

## Avaliação de ciclo de vida (ACV) aplicada à gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros: uma revisão

### RESUMO

A gestão de RSU inclui a disposição final dos rejeitos e, quanto menor esta parcela disposta em aterros, maiores serão os ganhos ambientais e, conseqüentemente, a redução de impactos. Processos como reciclagem e compostagem contribuem para a minimização dos impactos causados por aterros, devido a redução da quantidade de rejeitos destinada a este fim. Deste modo, este trabalho analisou a aplicação da ferramenta de ACV como técnica para a gestão de RSU em aterros. Foi avaliado teoricamente um estudo de caso realizado através de softwares de avaliação de ciclo de vida, que mostrou as vantagens e desvantagens de quatro cenários, sendo um deles real. O estudo mostrou melhorias significativas dos indicadores de impacto ambiental, quando incluídos os processos de triagem, reciclagem e compostagem de materiais precedendo ao processo de aterramento de resíduos, corroborando para o aumento de vida útil da área do aterro e redução de emissões.

**PALAVRAS-CHAVE:** ACV; Gestão; Resíduos sólidos urbanos; Aterros sanitários.

**Léa Beatriz Dai-Prá**

[biadaipra@gmail.com](mailto:biadaipra@gmail.com)

Universidade do Vale do Rio dos Sinos -  
UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do  
Sul, Brasil

**Carlos Alberto Mendes Moraes**

[cmoraes@unisinis.br](mailto:cmoraes@unisinis.br)

- Universidade do Vale do Rio dos Sinos,  
São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

**Luciana Paulo Gomes**

[lugomes@unisinis.br](mailto:lugomes@unisinis.br)

Universidade do Vale do Rio dos Sinos,  
São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

**Vinicius Martins Marques**

[vini1309@gmail.com](mailto:vini1309@gmail.com)

Universidade do Vale do Rio dos Sinos,  
São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

## 1 INTRODUÇÃO

Devido à contínua geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) pela população, com potencial aumento em função do crescimento de consumo de bens de capital, uso excessivo de embalagens, descarte constante de materiais, e expansão dos centros urbanos, torna-se necessário a reciclagem, o tratamento e correta destinação destes resíduos.

Em 2015, a geração per capita de RSU, no Brasil, resultou num valor médio de 0,98 kg/hab/dia. De acordo com informações dos órgãos municipais que responderam à pesquisa do SNIS-2015, tem-se conhecimento da destinação final de 84% da massa de resíduos coletada no país, onde 60,9% é destinada a aterros sanitários. (BRASIL, 2017).

Visto que os aterros sanitários detêm a maior parcela de destinação final dos RSU no Brasil, é importante salientar sua viabilidade técnica e econômica como sistema de disposição final, tanto para quem opera quanto para quem destina os resíduos. Porém, estas áreas possuem uma vida útil limitada de 20 a 30 anos, apenas, sendo necessários estudos que visem aumentar o tempo de utilização das mesmas.

Os RSU, quando aterrados, apresentam comportamentos mecânicos, físicos, químicos e biológicos ao longo do tempo, que influenciam diretamente em suas condições operacionais, como geração de lixiviado (água percolada através dos resíduos em decomposição), geração de biogás (mistura de gases gerados pela decomposição dos resíduos), e ocorrência de recalques (alteração da altura e volume da massa aterrada). Todas estas características modificam a estrutura do aterro. (DENARDIN, 2013; MELO *et al.*, 2014; SOUTO, 2009).

Como ponto positivo da decomposição dos resíduos, destaca-se a ocorrência de recalques, que promove a diminuição da massa de resíduos aterrada, trazendo como benefício o aumento da área útil de disposição dos RSU. A geração de biogás também é positiva em casos onde o mesmo é aproveitado para geração de energia na própria planta de operação do aterro. Todos estes aspectos, se bem estimados no planejamento de aterros sanitários, podem contribuir para um melhor aproveitamento desta atividade, reduzindo os impactos negativos e contribuindo para o aumento de vida útil e utilização de recursos no próprio local.

