

LIXÕES, ATERROS, COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS E RECICLAGEM: COMO EQUACIONAR O DESTINO DOS RESÍDUOS PARA O ATENDIMENTO ÀS ODSs E A MINIMIZAÇÃO DA EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA

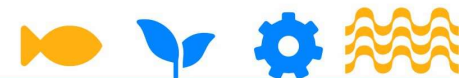
Prof. Dr. Rodrigo Rodrigues

Instituto de Tecnologia (ITEC)

Programa de Pós-graduação em Eng. Sanitária e Ambiental (PPGESA)

Universidade Federal do Pará (UFPA)

rssr@ufpa.br





ODM



As metas do milênio foram estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2000, com o apoio de 191 nações, e ficaram conhecidas como Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). São eles:

- 1 - Acabar com a fome e a miséria
- 2 - Oferecer educação básica de qualidade para todos
- 3 - Promover a igualdade entre os sexos e a autonomia das mulheres
- 4 - Reduzir a mortalidade infantil
- 5 - Melhorar a saúde das gestantes
- 6 - Combater a Aids, a malária e outras doenças
- 7 - Garantir qualidade de vida e respeito ao meio ambiente
- 8 - Estabelecer parcerias para o desenvolvimento





ODS



Estratégias para Equacionar o Destino dos Resíduos Sólidos aos ODSs



- Minimizar a geração de resíduos promovendo a ecoeficiência e produção sustentável;
- Incentivar o design de produtos recicláveis e biodegradáveis;
- Aplicar a lógica dos 3Rs: Reduzir, Reutilizar, Reciclar.



- Implementar infraestruturas eficientes de coleta seletiva para evitar o descarte inadequado;
- Incentivar cooperativas de catadores e a economia circular, promovendo inclusão social e geração de renda;



- Ampliar a reciclagem de materiais, reduzindo a necessidade de extração de recursos naturais e evitando emissões associadas à produção primária.



- Aproveitar resíduos orgânicos na produção de adubo e biofertilizantes, reduzindo a disposição inadequada;
- Diminuir emissões de metano (CH₄) provenientes da decomposição anaeróbia de matéria orgânica em lixões e aterros sanitários.

- **Engenharia de Produção e Engenharia de Materiais:** Desenvolvimento de materiais sustentáveis e biodegradáveis; Implementação de design for environment (DfE) para minimizar resíduos na produção; Otimização de processos industriais para reduzir desperdícios.
- **Engenharia Química e Engenharia Ambiental:** Pesquisa de alternativas ecológicas para embalagens e produtos; Substituição de matérias-primas poluentes por insumos recicláveis.
- **Engenharia Sanitária e Ambiental:** Planejamento de sistemas eficientes de coleta seletiva e logística reversa; Implantação de infraestrutura para triagem e reciclagem.
- **Engenharia de Transportes e Logística:** Desenvolvimento de rotas otimizadas para a coleta de resíduos; Uso de tecnologias para rastreamento de resíduos e gestão de frota.
- **Engenharia Civil:** Projetos de centrais de reciclagem e unidades de processamento de resíduos.
- **Engenharia de Computação e Automação:** Desenvolvimento de sensores inteligentes para identificação e separação automatizada de resíduos; Aplicação de Inteligência Artificial (IA) e Internet das Coisas (IoT) na gestão integrada dos resíduos.
- **Engenharia Sanitária e Ambiental:** Projeto e implementação de centrais de compostagem urbana e rural; Monitoramento de parâmetros ambientais para otimização da decomposição orgânica.
- **Engenharia Agrônoma:** Desenvolvimento de biofertilizantes a partir de resíduos orgânicos compostados; Aplicação do composto em agricultura regenerativa e urbana.



Estratégias para Equacionar o Destino dos Resíduos Sólidos aos ODSs



- Aproveitar resíduos biodegradáveis e rejeitos em usinas de biogás (digestão anaeróbia) para geração de energia;

- Implementar plantas de incineração com recuperação energética (Waste-to-Energy), reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.



- Fechar lixões e implementar aterros sanitários com sistemas de captura de biogás;

- Garantir tratamento adequado do chorume, evitando contaminação do solo e dos corpos hídricos.

Impacto na Redução de GEE

- Metano (CH_4): Reduzido com compostagem, digestão anaeróbia e captura de biogás;

- Dióxido de carbono (CO_2): Menos emissões na produção de novos materiais por meio da reciclagem;

- Óxidos de nitrogênio (NO_x): Menor queima de resíduos a céu aberto e menor poluição atmosférica.

