

### **III-136 - AVALIAÇÃO DO POTENCIAL POLUIDOR DE LIXIVIADOS DE ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS SITUADOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

**Juacyara Carbonelli Campos<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Doutora em Engenharia Química (COPPE/UFRJ). Professora Adjunta do Departamento de Processos Inorgânicos da Escola de Química (UFRJ).

**Alyne Moraes Costa<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Gama Filho. Mestre em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Doutoranda em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química (UFRJ).

**Livia Ferreira da Silva<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Ciências Biológicas com ênfase em Ecologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestre em Ecologia e Evolução pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

**Bianca Ramalho Quintaes<sup>(2)</sup>**

Bióloga. Doutora em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Escola de Química (UFRJ). Professora do Programa de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEA/UFRJ) e Gerente de Departamento do Centro de Pesquisas Aplicadas da COMLURB.

**Sarah Dario Alves Daflon<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre em Engenharia Ambiental (UERJ) e Doutora em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Centro de Tecnologia, Bloco I, I-124-Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes (Labtare)- Ilha do Fundão- Rio de Janeiro –RJ- CEP: 21941-909-Brasil- Tel: +55 (21) 2562-7346- ramal 2- email: juacyara@eq.ufrj.br

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rua Américo de Souza Braga, 647- Vargem Pequena- Rio de Janeiro –RJ- CEP: 22783-385-Brasil.

#### **RESUMO**

A composição dos lixiviados de aterros é altamente variável e heterogênea, em geral, apresentam elevadas concentrações de poluentes, tais como: matéria orgânica e nitrogênio amoniacal. Devido à complexidade de sua composição, os lixiviados são considerados altamente tóxicos ao meio ambiente e a saúde pública.

A fim de se conhecer os riscos de contaminação dos lixiviados aos ecossistemas aquáticos, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial tóxico poluidor dos lixiviados do Aterro Sanitário de Seropédica e o Aterro Controlado de Gericinó, ambos localizados no Estado do Rio de Janeiro.

Elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal e de matéria orgânica (principalmente na forma recalcitrante), foram observadas em ambos os lixiviados estudados. No entanto, destaca-se que uma alta concentração de substâncias húmicas (2.312 mg/L) foi verificada no lixiviado do aterro de Seropédica, em comparação ao aterro de Gericinó (791 mg/L). Em relação aos valores de nitrogênio amoniacal, observou-se que os lixiviados estudados apresentaram concentrações superiores a 1.500 mg/L.

Com os tratamentos realizados para a remoção individual dos poluentes de nitrogênio amoniacal e substâncias húmicas, tais como o arraste de nitrogênio amoniacal (pH 11) e a nanofiltração (500 Da), foram obtidas eficiências de remoção superiores a 99% .

A partir dos ensaios de ecotoxicidade foi verificado que com a remoção de nitrogênio amoniacal dos lixiviados, a redução da ecotoxicidade foi superior a 70% para os organismos *Danio rerio* e *Daphnia similis* e com a remoção de substâncias húmicas, a redução da ecotoxicidade foi superior a 60% para o organismo *Allivibrio fischeri*.

Por fim, podem-se inferir a partir dos resultados obtidos, que os poluentes de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal foram os poluentes potenciais responsáveis pela ecotoxicidade dos lixiviado de Seropédica e Gericinó, para os organismos-teste estudados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ecotoxicidade, Nitrogênio amoniacal, Substâncias húmicas, Arraste de Nitrogênio Amoniacal, Nanofiltração.

## **INTRODUÇÃO**

A disposição final de resíduos sólidos urbanos vem sendo realizada de diferentes maneiras, de acordo com a evolução das sociedades modernas, mas a forma mais simples e econômica utilizada até os dias atuais são os aterros.

O termo “aterro” é definido como a forma de eliminação de resíduos sobre o solo, podendo ser subdividido em três categorias: lixão, aterro controlado e aterro sanitário (Hoornweg, Bhada-Tata, 2012). Estas categorias são definidas de acordo com o modo de operação, gerenciamento dos resíduos, tratamento dos efluentes gerados e medidas de engenharia envolvidas na sua construção. No Brasil, devido ao encerramento de alguns lixões e a necessidade de remediação dos mesmos, crescem o número de aterros controlados, que do ponto de vista ambiental, é considerado uma forma incorreta de destinação final de resíduos.

