

ANÁLISE DA TRANSIÇÃO DE UM LIXÃO PARA ATERRO SANITÁRIO NA REGIÃO AMAZÔNICA: BENEFÍCIOS E DESAFIOS AMBIENTAIS

Benone Otávio Souza de Oliveira*, Gerson Araújo de Medeiros, Railam Xavier Correia

*Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA), benone@ufam.edu.br

RESUMO

O crescimento populacional associado a urbanização descontrolada e aumento dos bens de consumo intensificaram a taxa de geração de resíduos sólidos urbanos, tornando-se um grande problema ambiental é um desafio de proporção global. Assim, destaca-se que os indicadores de gestão adequada dos resíduos sólidos na região Amazônica são bem piores, em razão da infraestrutura limitada, logística terrestre precária, condições climáticas, aspectos demográficos e territoriais e outros. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi analisar o desempenho ambiental do ciclo de vida da disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Humaitá-AM em um aterro sanitário. A avaliação de desempenho ambiental foi realizada por meio da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), usando o software SimaPro versão 9.0.0, banco de dados da Ecoinvent 3, o método de avaliação foi o ReciPe Midpoint. Os resultados dos indicadores ambientais mostraram que as etapas da disposição e emissões do aterro sanitário e transporte contribuíram significativamente para o impacto global nas categorias mudança, climática, toxicidade humana, acidificação, eutrofização e material particulado, atingindo percentuais superiores a 95%. O estudo realizado permitiu inferir que a construção e disposição de todo o resíduo sólido gerado na mancha urbana do município de Humaitá-AM, pode causar uma série de danos, para tanto, atende o que se preconiza na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que visa erradicar os lixões a céu aberto no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação do Ciclo de Vida, Região Amazônica, Gestão de Resíduos Sólidos, Impactos Ambientais.

INTRODUÇÃO

A gestão adequada de resíduos sólidos representa um desafio de proporção global. Este cenário está associado ao crescimento populacional, urbanização descontrolada, aumento dos bens de consumo e conseqüentemente ao aumento da geração de resíduos sólidos urbanos (ZIEGLER-RODRIGUEZ *et al.*, 2019; YADAV & SAMADDER, 2018; GILARDINO *et al.*, 2017). Tais fatores podem ocasionar uma série de danos ambientais e sanitários, em razão principalmente da disposição dos resíduos sólidos em lixões à céu aberto.

Considerando os anseios da legislação brasileira, foi promulgado a Lei Federal n. 12.305 de 2 de agosto de 2010, a qual instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). No entanto, apesar da vigência da política, o Brasil ainda está muito aquém do desejado, pois no ano de 2017, gerou-se 61 milhões de toneladas de RSU, sendo que 63% eram oriundos da disposição em aterros sanitários, 17,8% de lixões e aterros controlados e apenas 5,4% foram recuperados por unidades de tratamentos (PAES *et al.*, 2020). Portanto, quando se correlaciona as peculiaridades regionais do país, como os aspectos demográficos, territoriais, densidade populacional, taxas de industrialização, logística terrestre ou fluvial, condições climáticas, e outros fatores, os números são ainda piores (OLIVEIRA & MEDEIROS, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

Neste cenário, ao lançar um olhar para a gestão dos RSU na região Amazônica brasileira é possível evidenciar os piores indicadores de saneamento básico, pois, de um total de 772 municípios da região, apenas 39,8% lançaram informações na base de dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento Básico (SNIS), constatando que mais aproximadamente 91% dos municípios que inseriram informações no sistema realizavam a disposição dos resíduos sólidos em lixões ou aterros controlados, e 9% em aterros sanitários, os quais são encontrados normalmente nas capitais dos estados (SNIS, 2018; OLIVEIRA & MEDEIROS, 2019).

Khandelwal *et al.* (2019) destaca que a disposição de resíduos em lixões à céu aberto, pode proporcionar vários problemas ambientais, como o aquecimento global, destruição da camada de ozônio, esgotamento de recursos abióticos, toxicidade humana, danos aos ecossistemas e outros. Nesta concepção, é possível apontar que o descarte de resíduos são uma parte importante do ciclo de vida de um produto, estando associado a encargos ambientais como qualquer outro estágio do ciclo de vida (HAUPT *et al.*, 2018).

Na literatura científica se evidencia o aumento de pesquisas utilizando a abordagem de ciclo de vida (ACV), por ser uma metodologia robusta de apoio a tomada decisão, sendo usada para avaliar os impactos ambientais de produtos e serviços em muitos diferentes setores, inclusive ligados às atividades de gestão dos resíduos sólidos, permite ainda a comparação de diferentes alternativas sustentáveis para o sistema de gestão (LAURENT *et al.*, 2014; YADAV & SAMMADER, 2018; BARTOLOZZI *et al.*, 2018). Os mesmos autores analisaram 222 estudos de ACV sobre o manejo de resíduos e apontaram que a composição dos resíduos e as condições regionais causam influência direta nos resultados.

