

Instrumentos legais e disposição de resíduos sólidos no aterro de Volta Redonda – RJ

*Statutory instruments and solid waste
disposal in Volta Redonda's landfill*

Thiago Simonato Mozer*
Gustavo Aiex Lopes**

Resumo: A gestão inadequada de resíduos e rejeitos no Brasil é uma realidade condicionada à maioria dos Municípios. Através de uma Ação Civil Pública instaurada pelo Ministério Público Federal e pelo Ministério Público Estadual – RJ, celebrou-se um termo de ajustamento de conduta com a Prefeitura de Volta Redonda, propondo a remediação e o encerramento da área de disposição de resíduos. Identificou não conformidades das ações da Administração Pública municipal na gestão da área. Através de análise comparativa entre os padrões de qualidade ambiental e as concentrações de parâmetros do lixiviado, constatou-se que alguns constituintes tóxicos encontrados no lixiviado não são regulamentados em lei e normas, levando à propositura de atualização dos parâmetros legais de lançamento de efluentes.

Palavras-chave: Contaminação ambiental. Legislação ambiental. Lixiviado.

Abstract: Inadequate management of waste in Brazil is a reality conditioned to the majority of municipalities. Through a Public Civil Action established by the Federal Public Ministry and the State Public Ministry – RJ, a behavior adjustment agreement was signed with the city of Volta Redonda, proposing the remediation and closure of the waste disposal area. Non conformities of municipal Public Administration actions were identified in the management of

* Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Licenciado em Matemática pela Universidade Salgado de Oliveira (Universo). Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário Geraldo Di Biase (UGB). Mestre em Química pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Doutor em Química Orgânica pela UFF. Pós-doutor em Engenharia Química pela UFF.

** Bacharel pela Universidade Federal de Ouro Preto. Pós-Graduado Executivo em Meio Ambiente pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre pela Universidade Federal Fluminense (UFF).

the activity. Through the comparative analysis of the environmental quality standards and the concentrations of leachate parameters, it was found that some toxic constituents found in the leachate are not regulated by law and norms leading to the proposition of updating the legal parameters of effluent release.

Keywords: Environmental contamination. Environmental legislation. Leachate.

Introdução

Os crescentes desafios de adaptabilidade decorrentes do comportamento antrópico no século XXI e do exponencial desenvolvimento da produção em escala de bens duráveis e não duráveis, que importam na utilização intensiva de recursos naturais, são discutidos no cenário internacional visando à sustentabilidade dos sistemas. Essa integra diversos fatores como: sociais, políticos, econômicos, energéticos e ambientais, apresentando como objetivo principal o desenvolvimento de um modelo de crescimento da sociedade atual que atenda às necessidades de sobrevivência das futuras gerações, mantendo o modelo econômico e de exploração de recursos em condições de homeostase.¹⁻²⁻³⁻⁴

Não há dúvidas de que a modernização econômica e a abertura de mercados se intensificaram com os avanços tecnológicos, que foram impulsionados de forma vertiginosa pela globalização.⁵ Por conta do aumento do fluxo de comércio mundial no último século, determinados impactos ambientais oriundos de atividades antrópicas, como: poluição atmosférica, perda de biodiversidade, mudanças climáticas, seguridade

¹ McMICHAEL, T. The biosphere, health, and sustainability. *Science*, v. 297, n. 5.584, p. 1.093, 2002.

² NICCOLUCCI, V.; GALLI, A.; REED, A.; NERI, E.; WACKERNAGEL, M.; BASTIANONI, S. Towards a 3D National Ecological Footprint Geography. *Ecological Modelling*, v. 222, n. 16, p. 2.939-2.944, 2011.

³ REID, W.V.; CHEN, D.; GOLDFARB, L.; HACKMANN, H.; LEE, Y.T.; MOKHELE, K.; OSTROM, E.; RAIVIO, K.; ROCKSTRÖM, J. SHELLNHUBER, H.J; WHYTE, A. Environment and development: earth system science for global sustainability: grand challenges. *Science*, v. 330, n. 6.006, p. 916-917, 2010.

⁴ UNITED NATIONS. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, Nova Iorque: UN, 247. p. 1987.

⁵ DUARTE, R.; PINILLA, V.; SERRANO, A. Globalization and natural resources: the expansion of the Spanish agrifood trade and its impact on water consumption, 1965-2010. *Regional environmental change natural and social aspects*. Girona – Espanha: Springer, n. 14, p. 2015, 2014.

energético-alimentar e escassez de água doce em determinadas áreas foram amplificados e são recorrentes.⁶ Alguns impactos já são perceptíveis, como a redução da produtividade em algumas regiões e eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes conciliados a perdas humanas.⁷

Esse modelo político-econômico necessita de grande quantidade de energia e matéria para atender aos padrões de consumo atual, envolvendo, assim, a integração de áreas produtivas de terra e mar, extração de recursos naturais, indústrias de transformação e sistemas globais de distribuição. Apesar da complexidade desse sistema, seu funcionamento está implantado, no entanto, a gestão e o gerenciamento dos passivos são negligenciados. Como consequência, um dos principais aspectos que se destaca no consumo – geração de resíduos e rejeitos – ainda não é visto como direcionador de políticas públicas efetivas, levando à sobrecarga de determinados sistemas assimiladores desse passivo.⁸

Nesse sentido, Braga e colaboradores (2005)⁹ indicam que existe uma correlação direta entre o aumento da população e a geração de resíduos e rejeitos, um dos principais aspectos ambientais da cadeia de produção e consumo que precisa de correta gestão e gerenciamento.

Essa demanda crescente impulsionou a evolução da legislação de controle ambiental, que se tornou mais restritiva, mas não tão eficiente em sua aplicabilidade, aliada ao surgimento de novos conceitos e comportamentos relacionados ao tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs). As novas tendências para gerenciamento de RSUs enfatizam a reciclagem, o reaproveitamento, o tratamento de resíduos em plantas de conversão energética e, por fim, quando todos os métodos se esgotarem, a disposição no solo. Essas tendências são evidenciadas em várias partes do mundo. Nos Estados Unidos e na Dinamarca, essas novas modalidades de tratamento são uma realidade, no entanto, no Brasil, apesar de existir legislação que permita o tratamento energético e que incentive a

⁶ TRIPATHIA, A.; TRIPATHIA, D. K.; CHAUHANA, D.K.; KUMAR, Niraj; SINGHD, G.S. Paradigms of climate change impacts on some major food sources of the world: a review on current knowledge and future prospects. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 216, p. 356-373, 2016.

⁷ CARLI, A. A. *A água e seus instrumentos de efetividade: educação ambiental, normatização, tecnologia e tributação*. São Paulo: Millennium, 2013. p. 374.

⁸ HAIBO, M.; CHANG, W.; CUI, G. Ecological footprint model using the support vector machine technique. *Plos One*, v. 7, n. 1, p. e30396, 2012.

⁹ BRAGA, B. *et al. Introdução à Engenharia Ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, p. 2005. p. 628.

reciclagem e o reúso, essas práticas não refletem a realidade. De maneira geral, os dados apresentados na Tabela 1 indicam a evolução na gestão de resíduos no Brasil, nos últimos anos.¹⁰⁻¹¹

Tabela 1 – Destinação final dos RSUs no Brasil, em porcentagem, nos anos de 2000 / 2008 / 2012 / 2013 / 2014

Destino Final	2000 (%)	2008 (%)	2012 (%)	2013 (%)	2014 (%)
Aterro sanitário	35,50	58,30	58,00	58,30	58,40
Aterro controlado	24,20	19,40	24,20	24,30	24,20
Vazadouros a céu aberto	32,50	19,60	17,80	17,40	17,40
Unidades de compostagem	4,50	0,80	-	-	-
Unidades de triagem para reciclagem	1,50	1,40	-	-	-
Unidades de tratamento para incineração	0,30	<0,10	-	-	-
Vazadouros em áreas alagáveis	0,20	<0,10	-	-	-
Locais não fixos.	0,60	-	-	-	-
Outras unidades	0,70	0,30	-	-	-

Fonte: Adaptado de Ipea e Abrelpe.^{12,13,14}

A Tabela 1 indica que dos resíduos coletados no Brasil em 2014, 17,4% foram destinados a vazadouros, 24,2% a aterros controlados, e o restante a aterros sanitários. A disposição de RSUs em aterros sanitários entre 2000 e 2014, aumentou 22,9%, principalmente devido à contribuição dos grandes centros urbanos. No entanto, a evolução da gestão não seguiu a mesma tendência, identificada pela comparação do percentual enviado para aterros sanitários nos últimos anos, praticamente inalterado: 2012 –

¹⁰ BRASIL. *Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF. 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 set. 2015.

¹¹ OMAR, H.; ROHANI, S. Treatment of landfill waste, leachate and landfill gas: a review. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, v. 9, n. 1, p. 15-32, 2015.

¹² Ipea. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Brasília: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 77, p. 2012.

¹³ Abrelpe. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 11. ed. São Paulo: Abrelpe, 114 p., 2013.

¹⁴ *Ibidem*, 2014.