Nos aterros, os resíduos sólidos urbanos passam por um processo natural de degradação, gerando um efluente complexo e de elevada toxicidade, denominado lixiviado (Kjeldsen et al., 2002). Segundo Kjeldsen et al. (2002), a composição do lixiviado pode variar significativamente, devido a diversos fatores, tais como: a composição e a idade dos resíduos, o clima e o modo de operação do aterro.

A ecotoxicidade do lixiviado, de uma forma geral, está relacionada com os poluentes de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal (Pablos et al., 2011). Logo, a necessidade de determinar a contribuição destes poluentes tornou-se uma das principais medidas, a fim de se conhecer os riscos potenciais do lixiviado aos ecossistemas aquáticos.

Este estudo experimental teve como objetivo avaliar a contribuição dos poluentes de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal na ecotoxicidade dos lixiviados do Aterro sanitário de Seropédica e o Aterro controlado de Gericinó, ambos localizados no Estado do Rio de Janeiro.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **LOCAL DE ESTUDO**

O Aterro Sanitário de Seropédica está em funcionamento desde 2011 e recebe diariamente 20 milhões de toneladas de resíduos, provenientes das cidades do Rio de Janeiro, Seropédica e Itaguaí (Ciclus, 2018).

O Aterro Controlado de Gericinó, situado no bairro de Bangu- RJ iniciou suas operações em 1987 como vazadouro a céu aberto, mas sofreu modificações, operando como aterro controlado antes de seu encerramento no ano de 2014, recebendo em média 200 toneladas/dia. Atualmente, o aterro continua a receber resíduos de construção civil (Da Costa et al., 2015).

Neste estudo foram avaliados lixiviados de duas matrizes diferenciadas: um proveniente do Aterro sanitário de Seropédica (com 7 anos de operação) e o outro proveniente do Aterro controlado de Gericinó (com 31 anos de operação e que não recebe mais resíduos sólidos urbanos).

### **ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E ECOTOXICOLÓGICAS**

As amostras de lixiviados coletadas foram armazenadas em bombonas e mantidas em temperatura ambiente até sua utilização, exceto as amostras destinadas aos ensaios ecotoxicológicos, que foram imediatamente preservadas a -20° C.

A caracterização físico-química das amostras de lixiviados foi realizada com a obtenção dos seguintes parâmetros: pH, turbidez, absorvância (254nm), alcalinidade total, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Carbono Orgânico total (COT), cloreto, nitrogênio amoniacal total (NAT) , substâncias húmicas e série de

sólidos. As análises foram realizadas de acordo com metodologia descrita em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Para a remoção de nitrogênio amoniacal foram realizados ensaios de arraste com o uso de gás nitrogênio com ajuste de pH da amostra, com NaOH 0,1mol/L, para pH=11 e conduzido em temperatura ambiente (27°C). O monitoramento do processo de remoção foi realizado a cada 24 horas de ensaio.

Para a remoção de substâncias húmicas foram realizados ensaios de filtração com membranas. A permeação foi realizada empregando membranas de nanofiltração NADIR® (500 Da), para a obtenção a remoção dos ácidos húmicos e fúlvicos. A filtração foi realizada com pressão 20 bar, utilizando o gás nitrogênio para regular a pressão no módulo de filtração.

A avaliação da ecotoxicidade aguda do lixiviado foi realizada através de ensaios com organismos de diferentes níveis tróficos: bactéria *Allivibrio fischeri*, microcrustáceo *Daphnia similis* e o peixe *Danio rerio*, segundo as metodologias propostas pelas respectivas normas, NBR 15411-3:2012 (ABNT, 2012), NBR 12713:2016 (ABNT, 2016) e NBR 15088: 2016 (ABNT, 2016). A redução da ecotoxicidade aguda das amostras foram avaliadas segundo a unidade tóxica (UT), calculada através da equação  $(100/CE_{50})$  do lixiviado bruto em relação ao lixiviado após os respectivos tratamentos.

Todos os ensaios físico-químicos e ecotoxicológicos foram realizados no Laboratório de Tratamento de Águas e Reúso de Efluentes- Labtare/UFRJ.

