

III-171 - IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR LIXIVIADOS DE LOCAIS DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Maria Monize de Moraes

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência na área de Gestão Ambiental. Atualmente é professora assistente do Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES-UNITA).

Geysiane Augusta de Moraes

Possui o curso Tecnólogo em Gestão Ambiental. Atualmente é graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Luiz Martins Pereira Neto

Possui graduação em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário Maurício de Nassau (UNINASSAU). Atualmente é mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Maurício Alves da Motta Sobrinho ⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP); Mestrado em Eng. Química pela UFPB (atual UFCG). Doutorado em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine (França); Professor Associado da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Pesquisador 1D CNPq.

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Recife, PE, Brasil, CEP: 50670-901

RESUMO

A principal forma de destinação de resíduos sólidos, no Brasil, são os aterros sanitários. Nos aterros, os resíduos são estabilizados por micro-organismos, gerando subprodutos. O lixiviado é um dos subprodutos gerados e pode ser definido como o produto da água que infiltrou através dos depósitos de resíduos, com o produto da decomposição microbiana. Lixiviados gerados em locais de disposição final de resíduos sólidos apresentam uma grande variabilidade na sua composição e podem causar impactos ambientais negativos. Assim, o objetivo do trabalho é apresentar um levantamento e avaliação dos impactos ambientais negativos, que podem ser causados se os lixiviados não forem tratados e destinados de forma adequada. Para tanto, foram estudados sete dos aterros de disposição de RSU do estado de Pernambuco. O estudo contemplou o diagnóstico da situação de cada aterro estudado, a avaliação das características físico-químicas e quantificação de metais pesados no lixiviado, para avaliar a variabilidade na composição, e a identificação e avaliação qualitativa e quantitativa de aspectos e impactos ambientais sobre os meios físico, biótico e antrópico, que esse poluente pode causar. As metodologias utilizadas para identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais foram: lista de verificação, matriz de Leopold e avaliação da relevância. Os resultados mostraram que impactos ambientais negativos que podem ocorrer se o lixiviado não for tratado e destinado na forma correta, em geral, apresentaram relevância grande.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente, aspectos ambientais, sustentabilidade, avaliação ambiental.

INTRODUÇÃO

Resultado do crescimento populacional, da industrialização e da diversificação dos bens e serviços, o aumento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) tem influenciado negativamente na qualidade de vida da sociedade, acarretando em problemas econômicos, sociais e ambientais. Este aumento está associado com muitos encargos ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa, poluição do ar, poluição da água, etc. (PASCHOALIN FILHO; DIAS; CORTÊS; 2014).

O tipo mais comum de destinação final de RSU é a disposição sobre o solo, que pode ser de três formas: lixões, locais onde os resíduos são depositados sem nenhum cuidado com a proteção ao meio ambiente e a saúde pública; aterro controlado, no qual o lixo é confinado em local restrito e, diariamente, coberto por uma camada de solo, sem nenhuma impermeabilização do solo onde o lixo foi depositado; e aterro sanitário, onde há uma estrutura de impermeabilização do solo e drenagem de lixiviado e gás, evitando uma maior contaminação ambiental (PEJON; RODRIGUES; ZUQUETE, 2013).

Na União Europeia, resíduos domésticos e comerciais não tratados não podem ser depositados em aterros sanitários (NELLES; GRÜNES; MORSHECK, 2016). Os autores apontam que a maioria dos países utilizam a incineração e reciclagem dos resíduos, no entanto alguns ainda utilizam aterros para deposição final dos resíduos. Desse modo, a Agência Ambiental Europeia (European Environmental Agency - EEA) formulou diretrizes que incentivam o desvio dos resíduos dos aterros e o seu encerramento, ademais apresenta opções alternativas para a gestão de resíduos, tais como: reciclagem, compostagem, tratamento e incineração (AMRITHA; ANILKUMAR, 2016).