58%; 2013 – 58,3%; 2014 – 58,4%. Constatase que esse cenário de disposição no solo, normalmente em aterros, perdurará por um bom tempo na gestão de RSUs nos Municípios brasileiros principalmente porque se trata de uma forma prática e econômica de tratamento adotada em quase todo o mundo.¹⁵

Apesar do aprimoramento das técnicas de disposição, todas as configurações apresentam riscos de contaminação do solo, dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, da flora e da fauna e da saúde humana, os quais devem ser corretamente gerenciados e que possuem difícil aplicação devido às características dos efluentes gerados na área de disposição de RSUs.

Como destacado, a maior contribuição, atualmente, se dá via aterros sanitários, contudo as outras formas de disposição ainda são realizadas. Por conseguinte, evidencia-se para todos os cenários passivo-ambientais que devem ser analisados e caracterizados visando à adequação de seu lançamento no meio ambiente, aos novos padrões impostos nos instrumentos de controle ambiental existentes.

Quando se analisam os principais vetores de poluição gerados nessas áreas – efluentes líquidos conhecidos como lixiviados e efluentes gasosos conhecidos como biogás de aterro – percebe-se a influência de vários fatores em sua formação e sua elevada toxicidade.¹⁶⁻¹⁷ As características e origens dos RSUs, tipo de cobertura do solo, idade das células de disposição, clima da região e umidade natural dos RSUs influenciam na composição final desses efluentes.

As interações entre esses fatores promovem a formação do lixiviado, que nada mais é que um líquido de coloração escura apresentando altos teores de compostos orgânicos e inorgânicos nas suas formas dissolvidas e coloidais, com características variáveis no tempo, apresentando riscos elevados de contaminação dos compartimentos ambientais.¹⁸⁻¹⁹⁻²⁰ Esses

¹⁵ ZIYANG, L.; LUOCHUN, W.; NANWEN, Z.; YOUCAI, Z. Martial recycling from renewable landfill and associated risks: a review. *Chemosphere*, v. 131, p. 91-103, 2015.

¹⁶ EMBERTON, J. R.; PARKER, A. The problems associated with building on landfill sites. *Waste Management & Research*, United Kingdom: Oxfordshire, n. 5, p. 473-482, 1987.

¹⁷ WU, D.; WANG, T.; HUANG, X.; DOLFING, J.; XIE, B. Perspective of harnessing energy from landfill leachate via microbial fuel cells: novel biofuels and electrogenic physiologies. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 99, n. 19, p. 7.827-7.836, 2015.

¹⁸ BERTOLDI, K.; SPINDLER, C.; MOYSÉS, F.S.; VANZELLA, C.; LOVATEL, G.A.; ELSNER, V.R.; RODRIGUES, M.A.S.; SIQUEIRA, I.R. Effect of landfill leachate on oxidative stress of brain structures and liver from rodents: Modulation by photo electro oxidation process. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 84, p. 319-324, 2012.

compostos, pelas suas características, necessitam de tratamento adequado, para que os valores dos seus parâmetros físicos, químicos e biológicos atendam aos limites de lançamento estabelecidos em lei, normas e resoluções. Devido à complexidade desses sistemas e à existência de áreas de disposição sem o correto gerenciamento, este estudo foi desenvolvido para nortear uma discussão sobre passivos ambientais relacionadas à disposição inadequada de resíduos sólidos, estabelecendo a correlação com a legislação ambiental, mais precisamente, com os padrões de qualidade ambiental e a identificação das ações promovidas pela Administração Pública do Município de Volta Redonda, RJ, no gerenciamento do antigo *lixão*, parcialmente recuperado e transformado em aterro controlado.

Foram comparados também os padrões de lançamento de efluentes listados nos diversos instrumentos normativos e as características do lixiviado gerado na área de estudo, visando a identificar a adequação normativa dos instrumentos de comando e controle. Adicionalmente, caracterizou-se o lixiviado do aterro controlado para determinação do melhor método de tratamento e se identificou a necessidade de definir padrões de qualidade para compostos não regulados e oriundos do lixiviado.

Metodologia

As etapas metodológicas deste trabalho foram divididas em: 1) levantamentos de dados sobre as características de lixiviados e sua evolução temporal, por meio de literatura; 2) caracterização do lixiviado bruto segundo sua fase de degradação através de informações retiradas de referências documentais adquiridas através de solicitação ao Ministério Público Federal, ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Saae) de Volta Redonda e à Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Município de Volta Redonda – RJ, por meio da Lei n. 12.527, de 18 de novembro de 2011 (Lei de Acesso à Informação); 3) identificação dos instrumentos de gestão ambiental adotados no Brasil; 4) hermenêutica jurídico-constitucional das ações conduzidas pela Administração Pública municipal no aterro, através da identificação em referências documentais e visitas a campo com o objetivo de coletar dados, observar e descrever as formas de gerenciamento adotadas na área de disposição, visando ao conhecimento da realidade; 5) análise comparativa dos padrões de qualidade ambiental

em relação aos dados do lixiviado do aterro controlado de Volta Redonda – RJ.

Resultados e discussão

Degradação e estabilização de resíduos em aterros e caracterização do lixiviado da área de estudo

Os principais impactos ambientais que são gerados na operação de áreas de disposição de RSUs são a geração de gases tóxicos, gases do efeito estufa e contaminação de águas superficiais, lençóis freáticos, subterrâneos e solo devido ao lixiviado.²⁰⁻²¹⁻²² Como dito anteriormente, para melhor definição do tipo de tratamento ou da forma de gestão a ser realizado, as características dos efluentes devem ser conhecidas, bem como sua forma de geração.

A combinação dos processos de degradação, estabilização (físicos, químicos e microbiológicos) e lixiviação dos resíduos e rejeitos acontece em fases específicas, gerando efluentes específicos para cada momento.²¹

A estabilização da massa é identificada através da concentração de alguns constituintes encontrados nesses efluentes.¹⁷⁻²²

A variação quantitativa dos gases gerados no processo de degradação varia com o tempo. A fase 1 é de ajuste inicial, ocorrendo a biodegradação aeróbica. Com o início da cobertura dos resíduos (fase 2) o oxigênio é consumido, e as condições anaeróbicas se fazem presentes, prevalecendo, nessa fase, a produção de dióxido de carbono e hidrogênio. Na fase 3, os organismos estritamente metanogênicos convertem o ácido acético e o gás hidrogênio em dióxido de carbono e metano. A fase 4 é considerada a fase de maturação, em que inicia o decréscimo da produção de metano. As condições aeróbicas podem voltar a ocorrer, dependendo das configurações do aterro.

Quando se analisam as características do lixiviado nas fases de degradação, observa-se um aumento inicial da concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), metais, amônia e sais. Com o decorrer das interações, o aumento do pH, na fase metanogênica, proporciona a imobilização dos metais na massa

de resíduos e rejeitos, e as concentrações desses compostos se manterão assim até que ocorra mudança do pH, fato esse que não será observado em condições normais de operação, sem recirculação do lixiviado na massa e sem contaminação com lixiviados oriundos de células de disposição novas. A tendência geral da concentração desses parâmetros é de queda no tempo, indicando a possibilidade de estabilização dos processos.²³

Devido à lixiviação de resíduos como os têxteis que podem estar contaminados com compostos fluorados e recipientes que podem conter quantidades residuais de pesticidas, inseticidas, solventes e fármacos, são encontrados, no lixiviado, elementos inorgânicos, compostos orgânicos e substâncias recalcitrantes de difícil biodegradação.²⁴ Alguns desses compostos, por apresentarem identificação recente na literatura, possuem denominação específica e são os micropoluentes orgânicos emergentes. A sua ocorrência já constitui risco ambiental e de saúde pública pela sua capacidade de acumulação nos níveis tróficos (bioacumulação) e passagem de um nível para outro (biomagnificação). São poluentes encontrados em concentrações de nanogramas ou microgramas por litro e incluem: alquilfosfatos clorados, fosfatos, n-butil-benzenossulfonamida, dietil toluamida (repelente de insetos), carbamazepina e ibuprofeno (droga anti-inflamatória não esteroide), compostos perfluoralquilados e compostos policíclicos oriundos de produtos de cuidado pessoal como perfumes.²⁵⁻²⁶⁻²⁷⁻²⁸⁻²⁹⁻³⁰

¹⁹ PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J. Heavy metals, salts and organic residues in old solid urban waste landfills and surface waters in their discharge areas: Determinants for restoring their impact. *Journal of Environmental Management*, v. 95, p. S42-S49, 2012.

²⁰ SRIGIRI, S.; MADASU, H.; VYSETTI, B.; PARTH, V. Forecasting the distribution of heavy metals in soil and groundwater near municipal solid waste dumpsites using linear regression. *Current Science*, v. 107, n. 1, p. 78-88, 2014.

²¹ SALEM, Z.; HAMOURI, K.; DJEMAA, R.; ALIHA, K. Evaluation of landfill leachate pollution and treatment. *Desalination*, v. 220, n. 1-3, p. 108-114, 2008.