Neste contexto, a ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) passa a representar uma técnica importante do ponto de vista ambiental, social e econômico, pois se utilizada em estudos de aterros sanitários, pode viabilizar o uso das áreas já destinadas a este fim, evitando o impacto ambiental e social em novas áreas, e contribuir para o setor energético, com a aplicação energética do biogás produzido no aterro.

## 2 OBJETIVO

Avaliar a aplicação de ACV na gestão de resíduos sólidos urbanos.

### 3 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA (ACV)

A ACV é uma ferramenta que avalia os impactos ambientais das atividades produtivas, desde a extração da matéria-prima até a disposição final dos rejeitos. É focada principalmente no ciclo de vida dos produtos. (INMETRO, 2017).

A ferramenta ACV é uma alternativa quando, em um ciclo produtivo, deseje-se: avaliar as questões ambientais, apoiar decisões em investimentos e desenvolvimento interno, identificar prioridades e afastar o enfoque tradicional de “fim-de-tubo” e ainda subsidiar ações de marketing sob o olhar da reciclabilidade dos produtos (BARBOZA (2001); RIBEIRO, GIANNETI e ALMEIDA (2011)).

A ACV é balizada por normas da série ISO 14.000. No Brasil, os princípios gerais e as etapas de definição de objetivos e escopo além da análise do inventário são abordados na NBR ISO 14.040 (ABNT, 2014a). Ainda, a abordagem da avaliação de impactos ambientais aliada com a interpretação do ciclo de vida é determinada pela NBR ISO 14.044 (ABNT, 2014b). Além destas já citadas, na esfera internacional as normas brasileiras são complementadas pela legislação internacional, e pode-se destacar a ISO/TR 14.047 (ISO, 2012a) que oferece exemplos de aplicação, a ISO/TS 14.048 (ISO, 2002) que estabelece o formato de apresentação de dados e a ISO/TR 14.049 (ISO, 2012b) que exemplifica especificamente quanto à definição de objetivos.

### 4 ACV NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Existem alguns exemplos de aplicação de ACV na gestão de RSU e de aterros sanitários que, conforme Xaraet *al.* (2001), incluem:

- a) Avaliação ambiental dos sistemas de coleta de resíduos;
- b) Análise ambiental dos programas de reciclagem de certos materiais;
- c) Avaliação das vantagens da compostagem da fração orgânica dos resíduos, incluindo ou não a fração de papel, frente ao aterramento completo dos RSU;
- d) Avaliação dos diferentes tipos de tratamento para RSU, como incineração, disposição em aterros, tratamento biológico e/ou reciclagem;
- e) Desenvolvimento de estratégias de gestão de RSU a longo prazo;
- f) Análise dos benefícios ambientais resultantes da alteração de sistemas de gestão;
- g) Avaliação de sistemas de tratamento locais;
- h) Análise das propostas de entidades contratadas para gestão de RSU nos municípios;
- i) Avaliação da participação pública, através da disponibilização de informações sobre as cargas ambientais dos diferentes sistemas de gestão.

Nestes casos, a ACV é ajustada à realidade do local onde está sendo implementada, utilizando dados coletados em infraestruturas existentes e especificando a região considerada no estudo, admitindo, desta maneira, realizar o planejamento da gestão de RSU de forma objetiva. (XARA *et al.*, 2001).

As ACV's geralmente avaliam que, em estudos de RSU com baixo teor de resíduos orgânicos, os mesmos atingem um melhor desempenho ambiental do que RSU quando inteiramente rejeitados, conforme descarte doméstico. Estes estudos indicam que uma redução no percentual de matéria orgânica disposta nos aterros pode ser um bom começo para diminuir os impactos ambientais nesta atividade. (MANFREDI, 2009).