Nos países que estão em desenvolvimento, em geral, os RSU são depositados em aterros a céu aberto (WAKADIKAR *et al.*, 2012). No Brasil, dados mais recentes mostram, a principal forma de destinação de RSU são os aterros sanitários (ABRELPE, 2016; BRASIL, 2016). Por falta de planejamento, infraestrutura, insuficiência dos recursos financeiros, dentre outros, ocorre ainda ocorre a disposição dos resíduos de maneira desorganizada e desestruturada, causando, assim, danos, muitas vezes irreversíveis, ao solo, ao ar, às águas superficiais e subterrâneas, assim como gera impacto direto na saúde da população. (CORREIA *et al.*, 2018).

Para o Brasil, dentre as exigências impostas na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi estabelecido um prazo até agosto de 2014 para os municípios brasileiros se adaptarem à nova regulamentação, devendo, entre outras medidas, destinar os resíduos a aterros sanitários (destinação adequada) e criar leis municipais que evitem o descarte de resíduos passíveis de reciclagem e reutilização (BRASIL, 2010).

Contudo, como poucos municípios conseguiram adequar-se às exigências impostas por lei, este prazo foi estendido duas vezes. O novo prazo, definido pelo Projeto de Lei 2.289/2015, foi aprovado pelo senado brasileiro, mas encontra-se ainda em tramitação na câmara de deputados. Esse novo prazo foi estendido até 31 de julho de 2018 para capitais e municípios da região metropolitana. Para os municípios de fronteiras e com mais de 100 mil habitantes, de acordo com o censo de 2010, terão até 31 de julho de 2018. Já as cidades com 50 a 100 mil habitantes terão até 31 de julho de 2020 e os municípios com menos de 50 mil habitantes até 31 de julho de 2021.

O processo de degradação dos compostos orgânicos e inorgânicos depositados em um aterro sanitário é um fenômeno composto essencialmente pela superposição de mecanismos biológicos e físico-químicos, os quais são catalisados pela água, proveniente das chuvas e da umidade inicial dos resíduos (ZANATA; FERREIRA, 2003). Quando os resíduos sólidos são depositados nos aterros sanitários, os micro-organismos, em função das condições do ambiente, iniciam o processo de estabilização da matéria orgânica. Esse processo é dividido em 4 fases: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese.

Em aterros sanitários, a degradação dos resíduos sólidos gera como subproduto o chorume, o qual é diluído com a água de origem externa (precipitação, escoamento superficial, águas subterrâneas e outras fontes que possam existir) e/ou de origem interna (como da umidade inicial dos resíduos), formando, assim, o lixiviado. O lixiviado percola através das camadas do aterro até atingir o sistema de coleta, seguido do tratamento em estações de tratamento (MANNARINO *et al.*, 2013).

O lixiviado é um dos subprodutos gerados da decomposição de RSU e tem sido constantemente um problema desafiador no gerenciamento desses resíduos, uma vez que contém alta quantidade de compostos orgânicos e inorgânicos que podem causar poluição para os recursos hídricos (YONG *et al.*, 2018), além do desequilíbrio ecológico, contaminação do solo, do ar e, conseqüentemente, comprometimento da saúde humana, quando descartados sem tratamento prévio.

No Brasil, para destinação do lixiviado após o tratamento, as características do efluente devem estar de acordo com os padrões estabelecidos pela Resolução 430/2011 do Conselho Nacional de Meio Ambiente, a qual altera a resolução 357/2005.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um levantamento e avaliação dos impactos ambientais negativos, que podem ser causados se os lixiviados não forem tratados e destinados de forma adequada.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram estudados sete dos aterros para disposição de RSU do estado de Pernambuco, os quais estão localizados nas mesorregiões do Agreste, Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife, para o levantamento e avaliação de impactos ambientais. Os aterros que fizeram parte do estudo estão localizados nas cidades de: Garanhuns, Lajedo, Caruaru, Gravatá, Escada, Igarassu e Jaboatão dos Guararapes (Aterro da Muribeca) (Figura 1).