## RESULTADOS

A caracterização físico-química das amostras de lixiviado é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1: Caracterização físico-química do lixiviado bruto do Aterro Controlado de Gericinó (coleta 16.03.18) e o Aterro Sanitário de Seropédica (coleta 13.06.18).**

Parâmetros	Lixiviado Gericinó	Lixiviado Seropédica
pH	8,05	8,2
Absorbância a 254nm	11,13	36
Alcalinidade Total (mg/L)	4.479	11.626
Carbono Inorgânico (CI) (mg/L)	850	2.853
Carbono Orgânico Total (COT) (mg/L)	1.466	1.822
Carbono Total (CT) (mg/L)	2.316	4.675
Cloreto (mg/L)	1.549	4.349
Demanda Química de Oxigênio (DQO) (mg/L)	2.383	4.787
Nitrogênio Amoniacal Total (NAT) (mg/L)	1.576	2.095
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) (mg/L)	4.810	13.252
Sólidos Suspensos Totais (SST) (mg/L)	22,5	117,5
Sólidos Totais (ST) (mg/L)	5.888	13.370
Substâncias Húmicas (SH) (mg/L)	791	2.312
Turbidez (NTU)	3,3	9,57

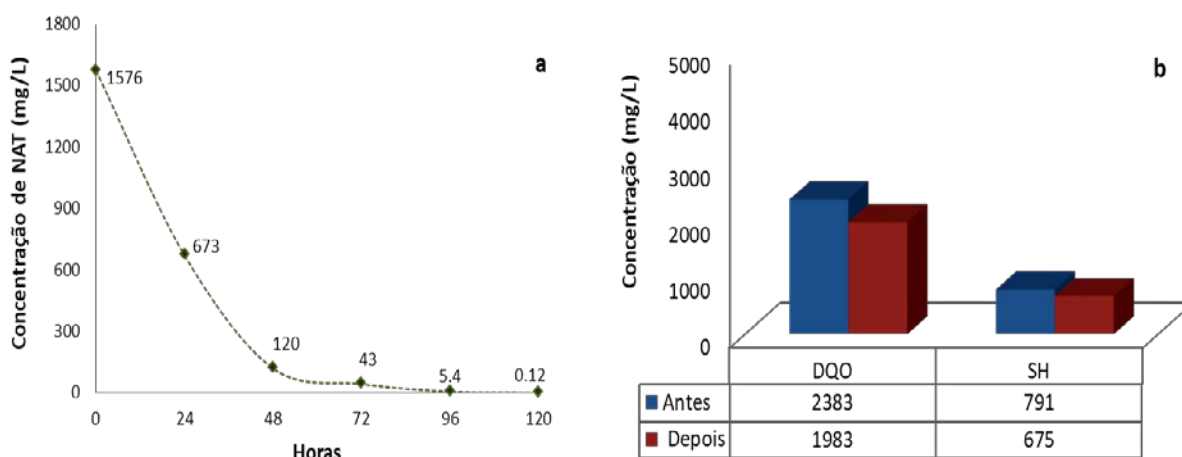
A partir da caracterização físico-química, pode-se verificar que os lixiviados de ambos os aterros apresentam elevado valor de pH e altas concentrações de material orgânico, nitrogênio amoniacal e alcalinidade.

O valor de pH superior a 8,0 foi observado nos lixiviados de ambos os aterros, o que pode estar associado aos altos valores de alcalinidade, indicando que os aterros estudados encontram-se em fase de estabilização ou metanogênica.

Elevadas concentrações de material orgânico foram observadas em ambos os lixiviados estudados. No entanto, destaca-se que uma alta concentração (4.787 mg/L) foi verificada no lixiviado de Seropédica, visto que é um aterro que ainda recebe resíduos sólidos diariamente, diferente do aterro de Gericinó. Além da elevada concentração de DQO, destaca-se que grande parte da mesma, correspondeu a compostos recalcitrantes ou de difícil degradação, visto pela alta concentração de substâncias húmicas presentes no lixiviado de Seropédica (2.312 mg/L).