Sabe-se que a compostagem é considerada como um tratamento promissor para a fração orgânica dos RSU, o que promove a minimização da quantidade a ser encaminhada ao aterro sanitário e contribui para a redução da carga orgânica do lixiviado gerado e na diminuição da emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera. (GOMES *et al.*, 2015).

Porém, quando considerada a utilização de biogás gerado no aterro para uso como fonte de energia, devido à pequena geração de gás em aterros com baixo teor de matéria orgânica, reduz-se o potencial real de geração energética, reduzindo também as economias ambientais. (MANFREDI, 2009). Nestes casos, ganha-se na diminuição do impacto ambiental por área de utilização para aterro, mas perde-se na questão energética. Portanto, devem ser avaliados os dois lados, considerando qual o objetivo maior, na utilização do aterro sanitário.

Avaliando aterros sanitários, outra questão a ser estimada é a magnitude para a qual devem ser consideradas as emissões atmosféricas. Cada processo possui suas próprias características, tornando relevante a identificação dos pontos a serem considerados na aplicação da ACV na gestão de RSU, como na comparação entre aterros sanitários e tratamento por incineração, que já tem sido discutido por vários autores. (TAVARES, 2013).

Na ACV, os sistemas de incineração são considerados como geradores benéficos de energia, em termos ambientais, em comparação às centrais convencionais de produção de energia elétrica, principalmente por se tratar da geração de energia através de um produto (antes considerado como rejeito), e que em outras circunstâncias estaria somente gerando poluentes para a atmosfera. (TAVARES, 2013). Um exemplo são as emissões de SOx que, tanto em aterros como em plantas de incineração de RSU são, em média, dez vezes menores quando comparadas às centrais de produção de energia elétrica convencionais. (KAPLAN *et al.*, 2009).

Diversos estudos têm sido realizados em relação aos impactos ambientais gerados por sistemas de tratamento e disposição final de RSU. A seguir, um estudo comparativo entre as diversas formas de disposição em aterros mostra as vantagens e desvantagens entre cada sistema.

## **5 ESTUDO DE CASO NA GESTÃO DE RSU EM ATERROS: UMA COMPARAÇÃO ENTRE CENÁRIOS VISANDO O USO DE ACV COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL**

Para o estudo da aplicação de ACV na gestão de resíduos sólidos urbanos será utilizado o Estudo de Mengue *et al.* (2015).

O estudo considerou em seu escopo as atividades de gerenciamento de RSU desde o momento da geração até a disposição final, de um município do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, sendo analisadas e quantificadas. Os autores

optaram por não avaliar a logística da destinação dos materiais reciclados. A unidade funcional considerada foi a de geração anual de RSU no município avaliado, sendo de 612 t/ano, tendo como impactos avaliados as emissões atmosféricas, o consumo de energia e materiais.

Foram estabelecidos três cenários além do cenário atual do município, que levaram em conta as exigências da Lei 12.305/10. (BRASIL, 2010). O cenário 1 (atual) considerou as etapas de coleta, transporte e destinação final de RSU para aterro controlado, onde todo o montante de resíduos sólidos urbanos coletado é enviado diretamente à disposição final, em local considerado ambientalmente inadequado. O cenário 2 considerou etapas de coleta, transporte e destinação final em aterro sanitário, com coleta de 90% do lixiviado, 70% de eficiência no seu tratamento e captura de 90% dos gases gerados, os quais não sofrem aproveitamento energético, sendo apenas queimados. Já o cenário 3 considerou, além das etapas envolvidas no cenário 2, a triagem dos RSU passíveis de reciclagem, sendo considerado: Papel: 50%; Plástico: 50%; Metais: 100%; Vidro: 100%. O quarto e último cenário considerou todas as etapas do cenário 3, com o acréscimo da compostagem de 50% da matéria orgânica presente na massa total de resíduos sólidos urbanos coletados.

