

III - 1114 - INFRAESTRUTURA URBANA PARA TRANSPORTE SUSTENTÁVEL E EFICIENTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS: EM QUE AS CIDADES BRASILEIRAS DEVEM INVESTIR?

Caroline Vieira de Macedo Brasil⁽¹⁾

Bacharel em Administração (FAE). Especialista em Gestão de Logística (IBPEX) e em Formação Docente para EAD (UNINTER). Professora e coordenadora de pós-graduação *lato sensu* no Centro Universitário Internacional UNINTER. Pesquisadora dos grupos de pesquisa NIPAS (Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa em Avaliação de Sustentabilidade) e CEIS (Cidades Educadoras, Inteligentes e Sustentáveis). Doutoranda do PPGSAU (UTFPR).

Valdir Fernandes⁽²⁾

Cientista Social, Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor Titular-Livre na UTFPR; Editor Chefe da Revista Brasileira de Ciências Ambientais e Coordenador Adjunto da Área de Ciências Ambientais da CAPES.

Endereço⁽¹⁾: Av. Dep. Heitor de Alencar Furtado, 5000 - Campo Comprido - CEP 81.280-340 - Curitiba – PR - Tel: (41) 98883-6138 – e-mail: carolinevmb@gmail.com

RESUMO

Os centros urbanos concentram a maior parte da população humana e, para a manutenção da vida, geram muitos resíduos, tantos industriais, quanto domésticos. A busca pela redução do impacto que esses resíduos geram no ambiente e na saúde das pessoas é preocupação constante dos gestores públicos. Para contribuir com a melhoria da gestão dos resíduos sólidos, o transporte deles deve acontecer de maneira eficiente e sustentável. Para isso é preciso que a infraestrutura da origem, do trajeto e do destino permita a execução sustentável. O principal objetivo do estudo está em identificar qual a infraestrutura urbana ideal para que esse transporte ocorra de maneira sustentável nos municípios brasileiros. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico, com abordagem qualitativa e método analítico. As fontes de dados consideradas são documentais, secundárias e de acesso livre. Dentre os resultados obtidos, destaca-se a análise da legislação em vigor, os índices de reciclagem dos principais materiais, a importância do uso de novas tecnologias de monitoramento dessa mercadoria, assim como o uso de combustíveis limpos no processo de transporte, podendo ser gerados a partir dos próprios resíduos sólidos. O estudo contribui com o gestor público para que tenha informações necessárias ao tomar a decisão no momento de investir em infraestrutura para o transporte dos resíduos sólidos, atendendo a legislação vigente e considerando a sustentabilidade da atividade, contribuindo com o atingimento das metas propostas pelo ODS n.º 12.

PALAVRAS-CHAVE: PNRS, reciclagem, fluxo reverso, cadeia logística reversa e recuperação energética.

INTRODUÇÃO

A busca por recursos para a manutenção da vida humana acontece desde os primórdios da sua própria existência. Porém, a partir do momento que as comunidades passaram a se concentrar em cidades, os recursos locais passaram a ficar escassos para atender a todos e surge a necessidade de se buscar recursos em outras cidades. Fato este percebido até os dias de hoje, já que os centros urbanos não são autossuficientes na produção de insumos, bens, alimentos e todo e qualquer material que seja necessário para a sua existência (SOTTO *et al.*, 2019). Há a existência de cidades aglomeradas, concentradoras da produção de um tipo de produto, comum na China, mostram com clareza a interdependência que têm entre si (GEREFFI, 2007). Neste aspecto a especialização torna-se um diferencial, da mesma forma que um problema. Já que a alta especialização exige a busca de insumos em diversas regiões, pois no local acaba-se concentrando apenas aqueles direcionados ao produto da região.

É através da logística que os bens circularão entre essas regiões, porém, é preciso buscar um equilíbrio, conhecido como Simbiose Industrial, que busca o equilíbrio entre as atividades industriais, a sustentabilidade e a redução de resíduos (HAQ; VÄLISUO; NIEMI, 2021). E, a geração de resíduos pelos centros urbanos é um

ponto desafiador para os gestores públicos. Quanto mais produtiva é a cidade e mais concentração populacional possui, maior a geração de resíduos *per capita*. O que pode virar um problema para se atingir o equilíbrio proposto pela simbiose industrial.