Em relação aos valores de nitrogênio amoniacal, observa-se que os lixiviados estudados apresentaram concentrações superiores a 1.500 mg/L. Segundo Kjeldsen et al. (2002), as concentrações de nitrogênio amoniacal podem permanecer elevadas em aterros antigos, pois uma redução significativa do NAT não é observada com o passar dos anos, portanto, o mesmo é considerado um dos principais poluentes do lixiviado.

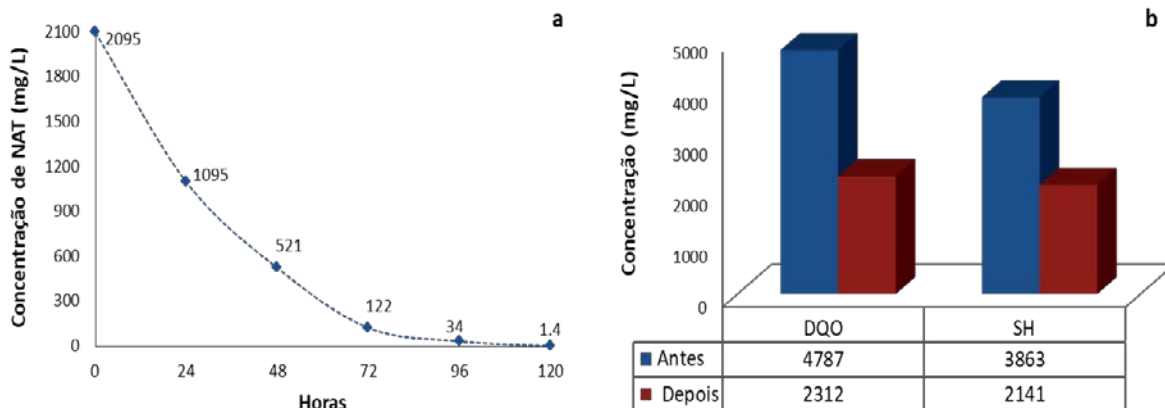
Os processos de arraste de nitrogênio amoniacal foram realizados durante o período total de 120 horas, como pode ser observado na Figura 1 e 2.



**Figura 1: Resultados do ensaio de arraste de nitrogênio amoniacal com o lixiviado do Aterro controlado de Gericinó (a- gráfico da concentração de NAT em relação ao tempo e b- gráfico com as concentrações de DQO e SH antes e após o ensaio).**

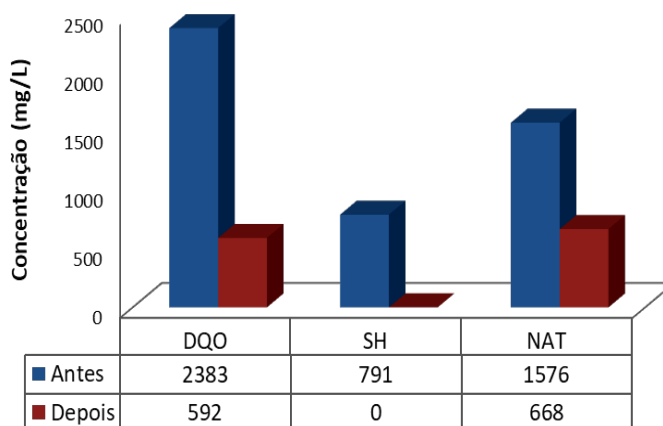
A partir da Figura 1 foi possível observar que o processo de arraste obteve eficiência de remoção superior a 99,9%. Em relação aos parâmetros de DQO e substâncias húmicas (SH), a remoção obtida foi de 16,78% e 14,66%, respectivamente para o lixiviado de Gericinó. Pelos resultados de baixas remoções dos parâmetros físico-químicos, tais como material orgânico e substâncias húmicas, infere-se que somente o nitrogênio amoniacal foi removido de forma significativa do lixiviado através do processo de arraste, como o objetivo deste ensaio.

Na Figura 2 foi possível observar que o processo de arraste obteve eficiência de remoção superior a 99,9% para o lixiviado de Seropédica. Em relação aos parâmetros de DQO e substâncias húmicas, a remoção obtida foi de 51,70% e 44,57%, respectivamente. Os valores de remoções neste ensaio foram superiores aos obtidos com o arraste realizado com o lixiviado de Gericinó, com o mesmo tempo de ensaio.



