

### **III-347 – AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE LIXIVIADO ATRAVÉS DE ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO DE AÇAÍ E LAMA VERMELHA**

**Luana Cristina Pedreira Lessa<sup>(1)</sup>**

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (PPGEC/UFPA).

**Ricardo Angelim da Silva<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal do Pará. Mestrando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (PPGEC/UFPA).

**Izabelle Ferreira de Oliveira<sup>(3)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Pará. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (PPGEC/UFPA). Doutoranda em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (PPGEC/UFPA).

**Hélio da Silva Almeida<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil com área de concentração em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia pela Universidade Federal do Pará (PRODERNA/UFPA).

**Nélio Teixeira Machado<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Doutor em Engenharia de Materiais pela Universidade Técnica de Hamburgo. Pós-Doutor em Engenharia de Bioenergia pelo Instituto Leibniz de Engenharia Agrária em Potsdam (Alemanha).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Passagem Getúlio Vargas, 60 - Souza - Belém - PA - CEP: 66613-070 - Brasil - Tel: (91) 984602116 - E-mail: [luanaengsamb@gmail.com](mailto:luanaengsamb@gmail.com)

#### **RESUMO**

A geração do resíduo líquido, denominado de chorume ou lixiviado, é resultado da destinação de resíduos sólidos e sua desagregação. Devido a elevada carga de poluentes orgânicos e inorgânicos, esse efluente pode ocasionar em contaminação dos recursos naturais, resultando em diversos impactos. Sendo assim, alternativas de tratamento para esse efluente vêm sendo desenvolvidas. O carvão ativado e resíduos argilosos são materiais empregados no tratamento de efluentes e lixiviados, visando redução da concentração de poluentes mediante processo de adsorção. Este estudo visou avaliar as propriedades físico-químicas e microbiológicas do lixiviado afluente, e físico-químicas do efluente após ensaio de adsorção em batelada, em adsorventes de carvão ativado oriundo de craqueamento termo-catalítico de caroço de açaí a diferentes massas (5% e 10%) e lama vermelha a massa de 10%. Comparando-se os resultados obtidos para os lixiviados tratados pelas adsorções em carvão ativado de açaí a 5% e 10% e lama vermelha a 10%, o carvão tornou o lixiviado ainda mais básico que a lama vermelha. Comparando-se as mesmas concentrações dos adsorventes diferentes (açaí e lama vermelha), as concentrações de sólidos (totais, fixos e voláteis) no lixiviado tratado pelo carvão a 10% foram superiores às concentrações encontradas no lixiviado tratado pela lama vermelha a 10%. A utilização do carvão de açaí como material adsorvente após cominuição acarretou na lixiviação de material adsorvente ao lixiviado tratado, influenciando no aumento de sólidos ao efluente. Logo, a fim de atender à resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011), seria necessária a implementação de demais etapas de tratamento do lixiviado após a adsorção em carvão de açaí e lama vermelha, realizando correção do pH e redução de sólidos totais, visando o lançamento do efluente tratado em corpo hídrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tratamento de efluentes, Chorume, Adsorventes, Aterro sanitário, Tratamento físico-químico.

## INTRODUÇÃO

O processo de adsorção consiste em um fenômeno de superfície no qual ocorre transferência de massa, está relacionado à área disponível do adsorvente, à relação entre a massa de adsorvente e do adsorvido, pH, temperatura, forças iônicas e natureza química do adsorvente e adsorvido, pode ocorrer de duas formas: física ou química (ROUQUEROL et al., 2013).

O carvão ativado é um elemento adsorvente amplamente empregado para adsorção de matrizes líquidas à diversas qualidades (ERABEE et al., 2018). O emprego do carvão ativado granular e em pó para realizar adsorção de lixiviado promove a remoção de poluentes orgânicos e inorgânicos devido a grande área de superfície, estrutura de microporos e elevada capacidade de adsorção e reatividade do carvão (KULIKOWSKA, 2014). Além do processo de adsorção, ocorre também a assimilação da matéria orgânica por microorganismos, em que o carvão serve como suporte (OLMSTEAD E WEBER JUNIOR, 2007).