Os resíduos podem ser originados de processos para a fabricação de produtos ou pelo uso e consumo dos produtos. É neste momento que a logística reversa deve estar operando pois é a responsável pela coleta dos resíduos, seu transporte desde suas origens até o seu destino, seja ele para reaproveitamento ou para descarte final. A vida do produto não encerra com a entrega ao cliente final, pois, após o uso ou o consumo, os produtos precisam ser reparados ou descartados, neste caso, o transporte é de responsabilidade da logística reversa. A logística, seja de distribuição ou reversa, utilizará a infraestrutura disponível na origem, no destino e no percurso para realizar as suas atividades com sucesso (BALLOU, 2007).

Há dois grupos de fluxos logísticos: os físicos e os de informações. O fluxo físico é aquele visível, de movimentação dos produtos em si e envolve as atividades de transporte e armazenagem (BERTAGLIA, 2020). Já o fluxo de informações envolve a atividade de processamento de pedidos e, na maioria das vezes, é realizada através de um sistema de informações. Neste trabalho, o foco será nos fluxos físicos, os quais possuem 5 modais de transportes disponíveis: ferroviário, rodoviário, hidroviário, dutoviário e aéreo. O transporte é uma atividade visível da logística e representa dois serviços principais: movimentação e armazenamento de produtos (BOWERSOX; CLOSS; COOPER; BOWERSOX, 2014).

No Brasil, o modal predominante é o rodoviário e para o fluxo reverso, apenas de descarte, movimentou 76.118.317 toneladas coletadas, das 81.811.506 toneladas de resíduos sólidos geradas, em 2022, e das coletadas, 39% possuem um destino inadequado (ABRELPE, 2022). Esse cenário ainda precisa de muito investimento e atenção do gestor público, para que se alcance números melhores. A situação aquém da esperada em relação às metas propostas pelo ODS número 12 (Assegurar Padrões de Produção e de Consumo Sustentáveis), já que esse é um dos objetivos da ONU diretamente ligados à gestão de resíduos sólidos (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2020). É fundamental saber de que maneira deve acontecer o investimento e qual o papel dos transportes utilizados na eficiência do setor, proposta do estudo em questão.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é identificar a composição da infraestrutura urbana brasileira para o transporte de resíduos sólidos urbanos com eficiência e sustentabilidade. Para tanto, buscou-se: a) caracterizar a infraestrutura urbana necessária para o transporte de resíduos sólidos; b) mapear as tecnologias disponíveis e não utilizadas em larga escala pelos municípios brasileiros para a gestão dos resíduos sólidos; e, por fim, c) descrever a infraestrutura necessária para a utilização das novas tecnologias para sustentabilidade.

METODOLOGIA UTILIZADA

Como metodologia o estudo é bibliográfico, com abordagem qualitativa e método analítico. As fontes de dados consideradas são documentais, secundárias e de acesso livre. O primeiro passo foi o levantamento da situação atual em relação à infraestrutura urbana disponibilizada pelos municípios brasileiros para o transporte de resíduos sólidos disponíveis em sites governamentais e de pesquisas já realizadas sobre o tema. Neste aspecto entra o levantamento da legislação em vigor a respeito do tema, sua implantação na prática e as responsabilidades dos atores envolvidos no sucesso do transporte de resíduos sólidos urbanos. Após isso, a identificação das novas tecnologias disponíveis, como o *blockchain*, utilizando os exemplos de cidades modelos ou que tenham recebido reconhecimento por tal. Finalmente, analisar o que falta para o Brasil implementar essas tecnologias em seus transportes de resíduos sólidos e como os investimentos podem acontecer para gerar maior qualidade de vida para as pessoas e meio ambiente.