Neste universo, os estudos de ACV no Brasil vem ganhando destaque, para tanto na região Amazônica as pesquisas ainda são insuficientes. Assim, este estudo objetivou analisar o desempenho ambiental do ciclo de vida da disposição de

resíduos sólidos urbanos do município de Humaitá-AM em um aterro sanitário, uma vez que o preceito da Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece que os lixões à céu aberto, devem ser exauridos.

OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é analisar o desempenho ambiental do ciclo de vida da disposição de resíduos sólidos urbanos do município de Humaitá-AM em um aterro sanitário.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado no município de Humaitá (AM), localizado sob as coordenadas 07° 30' 22''S e 63° 01' 15'' W e 90 m acima do mar, tendo uma população estimada de 56.144 habitantes, elevada extensão territorial de 33.112 km² (IBGE, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021).

A metodologia utilizada foi baseada na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) conforme se preconiza a NBR ISO 14.040 e 14044 (2009), a qual direciona as seguintes fases no estudo: definição do objetivo e escopo, inventário do ciclo de vida (ICV), Avaliação de impactos do ciclo de vida (AICV) e interpretação dos resultados.

Objetivo e Escopo da ACV

O objetivo da ACV foi analisar o desempenho ambiental do sistema de gestão de resíduos sólidos no município de Humaitá-Amazonas com a proposta de transição de lixeira municipal para aterro sanitário. A função do estudo era gerenciar as atividades necessárias da coleta, transporte e disposição final de 5.412 toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterro sanitário, que foi a quantidade coletada no município em 2017 (OLIVEIRA & MEDEIROS, 2020).

O sistema do produto na abrangência *cradle-to-grave* inclui todos os processos desde a geração, coleta, transporte e disposição final em um aterro. A composição dos RSU coletados no município é apresentada na tabela 1.

Tabela 1. Composição dos RSU do Município de Humaitá.

Resíduos	Composição Gravimétrica	
	Média Anual	
	t/ano	%
Matéria Orgânica	2381	44,00
Papel/Papelão	571	10,55
Plástico	1053	19,44
Metais	58	1,07
Vidro	146	2,70
Pet	65	1,20
Longa Vida	65	1,20
Outros*	1073	19,82
Total	5.412	100

*Madeira, borracha, tecido, couros, fraldas, absorventes, isopor e rejeito. **Fonte:** Oliveira & Medeiros (2020).

A lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece que os lixões devem ser exauridos no Brasil. Portanto, a ACV considerou apenas um cenário com a transição de lixão para aterro sanitário, contemplando a construção de um aterro sanitário e as etapas operacionais (coleta, transporte e disposição final). Além disto, o estudo de Oliveira *et al.* (2021) apontaram a disposição de resíduos em aterro sanitário como uma das alternativas factíveis para a região sul do estado do Amazonas.

Inventário do Ciclo de Vida (ICV)

O inventário do ciclo de vida (ICV) foi elaborado considerando dados primários e secundários, além disto, para a simulação se utilizou o programa computacional SimaPro, versão 8.5.2 e processos da Ecoinvent 3. Nesse contexto, os aspectos ambientais associados às etapas de coleta, transporte e disposição final foram caracterizados com base no estudo de Oliveira & Medeiros (2020).

Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

A avaliação do impacto do ciclo de vida foi realizada pelo método ReciPe midpoint (H) versão 1.13 (YAY, 2015). Neste estudo, as categorias de impacto ambiental incluídas foram o potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, potencial de toxicidade humana e potencial de material particulado.

RESULTADOS

Na tabela 2 são apresentados as etapas da disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário e os potenciais impactos ambientais para as categorias estudadas por meio do método de caracterização.

Tabela 2. Etapas e suas contribuições ao impacto ambiental nas categorias analisadas para cada um dos cenários avaliados.

Mudança Climática				
Transporte ¹	Aterro ²	Energia ³	Outros ⁴	Total
----- kg CO ₂ eq. -----				
461.000	3.786.000	7.660	9.240	4.263.900
Toxicidade Humana				
----- kg 1,4 -DB eq. -----				
17.800	136.800	619	1.470	156.689
Acidificação				
----- kg SO ₂ eq. -----				
3.510	3.206	71,0	85,0	6.872
Eutrofização				
----- kg PO ₄ eq. -----				
12,8	78,9	0,15	1,1	93
Material Particulado				
----- kg PM10 eq. -----				
1.470	1.364	18,8	26,4	2.879

1: Quantidade de emissão de no transporte da coleta regular; 2: Aterro: Considera todas as emissões da construção e disposição de RSU em um aterro sanitário; 3: Emissão do consumo de energia elétrica na iluminação do aterro; 4: Emissão do consumo de diesel da operação do aterro e da termoeletrica.

