicas mais simples de compostagem (método Lages). Esse método é mais efetivo para resíduos orgânicos segregados na fonte, provenientes de coleta seletiva. A sua descentralização pode ser incentivada pelo município, com o fornecimento de composteiras individuais para as residências e/ou o fornecimento de composteiras coletivas a serem instaladas nos bairros.

As tecnologias de tratamento térmico (CDR e incineração) geralmente são inviáveis financeiramente em regiões com pequeno contingente populacional. A viabilidade de operação de um incinerador depende de ele receber resíduos de, pelo menos, uns 750 mil habitantes. A viabilidade de produzir os CDR depende da existência de indústrias vizinhas (a até 200 km de distância) que possam utilizá-los em seus fornos, principalmente cimenteiras e cerâmicas. Podem ser considerados como CDR os rejeitos dos processos de reciclagem ou compostagem com alto poder calorífico (conteúdo energético).

Quando o município implantar o novo arranjo tecnológico, o monitoramento de indicadores que indiquem a necessidade de manutenção mais profunda e otimizem cada um dos processos implantados garantirá a sustentabilidade do sistema local de gestão de RSU. Os responsáveis devem buscar as inovações tecnológicas que flexibilizem as soluções operacionais.

O papel da educação ambiental na gestão dos resíduos

O panorama da questão dos resíduos e a complexidade da sua classificação são preocupantes, principalmente por causa da exacerbação do consumo e da quantidade de resíduos gerados per capita, que cresce aceleradamente e torna necessário um sistema de gestão integrada desde a coleta até a disposição final, diariamente, em todo o país. Segundo Gobira *et al.* (2017), a Política Nacional de Educação Ambiental (Pnea), por estar vinculada à Política Nacional do Meio Ambiente, se articula também com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A educação ambiental desempenha um papel essencial na PNRS ao sensibilizar a população sobre a importância de não gerar resíduos, além de incentivar a redução, reutilização e reciclagem.

A Pnea define no seu Art. 1º a educação como:

> *[...] os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sustentabilidade (Brasil, 1999, art. 1o).*

A Pnea prevê a interação entre educadores ambientais, entidades e sociedade civil. Por meio do diálogo, todos podem se tornar protagonistas na luta por um planeta mais saudável e com melhor qualidade de vida. A EA deve fomentar todo o processo de formação, de mobilização e de participação da sociedade no sistema de gestão integrada de resíduos para que haja uma mudança cultural na qual as pessoas sejam protagonistas, agentes ambientais engajados na coleta seletiva dos resíduos e motivadoras de outras pessoas. É preciso aliar a EA à gestão ambiental urbana, mostrando a importância da responsabilidade compartilhada e da interligação entre os diversos atores sociais envolvidos no sistema.

O entendimento acerca da EA se amplia na medida em que ela deixa de ser apenas um instrumento de conscientização sobre os problemas ambientais e se constitui como meio de participação ativa e crítica dos cidadãos na formulação e efetivação de resoluções (Jacobi, 2003). Não é suficiente ter apenas o conhecimento. É preciso ter também a formação e desenvolver atitudes para resolver os problemas socioambientais.

Desse modo, a EA busca promover o exercício da cidadania e a democracia participativa (Jacobi, 2003). Para alcançar esse objetivo, não basta apenas a consciência da necessidade de preservar e conservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações, uma vez que a EA faz parte de um processo muito maior, imbricado na relação humanos/natureza. Assim, há também a necessidade da participação crítica e reflexiva, a partir da formação de conhecimentos capazes de promover a transformação da realidade na qual as populações estão inseridas, por meio da união de elementos ambientais, econômicos, sociais e políticos.

Há, portanto, um tripé que sustenta as várias ações em EA na gestão de resíduos: (i) reduzir o consumo e, consequentemente, a geração de resíduos; (ii) reutilizar o que for possível; e (iii) reciclar, destinando às cooperativas de catadores os materiais recicláveis. É um processo contínuo e permanente.

Considerações finais

Os custos e a gigantesca dimensão dos problemas gerados pelos RSU no meio ambiente extrapolam a capacidade de ação isolada do poder público. A tarefa exige a ação conjunta entre poder público, mercado e sociedade civil organizada, enfim uma verdadeira mobilização e transformação social.