RESULTADOS OBTIDOS OU ESPERADOS

Para estabelecer a infraestrutura urbana necessária para o transporte de resíduos sólidos, é preciso, primeiramente, identificar a legislação envolvida na atividade e as responsabilidades determinadas por ela para cada um dos envolvidos. Até o ano de 2010 o Brasil ficou sem uma legislação nacional voltada para a logística reversa e o transporte de resíduos, ano em que a Lei n.º 12.305/2010 que instituiu o Programa Nacional de

Resíduos Sólidos (PNRS) foi promulgada (BRASIL, 2023a, *online*). Dois aspectos dessa lei merecem destaque por estarem diretamente relacionados ao tema deste trabalho: em seu artigo 3º estabelece a logística reversa como instrumento para desenvolvimento social e econômico, além de caracterizá-la; e em seu artigo 7º os objetivos do PNRS voltados para saúde pública, qualidade ambiental, valorização da não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2023a, *online*). Foi importante o destaque da atividade logística reversa na legislação, pois essa muitas vezes, é uma atividade não tão valorizada pelo ramo empresarial.

Após 12 anos, período considerado longo, surge o decreto n.º 10.930/2022 o qual regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2023b, *online*). O decreto trouxe as formas de responsabilidade de cada um dos envolvidos na gestão dos resíduos sólidos brasileiros e, como destaque, tem-se: responsabilidade compartilhada por todos os envolvidos na cadeia produtiva (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, estado e consumidores) por garantir a execução correta da destinação dos resíduos e sua operação (BRASIL, 2023b, *online*). Outro fator importante está no acompanhamento da gestão dos resíduos, por meio de manifesto de transporte, cadastro em sistema público para acompanhamento das práticas e fiscalização das atividades relacionadas (BRASIL, 2023b, *online*).

Porém, por mais que a existência do arcabouço legal seja uma evolução para a atividade, ainda não é cumprida em todo o território nacional, e quando é, acontece de maneira incompleta em algumas regiões. Um exemplo disso está na existência de lixões a céu aberto, que, em 2022, receberam mais de 12 milhões de toneladas de lixo (ABRELPE, 2022). A logística reversa estabelecida na legislação, ainda não é atendida por grande parte das empresas e municípios, muitas vezes por falta de infraestrutura, aliada a conscientização do consumidor (AGÊNCIA BRASIL, 2022). O volume maior de produtos destinados à reciclagem, por exemplo, é o de latas de alumínio: 98,7% são recicladas (ABAL, 2021). Porém, os plásticos já enfrentam outro cenário: 1,28% são destinados à reciclagem (WWF BRASIL, 2019). A diferença explica-se pelo alto valor pago pelo alumínio em relação ao plástico, enquanto o quilo de lata de alumínio pode ser vendido por R\$ 5,00, o de plástico misto chega a R\$ 1,00 (DEPÓSITO MARMELEIRO, 2022). O uso de modais como dutos para o transporte de resíduos deve ser incentivado e exemplos como o de Estocolmo, em que todas as residências são conectadas por dutos para a coleta dos resíduos, analisados para adaptação à realidade brasileira (IPEA, 2021). Dessa maneira a redução do uso de caminhões para a coleta é significativa, já que a multimodalidade deve ser considerada também para os resíduos sólidos, inclusive com incentivo ao uso de ferrovias (EPE, 2021). Outro aspecto é o uso de biocombustíveis, que exigem menor adaptação do que os veículos elétricos e alto poder redutor de emissão de poluente, principalmente para o biodiesel parafínico (EPE, 2021).

O uso de biocombustíveis nos caminhões de coletas de resíduos sólidos é incentivado pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), aprovado pelo decreto n.º 11.043/2022 (BRASIL, 2023c, *online*). O PLANARES incentiva o uso de biogás e biometano para potencializar a recuperação energética dos resíduos e melhorar a mobilidade dos veículos envolvidos nas áreas urbanas, além de investir em soluções tecnológicas para a coleta, como mecanização e sistemas de informação de mensuração de resíduos (MMA, 2022, *online*).