²² OLIVEIRA, M.; MOTA, S. Caracterização do lixiviado do lixo do Jangurussu. *Revista Limpeza Pública*, n. 48, p. 21-24, 1998.

²³ SANG, N. N.; SODA, S.; ISHIGAKI, T.; IKE, M. Microorganisms in landfill bioreactors for accelerated stabilization of solid wastes. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v. 114, n. 3, p. 243-250, 2012.

²⁴ CLARKE, B. O.; ANUMOL, T.; BARLAZ, M.; SHANE, A. Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants. *Chemosphere*, v. 127, p. 269-275, 2015.

²⁵ RAMAKRISHNAN, A.; BLANEY, L.; KAO, J.; TYAGI, R.; ZHANG, T.; SURAMPALLI, R. Emerging contaminants in landfill leachate and their sustainable management. *Environmental Earth Sciences*, v. 73, n. 3, p. 1.357-1.368, 2015.

²⁶ BUSCH, J.; AHRENS, L.; STURM, R.; EBINGHAUS, R. Polyfluoroalkyl compounds in landfill leachates. *Environmental Pollution*, v. 158, n. 5, p. 1.467-1.471, 2010.

Clarke e colaboradores (2015) realizaram uma pesquisa em lixiviados de aterros nos Estados Unidos visando a identificar traços de poluentes orgânicos. Em um primeiro momento, identificaram, através de levantamento bibliográfico, os compostos normalmente encontrados por pesquisadores na literatura, em diversos aterros, para, posteriormente, compará-los com os valores encontrados em amostras extraídas dos aterros do estudo. A Tabela 2 apresenta a relação dos compostos identificados e suas respectivas concentrações.

Tabela 2 – Poluentes orgânicos emergentes e suas concentrações

Contaminante	Concentração (ng.L ⁻¹)
Bisfenol A	1300 – 17200000
Retardantes de chama bromados	< LD – 39000
Solventes clorados	< LD – 4616000
1,4 – Dioxane	14 – 109000
Pesticidas organoclorados	3 – 647
Perfluoralquil	4 – 12819
Ésteres de ácido ftálico	100 – 340000
Organofosfatos	137000 – 5430000
Hidrocarbonetos poliaromáticos	0,06 – 1220000
Carbamazepina	23 – 282
N,N-dietil-meta-toluamida e N,N-dietil-3-metilbenzamida	31 – 143500
Genfibrozila	8 – 2110
Ácido perfluoro-octanoico	177 – 2500
Primidona	65 – 1000
Fluoxetina	<5
Ácido perfluoro-octanessulfônico	26 – 92
Sulfametoxazol	< LD
Trimetoprim	< LD

Os compostos listados na Tabela 2 foram inseridos para evidenciar a relação entre as caracterizações completas de lixiviado realizadas atualmente e as caracterizações realizadas em lixiviados ou em qualquer tipo de efluente no Brasil, visando a atender aos padrões de qualidade de lançamento determinados pela legislação ambiental de controle.

O aterro, por ser a principal forma de disposição de uma ampla variedade de produtos de consumo, acaba se tornando uma fonte de

²⁷ EGGEN, T.; MOEDER, M.; ARUKWE, A. Municipal landfill leachates: a significant source for new and emerging pollutants. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 21, p. 5.147-5.157, 2010.

propagação desses compostos. Os poluentes apresentam três saídas: ser removidos com alguma eficiência nos sistemas de tratamento; ser adsorvidos na massa sedimentável (lodo de processo); e ser liberados para o meio ambiente. A interligação entre os compartimentos ambientais (águas superficiais, águas subterrâneas e solos), pode resultar na contaminação dos recursos hídricos pelos subprodutos dos resíduos presentes no lixiviado.³¹

Ainda segundo Clarke e colaboradores (2015),²⁷ normalmente, o tratamento do lixiviado é realizado em sistemas municipais de tratamento de águas residuárias, quando o local de disposição não apresenta sistema de tratamento, tornando-o um dos principais disseminadores de poluição, caso o tratamento não seja efetivo.

Ao contrário de muitos poluentes orgânicos persistentes com uma média alta de hidrofobicidade, muitos dos poluentes orgânicos emergentes são encontrados principalmente na fase aquosa, e a eficiência de remoção no tratamento desses compostos não é satisfatória, levando à sua dispersão no meio.³²⁻³⁰

A maior parte do carbono orgânico lixiviável nos RSUs depositados em aterros é biodegradável e pode ser removida por processos biológicos, que podem ser otimizados pela operação de um aterro como um biorreator. No entanto, em aterros antigos onde a massa de resíduos está estabilizada ou em processo de estabilização, o conteúdo orgânico do lixiviado apresenta compostos de difícil biodegradação sendo necessários outros tipos de tratamento para diminuir ou eliminar os riscos e atender aos padrões mais restritivos que a legislação impõe.³³

²⁸ RENOU, S.; GIVAUDAN, J.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*, v. 150, n. 3, p. 468-493, 2008.

²⁹ MONTAGNER, C. C.; JARDIM, W. F. Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia River, São Paulo State (Brazil). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 22, n. 8, p. 1.452-1.462, 2011.

³⁰ JARDIM, W.; MONTAGNER, C. C.; PESCARA, I. C.; UMBUZEIRO, G. A.; DI DEA, A. M. B.; ELDRIDGE, M. L.; SODRÉ, F. F. An integrated approach to evaluate emerging contaminants in drinking water. *Separation and Purification Technology*, v. 84, n. 9, p. 3-8, 2012.

³¹ RIBEIRO, A. R.; AFONSO, B. C.; CASTRO, P. M. L.; TIRITAN, M. E. Fármacos quirais em diferentes matrizes ambientais: ocorrência, remoção e toxicidade. *Química Nova*, v. 39, n. 5, p. 598-607, 2016.

³² ANDREOZZI, R.; MAROTTA, R.; PINTO, G.; NAPOLI, A. P. Carbamazepine in water: persistence in the environment, ozonation treatment and preliminary assessment on algal toxicity. *Water Research*, v. 36, n. 11, p. 2.869-2.877, 2002.

³³ KJELDSEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRITENSEN, T.H. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: A Review. *Environmental Science and Technology*, v. 32, n. 4, p. 297-336, 2010.

O lixiviado pode ser enquadrado, genericamente, em duas fases: lixiviado oriundo de células de disposição de RSUs antigas em que apresenta baixa concentração de ácidos graxos voláteis, pH tendendo de neutro a básico, baixa DBO e baixa relação na taxa DBO/DQO, sendo que uma relação menor que 0,4 indica que o tratamento mais adequado é o físico-químico, e uma relação maior que esse valor indica o tratamento biológico como o mais apropriado; e lixiviado oriundo de células de disposição de RSUs novas em que a fase aeróbico-ácida ainda predomina, apresentando alta concentração de ácidos graxos voláteis, elevada DBO, elevada taxa DBO/DQO, elevados teores de NH_4 e nitrogênio orgânico.³⁴

A Tabela 3 apresenta os principais parâmetros normalmente avaliados em lixiviados de diferentes estágios de degradação e as características do lixiviado do aterro de Volta Redonda – RJ (coluna da direita) com o valor esperado para características de aterro com células de disposição antigas (>5 anos). Esses dados foram utilizados para comparação e classificação do lixiviado do *lixão* de Volta Redonda.

Tabela 3 – Composição do lixiviado para aterros em diferentes fases de estabilização

Parâmetros	Idade das células de disposição em aterros (anos)			
	Jovem (<1)	Médio (1-5)	Velho (>5)	Lixiviado de Volta Redonda
Ph	< 6,5	6,5 – 7,5	>7,5	9,0
Demanda Química de Oxigênio – DQO (mg.L ⁻¹)	>15.000	3.000 – 15.000	<3.000	1.802
DBO (mg.L ⁻¹)	-	-	-	442
Relação COT/DQO	<0,3	0,3 – 0,5	>0,5	-
Relação DBO ₅ /DQO	0,5 – 1,0	0,2 +0,5	<0,2	0,24
Nitrogênio amoniacal total (mg. L ⁻¹).	56 – 482	10 – 800	3.000 – 4.000	362
NH ₃ - N (mg.L ⁻¹)	<400	400	>400	238
Metais (mg.L ⁻¹)	>2	<2	<2	Cr: 0,22; Cd: < 0,001

³⁴ HOGGLAND, W. Remediation of an old landfill site: soil analysis, leachate quality and gas production. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 1, n.1, p. 49-54, 2002.

³⁵ ABBAS, A. A.; JINGSONG, G.; PING, L. Z.; YA, P. Y.; AL-REKABI, W. S. Review on landfill leachates treatments. *American Journal of Applied Sciences*, v. 6, n. 4, p. 672-684, 2009.

Devido à grande quantidade de parâmetros avaliados na amostra, somente os indicadores-chave foram relacionados para enquadramento do lixiviado segundo a idade de disposição nas células da área de estudo e para a proposição do melhor método de tratamento.

