

III-1391 - CARACTERIZAÇÃO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO EM MATO GROSSO

Caroline Santos Marcondes⁽¹⁾

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Mato Grosso. Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso

Ana Carolina Nazário de Santana⁽²⁾

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso. Estagiária da ARSEC.

Maria Cristina de Arruda Martins⁽³⁾

Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso. Estagiária da SEMA-MT.

Mariana de Campos Betin⁽⁴⁾

Técnica em Edificações pelo Instituto Federal de Mato Grosso. Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso.

Endereço⁽¹⁾: Rua 1, Quadra 5, 17B, Residencial São José – Distrito Industrial - Cuiabá - MT - CEP: 78098-900 - Brasil - Tel: (65) 99659-3387 - e-mail: carolinesmarcondes@hotmail.com

RESUMO

Os lixiviados produzidos em aterros sanitários são constituídos de uma alta concentração de matéria orgânica e inorgânica, bem como diversos poluentes e contaminantes, que não permitem seu descarte em meio ambiente, sem passar por um sistema de tratamento. Nessa perspectiva, o presente trabalho pautou seu objetivo em caracterizar as amostras desse líquido do aterro sanitário de um município de Mato Grosso. A metodologia estruturou-se na realização de uma visita in loco a fim de coletar amostras do lixiviado, bem como reunir dados e informações relevantes, ademais foram executados ensaios físico-químicos dos parâmetros: Demanda Química de Oxigênio; Demanda Bioquímica de Oxigênio; pH; Alcalinidade; Fósforo total; Série de sólidos; Cloreto; Cor; Turbidez e; Condutividade Elétrica. Conforme resultados obtidos, foi possível constatar que a tratabilidade do aterro sanitário, em que se tem basicamente a evaporação e recirculação, possui baixa eficácia, devido à recalcitrância causada pelo próprio sistema de tratamento em questão, dificultando a sua biodegradabilidade, isso se deve ao fato das amostras do lixiviado apresentarem uma relação DBO₅/DQO menor que 0,4, indicando baixa disponibilidade de matéria orgânica, fato que é corroborado pela presença de maior quantidade de Sólidos Totais Fixos em relação aos Voláteis. Cabe acrescentar que apesar das duas amostras terem sido coletadas em pontos diferentes no tratamento, não houve mudanças extremamente significativas nos resultados de ambas.

PALAVRAS-CHAVE: Lixiviado, Degradabilidade, Aterro, Caracterização

INTRODUÇÃO

Atualmente, a destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil é feita por meio de lixões, aterros controlados e aterros sanitários, a qual tem-se este como a maneira de disposição final ambientalmente adequada e os lixões como a disposição final inadequada. Em vista disso, Aterro Sanitário (AS) consiste em um método de disposição final dos resíduos sólidos urbanos sobre um terreno natural por meio de um confinamento em camadas de material inerte, seguindo normas operacionais específicas de tal maneira que evite danos ao meio ambiente, à saúde da população e segurança pública. (IBAM, 2001)

Uma das maiores problemáticas acerca da disposição final de resíduos presentes em AS, é pautado no lixiviado como um todo, visto que este poluente pode levar a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, causando um grande dano ao meio ambiente. Segundo a NBR 8.849/1985 (ABNT,1985), que define este contaminante como chorume, um líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas no Resíduo Sólido, que possui coloração escura, mau cheiro e tem uma elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

A composição do lixiviado é influenciada pela característica do resíduo e sua composição, sendo refletida pelos processos de operação do aterro (POHLAND; HARPER, 1986). O chorume é constituído por compostos

orgânicos e inorgânicos, podendo conter substâncias tóxicas provenientes de resíduos industriais ou perigosos, bem como possui elevadas concentrações de nitrogênio amoniacal, os efluentes com uma alta carga deste composto quando descartado em corpos hídricos sem tratamento prévio estimula a eutrofização e pode ser tóxico ao ecossistema aquático (PROSAB, 2009). As propriedades do lixiviado são definidas a partir de uma análise prévia pela caracterização do lixiviado por parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

De acordo com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (2022), no Estado de Mato Grosso há apenas seis Aterros Sanitários licenciados e em operação, os quais atendem vinte e seis municípios espalhados pelo estado. Isto posto, para a concepção do presente estudo, foi realizada uma visita *in loco* em um desses aterros, em que se obteve amostras do lixiviado gerado a fim de efetuar as análises de suas características. Cabe acrescentar que o sistema de tratamento do chorume desse local é feito por meio de processos biológicos contando com lagoas para a degradação da matéria orgânica, bem como que o efluente retorna para a lagoa de estocagem haja vista que é realizada a recirculação do efluente no maciço.