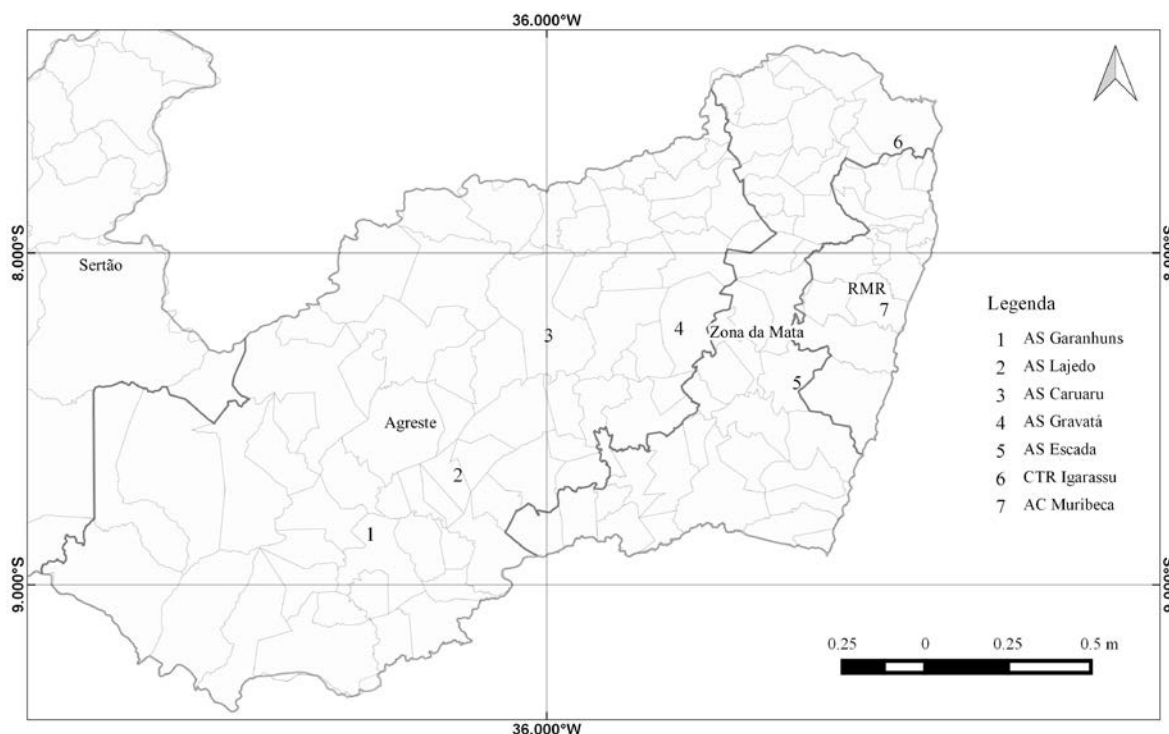


Figura 1: Localização geográfica dos aterros estudados.

Fonte: Os autores (2018).

A pesquisa foi subdividida em duas etapas distintas, como apresentado a seguir:

- a. Foi realizado um diagnóstico da situação de cada aterro estudado. No diagnóstico foram levantados dados sobre: localização geográfica; tipo de resíduo que recebe; e, de tipo de tratamento do lixiviado.
- b. Foi realizada uma identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais negativos, que os lixiviados gerados pela decomposição dos resíduos sólidos podem causar nas áreas onde os aterros estão localizados, assim como no seu entorno, se não for aplicado o tratamento e a destinação adequada.

A identificação dos aspectos e impactos ambientais negativos foi realizada, inicialmente, utilizando a metodologia de Lista de Verificação (checklist).

Para caracterização dos impactos ambientais negativos foi utilizada a Matriz de Interação, a qual associa os impactos de uma determinada atividade com as características ambientais na sua área de influência e possibilita a integração da análise qualitativa e quantitativa dos impactos ambientais. Ainda, foi realizada uma avaliação quantitativa dos aspectos/impactos ambientais negativos em relação às suas características, no que se refere à magnitude (Tabela 1), importância (Tabela 2) e duração (Tabela 3) (SEIFFERT, 2008).

Tabela 1: Enquadramento de magnitude de impactos ambientais.