- **Engenharia Química e Engenharia de Energia:** Desenvolvimento de biorreatores para digestão anaeróbia e produção de biogás; Otimização da eficiência na conversão térmica de resíduos em usinas de incineração com recuperação energética.
- **Engenharia Mecânica:** Projetos de equipamentos para geração de energia a partir de resíduos sólidos.
- **Engenharia Elétrica:** Integração da energia gerada por biogás e incineração à rede elétrica.
- **Engenharia de Controle e Automação:** Aplicação de sistemas de monitoramento e controle para plantas de biogás e usinas de recuperação energética.
- **Engenharia Civil e Engenharia Sanitária:** Projeto e construção de aterros sanitários com sistema de impermeabilização e captação de chorume; Monitoramento geotécnico para evitar movimentos de massa e colapsos.
- **Engenharia Sanitária, Ambiental e Engenharia Química:** Tratamento de chorume por processos físico-químicos e biológicos; Implementação de sistemas de captura e aproveitamento do biogás para evitar emissões de metano.
- **Engenharia de Software e Engenharia de Dados:** Desenvolvimento de modelos computacionais para otimizar a gestão de resíduos e prever impactos ambientais; Aplicação de Big Data e geoprocessamento para monitoramento de áreas de disposição de resíduos.



Porque o Brasil, especialmente na região Norte, não se apropria do potencial econômico/financeiro dos sistemas de resíduos sólidos?

Estação de triagem e processamento de material reciclável;

Estação de processamento de biogás para a geração de energia elétrica ou biometano;

Fábricas de fertilizantes;

Serviço de disposição final

de 25%
a 30%

≈ 70%

Potenciais receitas

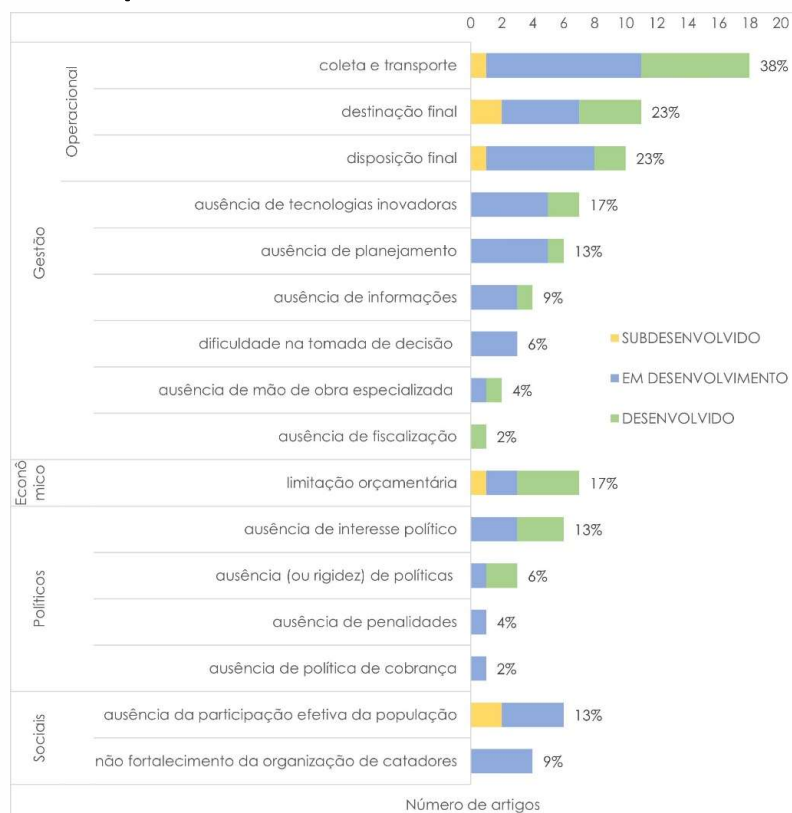
Sobre custos:

A geração global de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) ultrapassa **2 bilhões de toneladas anuais**, com previsão de aumento de **quase 70% até 2050**, caso não sejam adotadas medidas urgentes (Kaza et al., 2018). Atualmente, **33% desses resíduos não recebem um manejo ambientalmente adequado**.

O custo global para gerenciamento de RSU deve **dobrar até 2025**, passando de **R\$ 1 trilhão para R\$ 2 trilhões** (Razzaq et al., 2021). Em países emergentes, esses gastos podem representar **até 20% do orçamento municipal** (Kaza et al., 2018; Banco Mundial, 2018).



Porque o Brasil, especialmente na região Norte, não se apropria do potencial econômico/financeiro dos sistemas de resíduos sólidos?



A **engenharia** desempenha um papel fundamental na implementação de estratégias para equacionar o destino dos resíduos sólidos, atuando no **planejamento, desenvolvimento de tecnologias, otimização de processos e gestão sustentável.**

Fonte: Brumatti, D. V., Chaves, G. L. D., & Siman, R. R. (2024). Barreiras que afetam a sustentabilidade financeira de sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 16, e20230020. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230020>