A concentração do parâmetro nitrogênio amoniacal total abaixo do indicado à faixa (> 5 anos), pode ser explicado devido à construção de uma célula emergencial de disposição de resíduos em 2008, após 21 anos do início da disposição irregular. Essa célula foi construída através dos métodos clássicos de engenharia, para receber novos resíduos. O lixiviado dessa célula foi misturado com o lixiviado coletado e oriundo da degradação de resíduos mais antigos. Além dessa mistura, a vazão de lixiviado de células antigas diminuiu drasticamente, nos últimos anos, explicando, assim, a concentração baixa para esse parâmetro.

Essa explicação pode ser aplicada à relação DBO_5/DQO , pois indica contaminação do lixiviado de células antigas pelo lixiviado de células novas. No entanto, ainda apresenta uma relação abaixo de 0,4. Essa relação indica que os processos biológicos utilizados no tratamento não são eficientes para remoção dos compostos recalcitrantes e para determinados micropoluentes orgânico-emergentes. Portanto, se pode afirmar que se trata de um lixiviado de células de disposição de RSUs antigas em que ocorreu contaminação com lixiviado de células de disposição recentes, mas que ainda apresenta como característica principal a recalcitrância e a possibilidade de existência de micropoluentes orgânico-emergentes.

Apesar de não terem sido estabelecidas relações diretas de causa e efeito na acumulação de alguns contaminantes, nas cadeias tróficas, várias pesquisas indicam a chance de que a maior incidência de distúrbios, como defeitos de nascimento, alterações comportamentais e neurológicas, deficiência imunológica, puberdade acelerada, qualidade do sêmen e cânceres tenham relação com micropoluentes orgânico-emergentes com ação desreguladora endócrina.

A principal fonte de poluição ambiental por micropoluentes orgânico-emergentes são as estações de tratamento de águas residuárias (algumas recebem lixiviado), e, no caso do Brasil, a liberação sem nenhum controle dos lixiviados no meio através de *lixões* e aterros controlados. O que se apresenta é um cenário em que essas questões têm recebido pouca atenção, principalmente pelo fato de o principal instrumento de comando e controle em nível federal de padrões de qualidade ambiental – Resolução

Conama n. 430/2011, não separar os padrões de lançamento para sistemas de disposição final de resíduos sólidos de qualquer origem dos padrões gerais estabelecidos na norma para lançamento de efluentes.

Apesar da legislação brasileira não incluir nenhum tipo de micropoluinte orgânico-emergente em seu controle, a Diretiva Europeia 2013/39/EU9 propôs a inclusão de um anti-inflamatório (diclofenaco) e dois hormônios sexuais (17 α -etinilestradiol e 17 β -estradiol) e mais três antibióticos no domínio da gestão dos recursos hídricos.

O que se observa, de forma geral, é a interação entre diversos fatores para a geração do lixiviado com atuação efetiva de bactérias e fungos, convertendo resíduos e rejeitos orgânicos complexos em compostos de baixo peso molecular, levando a uma pseudoestabilização da massa que ocorre em, aproximadamente, 30 anos, dependendo das condições operacionais do aterro.³⁶ Devido à identificação de novos contaminantes a estabilização dessa massa precisa ser reavaliada, pois ainda é uma fonte de dispersão de poluição que deve ser conhecida mais a fundo e controlada.

Observa-se a tendência internacional de avaliação e inclusão de novos compostos para a regulamentação e a necessidade de a legislação ambiental brasileira se adequar ao contexto atual. Sendo assim, para evidenciar essa questão, foi realizado um levantamento sobre a aplicabilidade legal dos instrumentos ambientais na área de estudo, visando a identificar os pontos fracos e os pontos de melhoria.

Legislação ambiental aplicada ao aterro de Volta Redonda – RJ

A disciplina normativo-ambiental incia na Constituição Federal de 1988 (CF/88), que instituiu capítulo próprio ao meio ambiente, alçando-o, inclusive, ao patamar de direito fundamental difuso. Nesse sentido, dispõe o art. 225, *in verbis*:³⁷ “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à

³⁶ ROCHA, J. C.; ROSA, A. H. *Substâncias húmicas aquáticas: interação com espécies metálicas*. São Paulo: Ed. da Unesp, 2003.

³⁷ BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal; Centro Gráfico, 1988.

sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

Da Carta Constitucional vigente, extrai-se o entendimento de que o cuidado com o meio ambiente é obrigação do Estado, mas também de todas as demais pessoas (naturais e jurídicas).

No âmbito infraconstitucional, cabe destacar o principal instrumento delineador da gestão ambiental brasileira, que é a Lei n. 6.938/1981 – Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA). Ela estabelece, em seu art. 2º, que o objetivo da PNMA é a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, e que a ação governamental deve orientar a manutenção do equilíbrio ecológico visando à preservação e restauração dos recursos ambientais. Através do seu controle, o Estado deverá estabelecer ao poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados ao meio, mensuráveis através de instrumentos de gestão pública específicos para esse fim.³⁸

Ainda, oportuno é destacar o princípio da precaução, que, segundo a Declaração do Rio-92 sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, proposto em conferência no Rio de Janeiro, estabelece que, em havendo ameaça de danos graves ou irreversíveis, a ausência de certeza científica absoluta não será utilizada como razão para o adiamento de medidas para prevenir degradação ambiental.³⁹

No contexto histórico da gestão ambiental brasileira, surge, em 1981, uma política ambiental efetiva, a Lei n. 6.938 que instituiu a Política e o Sistema Nacional do Meio Ambiente em que constam como principais instrumentos os padrões de qualidade ambiental e o licenciamento – revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras. Surgem, aí, os chamados instrumentos de controle ambiental que visam a regulamentar as atividades por meio de medidas preventivas e coibitivas. A PNMA ainda estabelece, em seu art. 10, que a construção, a instalação, a ampliação e o funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes,

³⁸ BRASIL. *Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 20 set. 2015.

³⁹ RAMID, J; RIBEIRO, A. Declaração do Rio de Janeiro. *Estudos Avançados*, v. 6, n. 15, p. 153-159, 1992.

sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento ambiental.

Ainda seguindo essa lógica coibitiva, foi promulgada, em 1998, a Lei n. 9.605, conhecida como “Lei de Crimes Ambientais”, que tem caráter claramente punitivo. Destacam-se os arts. 54, 60, 68 que tipificam criminalmente as seguintes ações ou omissões: poluição de qualquer tipo; construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes; e deixar, aquele que tiver o dever legal ou contratual de fazê-lo, de cumprir obrigação de relevante interesse ambiental.⁴⁰

A atribuição para “instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de uso”, introduzida pela CF/88 deu origem à Lei n. 9.433/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dentre os instrumentos de comando e controle dessa lei, destacam-se o enquadramento dos corpos-d’água em classes, segundo os usos preponderantes da água e a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos.⁴¹

O Estado do Rio de Janeiro estipulava, em 1975, a prevenção à poluição ambiental por meio do Decreto-Lei n. 134/1975 – RJ.⁴² O art. 2º do referido decreto afirmava que os resíduos líquidos, sólidos, gasosos ou em qualquer estado de agregação da matéria, provenientes de atividades industriais, comerciais, agropecuárias, domésticas, públicas, recreativas e outras, exercidas no Estado do Rio de Janeiro, só poderiam ser despejados em águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas existentes

⁴⁰ BRASIL. *Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 6 mar. 2017.

⁴¹ BRASIL. *Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 6 mar. 2017.

⁴² ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Decreto-Lei n. 134, de 16 de junho de 1975*. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências. Rio de Janeiro, 1975. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/decest.nsf/83b1e%2011a446ce7f7032569ba0082511c/20e029cb4455f7dc03256b6d00638572?OpenDocument>. Acesso em: 20 set. 2015.

no Estado ou lançadas na atmosfera ou no solo, se não causassem ou tendessem a causar poluição, caso contrário, deveriam ser autorizados pela Comissão de Controle Ambiental (Ceca), instruída por parecer técnico da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema). Para as atividades a serem instaladas, tanto as pessoas físicas quanto as jurídicas, inclusive as entidades da administração indireta estadual e municipal deveriam submeter à aprovação da Feema, anteriormente à construção ou à implantação, projetos, planos e dados característicos relacionados à poluição ambiental da atividade, bem como deveriam solicitar autorização da Ceca para operação ou funcionamento de suas instalações ou atividades que, real ou potencialmente, se relacionassem com a poluição ambiental.

A Resolução Conema n. 2, de 7 de outubro de 2008, do Estado do Rio de Janeiro aprovou a diretriz para encerramento de atividades potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente (DZ-0077.R-0), a qual tem como objetivo estabelecer procedimentos, definir responsabilidades e instituir o Termo de Encerramento (TE) de atividades consideradas potencialmente poluidoras ou degradadoras do ambiente, de forma a evitar o abandono de instalações, equipamentos, substâncias e produtos perigosos e a minimizar os riscos ao ambiente e à saúde da população, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (Slap).⁴³

Atualmente o Decreto Estadual n. 44.820/2014/RJ, que revogou o Decreto n. 42.159/2009, institui diversos instrumentos para o licenciamento ambiental, compreendendo licenças, autorizações, certidões e outros. Atenção deve ser dada ao art. 13 que estabelece a Licença Ambiental de Operação e Recuperação (LOR), que autoriza a operação de empreendimento ou atividade concomitantemente à recuperação ambiental de áreas contaminadas, e ao art. 14 que instaura a Licença Ambiental de Recuperação (LAR), que autoriza a recuperação de áreas contaminadas em atividades ou empreendimentos fechados, desativados ou abandonados ou de áreas degradadas, de acordo com os critérios técnicos estabelecidos em leis e regulamentos. Adicionalmente, o art. 21 institui o Termo de

⁴³ ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Resolução Conema n. 2, de 7 de outubro de 2008*. Aprova a DZ-077 – diretriz para encerramento de atividades potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://download.rj.gov.br/documentos/10112/177088/DLFE-55567.pdf/Res_CONEMA_02.pdf. Acesso em: 20 set. 2016.