Magnitude	Pontos
O impacto não é gerado ou se gerado, pode atingir o perímetro da planta.	1
O impacto se gerado pode atingir o perímetro de até 3 km da planta	3
O impacto se gerado pode atingir área além dos 3 km.	5

Fonte: Seiffert (2008).

Tabela 2: Enquadramento de importância de impactos ambientais.

Importância	Pontos
O impacto não gera danos ambientais	1
O impacto pode gerar danos ambientais, porém reversíveis.	3
O impacto pode gerar danos ambientais graves ou irreversíveis.	5

Fonte: Seiffert (2008).

Tabela 3: Enquadramento de probabilidade de aspectos/impactos ambientais.

Duração	Pontos
Não gera impacto ou não há probabilidade de ocorrência em 25 anos.	1
O impacto é gerado descontinuamente.	3
O impacto é gerado continuamente.	5

Fonte: Seiffert (2008).

A avaliação final dos impactos ambientais foi realizada da forma que está apresentada na Equação 1.

$$\text{Avaliação} = \text{Magnitude} + \text{Importância} + \text{Duração} \quad (1)$$

A pontuação obtida foi avaliada da seguinte forma (SEIFFERT, 2008):

Entre 12 - 15 pontos = relevância grande

Entre 7 - 11 pontos = relevância média

< 7 pontos = relevância pequena

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DIAGNÓSTICO DOS ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Dos aterros sanitários estudados, todos ainda estão em funcionamento e dentro do tempo de vida útil projetado, com exceção do aterro de Caruaru, o qual está em operação desde 2001 e foi projetado para operar até janeiro de 2018. O aterro controlado da Muribeca já está encerrado desde 2009, portanto não recebe mais resíduo sólido. Com relação ao tipo de resíduo, os aterros de Caruaru, Lajedo, Gravatá e Escada recebem resíduos domiciliares classe II (resíduos não perigosos).

O aterro sanitário de Garanhuns, além dos resíduos domiciliares classe II, recebem também resíduos de construção civil, que são utilizados como material de cobertura das células de resíduos sólidos. A CTR localizada em Igarassu é a única que recebe tanto resíduo classe II e classe I (resíduo perigoso).

De todos os locais de disposição de resíduos sólidos estudados, apenas a CTR possui Estação e Tratamento de Lixiviado (ETL) em funcionamento. Apesar de ser um aterro controlado e já está encerrado o aterro da Muribeca continua gerado lixiviado. Este aterro não possui ETL, mas o lixiviado gerado é tratado por empresa terceirizada. O aterro sanitário de Caruaru tem ETL, mas durante as pesquisas foi identificado que

estava desativada. O tratamento aplicado no aterro de Caruaru é de recirculação do lixiviado pelas células de resíduos sólidos. Os demais aterros não possuem ETL e aplicam o mesmo tratamento de recirculação.

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Através do método de Lista de Verificação foram identificados os aspectos e os impactos ambientais negativos, que pode acontecer se a destinação dos lixiviados não for de forma adequada.

O Quadro 1 apresenta os principais aspectos e impactos ambientais identificados relativos aos meios físico, biótico e antrópico.

Quadro 1: Lista de verificação dos aspectos e impactos ambientais decorrentes da destinação inadequada do lixiviado.

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais negativos
Meio Físico	Meio Físico
Risco de poluição do solo	Alteração das propriedades físicas e químicas do solo
	Deterioração da qualidade do solo
Aumento da carga de sedimentos nos corpos d'água	Deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas
Risco de poluição do ar	Deterioração da qualidade do ar
Meio Biótico	Meio Biótico
Bioacumulação de poluentes	Perda ou alteração de habitats aquáticos e terrestres
Interferência sobre os processos bióticos nos corpos d'água e no solo	Afugentamento da fauna
	Proliferação de vetores
Meio Antrópico	Meio Antrópico
Alteração das formas de uso do solo	Alteração nas condições sanitárias
	Alteração nos modos de vida tradicionais
	Impacto visual
	Limitações das opções de uso do solo e da água
Geração de odor	Desconforto ambiental
	Risco à saúde humana

Tendo em vista a grande quantidade de poluentes que os lixiviados podem apresentar e a variabilidade, identificada através das análises para caracterização físico-química e a quantificação dos metais pesados, foram identificados os principais impactos ambientais que esse poluente pode causar.