Logo, emprego da adsorção de lixiviado em camada adsorvente de carvão ativado, combinado a processos de tratamento físico-químicos e biológicos, apresenta resultados satisfatórios no tratamento desse efluente contaminante, motivando a investigação dessa técnica como etapa no tratamento (KLAUCK *et al.*, 2017).

A aplicação de resíduos argilosos em processos de tratamento de efluentes e lixiviado vem obtendo resultados satisfatórios na redução da concentração de poluentes mediante processo de adsorção (FERREIRA DE SOUZA *et al.*, 2017). A lama vermelha é um passivo ambiental viável a reaproveitamento, pois apresenta boa capacidade de adsorção (ZHANG et al., 2018) e vem sendo empregada como adsorvente de efluentes líquidos, visando controle da poluição ambiental (HU et al., 2017), proporcionando redução do armazenamento de rejeitos e a reutilização/reciclagem desse resíduo, além de recuperar e gerar valor econômico agregado ao material (UJACZKI et al., 2018).

Nesse contexto, o presente trabalho investigou alternativas para o tratamento do lixiviado gerado no período chuvoso em uma região metropolitana no aterro, utilizando-se de passivos ambientais como meios adsorventes em processos de adsorção em série, para tratamento do lixiviado visando proteção ambiental mediante atendimento à legislação pertinente (BRASIL, 2011).

## OBJETIVOS

Avaliar as propriedades físico-químicas e microbiológicas do lixiviado afluente, e físico-químicas do efluente após ensaio de adsorção em batelada, em adsorventes de carvão ativado oriundo de craqueamento termo-catalítico de caroço de açúcar e lama vermelha.



**Figura 1: Ilustração da coleta de lixiviado por manobra de válvula em período chuvoso.**

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **AMOSTRAGEM DO LIXIVIADO**

A coleta do lixiviado oriundo de resíduos sólidos gerados na Região Metropolitana de Belém foi realizada em uma campanha que consistiu no período mais chuvoso da RMB (Dezembro a Maio), no mês de Maio (03/05/2018), no turno matutino entre 8 e 10 horas. O lixiviado foi coletado a partir de manobra de válvula (Figura 1) realizada na tubulação de entrada que conduz o lixiviado a uma planta de tratamento constituída por sistema de osmose reversa.

O acondicionamento à temperatura ambiente do lixiviado bruto e lixiviado residual é feito em bombonas de 50 L de Polipropileno (PP) que foram pesadas em balança Digi-Tron Modelo DGM nas instalações do Laboratório Multiusuário de Tratabilidade de Águas e Esgoto – LAMAG (FAESA/ITEC/UFPA). Para a caracterização físico-química e microbiológica do lixiviado a amostragem foi do tipo composta, seguiu-se os métodos padrões determinados pelo *Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater* (APHA, 2005).

### **PRODUÇÃO DO ADSORVENTE CARVÃO ATIVADO DE AÇAÍ**

O carvão ativado de açaí foi produzido e preparado para avaliar os parâmetros de adsorção líquida deste *biochar* ou *biocarvão* obtido do processo de pirólise em escala de bancada do caroço de açaí na temperatura de 450 °C e que foi submetido a tratamento químico (Impregnação) com solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) 2,0 mol.L<sup>-1</sup> (CASTRO *et al.*, 2017).

### **COLETA DA LAMA VERMELHA**

A lama vermelha bruta foi cedida pela empresa HYDRO ALUNORTE (Alumina do Norte do Brasil S.A), localizada a 40 km de Belém em linha reta, rodovia PA 481 – km 12, Distrito de Murucupi, município de Barcarena (PA). A lama vermelha foi coletada na saída do filtro rotativo de lavagem em recipientes plásticos de 70 litros, procurando-se separar o material da água.

## PREPARAÇÃO DOS ADSORVENTES PARA O ENSAIO DE ADSORÇÃO

O material adsorvente carvão ativado de caroço açaí foi utilizado nas adsorções em pó após passar por cominuição e secagem em estufa. Foi cominuído 2 kg carvão ativado para a primeira adsorção à proporção de 5% e primeira adsorção a 10% por equipamento moinho de bolas de aço por 90 minutos e posteriormente peneirado em peneira com abertura 250 mm/m Tyler/Mesh 60. Para as demais adsorções, foi cominuído 2 kg carvão ativado por equipamento moinho de bolas de aço pelo período de 90 minutos.