O IPEA (2021) ressalta algumas tecnologias envolvidas na gestão dos resíduos sólidos que contribuem para a geração de energia e podem ser utilizadas pelos municípios brasileiros, pois, em mais de 90% dos casos estão disponíveis para aplicação no Brasil. Dentre as opções identificadas pelo IPEA (2021) destacam-se tecnologias relacionadas ao processamento e à recuperação energética propriamente dita:

- Processamento: incineração dos resíduos é uma das opções para ser usadas nos materiais e gera no seu processo água e gás carbônico, que se corretamente capturado, pode virar combustível após o correto tratamento ambiental.
- Recuperação energética: conversão térmica (plásticos, pneus e outros resíduos podem ser convertidos em gás combustível e óleo); pirólise (resíduos são transformados por calor em gases e líquidos que operam motores a vapor); e, gaseificação (diretamente relacionado à sustentabilidade do aterro, transforma os resíduos em gás natural e outros subprodutos, como eletricidade e fertilizantes).

Há tecnologias identificadas pela mesma análise do IPEA (2021) diretamente relacionadas ao transporte:

- Coleta subterrânea: uso de dutos, como os já mencionados em Estocolmo. Uma das maiores vantagens está ligada a própria característica do duto: baixa manutenção.

- Sistema de Informação Geográfica (SIG): possibilita rastreamento do resíduo de forma online, durante todo o percurso, da origem ao destino final. O *blockchain* é uma das tecnologias que pode ser acoplada a essa forma, permitindo a total confiabilidade de informações, já que não possibilita a edição dos dados inseridos.
- Unitização dos resíduos: uso de caixas específicas para diferenciar os tipos de resíduos, desde a origem ao destino, podendo ser reaproveitadas para o mesmo fim. Essa é uma das técnicas de logística que auxilia na redução de custos, de perdas e otimização do tempo na operação de transporte (MORALES; MORABITO; WIDMER, 1997).

Algumas dessas alternativas são de fácil implantação, como por exemplo a unitização, e outras exigem um investimento um pouco maior por parte do Estado, como a coleta subterrânea, porém, é preciso uma visão de longo prazo no custo-benefício para o planejamento mais adequado a cada município e realidade. Há de se considerar o aspecto de que, a maior parte do volume dos recicláveis é recolhido por catadores, os quais trabalham a pé com veículos muitas vezes adaptados de outros objetos, como aqueles originados a partir de geladeiras (RIBEIRO; SILVA, 2015). Neste aspecto, a infraestrutura disponível ganha ainda mais importância para a eficiência do trabalho e qualidade de vida do trabalhador envolvido. Segundo o Atlas Brasileiro de Reciclagem (2023, *online*), entre os anos de 2020 e 2021, o Brasil teve quase 650 mil toneladas de resíduos sólidos coletados, sendo que muito desse total foi coletado por catadores.

Uma das maneiras de se mensurar e quantificar o sucesso das práticas adotadas, está em avaliar o quanto dos indicadores propostos pela ONU com os ODS foi atingido. O ODS 12 está diretamente relacionado a essa pesquisa e o Brasil, segundo o *Sustainable Development Report (2022, online)*, está classificado com a cor laranja, a qual representa que desafios significativos ainda faltam a ser alcançados, longe do verde que é a meta cumprida. O mesmo relatório, indica que a projeção para 2030 é que, nesse ODS, o país permaneça estagnado, na mesma classificação laranja.