Encerramento, considerado um ato administrativo, no qual o órgão ambiental atesta a inexistência de passivo ambiental que represente risco ao ambiente ou à saúde da população, quando do encerramento de determinado empreendimento ou atividade, após a conclusão do procedimento de recuperação mediante a LAR, quando couber, fixando as restrições de uso da área, e, nos casos onde seja necessário estabelecer o prazo para o encerramento de atividades e empreendimentos, quando a Licença de Operação não será concedida.⁴⁴

Conforme o art. 8º da PNMA, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) foi indicado como o órgão destinado a pôr em vigor normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente.

Os instrumentos de comando e controle constantes da legislação, os padrões de lançamento de efluentes estipulados na Resolução Conama n. 357/2005 (complementada pela Resolução Conama n. 430/2011), os valores orientadores de qualidade do solo estipulados na Resolução Conama n. 420/2009 e Resolução Conama n. 460/2013 (modifica prazos para a determinação de valores de qualidade), bem como a classificação e as diretrizes ambientais para águas subterrâneas estipuladas pela Resolução Conama n. 396/2008 são os mais utilizados para minimizar/evitar impactos ambientais negativos em compartimentos ambientais (recursos hídricos e solo) em nível nacional. Para o Estado do Rio de Janeiro a norma técnica NT -202-10 é o instrumento padrão de controle de atividades que lançam matéria ou energia no meio aquático.⁴⁵⁻⁴⁶⁻⁴⁷⁻⁴⁸⁻⁴⁹

⁴⁴ ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Decreto n. 44.820, de 2 de junho de 2014*. Dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental (SLAM) e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=270983>. Acesso em: 20 set. 2015.

⁴⁵ BRASIL. *Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

⁴⁶ BRASIL. *Resolução Conama n. 396, de 3 de abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF, 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em: 20 set. 2015.

⁴⁷ BRASIL. *Resolução Conama n. 420, de 28 de dezembro de 2009*. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas. Brasília, DF, 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 20 set. 2015.

A apresentação de leis, normas e regulamentos visa a identificar e a comparar as ações realizadas na gestão e no gerenciamento do *lixão* de Volta Redonda durante sua operação.

A disposição de resíduos de maneira ambientalmente inadequada em Volta Redonda, segundo a atual definição da Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), começou em 1987 e se estendeu até 2012.⁵⁰

De acordo com a Ação Civil Pública (ACP) n. 0002992-48.2003.4.02.5104 (número antigo do processo 2003 5104002992-9), disponível no sítio da Justiça Federal, Seção Judiciária do Rio de Janeiro, que teve como objeto questões de remediação e encerramento do *lixão* de Volta Redonda, localizado no entorno de Unidade de Conservação de proteção integral da Floresta da Cicuta (aproximadamente 1,8 km) criada pelo Decreto n. 90.792/1985 do Poder Executivo Federal, o Município de Volta Redonda e o Depósito de Papel São Gabriel Ltda. foram réus no processo.

Constatou-se, através de análise documental, que o Município de Volta Redonda possuía Licença de Operação (LO n. 332/1987) que expirou em 1992, sem que sua renovação fosse solicitada. Cumpre destacar que o *lixão* estava em funcionamento quando da emissão de licença e recebia diversos tipos de resíduo, entre eles, resíduos do serviço de saúde e resíduos industriais. Entre o período de 1987-1992, a Prefeitura de Volta Redonda não cumpriu as exigências que constavam na licença emitida pelo órgão ambiental de controle. As operações se estenderam até 2012, no entanto o contrato de comodato com o Depósito de Papel São Gabriel Ltda. (proprietário do terreno) se encerrou em 2006.

O órgão ambiental incubido, na época, de fiscalizar as condicionantes da licença era a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (Feema). Apesar da existência de aspectos legais de controle de atividades

⁴⁸ BRASIL. *Resolução Conama n. 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, DF, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 20 set. 2015.

⁴⁹ ESTADO DO RIO DE JANEIRO (). *NT-202.R-10. Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos*. Rio de Janeiro, 1986. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/bmvh/mdey/~edisp/inea012974.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

⁵⁰ RIZOMA Engenharia e Paisagismo. (2007) *Projeto Executivo de Remediação e Encerramento do Lixão de Volta Redonda*. Equipe Técnica: Simone da Costa Minervin, Marcelo Ferreira Rodrigues, Francisco J. P. Oliveira, Paulo Fernando Zatome Medeiros, Daniela Vaz, Edson Thiago Santoro Alves. Prefeitura Municipal de Volta Redonda, 2007.

potencialmente poluidoras (CF/88, Lei n. 6.938/1981, Decreto-Lei n. 134/1975 e LO n. 332/1987), o Município não foi capaz de atendê-las e houve inércia por parte do órgão ambiental-estadual. Conciliado às questões de licenciamento, o órgão gestor da Unidade Conservação, na época, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama) deveria dar anuência em relação ao empreendimento através de solicitação da Prefeitura (Resolução Conama n. 13/1990), ação não identificada nos autos do processo. Verificou-se a atuação do órgão federal em dezembro de 2011, através do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (órgão federal que administra a Floresta da Cicuta) que procedeu à notificação à Prefeitura de Volta Redonda em relação à contaminação da área – Ordem de Fiscalização n. 01/2011.

Essas divergências ocasionaram a disposição, sem controle, de resíduos e rejeitos no solo sem impermeabilização, durante vários anos. A operação da atividade sem o devido controle levou à liberação de contaminantes que foram, por gravidade e direcionamento preferencial de fluxo hídrico, depositados no Ribeirão Brandão, que atravessa a Floresta da Cicuta, Unidade de Conservação de proteção integral. Esse corpo hídrico foi enquadrado como classe especial segundo a Resolução Conama n. 357/2005. Um córrego afluente do Ribeirão Brandão, localizado na área de disposição de resíduos drenou o lixiviado sem nenhum tratamento durante vários anos. Essas informações foram levantadas e identificadas pelo Órgão Técnico do Ministério Público Estadual, pela antiga Feema e pela antiga Fundação Instituto Estadual de Floresta, com relatos documentais na ação civil instaurada.

Na sequência, o Município de Volta Redonda assinou, em 2005, o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) para remediação da área. As intervenções para atendimento às solicitações do Ministério Público Federal (MPF) começaram em 2006, no entanto não foram procedidas conforme indicado pelo órgão ambiental. Entre os anos de 2006 e 2011, diversas diligências foram efetuadas sempre com a atuação do MPF. Projetos inadequados e dificuldades no procedimento de licenciamento ambiental foram enfrentados por todos os atores.

Em 2009, a Prefeitura de Volta Redonda solicitou ao Instituto Estadual do Ambiente (Inea) Licença de Remediação através da DILAMNOT/00002951. Esse procedimento administrativo pode ser equiparado à emissão de LOR, segundo o Decreto n. 42.159/2009, revogado pelo Decreto n. 44.820/2014 que apresenta a mesma definição. No entanto, o

Termo de Encerramento estabelecido pela Resolução Conema n. 2/2008 que aprovou a DZ-0077. R-0 não foi solicitado pela Prefeitura, mas foi indicado como condicionante da LOR. Por fim, devido ao acordo entre as entidades governamental-ambientais e o MPF, foi concedida, em 2011, uma autorização ambiental pelo Inea para a Prefeitura de Volta Redonda promover a remediação da área, desenvolver estudos complementares, implantar unidade de tratamento de resíduos do serviço de saúde (autoclave) e sistemas de tratamento do lixiviado com validade até agosto de 2012.

Após nova denúncia ocorrida em 2011 e da verificação do não atendimento de algumas condicionantes do TAC após 6 anos de sua assinatura e 18 meses do ajuizamento da execução, o representante legal do Município de Volta Redonda foi indiciado criminalmente pelo descumprimento de obrigação contratual e legal de relevante interesse ambiental.

Com a celebração de contrato entre a Prefeitura de Volta Redonda e a Empresa Central de Tratamento de Resíduos Barra Mansa S.A. (com início em 24/5/2012), a destinação final dos resíduos do Município de Volta Redonda finalmente foi resolvida, no entanto, os impactos ambientais oriundos do *lixão* ainda deveriam ser gerenciados de forma correta.