A lama foi colocada numa estufa à temperatura de 110° C por 24 h, removida e inserida, em quantidades de 2 kg em um moinho de bolas (CIMAQS.S.A.IND.ECOM, Série n° 005), com diâmetro das mesmas variando entre 1,55 a 3,97 cm, onde foi cominuída por um tempo de 30 minutos.

Todas as massas de adsorventes foram submetidas a secagem pelo período de 1 hora em estufa de secagem para a redução da umidade ocasionada pelo ar. Para os ensaios de adsorção, foi necessária a espera, em temperatura ambiente, de em média 30 minutos até o resfriamento da massa adsorvente.

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO LIXIVIADO BRUTO

Após a amostragem foi realizada a caracterização físico-química e microbiológica do lixiviado bruto, buscando-se análises em triplicata para cada parâmetro. Foram seguidos os métodos padrões determinados pelo Standard Methods for the Examination for Water and Wastewater (APHA, 2005), conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1: Análises físico-químicas e microbiológicas, métodos analíticos e equipamentos.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Métodos analíticos – Equipamentos</b>
pH	Potenciométrico – Method 4500-H <sup>+</sup> B – Peagâmetro com eletrodo combinado NOVA NI PHM
Alcalinidade (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Volumétrico - Peagâmetro com eletrodo combinado NOVA NI PHM
Coliformes totais (MPN) E.coli (presença/ausência)	Método dos números mais prováveis Collilert. – Most Probable Number Method (MPN/100ml) – Quanti Tray e Quanti-Tray/2000 – Incubadora Quimis Q316M2 Método de fluorescência Collilert. – Luz ultravioleta a 365 nm
DQO(mgO <sub>2</sub> /L) DBO(mgO <sub>2</sub> /L) ST (mg/L)	Método Clorimétrico – Method 5220 D – Espectrofotômetro HACH 3900 Método de Winkler – Method 5210 B – Espectrofotômetro Gavimétrico – Method 2540 B (Total Solids Dried at 103-105°C) – Estufa de secagem linha MA 033/forno mufla ZEZIMAQ
STF (mg/L) STV (mg/L)	Gavimétrico – Method 2540 E (Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C) – Estufa de secagem linha MA 033/forno mufla ZEZIMAQ Gavimétrico – Method 2540 E (Fixed and Volatile Solids Ignited at 550°C) – Estufa de secagem linha MA 03/forno mufla ZEZIMAQ
SS (mL)	Método do Cone Imhoff – Method 2540 F (Settleable Solids) – Cone LABORGLAS
Nitrato (mg/L de N-NO <sub>3</sub> ) Cloreto (mgCl/L)	Método por redução de cádmio – Method Method 4500 – NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – Espectrofotômetro HACH 3900 Método de Mohr – Method 4500-Cl <sup>-</sup> C – Espectrofotômetro HACH

**\*Legenda:** hidrogeniônico; E.coli: Escherichia coli; DQO: Demanda Química de Oxigênio; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; ST: Sólidos Totais; STV: Sólidos Totais Voláteis; STF: Sólidos Totais Fixos; SS: Sólidos Sedimentáveis.

Fonte: Autores (2019).

Após os ensaios de adsorção foi realizada caracterização físico-química no efluente tratado, a fim de determinar alteração na qualidade do lixiviado.

## ENSAIOS DE ADSORÇÃO

Os ensaios preliminares de adsorção do lixiviado foram realizados em batelada e em série, e foram consideradas duas variáveis: a) diferentes proporções de massa de adsorvente (relação massa/massa): carvão de açai (5% e 10%) e lama vermelha bruta (10%); b) adsorção em série com 3 carreiras de adsorção para cada proporção de adsorvente.