No que se refere aos impactos causados à deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, perda ou alteração de habitats aquáticos e afugentamento da fauna, de acordo com Cardillo (2006), uma das primeiras alterações observadas nas águas superficiais e subterrâneas quando ocorre um aporte de poluentes é a redução do teor de oxigênio dissolvido (OD) e, consequentemente, alteração da fauna e flora aquática.

A poluição do ar também ocorre, pois em presença de um teor de umidade adequado, os micro-organismos decompõem a matéria orgânica presente nos resíduos sólidos, produzindo gases de mau odor (TRIPATHY; KUMAR, 2017).

Os lixiviados ainda podem conter produtos farmacêuticos, provenientes dos medicamentos com data de validade vencida ou até mesmo aqueles indesejados, os quais são descartados em aterros sanitários (LU *et al.*, 2016). Os autores supracitados também destacam que esses produtos farmacêuticos podem ameaçar a qualidade do solo e das águas subterrâneas. Portanto, deve-se tratar adequadamente este material para que os valores de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos atendam aos limites estabelecidos de descarte pelas legislações vigentes (KALWAHIGASHI *et al.*, 2014).

Através da identificação das principais características físico-químicas dos lixiviados e dos aspectos impactos ambientais, é possível afirmar que os lixiviados uma elevada capacidade de causar poluição ambiental. O alto potencial poluidor ao qual está associado é causado principalmente pela presença de ácidos húmicos e fúlvicos (compostos orgânicos recalcitrantes), xenobióticos, pesticidas, metais pesados e outras substâncias prejudiciais (CHRISTENSEN *et al.*, 2001; VILAR *et al.*, 2011).

A partir do levantamento dos aspectos e impactos ambientais, foi construída a Matriz de Leopold, para identificar as interações entre essas componentes (Quadro 2).

Quadro 2: Matriz de Identificação de Aspectos e Impactos Ambientais

Aspectos Ambientais	Impactos Ambientais Negativos												
	Meio Físico				Meio Biótico			Meio Antrópico					
	Solo		Ar	Água									
	Alteração das propriedades físicas e químicas do solo	Deterioração da qualidade	Deterioração da qualidade	Deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas	Perda ou alteração de habitats aquáticos e terrestres	Afugentamento da fauna	Proliferação de vetores	Riscos à saúde humana	Desconforto ambiental	Impacto visual	Alteração nas condições sanitárias	Alteração nos modos de vida tradicionais	Limitações das opções de uso do solo e da água
Risco de poluição do solo	X	X							X	X	X	X	X
Risco de poluição do ar			X			X		X	X			X	
Aumento da carga de sedimentos nos corpos d'água				X	X				X			X	X
Interferência sobre os processos bióticos nos corpos d'água e no solo				X	X				X				
Bioacumulação de poluentes				X	X	X	X	X					
Alteração das formas de uso do solo									X	X		X	X
Geração de odor						X			X			X	

A avaliação quantitativa dos impactos ambientais negativos pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4: Avaliação quantitativa dos impactos ambientais negativos.

Impactos Ambientais Negativos	Características			Avaliação (Relevância)
	Magnitude	Importância	Duração	
Alteração das propriedades físicas e químicas do solo	5	3	5	Grande
Deterioração da qualidade do solo	5	3	5	Grande
Deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas	5	5	5	Grande
Deterioração da qualidade do ar	5	3	5	Grande
Perda ou alteração de habitats aquáticos e terrestres	5	5	5	Grande
Afugentamento da fauna	5	3	5	Grande
Proliferação de vetores	3	3	5	Média
Riscos à saúde humana	5	3	5	Grande
Desconforto ambiental	3	3	5	Média
Impacto visual	5	3	5	Grande
Alteração nas condições sanitárias	5	3	5	Grande
Alteração nos modos de vida tradicionais	5	3	5	Grande
Limitações das opções de uso do solo e da água	5	5	5	Grande

Ressalta-se que, a partir da avaliação quantitativa dos impactos ambientais negativos que podem ocorrer se o lixiviado não for tratado e destinado na forma correta, em geral, apresentaram relevância grande.

