

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE RIO BRANCO – ACRE

PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF LANDLIVED FROM LANDFILL IN THE MUNICIPALITY OF RIO BRANCO - ACRE

*¹Marcelo Victor de Assis Morais; ^{1,2}Carlos Drumond do Nascimento Morais; ³Cydia de Menezes Furtado; ³Rui Santana de Menezes; ³Francisco da Silva Rebouças; ³Osmar da Silva Torres; ^{1,4}Clarice Maia Carvalho; ⁵Heloisia Pimpão Chaves

¹Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Universidade Federal do Acre (UFAC), Acre, Brasil; ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Rondônia, Brasil; ³Unidade de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Acre (UFAC), Acre, Brasil; ⁴Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre (UFAC), Acre, Brasil; ⁵Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal do Acre (UFAC), Acre, Brasil.

*Autor correspondente: E-mail: marcelomorais90@gmail.com; heloisia.chaves@ufac.br

RESUMO

Os aterros sanitários são uma alternativa viável para a destinação de resíduos sólidos, no entanto, não são capazes de sanar todos os problemas relacionados à disposição destes resíduos. Este trabalho avaliou as características físico-químicas e microbiológicas do lixiviado do aterro sanitário do município de Rio Branco - Acre, tratado por lagoas de estabilização. Foram feitas duas coletas (jul/2018 e nov/2018). Os pontos de coleta foram na saída de cada unidade do sistema de tratamento. Os parâmetros analisados foram Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal, cloretos, sulfatos, fósforo, Oxigênio Dissolvido (OD), pH, óleos e graxas e coliformes termotolerantes. Comparou-se os resultados com a Resolução CONAMA N^o 430/2011. A maioria dos parâmetros estavam fora dos padrões, e apenas os valores de pH e óleos e graxas se enquadraram. Foram observadas diferenças entre os períodos de estiagem e chuvoso. O lixiviado não é tratado de maneira adequada no aterro sanitário de Rio Branco.

Palavras chave: Resíduos sólidos. Efluente. Lagoas de estabilização.

ABSTRACT

Landfills are a viable alternative for the disposal of solid waste, however, they are not able to remedy all problems related to the disposal of this waste. This work evaluated the physicochemical and microbiological characteristics of the leachate from the Rio Branco-AC landfill, treated by stabilization ponds. Two collections were made (Jul / 2018 and Nov / 2018). The collection points were at the exit of each treatment system unit. The parameters analyzed were: Biochemical Oxygen Demand (BOD), Ammonia Nitrogen, Chlorides, Sulfates, Phosphorus, Dissolved Oxygen (OD), pH, Oils and Greases and Coliforms Thermotolerants. The results were compared with CONAMA Resolution No. 430/2011. Most of the parameters were out of standard, and only the pH and oil and grease values fit. Differences were observed between the dry and rainy periods. Leachate is not adequately treated at the Rio Branco landfill.

Keywords: Solid waste. Effluent. Stabilization ponds.

1. INTRODUÇÃO

A crescente concentração populacional em áreas urbanas e o conseqüente aumento da produção de resíduos domésticos e industriais vêm gerando muitos problemas relacionados à

forma de disposição desses resíduos e, conseqüentemente, em relação a contaminação de solos e águas subterrâneas [1].

O Brasil produz, diariamente, cerca de 214 mil toneladas de resíduos sólidos, sendo que quase a totalidade destes é disposta no solo, seja em forma de aterros sanitários, aterros controlados ou vazadouros a céu aberto [2].

Nos aterros, os resíduos se decompõem dando origem ao lixiviado, que é um líquido de coloração escura, considerado o problema mais grave em relação à operação de aterros sanitários, tendo como características alta concentração de matéria orgânica e compostos inorgânicos de difícil degradação [3]. Em vista desses poluentes, os lixiviados são potencialmente adversos ao ambiente e podem contaminar o solo e as águas subterrâneas e superficiais, caso não sejam tratados de forma eficiente anteriormente ao seu lançamento [4, 5, 6].