Foram preparadas 3 amostras compostas dentre o lixiviado coletado em 5 bombonas, cada amostra composta continha uma 1,5 kg do lixiviado bruto, que foi despejado na massa adsorvente e papel de filtro em funil, com a fração tratada contida em jarro de 2 L e passada na mesma proporção de adsorvente na segunda carreira de adsorção, este procedimento se repetiu na terceira carreira de adsorção até obter-se a massa final de efluente tratado. A Figura 2 ilustra a montagem dos ensaios de adsorção.



**Figura 2: Ilustração da montagem dos ensaios de adsorção.**

Fonte: Autores (2019).

As adsorções a cada porcentagem ocorreram em 3 carreiras de adsorção para cada proporção de massa de adsorvente, logo, foram realizadas 3 adsorções para cada massa de adsorvente, totalizando 9 ensaios preliminares adsorção (6 para o carvão de açai e 3 para a lama vermelha bruta). A cada adsorção, foi reservado 300 g para caracterização físico-química.

## RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO LIXIVIADO BRUTO

A Tabela 1 mostra os resultados da caracterização físico-química e microbiológica do lixiviado bruto coletado em período mais chuvoso na RMB.

**Tabela 1: Caracterização do lixiviado bruto no período chuvoso.**

Variável	Maio/2018			
	1ª alíquota	2ª alíquota	3ª alíquota	Média $\pm$ DP
pH	8,31	8,24	8,20	8,25 $\pm$ 0,05
Coliformes totais (MPN)	3612	2727	>5012	-
E.coli	Presença	Presença	Presença	-
DBO <sub>5,20°C</sub> (mgO <sub>2</sub> /L)	593	-	-	593
DQO(mgO <sub>2</sub> /L)	5450	3950	750	3383 $\pm$ 1960
DBO/DQO	0,11	-	-	0,11
ST(mg/L)	8275	7992	8183	8150 $\pm$ 118
STF (mg/L)	6546	6369	6493	6469 $\pm$ 74
STV (mg/L)	1729	1623	1690	1681 $\pm$ 44
STF/ST	0,79	0,80	0,79	0,79 $\pm$ 0,005
STV/ST	0,21	0,20	0,21	0,21 $\pm$ 0,005
SS (mL/L)	1,50	1,10	1,20	1,3 $\pm$ 0,17
Nitrato (mgN-NO <sub>3</sub> /L)	70	90	55	72 $\pm$ 14
Cloreto (mgCl/L)	8850	8630	8550	8677 $\pm$ 127

**\*Legenda:** pH: potencial hidrogeniônico; E.coli: Escherichia coli; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO: Demanda Química de Oxigênio; ST: Sólidos Totais; STV: Sólidos Totais Voláteis; STF: Sólidos Totais Fixos; SS: Sólidos Sedimentáveis; - : não avaliado. Fonte: Autores (2019).

## RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LIXIVIADO ADSORVIDO EM CARVÃO ATIVADO DE AÇAÍ E LAMA VERMELHA

Na Tabela 2 tem-se os resultados obtidos no processo de adsorção em carvão ativado de açaí a 5% do lixiviado bruto coletado em período chuvoso na RMB.

**Tabela 2: Caracterização físico-química e rendimentos dos ensaios de adsorção à proporção de adsorvente de 5% de carvão.**

Carvão a 5%	I	II	III
Massa de lixiviado de entrada-MLE (g)	1.500	1.120	680
Massa de lixiviado de saída-MLS (g)	1.420	1.000	640
MLE - MLS	80	120	40
Rendimento (%)	94,67	89,29	94,12
Massa adsorvente (g)	75	56	34
Peso do papel de filtro cheio-PFC (g)	87,2745	74,2364	79,4716
Peso papel de filtro vazio-PFV (g)	7,25	7,26	7,65
Massa de lixiviado retido no processo (g)	5,02	10,98	37,82
Tempo médio de adsorção (h)	48	36	24
pH	9,41	9,29	9,53
ST (mg/L)	27.319	36.479	57.505
STF (mg/L)	18.829	32.362	48.376
STV (mg/L)	8.490	4.117	9.129
STF/ST	0,69	0,89	0,84
STV/ST	0,31	0,11	0,16

**\*Legenda:** pH: potencial hidrogeniônico; ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis. Fonte: Autores (2019).