Em 23 de outubro de 2014, uma decisão judicial (Processo 0001167-25.2010.4.02.5104) referente ao projeto de remediação do *lixão* e ao tratamento de lixiviado gerado na área, proferiu multa pessoal ao representante legal da Prefeitura de Volta Redonda por não atender ao solicitado em determinações do MPF.

Em 4 de novembro de 2014, o MPF requereu que fosse reconhecida a prática de ato atentatório ao exercício da jurisdição por parte do representante legal da Prefeitura de Volta Redonda.

O não cumprimento de algumas condicionantes da autorização ambiental emitida pelo Inea gerou, em dezembro de 2014, três autos de constatação e uma notificação à Prefeitura de Volta Redonda, especificamente, ao não dar atendimento à condicionante que indica o tratamento do lixiviado, sendo parte dele recirculado para a massa de resíduos e parte escoada pelos sistemas de drenagem de águas pluviais. Os autos de constatações ainda evidenciaram que a Prefeitura não solicitara a LOR e nem o termo de encerramento.

O Quadro 1 apresenta a cronologia das ações realizadas na área de disposição em Volta Redonda.

Quadro 1 – Cronologia das ações relacionadas ao aterro controlado de Volta Redonda

Ano	Ação	Observações	Não conformidade com dispositivos legais
Até 1987	Disposição de resíduos e rejeitos sem controle.	Proprietário do terreno: Depósito de Papel São Gabriel Ltda.	Lei n. 6.938/1981; Decreto-Lei n. 134/1975; Conama n. 20/1986.
1987	Emissão de Licença de Operação (LO n. 332/1987)	Adequação do sítio e instalação de sistema de tratamento do lixiviado.	Adequação parcial segundo o Decreto-Lei n. 134/1975; Conama n. 20/1986.
1992	Expiração da LO.	Não atendimento às condicionantes da LO e inexistência de solicitação de renovação da licença.	CF/88; Lei n. 6938/1981; Decreto-Lei n. 134/1975; CONAMA n. 20/1986.
1992 – 1999	Operação das atividades sem licenças específicas.	Contaminação dos recursos hídricos e do solo.	CF/88; Lei n. 6938/1981; Lei n. 9.433/1997; Decreto-Lei n. 134/1975; NT 202 – R10; Conama n. 20/1986; Conama n. 237/1997.
1999	Instauração de ação civil Pública: ACP n. 0002992-48.2003.4.02.5104.	Remediação e encerramento do <i>lixão</i> . Réus do processo: Município de Volta Redonda e Depósito de Papel São Gabriel Ltda.	CF/88; Lei n. 6938/1981; Decreto-Lei n. 134/1975; NT 202 – R10; Lei n. 9.433/1997; artigos 54, 60 e 68 da Lei n. 9.605/1998.
2005	Assinatura do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC)	Remediação da área e diversas condicionantes.	Lei n. 9.433/1997; Lei 6.938/81; Adequação parcial segundo o Decreto-Lei n. 134/1975; NT 202 – R10; Conama n. 20/1986; Conama n. 237/1997. Conama n. 357/2005.
2006	Intervenções na área.	Prosseguimento das atividades de disposição. Estabelecimento de sistema de tratamento de lixiviado	CF/88; Lei n. 6938/1981; Lei n. 9.433/1997; Adequação parcial segundo Decreto-Lei n. 134/1975; NT 202 – R10; Conama n. 20/1986; Conama n. 237/1997. Conama n. 357/2005.
2009	Solicitação de Licença Ambiental de Remediação (LAR) DILAMNOT/00002951.	Termo de Encerramento indicado como condicionante na LR.	Lei n. 9.433/1997; Conama n. 2/2008 – RJ; DZ-0077.R-0 – RJ; Decreto n. 42.159/2009.
2011	Concessão de Autorização Ambiental (AA).	Remediação da área, desenvolver estudos complementares, implantar unidade de tratamento de resíduos do serviço de saúde (autoclave) e sistemas de tratamento do lixiviado, com validade até agosto de 2012.	Lei n. 9.433/1997; Conama n. 430/2011; Conama n. 420/2009; Conama n. 396/2008; NT -202-10; Conama n. 2/2008 – RJ; DZ-0077.R-0 – RJ. Decreto n. 42.159/2009.
2006-2011	Diligências para atendimento das condicionantes do TAC.	Não conformidade das ações determinadas. Divergências entre MPF e órgão ambiental	Lei n. 9.433/1997; Lei 12.305/2010; Conama n. 430/2011; Conama n. 420/2009; Conama n. 396/2008; NT -202-10; Conama n. 2/2008 – RJ; DZ-0077.R-0 – RJ; Decreto n. 42.159/2009.
2011	Nova denúncia de contaminação por Organização Não Governamental (ONG).	Verificação de não atendimento de algumas condicionantes do TAC decorridos 6 anos de sua assinatura e 18 meses do	Lei n. 9.433/1997; Conama n. 430/2011; Conama n. 420/2009; Conama n. 396/2008; Decreto n. 42.159/2009.

		ajuizamento de execução de fazer.	
2011	Indiciamento criminal	Descumprimento de obrigação contratual e legal de relevante interesse ambiental.	CF/88; Lei n. 6.938/1981; Lei n. 9.433/1997; artigos 54, 60 e 68 da Lei n. 9.605/1998; Conama n. 430/2011; Conama n. 420/2009; Conama n. 396/2008; NT -202-10; Decreto n. 42.159/2009.
2012	Celebração de contrato para destinação final dos resíduos do Município de Volta Redonda.	Disposição ambientalmente adequada de resíduos e rejeitos.	Lei n. 9.433/1997; Lei 12.305/2010; Lei n. 9.605/1998; Conama n. 430/2011; Conama n. 420/2009; Conama n. 396/2008; NT -202-10; Decreto n. 42.159/2009.
2014	Multa pessoal para o representante legal do Município de Volta Redonda.	Não atendimento às determinações do TAC.	Lei n. 9.433/1997; Lei 12.305/2010; Lei n. 9.605/1998; Conama n. 430/2011; Decreto n. 44.820/2014 – RJ.
2014	Reconhecimento de prática de ato atentatório ao exercício de jurisdição.	Não atendimento às determinações do TAC.	Lei n. 9.433/1997; Lei 12.305/2010; Lei n. 9.605/1998; Conama n. 430/2011; Decreto n. 44.820/2014 – RJ.
2014	Autos de constatação e auto de notificação.	Não cumprimento de condicionantes da autorização ambiental.	Lei n. 9.433/1997; Lei 12.305/2010; Lei n. 9.605/1998; Conama n. 430/2011; Decreto n. 44.820/14 – RJ.

Atualmente, o lixiviado é coletado por uma rede de drenagem e redirecionado a uma lagoa de estabilização. O efluente final é descartado no talvegue natural que, através de percolação, alcança a lagoa no entorno.

As lagoas não têm exutório, sendo que o fluxo segue para o solo através da infiltração. Indica-se o monitoramento desse corpo hídrico para observar as tendências da qualidade da água. Aliada ao monitoramento, a interrupção do lançamento de lixiviado no talvegue natural é urgente e se faz necessária para reabilitação da área.

A análise comparativa, entre os de padrões de qualidade ambiental estabelecidos nos instrumentos de comando e controle e os valores do lixiviado do aterro de Volta Redonda, está indicada na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise comparativa das concentrações de lixiviado que não atendem à legislação

Parâmetro	Conama 357 (classe 2) [mg.L ⁻¹]	Conama 430 [mg.L ⁻¹]	Conama 420 (mg.kg ⁻¹ de peso seco de solo)	Conama 396 [mg.L ⁻¹]	NT-202.R-10 [mg.L ⁻¹]	Lixiviado do aterro de Volta redonda [mg.L ⁻¹]
Boro total	0,5	5,0	-	0,5	5,0	1,1
Cromo total (Cr III + Cr VI)	0,05	-	300	0,05	0,5	0,220
Ferro dissolvido	0,3	15,0	-	0,3	15,0	4,2
Níquel total	0,025	2,0	100	0,02	1,0	0,085
Amônia (NH ₃)	-	-	-	-	5,0	238
Fenóis	0,003	0,5	10	0,140	0,2	0,022
Sulfito	-	-	-	-	1,0	40
Surfactante (como LAS)	0,5	-	-	-	2,0	5,5
Fósforo total (ambiente lêntico)	0,03	-	-	-	1,0	5,8
Nitrogênio total (ambiente lêntico)	1,27	-	-	-	10,0	362
DBO	Até cinco	-	-	-	-	442
Cobre dissolvido	0,009	1,0	-	-	-	0,021
Nitrogênio Amoniacal total	0,5 – 3,7	20,0	-	-	5,0	196

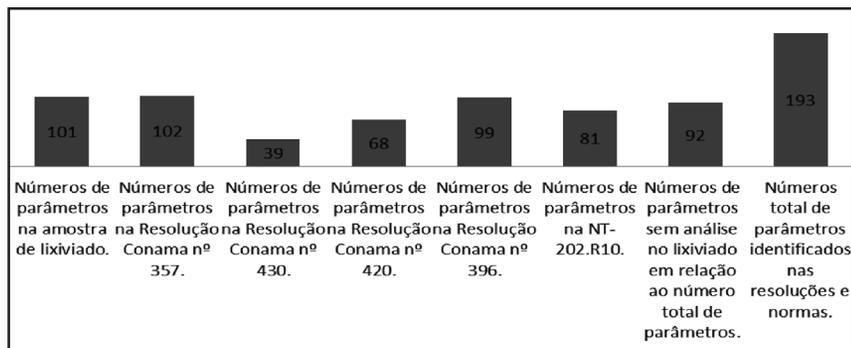
Nota: ■ não atende aos padrões segundo Conama 357; ■ não atende aos padrões segundo Conama 430; ■ não atende aos padrões segundo Conama 396; ■ não atende aos padrões segundo NT 202 – R10; Resolução Conama 420: valores máximos permitidos no solo segundo – não utilizar para comparação com outras resoluções. Não aplicável.