Alcançar bons resultados no transporte de resíduos sólidos contribuirá para melhorar os indicadores buscados pelo ODS n.º12. Seja pela eficiência na execução da atividade, com menores perdas e uso de combustíveis limpos, quanto na disponibilização de uma infraestrutura urbana que permita essa execução com tranquilidade por parte de todos os envolvidos. A sustentabilidade é transdisciplinar e é considerada efetivamente sustentável ao buscar solidariedade sincrônica com a geração atual e diacrônica com as gerações futuras (PHILIPPI JR, *et. al.*, 2013), tornando o meio ambiente um local ideal para todos. São estabelecidas dimensões para que a sustentabilidade possa ser analisada de maneira mais prática e objetiva, embora aconteçam no dia a dia de maneira simultânea. A logística reversa estará diretamente relacionada a quatro dessas dimensões: ecológica (menor geração de resíduo e uso de energia); ambiental (preservação ambiental); econômica (modelo de produção que atenda às necessidades da comunidade, sem gerar desigualdades); e, social (qualidade de vida para o cidadão) (FERNANDES; VIEIRA, 2021).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos dados levantados, é possível inferir que o Brasil está aquém do desejado para realizar um transporte de resíduos sólidos eficiente. Enquanto a legislação do plano nacional de resíduos sólidos não for efetivamente aplicada em todos os municípios, o país continuará sem atingir bons números em relação a essa atividade, perspectiva essa que não deverá ser alcançada até 2030. Alguns investimentos são claros e precisam ser realizados com urgência: substituição dos lixões por aterros sanitários ou usinas de biocombustíveis, melhorar a infraestrutura para que a operação logística seja viável, tanto para veículos, quanto para catadores, e educação ambiental voltada para a conscientização da população que possui um papel importante nesta cadeia logística. A primeira seleção dos resíduos sólidos acontece, em geral, pelo consumidor, começando corretamente, a chance da execução correta ao longo da cadeia aumenta. O governo pode trabalhar na proposição de incentivos a reduzir a diferença entre o valor pago para a reciclagem dos diversos tipos de materiais, já que o alumínio acaba destoando entre os demais, e, conseqüentemente, sendo mais reciclado e corretamente descartado. Incentivos para pessoas físicas e jurídicas, afinal, são todos atores nessa cadeia. A visão de longo prazo deve existir para a melhoria de malha logística, possibilitando o uso de diversos modais no transporte do resíduo sólido, não dependendo exclusivamente do rodoviário, e, quando ele for necessário, que seja movido a um combustível renovável e limpo, como o biodiesel parafínico. O incentivo para veículos elétricos é importante que exista, porém, para aqueles que são considerados menores ou de uso doméstico, dada a eficiência que pode ser alcançada. Investimentos em tecnologia para a mecanização de atividades de separação do resíduo ou coleta, inclusive com o uso de robôs e inteligência artificial, devem estar nos horizontes do gestor público. Da mesma

forma, essa tecnologia pode contribuir no planejamento dos pontos de coleta, ao mensurar volumes de origem-destino do resíduo, além de permitir acompanhamento do material. Esse rastreamento é importante para fins fiscalizatórios e punitivos, quando necessário, pois as responsabilidades ficarão claras e de fácil acompanhamento e gestão.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O cenário levantado no estudo, demonstra que o setor de transportes carece de infraestrutura adequada para a eficiência da gestão sustentável dos resíduos sólidos. O Brasil possui números muito baixos de reciclagem e de correta destinação dos seus resíduos, para isso mudar é preciso investimento em tecnologia de acompanhamento e rastreamento, do início ao fim dos processos; além de possibilitar o uso de mais de um modal no momento de recolhimento e destinação desse resíduo, assim como a melhoria na oferta de biocombustíveis. Esses biocombustíveis podem ser gerados através dos próprios resíduos sólidos coletados, contribuindo para a eficiência da sua gestão e redução do seu impacto. Destaca-se o papel do cidadão no início do fluxo reverso, como a correta separação de materiais para descarte e participação ativa na gestão pública municipal, fatores que auxiliam o bom desempenho do setor. Sugere-se a sincronia do trabalho das Agências Reguladoras existentes e envolvidas na temática: ANA, ANTT e ANVISA, com uma participação da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, para o momento em que esse resíduo sólido passe a gerar energia limpa. A atuação de cada uma de maneira independente, possibilita a falta de controle e fiscalização do setor. Outro aspecto importante a ser considerado é a educação ambiental para o desenvolvimento de cidadania. Exemplos de outros países no uso de outros modais para a gestão de resíduos sólidos devem ser buscados para se intercambiar ideias e tecnologias, tornando essa uma possibilidade nos municípios brasileiros, talvez, pensar nas práticas já adotadas por cidades-irmãs para essa temática. Além disso, não se pode deixar de lado o aspecto social dos trabalhadores do setor, muitas vezes atuam como autônomos, sem a segurança de um emprego registrado, em poucos casos conseguem trabalhar em cooperativas, porém, os números dos envolvidos nessas atividades de maneira não registrada ainda é desconhecido, podendo ultrapassar e muito as estimativas calculadas. Percebe-se que este é um setor que precisa de constante atenção e investimentos, para que se atinja a sustentabilidade de fato.