Com o total de 240 g de massa de lixiviado retida nas 3 adsorções na proporção de carvão a 5%, tem-se nesses processos 16% de retenção de lixiviado em relação ao volume inicial inserido. A duração em horas dos processos foi diminuindo com a redução da massa de lixiviado a ser tratada e a massa de adsorvente utilizada em cada adsorção. O rendimento do processo é avaliado segundo uma relação entre a massa de lixiviado de saída e a massa de lixiviado de entrada, uma vez que é mais interessante obter maior quantidade de massa líquida após o efluente tratado, do que retenção de massa sólida à camada adsorvente, pois diminui-se a quantidade de material sólido a ser destinado a aterro ou queimado. Logo, a primeira adsorção (I) para essa proporção de adsorvente teve maior o rendimento, com geração de 94,67% de lixiviado tratado.

A massa de lixiviado retida em cada processo de adsorção foi aumentando ao longo da diminuição da massa de lixiviado a ser tratada e redução da quantidade de adsorvente utilizado. Constatou-se que o pH da caracterização do lixiviado bruto é básico, variando de 8,20 a 8,31, e nos processos de adsorção para o carvão a 5% tornou-se ainda mais básico, variando o pH de 9,29 a 9,53.

Os sólidos totais da caracterização do lixiviado bruto variaram de 7.992 mg/L a 8.275 mg/L. Entretanto, na adsorção os valores foram muito superiores, variando de 27.319 mg/L a 57.505 mg/L, indicando lixiviação do material adsorvente ao lixiviado líquido, ocasionando aumento na concentração de sólidos totais ao lixiviado no decorrer das adsorções. Como na caracterização do lixiviado bruto, os sólidos fixos foram superiores aos voláteis, indicando-se assim majoritariamente a presença de sólidos inertes no lixiviado bruto e no tratado.

Na Tabela 3 tem-se os resultados obtidos no processo de adsorção em carvão ativado de açaí a 10% do lixiviado bruto coletado em período chuvoso na RMB.

**Tabela 3: Caracterização físico-química e rendimentos dos ensaios de adsorção a proporção de adsorvente de 10% de carvão.**

<b>Carvão a 10%</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Massa de lixiviado de entrada-MLE (g)	1.500	1.100	560
Massa de lixiviado de saída-MLS (g)	1.433	1.000	460
MLE - MLS	67	100	100
Rendimento (%)	95,53	90,91	82,14
Massa adsorvente (g)	150	110	56
Peso do papel de filtro cheio-PFC (g)	177,3118	141,2323	68,5192
Peso papel de filtro vazio-PFV (g)	7,26	9,516	8,326
Massa de lixiviado retido no processo (g)	20,05	21,72	4,19
Tempo médio de adsorção (h)	48	32	24
pH	9,79	9,42	9,88
ST (mg/L)	60.286	74.443	100.454
STF (mg/L)	41.399	62.771	87.335
STV (mg/L)	18.887	11.672	13.119
STF/ST	0,69	0,84	0,87
STV/ST	0,31	0,16	0,13

**\*Legenda:** pH: potencial hidrogeniônico; ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis.

Fonte: Autores (2019).

A massa total de lixiviado retida nas 3 adsorções na proporção de carvão a 10% foi de 267 g, logo, obteve-se nesses processos 17,8% de retenção de lixiviado em relação ao volume inicial inserido. A duração em horas dos processos foi diminuindo com a redução da massa de lixiviado a ser tratada e a massa de adsorvente utilizada. A primeira adsorção (I) para essa proporção de adsorvente teve maior o rendimento, com 95,53% de lixiviado tratado.

A massa de lixiviado retida na segunda adsorção (II) foi superior à primeira (I), entretanto, a massa de lixiviado retida na terceira adsorção foi cerca de 5 vezes inferior às massas das outras adsorções dessa proporção de carvão.

Como para as adsorções em carvão a 5%, o lixiviado nos processos de adsorção para o carvão a 10% tornou-se básico em relação à caracterização do lixiviado bruto, com valores de pH variando de 9,42 a 9,88.