Para realizar a avaliação de ciclo de vida (ACV), os autores utilizaram o software Integrated Waste Management (IWM) – 2, Versão 2.5, onde foram identificadas e quantificadas todas as entradas e saídas do sistema. E para converter os valores obtidos na ACV em impactos ambientais foi utilizada a base de dados manual ReCiPe 2008, versão 1.08, que faz parte da base de dados do programa SimaPro®. Embora a base de dados ReCiPe seja composta por indicadores globais, os mesmos foram considerados para referenciar os valores locais, do estudo em questão.

Na ACV realizada, considerou-se um horizonte temporal de 100 anos, onde adotaram-se os seguintes indicadores de impacto ambiental para avaliação dos quatro cenários: Indicador de “Uso de Energia” (GJ/ano); Indicador de “Resíduo Sólido Final” (t/ano); Potencial de Aquecimento Global (kg CO<sub>2</sub> eq./ano); Potencial de Acidificação (kg SO<sub>2</sub> eq./ano); Potencial de Eutrofização (kg PO<sub>4</sub> eq./ano); Potencial de Depleção da Camada de Ozônio (kg CFC-11 eq./ano).

O Quadro 1 resume os resultados obtidos deste estudo.

Quadro 1 - Resultados de simulação de indicadores de impacto ambiental no estudo de Mengueet *al.* (2015)

Indicadores de Impacto Ambiental	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Uso de energia (GJ/ano)	+ 744,00	+ 744,00	- 1.878,00	- 2.001,00
Resíduos Sólidos Final (t/ano)	+/- 612,00	+/- 612,00	+/- 400,00	+/- 315,00
Potencial de aquecimento global (kg CO <sub>2</sub> eq./ano)	576.796.786,00	201.636.032,00	127.023.570,00	61.826.729,00
Potencial de acidificação (kg SO <sub>2</sub> eq./ano)	646,04	647,48	519,15	516,13
Potencial de Eutrofização (kg PO <sub>4</sub> eq./ano)	106,45	105,60	68,28	64,49
Potencial de depleção da camada de ozônio (kg CFC-11 eq./ano)	0,130	0,047	0,040	0,023

Legenda: (+): Consumo de energia; (-): Economia de energia; (+/-): Aproximadamente

Fonte: Adaptado de Mengue *et al.* (2015).

Em relação ao indicador de “Uso de energia”, os cenários 1 e 2 apresentaram um consumo de energia semelhante devido às distâncias percorridas nas etapas de coleta e destinação final serem as mesmas. Já nos cenários 3 e 4, devido à inclusão das etapas de triagem e reciclagem, houve um ganho de energia, de 250 – 270%. No cenário 4 houve mais ganho, pois incluiu a etapa de compostagem da matéria orgânica, permitindo uma redução ainda maior de material enviado ao aterro sanitário e conseqüente aumento de vida útil do mesmo. Outros ganhos indiretos com a implementação da Compostagem podem ser aqui referidos: redução da geração de gases e de lixiviados e produção de composto orgânico para uso no solo (material estável, higiênico, rico em compostos húmicos e cuja utilização, no solo, não oferece riscos ao meio ambiente).

Para o indicador de “Resíduos sólidos final”, no cenário 1 os RSU são enviados para aterro controlado e nos demais, para aterro sanitário. Em comparação ao cenário 1, o cenário 4 mostrou uma redução de 48,5% na quantidade de RSU enviados para aterro.

O indicador de “Potencial de aquecimento global” mostrou uma redução de 65% do cenário 2 em relação ao cenário 1; 79% do cenário 3 em comparação ao cenário 1; e 89% do cenário 4 em comparação ao cenário 1.

O “Potencial de acidificação” mostrou um aumento do cenário 2 em relação ao cenário 1, provavelmente devido à queima incompleta de 90% dos gases do aterro sanitário resultando na provável ocorrência de chuvas ácidas. No cenário 3 houve a redução de 19,6% em relação ao cenário 1, devido à inclusão de triagem e reciclagem. O cenário 4 apresentou um valor próximo ao cenário 3, devido à semelhança dos tratamentos.