**Figura 2: Resultados do ensaio de arraste de nitrogênio amoniacal com o lixiviado do Aterro sanitário de Seropédica (a- gráfico da concentração de NAT em relação ao tempo e b- gráfico com as concentrações de DQO e SH antes e após o ensaio).**

As remoções das substâncias húmicas após a nanofiltração são apresentadas nas Figuras 3 e 4.

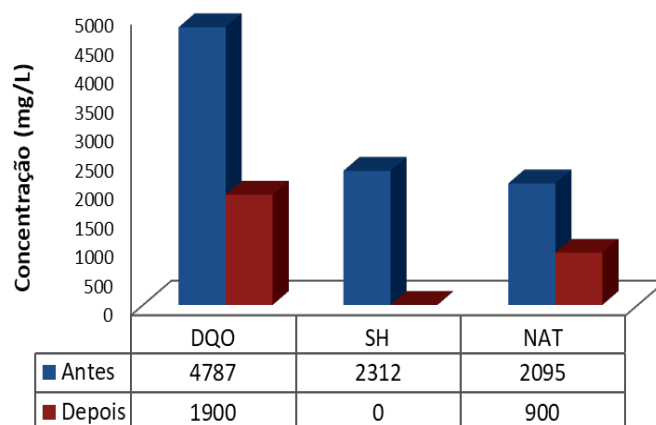


**Figura 3: Resultados de antes e depois do ensaio de nanofiltração do lixiviado de Gericinó.**

Na Figura 3 observa-se que após a permeação na membrana de 500Da alcançou 100% de remoção de substâncias húmicas e uma remoção de 57,61% de NAT. Uma concentração remanescente de material orgânico de aproximadamente 25% do lixiviado bruto foi verificada na saída do permeado de 500 Da.

Na Figura 4 observa-se que após a permeação na membrana de 500Da alcançou 100% de remoção de substâncias húmicas e uma remoção de 57,04% de NAT. Uma concentração remanescente de material orgânico de aproximadamente 39,7% do lixiviado bruto foi verificada na saída do permeado de 500 Da.

Os resultados de remoção de substâncias húmicas de ambos os lixiviados corroboram com o estudo de Trebouet et al. (2001) que verificaram que cerca de 30% da DQO do lixiviado possui massa molecular inferior a 500Da, correspondendo aos pequenos ácidos orgânicos ou aminoácidos derivados do processo biológico de degradação dos resíduos.



**Figura 4: Resultados de antes e depois do ensaio de nanofiltração do lixiviado de Seropédica.**

As reduções de ecotoxicidade aguda dos lixiviados após os tratamentos estudados são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2: Porcentagens de redução da ecotoxicidade aguda dos lixiviados estudados, após os ensaios de remoção de nitrogênio amoniacal e substâncias húmicas.**

Organismos-teste	Remoção de NAT		Remoção de SH	
	Lixiviado Gericinó	Lixiviado Seropédica	Lixiviado Gericinó	Lixiviado Seropédica
<i>Allivibrio fischeri</i>	52,47%	35,77%	79,67%	61,7%
<i>Danio rerio</i>	95,50%	84,0%	33,92%	15,0%
<i>Daphnia similis</i>	70,15%	78,9%	33,34%	17,45%

A partir da Tabela 2 observa-se que o tratamento para a remoção do nitrogênio amoniacal obteve uma redução de ecotoxicidade aguda para o peixe *Danio rerio* e o microcrustáceo *Daphnia similis*, superior a 70%. Corroborando com os estudos Wang e Leung (2015), que verificaram que o *Danio rerio*, assim como a *Daphnia similis* são organismos altamente sensíveis às formas nitrogenadas. Logo, com a remoção do mesmo foi possível observar uma redução significativa da ecotoxicidade dos lixiviados estudados.

Em relação à remoção das substâncias húmicas, a maior redução de ecotoxicidade aguda foi verificada pelo organismo *Allivibrio fischeri* para ambos os lixiviados estudados. Isso corrobora com os estudos Pivato e Gaspari, (2006) que evidenciaram a maior sensibilidade da bactéria aos compostos orgânicos e menor sensibilidade a compostos inorgânicos, como os metais pesados.