Nos processos de adsorção os valores de sólidos totais foram também muito superiores aos da caracterização, variando de 60.286 mg/L a 100.454 mg/L, indicando também lixiviação do material adsorvente ao lixiviado líquido. Como na caracterização do lixiviado bruto e nos processos de adsorção a carvão na proporção de 5% (I, II e III), os sólidos fixos nos três processos à proporção de 10% tiveram valores superiores aos voláteis, indicando-se assim majoritariamente a presença de material inerte no lixiviado bruto e lixiviado tratado. Como ocorreu nas adsorções a 5% de carvão, com as adsorções houve aumento na concentração de sólidos totais ao lixiviado tratado.

## RESULTADOS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO LIXIVIADO ADSORVIDO EM LAMA VERMELHA

A Tabela 4 tem-se os resultados obtidos no processo de adsorção em lama vermelha a 10% do lixiviado bruto coletado em período chuvoso na RMB.

**Tabela 4: Caracterização físico-química e rendimentos dos ensaios de adsorção a proporção de adsorvente de 10% de lama vermelha.**

<b>Lama Vermelha a 10%</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Massa de lixiviado de entrada-MLE (g)	1.500	1.080	640
Massa de lixiviado de saída-MLS (g)	1.380	940	560
MLE - MLS	120	140	80
Rendimento (%)	92	87	87,5
Massa adsorvente (g)	150	108	64
Peso do papel de filtro cheio-PFC (g)	214,2289	148,5881	84,7869
Peso papel de filtro vazio-PFV (g)	8,696	7,705	7,04
Massa de lixiviado retido no processo (g)	55,53	32,88	13,75
Tempo médio de adsorção (h)	24	24	24
pH	9,20	9,07	9,11
ST (mg/L)	13.375	5.852	8.639
STF (mg/L)	11.194	2.654	7.599
STV (mg/L)	2.181	3.198	1.040
STF/ST	0,84	0,45	0,88
STV/ST	0,16	0,55	0,12

**\*Legenda:** pH: potencial hidrogeniônico; ST: Sólidos Totais; STF: Sólidos Totais Fixos; STV: Sólidos Totais Voláteis.

Fonte: Autores (2019).

A massa total de lixiviado retida nas 3 adsorções na proporção de lama vermelha a 10% foi de 340 g, logo, obteve-se nesses processos 22,66% de retenção de lixiviado em relação ao volume inicial inserido. A duração em horas dos processos de adsorção foram quase os mesmos, ocorrendo em menos de 24 horas cada. A primeira adsorção (I) para essa proporção de adsorvente teve maior o rendimento, com 92% de lixiviado tratado.

As massas de lixiviado retidas nos processos de adsorção foram diminuindo ao longo da diminuição da massa de lixiviado a ser tratada e redução da quantidade de adsorvente utilizada.



Como para as adsorções em carvão a 5% e 10%, o lixiviado nos processos de adsorção para a lama vermelha a 10% tornou-se mais básico em relação à caracterização do lixiviado bruto, com valores de pH variando de 9,07 a 9,20. Este fato pode ocorrer devido a lama vermelha possuir elementos (metais pesados, íons, minérios) que acarretam em basicidade.

Nos três processos de adsorção com lama vermelha a 10% as concentrações de sólidos totais variaram de 5.852 a 13.375 mg/L. O lixiviado tratado na primeira (I) e terceira adsorções (III) obtiveram valores de sólidos totais superiores aos da caracterização do lixiviado bruto. Indicando assim, lixiviação de lama vermelha ao lixiviado tratado nesses dois processos de adsorção em lama vermelha. Além de que, também na primeira (I) e terceira adsorção (III) os valores de concentração de sólidos fixos foram superiores aos de sólidos voláteis, indicando que nesses dois processos lixiviado com maior quantidade de material inerte. Ainda assim, com o decorrer das adsorções, evidenciou-se que ao longo do processo completo houve diminuição na concentração de sólidos totais ao lixiviado tratado.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos pela caracterização físico-química e microbiológica do lixiviado bruto, e nos ensaios de adsorção, conclui-se que:

Comparando-se os resultados obtidos para os lixiviados tratados pelas adsorções em carvão ativado de açaí a 5%, 10% e lama vermelha a 10%, o carvão tornou o lixiviado ainda mais básico que a lama vermelha, além dos processos de adsorção com carvão terem sido mais demorados, durando o processo completo aproximadamente quatro dias e para a lama a duração foi de aproximadamente três dias. As concentrações de sólidos (totais, fixos e voláteis) no lixiviado tratado pelo carvão a 10% foram superiores às concentrações encontradas no lixiviado tratado pela lama vermelha a 10%.