Os lixiviados dos aterros sanitários que necessitam ser tratados adequadamente possuem uma variabilidade nas suas características ao longo da operação de um aterro, que tornam as técnicas de tratamento tradicionais pouco eficientes ou muito onerosas [7], sendo que o sistema de lagoas em série é o mais utilizado, devido a sua alta capacidade de remoção de matéria orgânica [8].

As resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N^o. 430/2011 e N^o. 357/2005 [9, 10] determinam as condições e padrões de lançamento de efluentes de acordo com o enquadramento do corpo receptor, os quais somente poderão ser lançados após o devido tratamento.

A destinação final dos resíduos urbanos, bem como o devido tratamento de seus produtos (gás metano e lixiviado) de forma econômica e segura, não deixando de lado a eficácia e eficiência do processo de tratamento é um dos desafios da administração pública [11]. Os insucessos obtidos não só no Brasil, mas no mundo inteiro, apontam para a necessidade de se repensar as estratégias até aqui adotadas [12].

Na cidade de Rio Branco, estado do Acre, até 2008, todo resíduo produzido era despejado em um lixão irregular, que se constituiu em um local de risco devido aos gases gerados e ao alto nível de poluição do solo. Tendo em vista o caráter de urgência de uma nova solução, em 2009, foi inaugurada a Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos (UTRE) [13].

Na UTRE, os resíduos são depositados nas células do aterro, e o líquido da decomposição da matéria orgânica é levado para as lagoas de estabilização através de uma rede de tubulações. O sistema de tratamento é composto por 5 pontos: a Calha Parshall, seguido

pelas lagoas anaeróbicas, facultativas e de maturação e por fim a zona de mistura, onde o efluente tratado é despejado no Igarapé Quinoá. A Prefeitura Municipal de Rio Branco optou pelo sistema de lagoas de estabilização, pois o mesmo é amplamente utilizado no Brasil e proporciona um tratamento que atende à legislação vigente, com a vantagem de ter fácil operação, baixo custo de manutenção e ser adequado a regiões com altas temperaturas [14].

Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar características físico-químicas e microbiológicas do efluente do sistema de tratamento da UTRE, comparando os resultados obtidos frente aos padrões recomendados pelas Resoluções N° 430/2011 e N° 357/2005 do CONAMA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta de amostra

A Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos (UTRE) está localizada em área rural do município de Rio Branco, estado do Acre, na margem esquerda da BR-364, km 22, sentido Rio Branco (AC) – Porto Velho (RO) [15] (Figura 1).