Devido à grande quantidade de parâmetros avaliada na amostra, somente aqueles que ultrapassavam os limites permissíveis foram listados. Ensaio de toxicidade e ecotoxicidade não foram realizados para a amostra de lixiviado.

Comparando-se os resultados da amostra de lixiviado com os valores máximos permitidos nos diversos regulamentos, observa-se que os seguintes parâmetros não satisfizeram os limites permissíveis: Amônia (como NH₃), Sulfito, Surfactantes (como LAS), Fósforo Total, Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal, Cromo total (Cr III + Cr VI), Ferro dissolvido, Manganês total, Níquel total, Fenóis, Surfactantes (como LAS), Cobre dissolvido e Demanda Bioquímica de Oxigênio.

Do total de 193 parâmetros em comum, identificados na legislação, as relações quantitativas que se estabelecem entre as normas e a caracterização do lixiviado, podem ser visualizadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Análise comparativa da quantidade de parâmetros regulados



A Resolução Conama n. 357/2005 apresenta um rol taxativo de 102 parâmetros e avalia a qualidade do corpo hídrico receptor estabelecendo metas a serem alcançadas segundo o uso pretendido. Considerando a regulamentação de valores para padrões de qualidade ambiental, ela se destaca por ser a mais completa e a mais abrangente na enumeração e determinação dos limites permissíveis. A Resolução Conama n. 430/2011 mostra um rol taxativo de 39 parâmetros. A Resolução Conama n. 420/2009 apresenta um rol taxativo de 68 parâmetros. A Resolução Conama n. 396/2008 apresenta um rol taxativo de 99 parâmetros. A NT 202.R-10 revela um rol taxativo de 81 parâmetros. Foram identificados 101 parâmetros na amostra de lixiviado do aterro. Considerando um total de 193 parâmetros, encontrados nos instrumentos de comando e controle de qualidade ambiental, 92 não foram analisados na amostra de lixiviado.

A diferença, entre a quantidade de parâmetros existentes em cada norma legal, identifica a necessidade de aperfeiçoamento da legislação ambiental brasileira para lançamento de efluentes e a caracterização de contaminantes. Considerando o princípio da prevenção, deve-se proceder à leitura das normas em conjunto para controlar a concentração dos poluentes no meio, destaque deve ser dado à NT 202. R-10.

Observa-se que a norma que trata exclusivamente dos padrões de lançamento de efluentes (Resolução Conama n. 430/2011) é a que apresenta o menor número de parâmetros regulados, no entanto indica que o órgão ambiental competente deverá, por meio de norma específica ou no licenciamento das atividades e empreendimentos, estabelecer a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias possíveis de

estarem presentes ou de serem formadas nos processos produtivos, listadas (ou não) no art. 16 dessa resolução, de modo a não comprometer as metas progressivo-obrigatórias, intermediárias e final, estabelecidas para enquadramento do corpo receptor. Apesar dessa ressalva e da análise em conjunto com os outros instrumentos de comando e controle de padrões de qualidade ambiental, a fiscalização e o monitoramento dos padrões ficam restritos, principalmente porque não é toda administração municipal ou estadual que apresenta estrutura de apoio para realizar as medições necessárias e, quando apresenta, o custo é elevado e normalmente não são todos os parâmetros medidos como evidenciado pelo boletim de análise do lixiviado do aterro controlado de Volta Redonda.

Para sua efetividade, é necessário estabelecer condições que viabilizem sua aplicação, como a contratação de técnicos especializados, infraestrutura adequada e recursos financeiros para o desenvolvimento das atividades. No entanto, como a situação real de investimento no setor público é pautada por outras forças, os instrumentos de comando e controle, de maneira bem-específica, deverão nortear as ações para evitar impactos ambientais.

Por isso, as normas regulamentadoras devem ser homogêneas, ou seja, todos os parâmetros possíveis de serem identificados devem ser listados, e seus valores máximos permissíveis de concentração devem ser apresentados, bem como a atualização e a adequação como os novos contaminantes que foram identificados.

A inclusão de parâmetros que apresentam toxicidade e ecotoxicidade deve ser realizada para que o processo de monitoramento e fiscalização ambiental seja eficaz e evite que somente os parâmetros mais representativos sejam verificados (o que normalmente ocorre), possibilitando a contaminação com outros poluentes que, por razões de inexistência normativa e de infraestrutura de fiscalização, não são verificados durante os procedimentos de controle e acompanhamento de atividades dos órgãos ambientais fiscalizadores.

Considerações finais

A gestão e o gerenciamento de resíduos e rejeitos devem ser aplicados segundo as normas vigentes, para que não ocorra contaminação do meio e nem geração de passivos ambientais quando do descomissionamento de empreendimentos. Consideradas com alto potencial poluidor, as

atividades de gerenciamento de RSUs devem ser corretamente planejadas e executadas levando, principalmente, em consideração as características dos efluentes gerados: lixiviado e biogás de aterro, variáveis no tempo e que precisam de atualização constante nos métodos de tratamento.

A questão de atuação dos entes federados na proteção ambiental e em sua recuperação não pode mais ser considerada um pano de fundo para investimentos. Trata-se da necessidade de uma atuação mais efetiva, não sendo admitida a omissão por parte da Administração Pública e nem de seus representantes legais.

Os órgãos de fiscalização ambiental não devem se submeter aos preceitos econômicos norteadores da política de crescimento, mas agir em consonância com os princípios de prevenção, precaução, desenvolvimento sustentável, dentre outros encontrados no ordenamento legal.

A não observância das condicionantes impostas nos diversos acordos firmados pelo Município de Volta Redonda mostrou a dificuldade encontrada em grande parte dos Municípios brasileiros, seja técnica ou financeira, em atender à legislação ambiental, mais especificamente em atender aos padrões de qualidade ambiental impostos pelos instrumentos de comando e controle. A responsabilidade objetiva, quando se trata de dano ambiental, independe da existência de culpa, admitindo-se o nexo causal para a identificação de contaminação, constatada nos pareceres dos técnicos do Ministério Público Federal, culminando na aplicação de sanções nas esferas administrativa, cível e penal.

A inércia dos órgãos ambientais em cumprir as condicionantes da licença ambiental e em fiscalizar o cumprimento das condicionantes, lavrar as infrações previstas e realizar as demais exigências como o encerramento da atividade no devido tempo, proporcionou o aumento do dano ao meio ambiente. No entanto, o responsável legal pelo Município de Volta Redonda foi acusado e julgado, respondendo por suas ações (no caso em tela, sua omissão), indicando a eficácia da legislação em alguns pontos, mesmo que tenham passado, aproximadamente, dez anos da assinatura do TAC.

Em relação à atualização das normas, fica evidente e urgente que os micropoluentes orgânicos emergentes, encontrados em baixas concentrações ($\mu\text{g.L}^{-1}$ e ng.L^{-1}) e divididos em diversas classes de compostos químicos, devam fazer parte dos parâmetros listados no conjunto legal avaliado, simplesmente para evitar o aumento da exposição

ao risco tanto do ser humano como dos compartimentos ambientais e ecossistemas existentes. Um rol taxativo e um rol exemplificativo sobre os constituintes presentes nos micropoluentes orgânico-emergentes deve ser apresentado para fortalecer os instrumentos ambientais de comando e controle nacional.

Referências

ABBAS, A. A.; JINGSONG, G.; PING, L. Z.; YA, P. Y.; AL-REKABI, W. S. Review on landfill leachates treatments. *American Journal of Applied Sciences*, v. 6, n. 4, p. 672-684, 2009.

ANDREOZZI, R.; MAROTTA, R.; PINTO, G.; NAPOLI, A. P. Carbamazepine in water: persistence in the environment, ozonation treatment and preliminary assessment on algal toxicity. *Water Research*, v. 36, n. 11, p. 2.869-2.877, 2002.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 11. ed. São Paulo: Abrelpe, 2013.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 12. ed. São Paulo: Abrelpe, 2014.

BRAGA, B. *et al. Introdução à Engenharia Ambiental*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal; Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. *Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 set. 2015.

BRASIL. *Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 20 set. 2015.

BRASIL. *Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm. Acesso em: 6 mar. 2017.

BRASIL. *Lei n. 9.433 de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 6 mar. 2017.