Para o “Potencial de eutrofização”, os cenários 1 e 2 apresentaram valores muito semelhantes, o que pode ocorrer devido à queima incompleta dos gases produzidos pelo NO<sub>x</sub> gerado no aterro. Já nos cenários 3 e 4 nota-se a importância da inclusão dos processos de triagem e reciclagem, averiguando uma

redução de 35,9% do potencial de eutrofização do cenário 3, em relação ao cenário 1.

O indicador de “Potencial de depleção da camada de ozônio” indicou uma redução de 63,8% do cenário 2 em relação ao cenário 1; 69,2% do cenário 3 em relação ao cenário 1; e 82,3% do cenário 4 se comparado ao cenário 1. Isto mostra que a triagem, reciclagem e compostagem de materiais contribui muito para este decréscimo.

Segundo Mengue *et al.* (2015), a realização do diagnóstico ambiental do atual cenário deste município, e da simulação de outros três cenários hipotéticos, permitiu identificar que a disposição final dos RSU em aterro controlado (cenário 1, atual) é a atividade que mais causa impactos ambientais. A inclusão dos processos de triagem, reciclagem e compostagem nos aterros sanitários simulados mostrou decréscimo nos impactos. O cenário 4, melhor avaliado, apresentou uma redução de 89% no Potencial de aquecimento global; 20,1% no Potencial de acidificação; 39,4% no Potencial de eutrofização; 82,3% no Potencial de depleção da camada de ozônio e 48,5% na redução do volume de Resíduo sólido final.

A simulação de processos de triagem dos RSU recicláveis e de compostagem de 50% da fração orgânica mostram uma economia de recursos naturais (K e P) e energia, e minimização das emissões atmosféricas (C e N), gerando muitos ganhos ambientais. Além da redução de emissões, verificou-se um aumento de vida útil do aterro neste caso, devido a processos de redução dos RSU aterrados, que foram, então, encaminhados à reciclagem e compostagem.

Mengue *et al.* (2015) não utilizaram o conceito de fluxo de referência para este estudo, porém é um conceito que pode ser considerado, analisando os dados disponíveis. Supondo que o fluxo de referência fosse “volume de resíduos aterrados anualmente”, com um cálculo simples, baseado na densidade dos resíduos sólidos urbanos pode-se indicar o volume de resíduos, em relação à unidade funcional considerada pelos autores. Portanto, considerando que a densidade média dos RSU, estudada para um município do Rio Grande do Sul, baseada no trabalho de Waskow (2015), seja 173 kg/m<sup>3</sup>, e a unidade funcional considerada no estudo de Mengue *et al.* (2015), seja a geração de 612 ton/ano de RSU, o volume de resíduos aterrados anualmente seria de aproximadamente 3540 m<sup>3</sup>, sendo este o fluxo de referência.

Conforme verificado nos quatro cenários propostos, sendo o primeiro deles o atual cenário do aterro considerado para estudo, a inclusão de tecnologias mais eficientes de tratamento de resíduos sólidos diminui a geração de impactos ambientais negativos e tem a propensão de gerar inclusive retorno financeiro. O aterro sanitário, apesar de ser uma técnica de fim de tubo, tem um potencial para geração de energia através do biogás e, também, de um subproduto advindo da compostagem da matéria orgânica. Além dos impactos positivos das novas tecnologias, ainda se considera importante a triagem prévia do resíduo, anterior ao aterramento, para evitar que materiais com potencial de reciclagem sejam dispostos nas valas do aterro. Todas as características abordadas nos cenários apresentados fazem parte do uso da ferramenta de ACV como um método de aumentar a vida útil dos aterros, já que é uma técnica muito utilizada no Brasil e, que se corretamente projetada e operada, pode diminuir consideravelmente os impactos ambientais presentes e futuros.