REFERÊNCIAS

1. ABAL. Índice de Reciclagem de Latas de Alumínio para Bebidas 2009 a 2021. 2021. Disponível em: <https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/reciclagem/latas-de-aluminio-2009-2021/>. 22 dez.2022
2. ABRELPE. Panorama dos resíduos Sólidos no Brasil. 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/download-panorama-2022/>. Acesso em: 21 dez.2022.
3. AGÊNCIA BRASIL. Índice de reciclagem no Brasil é de apenas 4%, diz Abrelpe. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe>. Acesso em: 24 jan.2023.
4. ARRUDA RIBEIRO, Lilian; PEREIRA DA SILVA, Monica Maria. Tecnologia social para coleta e transporte de resíduos sólidos: uma contribuição ao exercício profissional de catadores de materiais recicláveis. *POLÊMICA*, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 068-089, out. 2015. ISSN 1676-0727. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/19354/14127>>. Acesso em: 01 abr. 2023. doi: <https://doi.org/10.12957/polemica.2015.19354>.
5. ATLAS DA RECICLAGEM. Termômetro Social e Ambiental da Reciclagem. 2023. Disponível em: <https://atlasbrasileirodareciclagem.ancat.org.br/>. Acesso em: 01 abr. 2023.
6. BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
7. BERTAGLIA, Paulo Roberto. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. 4.ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2020.
8. BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M B.; BOWERSOX, John C.. Gestão logística da cadeia de suprimentos. 4.ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
9. BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 31 mar.2023a.

10. BRASIL. Decreto n.º 13.844, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm Acesso em: 31 mar.2023b.
11. BRASIL. Decreto n.º 11.043, de 13 de abril de 2022. Aprova o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/d11043.htm Acesso em: 31 mar.2023c.
12. DEPÓSITO MARMELEIRO. Preços. 2022. Disponível em: <https://www.depositomarmeleiro.com.br/tabelas-preco/>. Acesso em: 22 dez.2022.
13. EPE. Transporte Rodoviário de Cargas. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica>. Acesso em: 24 jan.2023.
14. FERNANDES, Valdir; VIEIRA, Afonso. Consumo responsável. In: Cleverson V. Andreoli; Patrícia Lupion Torres. (Org.). Ciência, inovação e ética: tecendo redes e conexões para a sustentabilidade. 1ed. Curitiba: SENAR AR-PR, 2021, p. 505-520.
15. GEREFFI, Gary. Promessa e desafios do desenvolvimento. Tempo soc., São Paulo, v.19, n.1, p.223-248, jun. 2007. Disponível em <https://doi.org/10.1590/S0103-20702007000100012>. Acesso em: 22 dez.2022.
16. HAQ, Hafiz; VÁLISUO, Petri; NIEMI, Seppo. Modelling Sustainable Industrial Symbiosis. Energies, 2021, 14, 1172. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/4/1172>. Acesso em: 22 dez.2022.
17. IPEA. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 24 jan.2023.
18. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://sinir.gov.br/> Acesso em: 31 mar.2023.
19. MORALES, Silvia Regina; MORABITO, Reinaldo; WIDMER, João Alexandre. Otimização do carregamento de produtos paletizados em caminhões. Gestão e Produção. v.4, n.2, p. 234-252, ago. 1997.
20. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ODS12: Consumo e Produção Sustentáveis. 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12> Acesso em: 22 dez.2022.
21. PHILIPPI JR., Arlindo; *et al.* Desenvolvimento sustentável, interdisciplinaridade e Ciências Ambientais. RBPG. v.10, n.º21, Out.2013.
22. SOTTO, Debora. *et al.* Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. 2019. Estudos Avançados. ISSN 1806-9592 versão online. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.004> Acesso em: 22 dez.2022.
23. SUSTAINABLE DEVELOPMENT REPORT. Sustainable Development Report 2022. Disponível em: <https://dashboards.sdgindex.org/map> . Acesso em: 01 abr.2023.
24. WWF BRASIL. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. 2019. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. Acesso em: 22 dez.2022.