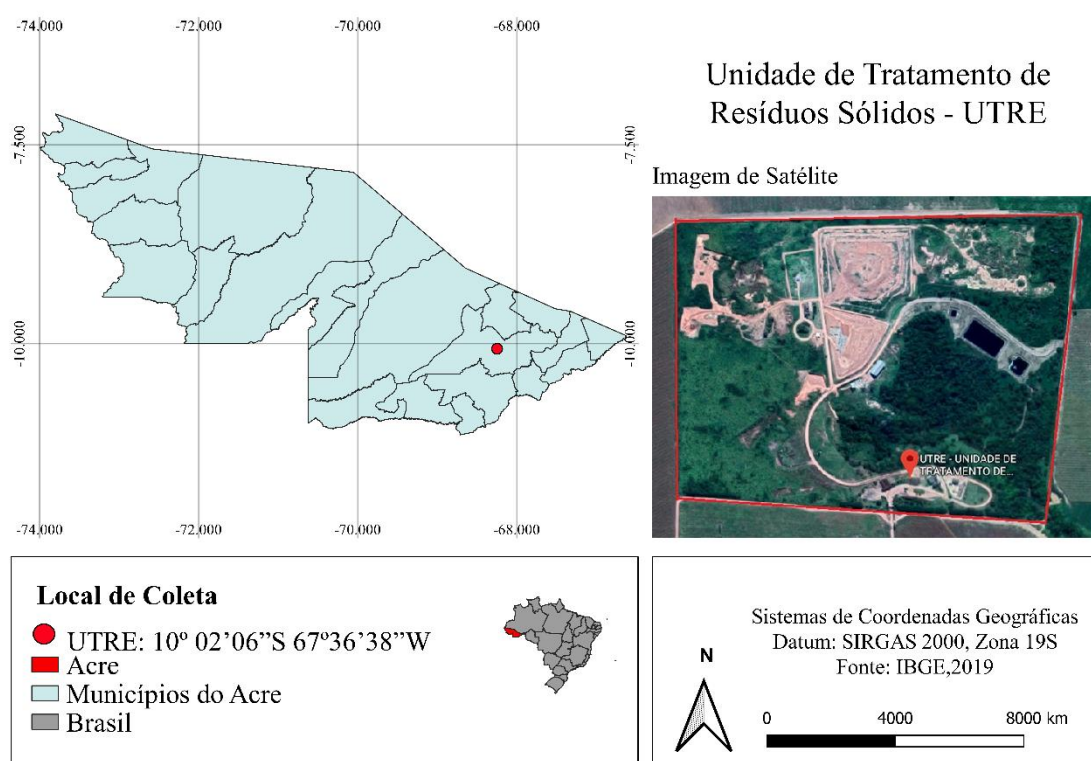


Figura 1. Localização da Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos na cidade de Rio Branco, AC – Brasil.

O lixiviado foi coletado na Calha Parshall, lagoas anaeróbica, facultativa e de maturação, e na zona de mistura, tendo como destino o Igarapé Quinoá (Figura 2).

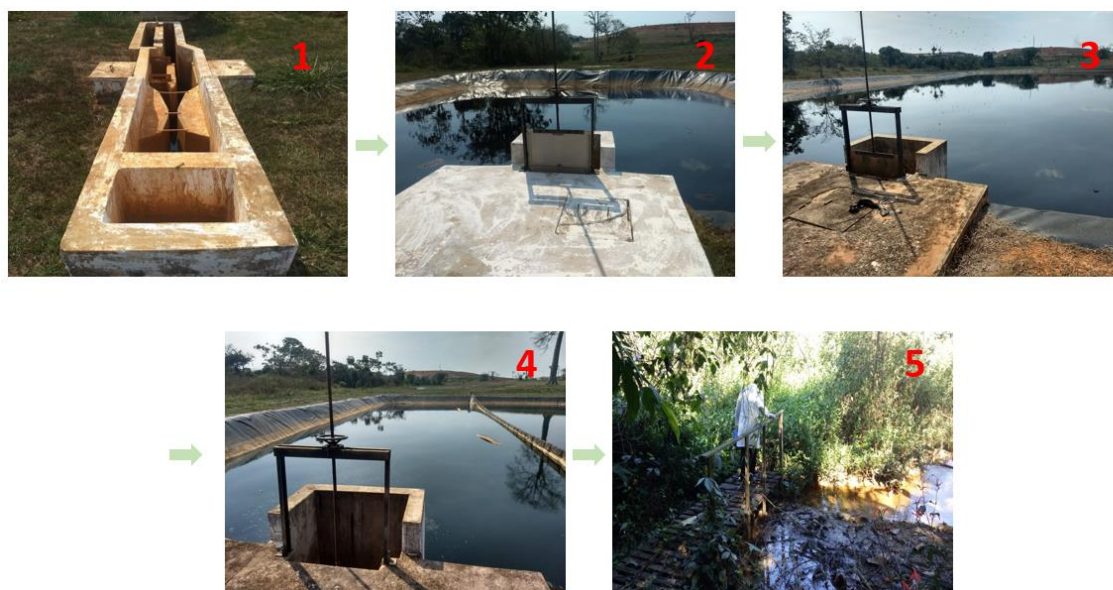


Figura 2. Locais de coleta de amostras do lixiviado da Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos em Rio Branco, Acre, Brasil. 1. Calha Parshall; 2. Lagoa anaeróbica; 3. Lagoa facultativa; 4. Lagoa de maturação; 5. Zona de mistura.