## CONCLUSÕES

Com a caracterização físico-química dos lixiviados foi observado elevados valores de pH (> 8,0), material orgânico (principalmente na forma recalcitrante) (> 790mg/L) e nitrogênio amoniacal (> 1500mg/L), para ambos os aterros estudados.

Em relação aos tratamentos realizados para a remoção individual dos poluentes de nitrogênio amoniacal e substâncias húmicas, os mesmos apresentaram eficiências superiores a 99%.



Com a remoção de nitrogênio amoniacal, a redução de ecotoxicidade aguda para os lixiviados dos aterros de Seropédica e Gericinó foram superiores a 70% para os organismos *Danio rerio* e *Daphnia similis*. E com a remoção de substâncias húmicas, a redução da ecotoxicidade foi superior a 60% para o organismo *Allivibrio fischeri*.

Por fim, podem-se inferir a partir dos resultados obtidos, que os poluentes de matéria orgânica e nitrogênio amoniacal foram os poluentes potenciais responsáveis pela ecotoxicidade das amostras de lixiviados do aterro de Seropédica e Gericinó, para os organismos-teste estudados. Logo, rotas tecnológicas de tratamento para a remoção destes poluentes potenciais devem ser estudadas, a fim, de evitar efeitos tóxicos do lixiviado ao ambiente aquático.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th. Ed. USA, APHA, 2005.
2. ABNT. NBR 12713: 2016. Ecotoxicologia aquática- Toxicidade aguda- Método de ensaio com *Daphnia* spp. (Crustacea, Cladocera), Rio de Janeiro, 2016.
3. ABNT. NBR 15088:2016. Ecotoxicologia Aquática – Toxicidade aguda. Método de ensaio com peixes (Cyprinidae), 2016.
4. ABNT. NBR 15411-3:2012. Ecotoxicologia Aquática – Determinação do efeito inibitório de amostras aquosas sobre a emissão de bioluminescência de *Vibrio fischeri* (ensaio de bactéria luminescente). Parte 3. 2012.
5. CICLUS. Centro de Tratamento de resíduos- CTR RIO. Disponível em <http://www.ciclusambiental.com.br/ciclusctr.php>. Acesso em 20 de outubro de 2018.
6. DA COSTA, F.M.; CAMPOS, J.C.; FONSECA, F.V.; BILA, D.M. Tratamento de lixiviados de aterros de resíduos sólidos utilizando Processos Fenton e Foto-Fenton Solar. Revista Ambiente e Água, v. 10, n.1, 2015.
7. HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a waste: Waste management around the world, 1 Ed. Washington, Word Bank, 2012.
8. KJELDSEN, P.; BARLAZ, M.A.; ROOKER, A.P.; BAUN, A.; LEDIN, A.; CHRISTENSEN, T.H. Present and long-term composition of MSW landfill leachate: A review. Journal Critical Reviews in Environmental Science and Technology, v. 3, p. 297-336, 2002
9. PABLOS, M.V.; MARTINI, F.; FERNÁNDEZ, C.; BANBÍN, M.M.; HERRAEZ, I.; MIRANDA, J.; MARTÍNEZ, J.; CARBONELL, G.; SAN-SEGUNDO, L.; GARCÍA-HORTIGUËLA, P.; TARAZONA, J.V. Correlation between physicochemical and ecotoxicological approaches to estimate landfill leachate landfill. Waste management. v. 31, n. 8, p. 1841-1847, 2011.
10. PIVATO, A.; GASPARI, L. Acute toxicity test of leachate from traditional and sustainable landfills using luminescent bacteria. Waste Management. v. 26, p. 1148-1155, 2006.
11. TREBOUET, D.; SCHLUMPF, J. P.; JAOUEN, P.; QUEMENEUR, F. Stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical-nanofiltration processes. Water Research. v. 35, n. 12, p. 2935-2942, 2001.
12. WANG, Z.; LEUNG, K.M.Y. Effects of unionised ammonia on tropical freshwater organisms: Implications on temperature to tropic extrapolation and water quality guidelines. Environmental Pollution. v. 205, p. 240-249, 2015.