O lixiviado tratado pelo carvão de açaí ocasionou maior basicidade ao lixiviado devido a impregnação de hidróxido de sódio ao carvão de açaí quando o caroço de açaí foi submetido ao craqueamento termo-catalítico.

A utilização do carvão de açaí como material adsorvente após cominuição acarretou na lixiviação de material adsorvente ao lixiviado tratado, influenciando no aumento de sólidos ao efluente. Logo, ensaio de adsorção com adsorvente de carvão de açaí à granulometria maior, poderia acarretar em resultados mais satisfatórios para não lixiviar material sólido no efluente tratado.

Com a finalidade de se atender à resolução CONAMA nº 430 (BRASIL, 2011), seria necessária a implementação de demais etapas de tratamento do lixiviado após a adsorção em carvão de açaí, realizando correção do pH e redução de sólidos totais, visando o lançamento do efluente tratado em corpo hídrico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington, DC, 2005.
2. BRASIL. Resolução. 430, de 13 de maio de 2011. **Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente**. Brasil, 2011.
3. ERABEE, I.K; AHSAN, A; JOSE, B; AZIZ, M.M.A; NG, A.W.M; IDRUS, S; DAUD, N.N.N. Adsorptive treatment of Landfill leachate using activated carbon modified with three different methods. v. 34, n.3, p. 1441-1450, Mai. 2018.
4. FERREIRA DE SOUZA, R.H; RODRIGUES, A.C.C; ROSSETO, R. Levantamento Bibliográfico de Dissertações e Teses sobre Hidróxidos Duplos Lamelares no Brasil. In: IV Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG. Anápolis, GO, v.4, 2017.
5. HU, Z.P; GAO, Z.M; LIU, X; YUAN, Z.Y. High-surface-area activated red mud for efficient removal of methylene blue from wastewater. Adsorption Science & Technology, v. 36, n.1-2, p. 62-79, Fev. 2017.
6. KLAUCK, C.R; GIACOBBO, A; ALTENHOFEN, C.G; SILVA, L.B; MENEGUZZI, A; BERNARDES, A.M; RODRIGUES, M.A.S. Toxicity elimination of landfill leachate by hybrid processing of advanced oxidation process and adsorption. Environmental Technology & Innovation, v. 8, p.246-255, Nov. 2017.

7. KULIKOWSKA, D; BERNAT, K; PARSZUTO, K; SULEK, P. Efficiency and kinetics of organics removal from landfill leachate by adsorption onto powdered and granular activated carbon. *Dessalination and Water Treatment*, v. 57, n. 10, p. 4458-4468, 2014.
8. OLMSTEAD, K.P; WEBER JR, W.J. Interactions between microorganisms and activated carbon in water and waste treatment operations. *Chemical Engineering Communications*. v.108, n.1, p.113-125, Abr. 2007.
9. ROUQUEROL, Jean; ROUQUEROL, Françoise; LLEWELLYN, Philip; MAURIN, Guillaume; SING, Kenneth. *Adsorption by Powders and Porous Solid*. 2 ed., p.646, Out. 2013.
10. ZHANG, Y; ZHANG, X; ZHOU, S; HE, Y. Removal of mercury in the waste water using activated red mud. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, v. 121. 2018.
11. UJACZKI, É; FEIGL, V; MOLNÁR, M; CUSACK, P; CURTIN, T; COURTNEY, R; O'DONOGHUE; DRAVIS, P; HUGI, C; EVANGELOU, M.W.H; BALOMENOS, E; LENZ, M. Re-using bauxite residues: benefits beyond (critical raw) material recovery. *Chemical Technology and Biotechnology*, v. 93, n. 8, Mai. 2018.