Foram realizadas duas coletas em cada ponto, uma em julho de 2018 (período de estiagem) e a outra em novembro de 2018 (período de chuvas), segundo [16]. Foi coletado um litro de efluente em cada ponto de tratamento para realização das análises, com o auxílio de luvas e baldes para evitar o contato direto com o líquido. Após coleta, as amostras foram armazenadas em frascos de vidro de 500 mL identificados, previamente autoclavados, acondicionados em caixas térmicas de isopor (com o intuito de evitar alterações físicas e químicas por interferência da temperatura) e levadas para análise na Unidade de Tecnologia de Alimentos (UTAL) da Universidade Federal do Acre (UFAC).

Análise físico-química e microbiológica

Para a aferição das concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Oxigênio Disponível (OD), nitrogênio amoniacal, cloretos, sulfetos e fósforo, foi utilizada técnica espectrofotométrica. Para verificar o pH foi utilizado um pHmetro. O ensaio de óleos e graxas foi realizado para verificar a concentração deles nas amostras coletadas. Para verificar a concentração de coliformes termotolerantes, foi utilizada a técnica de tubos múltiplos. Todas as análises foram realizadas de acordo com [17].

Os resultados foram comparados com as resoluções do CONAMA N^o. 357/2005 e N^o. 430/2011, para conferir se enquadravam nos limites definidos pela norma.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros OD, DBO, DQO, pH, nitrogênio amoniacal, cloreto, sulfato, fósforo, óleos e graxas e coliformes termotolerantes do lixiviado da UTRE de Rio Branco, Acre foram analisados em dois períodos distintos, sendo o período 1 de estiagem e o período 2 de chuvoso, e foram coletadas amostras em todos os pontos do sistema de tratamento, visando verificar a variabilidade dos parâmetros ao longo do sistema, comparando com as Resoluções do CONAMA N^o. 357/2005 e N^o. 430/2011 (Tabela 1).

Devido ao fato de o estado do Acre não possuir uma legislação vigente na área de enquadramento de corpos d'água, o Igarapé Quinoá pode ser enquadrado como sendo um curso d'água de classe 2, de acordo com [9].

Tabela 1. Análise físico-química e microbiológica do efluente do sistema de tratamento da Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos da cidade de Rio Branco, Acre, Brasil no período de estiagem e chuvoso de 2018.

Parâmetro Analisado	Período de coleta *	Ponto de coleta						
		Saída do Aterro	Lagoa Anaeróbia	Lagoa Facultativa	Lagoa de Maturação	Zona de Mistura	Valores limites **	Atende norma Conama
OD (mg/L)	1	0	0	0	0	6,4	≥ 5	Não
	2	0	0	0	0	2,7		Não
DBO (mg/L)	1	4.569,75	5.330,25	3.638,25	2.345,75	1,2	Remoção mínima de 60%	Não
	2	1.911,00	2.126,00	698	577	67,56		Sim
DQO (mg/L)	1	10.155,00	11.845,00	8.085,00	6.536,00	128	-	-
	2	4.778,00	5.315,00	1.745,50	1.442,50	168,9		-
pH	1	8,3	8,34	8,57	8,88	6,52	6 - 9	Sim
	2	8,2	8,4	8,5	8,7	7,14		Sim
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	1	26,6	20,2	367,55	24,97	0,46	≤ 20	Não
	2	14,5	15,15	3	23	2,97		Não

Cloreto (mg/L)	1	4.324,00	2.893,30	1.731,30	1.563,40	14,3	≤ 250	Não
	2	1.666,50	1.556,00	1.943,50	1.323,00	24,94		Não
Sulfato (mg/L)	1	580	338,5	301	339,9	2,07	≤ 250	Não
	2	713	552	537	578,5	8,49		Não
Fósforo (mg/L)	1	107,03	66	17	13,8	8,1	≤ 0,1	Não
	2	0,98	1,96	0,91	0,67	0,65		Não
Óleos e Graxas (mg/L)	1	5,61	4,72	10,23	8,65	0,95	≤ 20	Sim
	2	3,15	2,69	3,34	5,39	2,09		Sim
Coliformes Termo- tolerantes (NMP/100 mL)	1	210	63	17	25	8,1	≤ 2	Não
	2	110	220	33	33	14		Não

*Período de coleta 1 – Período de estiagem; Período de Coleta 2 – Período chuvoso.