Para que haja sustentabilidade na gestão dos resíduos, é fundamental criar linhas de financiamento que viabilizem o investimento na infraestrutura necessária para construir uma rota tecnológica apropriada para cada região e implantar políticas tarifárias adequadas para manter os sistemas implantados. O Brasil precisa sair do baixo patamar de reciclagem em que estacionou há mais de 20 anos e partir para reduzir o aterramento e adotar metas próximas às médias internacionais. Vergonhosamente, o patamar gira em torno de 2% da massa de RSU. Além disso, é necessário mudar de paradigma e de padrões de produção e consumo, o que representa um enorme trabalho de EA dentro de um sistema de gestão compartilhada, articulando os diferentes atores sociais, apontando um caminho para redução, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos e otimizando a vida útil dos aterros sanitários remanescentes. O trabalho de implantação de um sistema de gestão de resíduos é um grande passo de educação, cidadania, respeito ao meio ambiente, solidariedade e sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

» ABLP. Receita específica para a limpeza urbana, uma discussão inadiável. Revista Limpeza Pública, São Paulo, n. 96, p. 4-29, jan./mar. 2017.

» ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2022. Disponível em: https://www.abrema.org.br/panorama/. Acesso em: dez. 2024.

» ABREMA. Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2023. Disponível em: https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf. Acesso em: dez. 2024.

» ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Resíduos sólidos. Classificação. Ed. ABNT, São Paulo, 2004.

» BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília, DF.

» BRASIL. Lei nº 12.305, de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF.

» BRASIL. Decreto nº 10.936, de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF.

» BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Manual para Fornecimento de Dados e Informações no Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir). 2022. Disponível em: http://www.sinir.gov.br. Acesso em: 12 dez. 2022.

» BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares [recurso eletrônico]. FRANÇA, A. L. F. et al. (Coord.) Brasília, DF: MMA, 2022.

» BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Tipos de Resíduos: quanto à origem. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir). 2021. Disponível em: https://www.sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/. Acesso em: 17 dez. 2022.

» CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.

» CETRULO, N. M. et al. Solid waste indicators in local sustainability assessment: a literature review. Ambiente & Sociedade, v. 23, p. e00283, 2020.

» GARBACCIO, G. L.; KROLIK, C.; MARTINS DE ARAÚJO, L. Desenvolvimento sustentável: políticas públicas de resíduos sólidos no Brasil. Revista Brasileira de Direito, v. 16, n. 1, p. 1, 2021.

» GOBIRA, A.; CASTILHO, R. A.; VASCONCELOS, F. Contribuições da Educação Ambiental na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revista Eletrônica PPGEA/FURG, v. 34, p. 57-71, jan./abr. 2017.

» GONÇALVES-DIAS, S. L. F.; GHANI, Y. A.; CIPRIANO, T. A. R. P. Discussões em torno da prevenção e da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ciência e Sustentabilidade, v. 1, n. 1, p. 34, 2015.

» INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Diagnóstico sobre Catadores de Resíduos Sólidos: relatório de pesquisa. 2012. Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_catadores_residuos.pdf. Acesso em: 07 dez. 2024.

» JACOBI, P. Educação Ambiental, cidadania e sustentabilidade. Cadernos de Pesquisa, n. 118, p. 189-205, 2003.

» JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. Estudos Avançados, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.

» KAZA, S.; YAO, L. C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. What a Waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. Urban Development. Washington, DC: World Bank, 2018.

» VU, H. L. et al. Interactions of residential waste composition and collection truck compartment design on GIS route optimization. Waste Management, v. 102, p. 613-623, 2020.

» ZSIGRAIOVA, Z.; SEMIAO, V.; BEIJOCO, F. Operation costs and pollutant emissions reduction by definition of new collection scheduling and optimization of MSW collection routes using GIS. The case study of Barreiro, Portugal. Waste Management, v. 33, n. 4, p. 793-806, 2013.


FINATEC
Centro de Desenvolvimento
Sustentável UnB
UnB