Deste modo, este trabalho tem por objetivo caracterizar amostras de lixiviados coletados em um aterro sanitário localizado no Estado de Mato Grosso.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Caracterizar as amostras de lixiviados coletadas em um aterro sanitário localizado no Estado de Mato Grosso.

Objetivos específicos

- Realizar a análise dos parâmetros físico-químicos das amostras de lixiviados coletadas em um aterro sanitário do Estado de Mato Grosso: Condutividade Elétrica, pH, Temperatura, Fósforo, Alcalinidade, Cloretos, DQO, DBO₅, Cor, Turbidez e Série de Sólidos;
- Descrever sobre a degradabilidade das amostras, relacionando os resultados ao sistema de tratamento utilizado no aterro sanitário.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução do presente trabalho, realizou-se uma visita técnica em um dos aterros operantes em Mato Grosso na qual foram coletadas duas amostras de chorume das lagoas presentes no aterro, uma sendo intitulada como “Bruto”, referente a drenagem de fundo da célula e outra intitulada como “Tratado”, a qual se fez referência a lagoa de maturação do maciço, sendo importante exprimir que o aterro sanitário em questão utiliza o método de recirculação como forma de tratamento.

De forma a realizar a coleta corretamente, foram solicitados ao laboratório físico-químico do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, os equipamentos referentes aos ensaios de determinação de condutividade, pH e Temperatura, os quais foram analisados durante a coleta *in loco*. Para o processo de coleta é importante ressaltar que foram utilizados os seguintes materiais:

- Luvas para evitar o contato com o resíduo;
- Uma espécie de béquer a fim de coletar e transpassar o conteúdo para os galões;
- Equipamentos laboratoriais para os ensaios *in situ*;
- Água destilada para limpar os galões;
- Fita adesiva para a devida identificação;
- Sacos de lixo para armazenamento dos galões no automóvel;
- Sacos de gelo para refrigerar e armazenar os lixiviados.

Amostragem

Foram utilizados dois galões de 20 litros, previamente limpos e esterilizados, cada um contendo uma amostra do lixiviado presente na lagoa de maturação e outra na drenagem de fundo da célula. A coleta não foi executada seguindo todas as especificações estabelecidas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras de Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos, elaborado pela CETESB. O

qual pontua a importância de realizar o processo de coleta e transporte em refrigeração igual ou menor que 4°C, bem como seu armazenamento em ambiente adequado, devido a problemas logísticos e falta de materiais, as amostras transportadas da cidade onde foi realizada a coleta até a capital Cuiabá foram envoltas em sacos de gelo, de forma a tentar manter sua temperatura o mais próxima possível de 4°C, já o seu armazenamento foi efetuado no laboratório físico-químico do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Ensaio físico-químico analisado *in loco*

Após realizada a amostragem e refrigeração das amostras foram feitos os ensaios, de forma que ambas pudessem ser caracterizadas. Os ensaios qualitativos executados *in loco* foram de Condutividade, pH e Temperatura.

Sendo importante ressaltar que todos os parâmetros foram determinados segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, em tradução literal: Métodos padrão para o exame de água e esgoto, como podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros analisados para caracterização do lixiviado

Parâmetros	Unidades	Metodologia/equipamento
Condutividade Elétrica	µS/cm	Multisonda Hach 40D
pH	-	Multisonda Hach 40D
Temperatura	°C	Multisonda Hach 40D
Fósforo Total	mg P/L	Espectrofotometria
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	Análise Potenciométrica
Cloreto Total	mg Cl ⁻ /L	Método de MOHR (Argentometria)
DQO	mg O ₂ /L	Refluxo fechado - Colorimétrico
DBO _(5, 20)	mg O ₂ /L	Método Winkler
Cor	mg PtCo/L	Espectrometria/Espectrofotômetro
Turbidez	NTU	Nefelometria/Turbidímetro (Hach MD 40)
Sólidos Totais	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Totais Fixos	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	Método gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	Método do Cone Imhoff – NBR 10561

- O pH foi medido *in situ*, tendo como objetivo de sua execução a retratação da decomposição da matéria orgânica, sendo que os ácidos orgânicos voláteis presentes são grandes indicadores da degradabilidade da matéria, indicando que o aterro é jovem e podendo ser consumido na fase metanogênica. O pH excelente para isso é entre 6,7 e 7,4.
- A condutividade elétrica é medida a fim de se obter um resultado do quão bem a substância permite que a eletricidade flua, bem como estimar a quantidade de sais dissolvidos presentes.
- A temperatura presente nos aterros sanitários possui a devida importância, pois é notório que próximo à cobertura final, a temperatura varia em função das mudanças sazonais.