** Valores limites na lagoa de maturação de acordo com as Resoluções do CONAMA N^o 357/2005 e N^o 430/2011

Os parâmetros que estavam de acordo com as Resoluções do CONAMA N^o 357/2005 e N^o 430/2011 foram DBO (no período chuvoso), pH e óleos e graxas.

A taxa de remoção de DBO no período de estiagem foi de 48,7%, não se enquadrando com as Resoluções do CONAMA N^o 357/2005 e N^o 430/2011. Quanto à taxa de OD, nenhuma das amostras das coletas se enquadraram nos padrões de lançamento das Resoluções do CONAMA N^o 357/2005 e N^o 430/2011. Uma taxa alta de DBO diminui a concentração de OD, dificultando a sobrevivência dos organismos aquáticos que dependem do oxigênio [18].

Apesar de não constar como um parâmetro na Resolução CONAMA N^o 430/2011, a interpretação dos valores de DQO é fundamental para estabelecer a relação DBO/DQO, onde valores entre 0,4 e 0,8 definem o aterro como jovem e entre 0,04 e 0,08 como antigos. No período de estiagem e no período chuvoso a relação DBO/DQO foi de 0,45 e 0,40, respectivamente, definindo o aterro como jovem, indicando que a degradação da matéria orgânica se dá por processos bioquímicos [19].

A concentração de Sulfato no lixiviado não atendeu aos padrões estabelecidos pelo CONAMA. Altas concentrações de sulfato no lixiviado geram odor desagradável, causado principalmente pela presença de gás sulfídrico, além de apresentar alta toxicidade [20].

A elevada concentração de íons cloreto presente nos lixiviados pode causar sérias implicações ao tratamento destes, tanto na etapa de remoção de matéria orgânica quanto na

remoção de amônia por processos biológicos [21]. A concentração de cloreto no lixiviado estava acima dos padrões permitidos pela legislação.

Os valores de fósforo não se enquadraram no padrão de lançamento das Resoluções CONAMA N^o 357/2005 e N^o 430/2011. A presença de fósforo no sistema de lagoas de estabilização é contraditória, pois é um nutriente muito importante para o crescimento e reprodução de microrganismos que promovem a estabilização da matéria orgânica, porém o efluente rico em fósforo pode provocar proliferação excessiva de algas no curso d'água receptor [22].

Para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal, os resultados obtidos se mostraram acima dos valores permitidos pela legislação. Os efluentes com alta concentração de nitrogênio amoniacal promovem profundas mudanças no ambiente do corpo receptor, diminuindo a diversidade do ecossistema, estimulando crescimento excessivo de algas, alteração nos parâmetros físicos e químicos como oxigênio dissolvido, sabor, odor, transparência e pH [23].

Em todos os pontos do sistema de tratamento foi detectada a presença de coliformes termotolerantes, em quantidades bem acima das permitidas. A presença de coliformes termotolerantes em corpos d'água é extremamente prejudicial, pois é um indicador de contaminação fecal, com a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos [22].

O baixo volume de chuvas pode influenciar diretamente a biodegradabilidade do lixiviado, devido à presença de compostos tóxicos, como metais pesados, e ainda podem alterar o pH do efluente, o que pode vir a inibir a ação de microrganismos envolvidos na degradação orgânica do efluente [24,25,26]. No entanto, foram observados valores dos parâmetros analisados na zona de mistura maiores no período chuvoso em comparação com o período de estiagem, em razão de não ter ocorrido vazão do efluente para o corpo d'água devido ao baixo volume do percolado, causado pela baixa precipitação pluviométrica, ocasionando menor impacto no curso d'água.

O sistema de lagoas de estabilização é descrito na literatura como sendo um sistema de tratamento com baixo custo operacional e alta capacidade de remoção de matéria orgânica e microrganismos patogênicos [28]. Entretanto, neste trabalho, este sistema não foi capaz de remover de forma eficiente a alta carga orgânica presente nas lagoas. Lagoas em perfeito estado de funcionamento podem remover de 75 a 85% da DBO [29], comprovando que o sistema de tratamento em estudo não está degradando sua matéria orgânica adequadamente. [30] apontam algumas variáveis que podem interferir no perfeito funcionamento das lagoas. Com relação ao

tempo de detenção hidráulica, este deve ser suficiente para ocorrer o desenvolvimento das bactérias, caso contrário pode ocorrer falhas no sistema.