CONCLUSÕES

Os impactos ambientais negativos foram identificados e avaliados. Estes, por sua vez, são relativos às alterações na qualidade da água, do solo, do ar, ao desconforto ambiental, aos riscos que podem causar à saúde humana, além de alterações no modo de vida tradicional, dentre outros. Os resultados sugerem, portanto, que a implementação de sistemas de coleta e tratamento para o lixiviado é absolutamente essencial, uma vez que os impactos ambientais identificados foram avaliados, em geral, com relevância grande.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** – 2016. São Paulo, SP – Brasil. 64p. 2016.
2. BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. 2016. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2016>>. Acesso em: 10/03/2018.
3. CARDILLO, L. Tratamento de Chorume: uma etapa cara e necessária. **Revista de Limpeza Pública**. 2006, v. 62, p. 25.
4. CHRISTENSEN, T.H.; KJELDSSEN, P.; BJERG, P.L.; JENSEN, D.L.; CHRISTENSEN, J.B.; BAUN, A.; ALBRECHTSEN, H.J.; HERON, G. Biochemistry of landfill leachate plumes. **Applied Geochemistry**, v.16, pp. 659–718, 2001.
5. KAWAHIGASHI, F.; MENDES, M. B.; ASSUNÇÃO JÚNIOR, V. G.; GOMES, V. H.; FERNANDES, F.; HIROOKA, E. Y.; KIYOMI KURODA, E. Pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário com carvão ativado. **Eng Sanit Ambient.**, v.19, n.3, p.235-244, 2014.
6. MANNARINO, C. F.; MOREIRA, J. C.; FERREIRA, J. A.; ARIAS, A. R. L. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência & Saúde Coletiva** [online], v. 18, n. 11, p.3235-3243, 2013.
7. NELLES, M.; GRÜNES, J.; MORSCHECK, G. Waste Management in Germany – Development to a Sustainable Circular Economy. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 6 – 14, 2016.
8. PASCHOALIN FILHO, J. A. DIAS, A. J. G. CORTES, P. L. Aspectos normativos a respeito de resíduos de construção civil: uma pesquisa exploratória da situação no Brasil e em Portugal. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 29, p. 155-169, abr. 2014. Vol. 29, abril 2014.
9. PEJON, O. J.; RODRIGUES, V. G. S.; ZUQUETE, L. V. Impactos Ambientais Sobre o Solo. In: MARIA DO CARMO CALIJURI E DAVI GASPARINI FERNANDES CUNHA, Ed(s). **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 317 – 343.
10. SEIFFERT, M.E.B.ISO 14001 - **SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL –Implantação objetiva e econômica** - 3ª edição, Editora Atlas, 2008.
11. TRIPATHY, B. K.; KUMAR, M. Suitability of microwave and microwave-coupled systems for landfill leachate treatment: An overview. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v.5, p.6165–6178, 2017.
12. VILAR, V. J. P.; ROCHA, E. M.; MOTA, F. S.; FONSECA, A.; SARAIVA, I.; BOAVENTURA, R.A.R. Treatment of a sanitary landfill leachate using combined solar photo-Fenton and biological immobilized biomass reactor at a pilot scale. **Water Research**, v. 45, p.2647-2658, 2011.
13. YONG, Z. J.; BASHIR, M. J. K.; NG, C. A.; SETHUPATHI, S.; LIM, J. A sequential treatment of intermediate tropical landfill leachate using a sequencing batch reactor (SBR) and coagulation. **Journal of Environmental Management**, v.205, p.244-252, 2018.
14. ZANTA, V. M.; FERREIRA, C. F. A. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos. In: LANGE, L.C.. (Org.). **Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte**. 1ed., Rio de Janeiro: ABES, RIMA, 2003, v. V3, p. 1-294.