---

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de ferramentas ambientais como ACV tem mostrado ganhos ambientais em diversas áreas e não seria diferente no estudo de RSU e aterros sanitários. Como é um método comumente usado para disposição final de resíduos, é importante que existam estudos avaliando qual a melhor forma de disposição que, conseqüentemente, acarrete em menor número de impactos ambientais e, possivelmente, em ganhos como geração de energia.

Apesar de ser uma técnica conhecida como “fim de tubo”, o aterro sanitário apresenta características positivas, como viabilidade econômica para os municípios e, se corretamente projetado e operado, aumento de vida útil da mesma área (pela decomposição e redução da massa dos RSU, e pelos processos mais rigorosos de seleção dos materiais que serão aterrados), e possível geração de energia através do aproveitamento de biogás.

Visto isto, este estudo corroborou para salientar a importância da aplicação da ferramenta de ACV para a gestão de resíduos sólidos urbanos e de aterros sanitários, demonstrando que a técnica, se utilizada desde a etapa de projeto de um aterro, pode contribuir para o aumento de vida útil e redução de impactos ambientais no futuro.

## Life cycle assessment (LCA) applied to management of municipal solid waste (MSW) in landfills: a review

### ABSTRACT

MSW management includes the final disposal of tailings, and the smaller this parcel disposed of in landfills, the greater the environmental gains and, consequently, the reduction of impacts. Processes such as recycling and composting contribute to minimize the impacts caused by landfills, due to the reduction of the amount of tailings destined for this purpose. Thus, this work analysed the application of the LCA tool as a technique for the management of MSW in landfills. A case study carried out through life cycle assessment software was evaluated, which showed the advantages and disadvantages of four scenarios, being one of them real. The study showed significant improvements in environmental impact indicators, including the sorting, recycling and composting processes prior to the landfill process, corroborating to increase the useful life of this area and reducing emissions.

**KEY WORDS:** LCA; Management, Municipal solid waste; Sanitary landfills.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISSO 14040 - GESTÃO AMBIENTAL - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014A.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 14.044 Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e Orientações. BRASIL, 2014B.

BARBOZA, E. M. F. Rótulos Ambientais e Análise do Ciclo de Vida (ACV). Rotulagem Ambiental, IBICT, P. 1–14, 2001.

BRASIL. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2015. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento, 2017. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2015>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

DENARDIN, G. P. Estudo dos Recalques do Aterro Sanitário da Central de Resíduos do Recreio – Minas do Leão/RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.

GOEDKOOOP, M.J.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.A.J.; DE SCHRYVER, A.M.; STRUIJS, J.; VAN ZELM, R. 2009. Recipe 2008: A Life Cycle Impact Assessment Method Which Comprises Harmonised Category Indicators at the Midpoint and the Endpoint Level; First Edition Report I: Characterisation. 6 January 2009, <http://www.lcia-recipe.net>

GOMES, L. P.; KOHL, C. A.; SOUZA, C. L. L.; REMPEL, N.; MIRANDA, L. A. S.; MORAES, C. A. M. Avaliação Ambiental de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos Precedidos ou não por Unidades de Compostagem. Engenharia Sanitária Ambiental, v.20, n.3, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v20n3/1413-4152-esa-20-03-00449.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Análise de Ciclo de Vida: Conceitos e função. Arquivo da palestra apresentada no fórum governamental de responsabilidade social, por Raquel Naves Blumenschein e Kátia Broeto Miller. Brasil, 2014. Disponível em <[http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade\\_social/apresentacoes/3.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/apresentacoes/3.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. ISO/TR 14.047 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Illustrative Examples on How to Apply ISO 14044 to Impact Assessment Situations, 2012A.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. ISO/TS 14.048 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Data Documentation Format. 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. ISO/TR 14.049 ENVIRONMENTAL MANAGEMENT - Life Cycle Assessment - Illustrative Examples on How to Apply ISO 14044 to Goal and Scope Definition and Inventory Analysis, 2012B.