Também se observou a dificuldade na remoção de compostos químicos, como sulfatos, fósforos, cloreto e amônia, que não obedeceram a Resolução CONAMA N^o 430/2011, sendo necessário estabelecer novas medidas para redução destes parâmetros. Os valores nulos de OD nas lagoas também dificultaram a remoção da DBO no sistema, visto que isso impediu a proliferação de algas nas superfícies das lagoas, que auxiliam na remoção do DBO. Apesar do sistema de lagoas ser largamente utilizado no tratamento de lixiviados no Brasil, estudos relatam as dificuldades deste sistema em remover compostos recalcitrantes, causadores de elevadas taxas de DQO, DBO e amônia [31,32]

CONCLUSÕES

As características físicas, química e biológicas do lixiviado sofrem forte influência do tipo de resíduo, grau de decomposição, idade do aterro, tipo de clima, volume de precipitação, características do solo, de forma que realizar a sua caracterização periodicamente é de fundamental importância para se escolher o tratamento adequado.

O sistema promove a redução dos parâmetros analisados, mas ainda longe de obedecer aos padrões de lançamento de efluentes, visto que apenas os parâmetros de óleos e graxas, pH e DBO durante o período chuvoso se enquadraram nas resoluções CONAMA N^o 430/2011 e N^o 357/2005.

Foi possível observar a diferença entre os parâmetros aferidos no período chuvoso com relação aos do período de estiagem, comprovando a influência da precipitação pluviométrica sobre o sistema de tratamento. De modo geral, os parâmetros analisados na primeira coleta (estiagem) apresentaram valores elevados, enquanto na segunda coleta foram menores (período de chuvas).

O sistema de tratamento de lixiviados da UTRE de Rio Branco – Acre não consegue tratar de maneira adequada o efluente, principalmente durante os meses de estiagem, sendo necessário a implementação de processos de tratamento complementares para que o efluente se adeque aos padrões impostos pela legislação vigente.

REFERÊNCIAS

- [1] ELIS, V. R.; ZUQUETTE, L. V. Caracterização geofísica de áreas utilizadas para disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, n. 1, p. 119-134, 2017.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. 2014. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>, [acesso em 15 nov. 2018].
- [3] KAWAHIGASHI, F. et al. Pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário com carvão ativado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 235-244, 2014.
- [4] LI, H-S. et al. Advanced treatment of landfill leachate by a new combination process in a full-scale plant. **Journal of Hazardous Materials**, v. 172, n. 2, p. 408-415, 2009.
- [5] KATTEL, E.; TRAPIDO, M.; DULOVA, N. Treatment of landfill leachate by continuously reused ferricoxyhydroxide sludge-activated hydrogen peroxide. **Chemical Engineering Journal**, v. 304, n. 2, p. 646-654, 2016.
- [6] ZHAI, Y. et al. Simultaneous total organic carbon and humic acid removals for landfill leachate using subcritical water catalytic oxidation based on response surface methodology. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 227, n. 8, p. 273-286, 2016.
- [7] MANNARINO, C.F. et al. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 18, n. 11, p. 3235- 3243, 2013.
- [8] CONDE, T. T.; STACHIW, R.; FERREIRA, E. Aterro sanitário como alternativa para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 3, n. 1, p. 69-80, 2014.
- [9] BRASIL. Resolução n.º 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**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 2005.
- [10] BRASIL. Resolução n.º 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União, 2011.
- [11] GREGÓRIO, B. S et al. Avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário no município de Barreiras, Bahia. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE, 2013.
- [12] POVINELLI, J.; ALEM, P. S; Introdução. Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. In:
- [13] PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO BRANCO. *A melhor cidade em gestão de resíduos sólidos*. Disponível em: <http://riobranco.ac.gov.br/index.php/noticias/noticias-itens/ultimas-noticias/3338-a-melhor-cidade-em-gestao-de-residuos-solidos.html>, [acesso em: 29 jul. 2019].