Os ensaios em questão foram executados da seguinte forma: as amostras dos lixiviados foram coletadas, sendo em seguida, postas adequadamente no béquer para sua leitura com eletrodo, tendo seus resultados anotados.

Ensaio físico-químicos analisados em laboratório

Os ensaios realizados foram de Demanda química de Oxigênio, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Série de Sólidos, Cloretos, Fósforo, Alcalinidade e Turbidez.

Para cada ensaio foram utilizadas as amostras previamente coletadas nos galões, bem como sua homogeneização para a execução das análises citadas.

Demanda Química de Oxigênio

É visto que o oxigênio é consumido sem a intervenção das bactérias, indicando qual a quantidade necessária para a estabilização da matéria orgânica, sendo que um alto resultado de DQO implica na concentração exacerbada de material orgânico, bem como seu consumo.

Durante o procedimento de DQO, foi feito o preparo das amostras em triplicata, ou seja, três amostras do bruto e três amostras do tratado, a fim de se obter um resultado mais preciso, foram aplicadas duas diluições diferentes, esperando-se assim uma maior eficácia.

Para o ensaio em questão, foram feitas diluições de 1:5 e 1:10 em ambas as amostras, para tanto, na diluição de 1:5 foram pipetados 20 mL de cada amostra e adicionados em balões volumétricos de 100mL, tendo os 80mL restantes completos por água destilada. O mesmo foi realizado para a diluição de 1:10, alterando-se somente o fato de serem 10mL de amostras.

Foram adicionados aos tubos do ensaio 1,5mL da solução digestora, sendo seguido pela adição de 3,5mL da solução catalítica com os tubos inclinados à 45°, feito isso, pipetou-se 2,5mL de cada amostra dentro dos tubos já previamente preparados, homogeneizando em seguida, sendo possível visualizar a reação das amostras na figura 1. Logo após, os tubos são dispostos no digestor e aguarda-se atingir a marca de 120°, desligando em seguida e esperando os tubos chegarem a uma temperatura ambiente, em sequência foram realizadas as leituras.

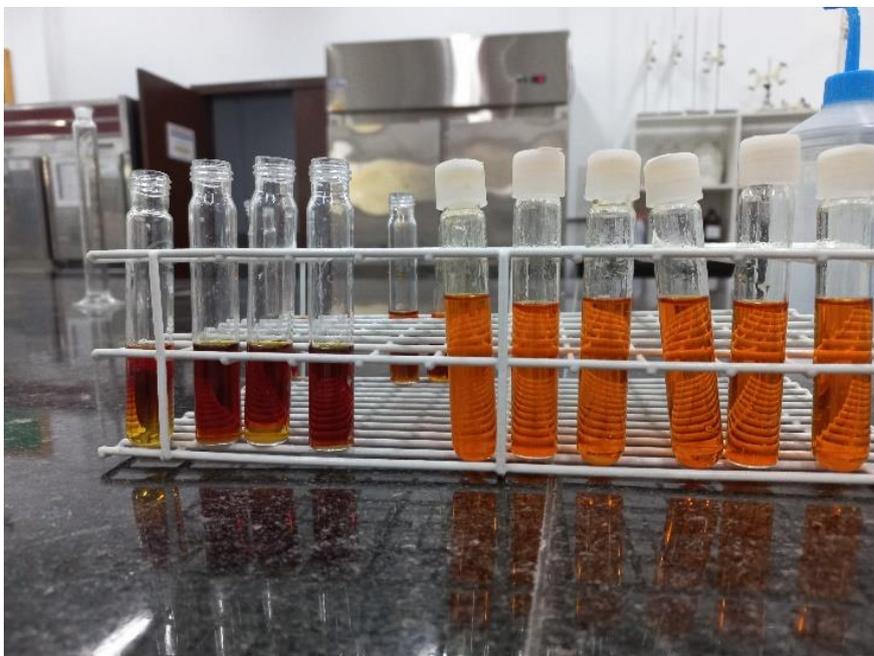


Figura 1: Amostras durante o ensaio de DQO

Demanda Bioquímica de Oxigênio

A determinação de DBO é importante, visto que é utilizada para quantificar o oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica por meio da decomposição microbiana aeróbia, sendo considerada também representante

da quantidade de oxigênio dissolvido consumido por um período de 5 dias em temperatura de incubação específica.