Em relação aos resultados do potencial de mudança climática, pode-se observar que as emissões da disposição dos RSU em aterro sanitário contribuíram com 89% do impacto global, com destaque para as emissões de dióxido de carbono e metano. Resultados estes corroboram com o estudo de Paes *et al.* (2020), onde apontaram o aterro sanitário fator principal de aporte nessa categoria. O potencial de toxicidade humana apresentou um comportamento semelhante a categoria mudança climática, onde quanto maior a quantidade de resíduos dispostos em aterro sanitário, maior será o aporte no impacto total.

Com relação ao potencial de acidificação, as etapas de transporte e emissões do aterro contribuíram em aproximadamente 99% do impacto global, a qual pode ser justificada pelas emissões decorrentes da queima de combustíveis fósseis. No potencial de eutrofização as emissões decorrentes da disposição de RSU em aterro sanitário contribuíram com aproximadamente 85% do impacto global na categoria, em decorrência principalmente da geração de lixiviado e gases.

CONCLUSÕES

Neste estudo foi realizada uma ACV referente à construção e disposição de todo o resíduo sólido gerado na mancha urbana do município de Humaitá-AM, atendendo o que se preconiza na Política Nacional de Resíduos Sólidos, que visa erradicar os lixões a céu aberto no Brasil. Logo a ACV mostrou-se uma ferramenta valiosa para a elaboração, simulação, comparação de cenários e planejamento de um sistema de gestão de resíduos sólidos.

De acordo com os resultados, as etapas da disposição e emissões do aterro sanitário e transporte contribuíram significativamente para o impacto global em todas as categorias, atingindo percentuais superiores a 95%. Esse desempenho ambiental pode ser potencializado com o uso de tecnologias de tratamento, encaminhamento dos resíduos secos para triagem e reciclagem e, úmidos para um sistema de compostagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14044:2009 Versão Corrigida: 2014: **Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e Orientações**. Brasil, 2009b.
2. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14040:2009 Versão Corrigida: 2014: **Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**. Brasil, 2009a.

3. BARTOLOZZI, I.; BALDERESCHI, E.; DADDI, T.; IRALDO, F. The application of life cycle assessment (LCA) in municipal solid waste management: A comparative study on street sweeping services. **Journal of Cleaner Production**, v.182, p.455-465, 2018.
4. GILARDINO, A.; ROJAS, J.; MATTOS, H.; LARREA-GALLEGOS, G.; VAZQUEZ-ROWE, I. Combining operational research and Life Cycle Assessment to optimize municipal solid waste collection in a district in Lima (Peru). **Journal of Cleaner Production**, .v.156, p.589-603, 2017.
5. HAUPT, M.; KAGI, T.; HELLWEG, S. Modular life cycle assessment of municipal solid waste management. **Waste management**, v.79, p.815-827, 2018.
6. IBGE (2020). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama do município de Humaitá**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/humaita/panorama>. Acesso em 10 de dezembro de 2020.
7. KHANDELWAL, H.; DHAR, H.; THALLA, A. K.; KUMAR, S. Application of life cycle assessment in municipal solid waste management: A worldwide critical review. **Journal of Cleaner Production**, v.209, p.630-654, 2019.
8. LAURENT, A.; BAKAS, I.; CLAVREUL, J.; BERNSTAD, A.; NIERO, M.; GENTIL, E.; HAUSCHILD, M. Z.; CHRISTENSEN, T. H. Review of LCA studies of solid waste management systems e Part I: lessons learned and perspectives. **Waste Management**, v.34, p.573-588, 2014.
9. OLIVEIRA, B. O. S.; MEDEIROS, G. A. “Municipal solid waste management in the Amazon: environmental, social, and economic problems, gaps, and challenges” **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, vol. 245, WIT Press: Southampton and Boston, p.9-20, 2020.
10. OLIVEIRA, B. O. S.; MEDEIROS, G. A.; PAES, M. X.; MANCINI, S. D. Integrated municipal and solid waste management in the amazon: addressing barriers and challenges in using the Delphi method. **International Journal of Environmental Impacts**, v.4, n.1, p.49-61, 2021.
11. PAES, M. X.; MEDEIROS, G. A.; MANCINI, S. D.; BORTOLETO, A. P.; OLIVEIRA, J. A. P.; KULAY, A. L. Municipal solid waste management: Integrated analysis of environmental and economic indicators based on life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v.254, p.1-12, 2020.
12. SNIS - Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico. **Diagnostico do Manejo de Resíduos Sólidos, 2016**. Brasil, Brasília, DF, 2018. Disponível em <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>. Acesso em 16 de março de 2018.
13. YADAV, P.; SAMADDER, S. R. A critical review of the life cycle assessment studies on solid waste management in Asian countries. **Journal of Cleaner Production**, v.185, p.492-515, 2018.
14. YAY. A. S. E. Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. **Journal of Cleaner Production**, v.94, p.284-293, 2015.
15. ZIEGLER-RODRIGUEZ, K.; MARGALLO, M.; ALDACO, R.; VAZQUEZ-ROWE, I.; KAHHAT, R. Transitioning from open dumpsters to landfilling in Peru: Environmental benefits and challenges from a life-cycle perspective. **Journal of Cleaner Production**, v.229, 989-1003, 2019.