[14] PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO BRANCO. **Elaboração de Estudo de Impacto Ambiental – EIA e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA para construção de uma Unidade de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos – UTRE, no município de Rio Branco no estado do Acre.** Rio Branco, 2008.

[15] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapa físico de Rio Branco, Acre, Brasil.* Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-estaduais.html>, [acesso em: 26 dez. 2019].

[16] UFAC. *Grupo de Estudos e Serviços Ambientais AcreBioClima.* Disponível em: <http://www.acrebioclima.pro.br>, [acesso em 25 set. 2018].

[17] ADAMS, V. D. **Water and wastewater examination manual.** Routledge, 2017. 264 p.

[18] CUNHA, L. N. B.; FERREIRA, A. P. Análise crítica por comparação entre modelos de qualidade de água aplicados em rios poluídos: contribuições à saúde, água e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 473-480, 2019.

[19] NOGUEIRA, E. F. et al. Avaliação da relação DQO/nitrogênio amoniacal no processo de tratamento de lixiviado de aterro sanitário utilizando respirometria aeróbia e atividade da enzima desidrogenase. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28, 2015. Rio de Janeiro, **Anais ...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.

[20] HARTMANN, C. M. et al. Avaliação de Alternativas para Redução de Sulfeto de Hidrogênio na Corrente Líquida de Estação Anaeróbia de Tratamento de Esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, 2009. Recife, **Anais ...** Recife: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009.

[21] LANGE, L.C.; AMARAL, M.C.S. Geração e Características do Lixiviado. Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras. In: GOMES, L. P. **Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras.** Rio de Janeiro: ABES, 2009. 362 p.

[22] COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017.* Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wpcontent/uploads/sites/12/2018/06/Relatório-de-Qualidade-das-Águas-Interiores-no-Estado-de-São-Paulo-2017.pdf>, [acesso em: 29 jul. 2019].

[23] RIBEIRO, A. L. V. et al. Contribuição da macrófita aquática *Eichhornia crassipes* na remoção de nitrogênio amoniacal de efluentes sanitários. **Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 215-234, 2019.

[24] MORAVIA, W. G. et al. Caracterização sazonal de lixiviado de aterro sanitário com ênfase em parâmetros coletivos específicos e não específicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26, 2011, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: FIERGS, 2011. P. 19.

[25] CORT, E. P. D. et al. Níveis de metais pesados presentes no chorume produzido em aterros sanitários da região sudoeste do Paraná. **Geoambiente**, n. 11, p. 103-116, 2008.

[26] SEGATO, L. M. CARACTERIZAÇÃO DO CHORUME DO ATERRO SANITÁRIO DE BAURU. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, 2000, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro.

[27] MORAIS, J. L. et al. TRATAMENTO DE CHORUME DE ATERRO SANITÁRIO POR FOTOCATÁLISE HETEROGÊNEA INTEGRADA A PROCESSO BIOLÓGICO CONVENCIONAL. **Quim. Nova**, v. 29, p. 20-23, 2005.

[28] CORDERO, M. F. E. et al. Avaliação do desempenho de lagoas de estabilização em escala real no estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28, 2015. Rio de Janeiro, **Anais ...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.

[29] D'ALESSANDRO, E. B. et al. Influência da sazonalidade em lagoas de estabilização. **Ingeniería del agua**, v. 19, n. 4, p. 193-209, 2015.

[30] LINS, E. et al. Monitoramento de lagoas de estabilização no tratamento de chorume - Aterro da Muribeca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005. Campo Grande, **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

[31] BAETTKER, E. C.; RIETOW, J. C.; AISSE, M. M. Avaliação do decaimento da matéria orgânica de lixiviados de aterros sanitários em lagoas anaeróbias. In: Simpósio ítalo-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 14, 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Paraná, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018.

[32] MARTINS, C. L.; FERNANDES, H.; COSTA, REJANE H. R. Landfill leachate treatment as measured by nitrogen transformations in stabilization ponds. **Bioresource technology**, v. 147, p. 562-568, 2013.