Para a execução do ensaio foram adicionadas as amostras em béqueres de 500 mL deixando-os sedimentar por 1 hora, retirando somente a parte sobrenadante de cada béquer, sendo que para o ensaio foram feitas triplicatas de cada amostra utilizando 0,5 mL e 1 mL como diluição.

Pipetou-se a amostra sobrenadante e mediu-se o OD inicial, completou-se em seguida os frascos e depositou-se os frascos de DBO na incubadora devidamente identificados por 5 dias, para que, posteriormente, fosse realizada a leitura do OD final.

Fósforo

O fósforo é considerado, assim como o nitrogênio, um dos principais nutrientes do processo biológico, podendo ser chamado de macro-nutriente. Sendo assim, um parâmetro que deve ser analisado para a caracterização de resíduos.

Para a determinação de fósforo total foram realizadas duas diluições diferentes, sendo elas 1:4 e 1:10, além das amostras serem feitas em triplicata para melhor exatidão do resultado.

Seguindo o procedimento do ensaio, utilizando a proveta foram medidos 100 mL de cada amostra e transferidos para os erlenmeyers devidamente identificados, com auxílio da pipeta foram adicionados 15 mL de persulfato de potássio, tampando logo em seguida os erlenmeyers com papel alumínio como é exemplificado na figura 2.



Figura 2: Amostras de churume tratado

Em seguida, os erlenmeyers foram colocados na autoclave, aguardando em temperatura média até que começasse a sair vapor, sendo fechada a válvula e esperando que a marcação da temperatura atingisse 120 psi. Logo após, marcou-se 15 minutos para enfim desligar o equipamento, aguardando seu resfriamento total, para só então retirar as amostras de dentro da autoclave.

Posteriormente, o ácido ascórbico foi devidamente preparado e realizou-se a preparação do reagente combinado, pipetou-se 50 mL da parte sobrenadante de cada amostra colocando-as separadamente em cada béquer previamente limpo e por fim, adicionou-se 10 mL do reagente combinado em cada amostra, bem como no branco, em seguida realizou-se a leitura.



Figura 3: Preparação do reagente combinado para o ensaio de Fósforo Total

O tom de coloração azul foi observado assim que o reagente combinado foi adicionado às amostras, tal que pode ser vislumbrado na figura 3, bem como quanto mais forte a coloração azul, sabe-se que maior é a concentração de fósforo presente.

Turbidez

O ensaio de turbidez é realizado com o equipamento denominado turbidímetro, o qual tem seu uso pautado em determinar turvações presentes nas amostras analisadas, sendo possível quantificar as partículas presentes no líquido e avaliar o que é puro.

Para determinar a turbidez presente nas amostras coletadas, o ensaio consistiu em lavar adequadamente a cubeta e pipetar 10 mL de cada amostra, em seguida colocou-se a cubeta dentro do equipamento e efetuou-se a leitura, anotando os resultados por fim.

Série de sólidos

Sólidos podem ser definidos como toda a matéria sólida que permanece presente no líquido, mesmo após calcinação, filtração e evaporação. Realizar a determinação de sólidos é imprescindível para amostras de efluente, bem como o lixiviado.

Para a determinação, primeiramente realizou-se o procedimento de sólidos totais, em que é necessário calcinar as cápsulas em mufla por uma hora, retirando em seguida e esperando esfriar em dessecador, posteriormente é feita pesagem com precisão de 0,1 mg. Mediu-se 100 mL de amostra na proveta e adicionou-se em béquer de 500 mL, mantendo agitação por 15 minutos. Logo após, foi feita a secagem da cápsula em estufa e por fim, após chegar em temperatura ambiente, é feita sua pesagem.



Figura 4: Balança analítica

Prosseguindo, efetuou-se a determinação de sólidos fixos, a qual consiste em calcinar o resíduo total na mufla por mais uma hora, colocando no dessecador e esperando esfriar, para em seguida fazer a pesagem das cápsulas, a qual é realizada na balança analítica, conforme figura 4.