KAPLAN, P. O.; DECAROLIS, A.; THORNELOE, S. Is it better to burn or bury waste for clean electricity generation? *Environmental Science Technology*, V. 43, P. 1711–1717, 2009. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es802395e>>. Acessoem: 16 nov. 2017.

MANFREDI, S. Environmental assessment of solid waste landfilling in a life cycle perspective (LCA Model Easewaste). Tese (Doutoradoem Engenharia Ambiental). Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark. Dinamarca, 2009. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/b7cb/67de046200f0aa46b28a6ceb87124ad2a2c9.pdf>>. Acessoem: 16 NOV. 2009.

MCDUGALL, M. R.; WHITE, P. R.; FRANKE, M.; HINDLE, P. *Integrated Solid Waste Management: A Life Cicle Inventory*. 2nd Edition. Pub. Blackwell Science Ltd., Osney Mead, Oxford, England, 2001.

MELO, M. C. *et al.* Microbiologia de resíduos sólidos urbanos e sua relação com a deformação vertical da massa aterrada. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 225–234, 2014.

MENGUE, D. M., TRENTIN, A. W. S., RODRIGUES, A. L., LOPEZ, A. R., WERMUTH, T. B. Diagnóstico e avaliação do ciclo de vida do gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos do município de Três Cachoeiras – RS. *Revista Tecnológica*, v. 19, n. 2, p. 69-77. Santa Cruz do Sul, 2015.

SOUTO, G. D. D. B. Lixiviado de aterros sanitários brasileiros - estudo de remoção do nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (“stripping”). Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. 371 f.

RIBEIRO, C. M.; GIANNETI, B. F. E ALMEIDA, C. M. V. B. Avaliação Do Ciclo De Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial. *Ecologia Industrial*, P. 1–10, 2011. Disponível em: <<http://www.hottopos.com/regeq12/art4.htm>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

TAVARES, V. S. R. Análise de ciclo de vida dos RU em destino final. Caso de estudo: aterros e incineradoras de Portugal. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente, Perfil de Gestão e Sistemas Ambientais). Faculdade de ciências e tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, 2013. Disponível em: <[https://run.unl.pt/bitstream/10362/11323/1/tavares\\_2013.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/11323/1/tavares_2013.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

WASKOW, R. P. ASTM D5231 aplicada à caracterização da composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos. Estudo de caso: Novo Hamburgo – RS. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/115271>>. Acesso em: 04 maio 2018.

XARA, S.; SILVA, M.; ALMEIDA, M. F.; COSTA, C. A. Aplicação da análise de ciclo de vida no planejamento da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos. In: 8th International Chemical Engineering Conference, Chempor, Aveiro, Portugal, 2001, p. 1467-1474. Disponível em: <[http://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/6966/1/2001\\_esb\\_xara\\_susana-dig2.pdf](http://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/6966/1/2001_esb_xara_susana-dig2.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2017.

**Recebido:** 03 jun. 2018.

**Aprovado:** 19 jul. 2018.

**DOI:** 10.3895/rbpd.v7n3.8640

**Como citar:** DAI-PRÁ, L. B.; MORAES, C. A. A.; GOMES, L. P.; MARQUES, V. M. Avaliação de ciclo de vida (ACV) aplicada à gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em aterros: Uma revisão. *R. bras. Planej. Desenv.*, Curitiba, v. 7, n. 3, Edição Especial Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, p.341-352, ago. 2018. Disponível em: <<https://periodicos.utfr.edu.br/rbpd>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Léa Beatriz Dai-Prá

Laboratório de Saneamento Ambiental, UNISINOS. Av. Unisinos, 950, Cristo Rei - CEP 93022-750–São Leopoldo - RS – Brasil

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