BRASIL. *Resolução Conama n. 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

BRASIL. *Resolução Conama n. 396, de 3 de abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, DF, 7 abr. 2008. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em: 20 set. 2015.

BRASIL. *Resolução Conama n. 420, de 28 de dezembro de 2009*. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas. Brasília, DF, 30 dez. 2009. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 20 set. 2015.

BRASIL. *Resolução Conama n. 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília, DF, 16 maio 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 20 set. 2015.

BERTOLDI, K.; SPINDLER, C.; MOYSÉS, F. S.; VANZELLA, C.; LOVATEL, G. A.; ELSNER, V. R.; RODRIGUES, M. A. S.; SIQUEIRA, I. R. Effect of landfill leachate on oxidative stress of brain structures and liver from rodents: Modulation by photo electro oxidation process. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 84, p. 319-324, 2012.

BUSCH, J.; AHRENS, L.; STURM, R.; EBINGHAUS, R. Polyfluoroalkyl compounds in landfill leachates. *Environmental Pollution*, v. 158, n. 5, p. 1.467-1.471, 2010.

CARLI, A. A. *A Água e seus instrumentos de efetividade: educação ambiental, normatização, tecnologia e tributação*. São Paulo: Millennium, 2013.

CLARKE, B. O.; ANUMOL, T.; BARLAZ, M.; SHANE A. Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants. *Chemosphere*, v. 127, p. 269-275, 2015.

DUARTE, R.; PINILLA, V.; SERRANO, A. Globalization and natural resources: the expansion of the Spanish agrifood trade and its impact on water consumption,

1965-2010. *Regional environmental change natural and social aspects*. Espanha: Springer, 2015, 14 p. *Online*.

DI BELLA, G.; DI TRAPANI, D.; MANNINA, G.; VIVIANE, G. Modeling of perched leachate zone formation in municipal solid waste landfills. *Waste Management*, v. 32, n. 3, p. 456-462, 2012.

EGGEN, T.; MOEDER, M.; ARUKWE, A. Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Science of the Total Environment*, v. 408, n. 21, p. 5.147-5.157, 2010.

EMBERTON, J. R.; PARKER, A. The problems associated with building on landfill sites. *Waste Management & Research*. United Kingdom: Oxfordshire, n. 5, p. 473-482, 1987.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Decreto-Lei n. 134, de 16 de junho de 1975*. Dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente no estado do Rio de Janeiro, e dá outras providências. Rio de Janeiro: 1975. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/decest.nsf/83b1e%2011a446ce7f7032569ba0082511/c/20e029cb4455f7dc03256b6d00638572?OpenDocument>. Acesso em: 20 set. 2015.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. NT-202.R-10. *Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos*. Rio de Janeiro, 1986. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/bmvh/mdeyl/~edispl/inea012974.pdf>. Acesso em: 20 set. 2015.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Decreto n. 44.820, de 2 de junho de 2014*. Dispõe sobre o Sistema de Licenciamento Ambiental – SLAM e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=270983>. Acesso em: 20 set. 2015.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. *Resolução Conema n. 2 de 7 de outubro de 2008*. Aprova a DZ-077 – diretriz para encerramento de atividades potencialmente poluidoras ou degradadoras do meio ambiente. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://download.rj.gov.br/documentos/10112/177088/DLFE-55567.pdf/Res_CONEMA_02.pdf. Acesso em: 20 set. 2016.

HAIBO, M.; CHANG, W.; CUI, G. Ecological footprint model using the support vector machine technique. *Plos One*, v. 7, n. 1, p. e30396, 2012.

HOGLAND, W. Remediation of an old landfill site: soil analysis, leachate quality and gas production. *Environmental Science and Pollution Research International*, v. 1, n.1, p. 49-54, 2002.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos*. Brasília: Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2012.

JARDIM, W.; MONTAGNER, C.C.; PESCARA, I. C; UMBUZEIRO, G. A.; DI DEA, A. M. B.; ELDRIDGE, M.L.; SODRÉ, F. F. An integrated approach to evaluate emerging contaminants in drinking water. *Separation and Purification Technology*, v. 84, n. 9, p. 3-8, 2012.

KJELDSEN, P.; BARLAZ, M. A.; ROOKER, A. P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRITENSEN, T. H. Present and Long-Term Composition of MSW Landfill Leachate: a review. *Environmental Science and Technology*, v. 32, n. 4, p. 297-336, 2010.

McMICHAEL, T. The biosphere, health, and sustainability. *Science*, v. 297, n. 5.584, p. 1.093, 2002.

MONTAGNER, C. C.; JARDIM, W. F. Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia River; São Paulo State (Brazil). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 22, n. 8, p. 1.452-1.462, 2011.

NICCOLUCCI, V.; GALLI, A.; REED, A.; NERI, E.; WACKERNAGEL, M.; BASTIANONI, S. Towards a 3D National Ecological Footprint Geography. *Ecological Modelling*, v. 222, n. 16, p. 2.939-2.944, 2011.

OLIVEIRA, M; MOTA, S. Caracterização do lixiviado do lixão do Jangurussu. *Revista Limpeza Pública*, Fortaleza: [s.n.], n. 48, p. 21-24, 1998.

OMAR, H.; ROHANI, S. Treatment of landfill waste, leachate and landfill gas: A Review. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, v. 9, n. 1, p. 15-32, 2015.

PASTOR, J.; HERNÁNDEZ, A. J. Heavy metals, salts and organic residues in old solid urban waste landfills and surface waters in their discharge areas: Determinants for restoring their impact. *Journal of Environmental Management*, v. 95, p. S42-S49, 2012.

RAMAKRISHNAN, A.; BLANEY, L.; KAO, J.; TYAGI, R.; ZHANG, T.; SURAMPALLI, R. Emerging contaminants in landfill leachate and their sustainable management *Environmental Earth Sciences*, v. 73, n. 3, p. 1.357-1.368, 2015.

RENOU, S.; GIVAUDAN, J.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MOULIN, P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*, v. 150, n. 3, p. 468-493, 2008.

REID, W. V.; CHEN, D.; GOLDFARB, L.; HACKMANN, H.; LEE, Y.T.; MOKHELE, K.; OSTROM, E.; RAIVIO, K.; ROCKSTRÖM, J.; SHELLNHUBER, H. J; WHYTE, A. Environment and development: earth system science for global sustainability: grand challenges. *Science*, v. 330, n. 6.006, p. 916-917, 2010.

IBEIRO, A. R.; AFONSO, B. C.; CASTRO, P. M. L.; TIRITAN, M. E. Fármacos quirais em diferentes matrizes ambientais: ocorrência, remoção e toxicidade. *Química Nova*, v. 39, n. 5, p. 598-607, 2016.

RAMID, J.; RIBEIRO, A. Declaração do Rio de Janeiro. *Estudos Avançados*, v. 6, n. 15, p. 153-159, 1992.

RIZOMA Engenharia e Paisagismo. *Projeto Executivo de Remediação e Encerramento do “Lixão” de Volta Redonda*. Equipe Técnica: Simone da Costa Minervin, Marcelo Ferreira Rodrigues, Francisco J. P. Oliveira, Paulo Fernando Zatome Medeiros, Daniela Vaz, Edson Thiago Santoro Alves. Prefeitura Municipal de Volta Redonda, 2007.

ROCHA, J.C.; ROSA, A.H. *Substâncias húmicas aquáticas: interação com Espécies Metálicas*. São Paulo: Ed. da Unesp, 2003.

SALEM, Z.; HAMOURI, K.; DJEMAA, R.; ALIIA, K. Evaluation of landfill leachate pollution and treatment. *Desalination*, v. 220, n. 1-3, p. 108-114, 2008.

SANG, N. N.; SODA, S.; ISHIGAKI, T.; IKE, M. Microorganisms in landfill bioreactors for accelerated stabilization of solid wastes. *Journal of bioscience and bioengineering*, v. 114, n. 3, p. 243-250, 2012.

SRIGIRI, S.; MADASU, H.; VYSETTI, B.; PARTH, V. Forecasting the distribution of heavy metals in soil and groundwater near municipal solid waste dumpsites using linear regression. *Current Science*, v. 107, n. 1, p. 78-88, 2014.

TRIPATHIA, A.; TRIPATHIA, D. K.; CHAUHANA, D.K.; KUMAR, Niraj; SINGHD, G. S. Paradigms of climate change impacts on some major food sources of the world: a review on current knowledge and future prospects. *Agriculture, ecosystems & environment*, v. 216, p. 356-373, 2016.

UNITED NATIONS. *Report of the world commission on environment and development: our common future*. Nova Iorque: UN, 1987.

WU, D.; WANG, T.; HUANG, X.; DOLFING, J.; XIE, B. Perspective of harnessing energy from landfill leachate via microbial fuel cells: novel biofuels and electrogenic physiologies. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 99, n. 19, p. 7.827-7.836, 2015.

ZIYANG, L.; LUOCHUN, W.; NANWEN, Z.; YOUCAI, Z. Martial recycling from renewable landfill and associated risks: a review. *Chemosphere*, v. 131, p. 91-103, 2015.