O resultado de sólidos voláteis é a diferença entre os sólidos totais e fixos, sendo assim, foi possível obter o resultado após a realização da pesagem de ambos.

Ao tentar efetuar a determinação de sólidos sedimentáveis, notou-se que o procedimento referente ao cone não seria possível, isso ocorreu devido à cor do lixiviado que impediu a observação dos sedimentos.

A figura 5, a seguir, apresenta as amostras de lixiviados durante a realização do procedimento de SS.



Figura 5: Amostras durante o ensaio de sólidos sedimentáveis

Após realizar a determinação de sólidos totais, fixos e voláteis, a parcela da amostra que restou na cápsula foi executada sua secagem por meio de filtração, a fim de se obter os sólidos em suspensão. A partir da determinação de sólidos suspensos foi possível calcular o resultado de sólidos dissolvidos.

Cloreto

Apesar de os Cloretos serem extremamente comuns em efluentes, bem como águas naturais, uma quantidade exacerbada desse composto pode ocasionar em deformidades nas canalizações, além de serem inadequados para uso agrícola, contudo, a presença de Cloreto não afeta a saúde humana.

Também em triplicata, foi elaborada uma diluição de 1:10 a fim de se obter resultados congruentes.

Primeiramente, efetuou-se a preparação da solução de peróxido de alumínio para a remoção de cor das amostras, a fim de obter melhores resultados. Para a determinação de Cloreto, transferiu-se com auxílio da pipeta graduada 10 mL da solução NaCl 0,0141 N para o erlenmeyer de 250 mL, adicionando em seguida 100 mL de água destilada, utilizando a pipeta acrescentou-se 1 mL da solução indicadora de K_2CrO_4 0,2575 M, colocando, por fim, a solução de $AgNO_3$ 0,0141 N zerando o equipamento, posteriormente, titulou-se lentamente a solução com leve agitação constante até ser observada a viragem da cor amarela para a cor vermelho tijolo, anotando o volume gasto.

Alcalinidade

Pode-se dizer que a Alcalinidade representa a medição da capacidade que a água possui de neutralizar os ácidos, bem como estimar a capacidade de tamponamento da água e sua condição de resistência ao pH. Para determinar a Alcalinidade, foram medidos 50 ml de cada amostra em triplicata e com auxílio da proveta adicionados em béquer de 100 ml, lava-se o eletrodo com água destilada e introduziu-se na amostra, posteriormente, foi posto a barra magnética de modo que não toque o eletrodo, ligando o agitador por fim.

Mede-se o pH da amostra, ao verificar que está superior a 8,3 é necessário titular a solução com ácido sulfúrico até chegar em 8,3. Continuar a titulação até o pH chegar a 4,5, sempre anotando os volumes gastos.

Cor

A cor é um parâmetro importante a ser analisado, visto que consiste em uma grande parcela de material orgânico dissolvido presente no líquido. Para a sua determinação, foi efetuada uma diluição de 1:10 em ambas amostras, posteriormente executando sua leitura no espectrofotômetro, obtendo-se os resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos para caracterização serão apresentados na tabela 2 a seguir, de acordo com os parâmetros estabelecidos neste estudo, bem como o comportamento dos lixiviados, da saída do percolado do maciço e da lagoa de maturação.

Tabela 2: Resultados da caracterização do lixiviado da drenagem de fundo da célula e do lixiviado da Lagoa de Maturação

Parâmetros	Unidades	Lixiviado da Drenagem de Fundo da Célula	Lixiviado da Lagoa de Maturação
Condutividade Elétrica	$\mu S/cm$	1.774	1.311
pH	-	8,5	8,63
Temperatura	$^{\circ}C$	27,8	27,5
Fósforo Total	mg P/L	188,68	142,4
Alcalinidade	mg $CaCO_3/L$	6.156	4.030
Cloreto Total	mg Cl^-/L	424,83	424,67
DQO	mg O_2/L	4.345	2.515
DBO_(5, 20)	mg O_2/L	744	690
Cor	mg PtCo/L	4.930	4.410
Turbidez	NTU	121,33	74,23

Sólidos Totais	mg/L	10.022,67	7.493,33
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	2.611,33	2.173,67
Sólidos Totais Fixos	mg/L	7.411,33	5.319,67
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	8.429,33	6.543,33
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	1.593,33	950
Sólidos Sedimentáveis	mg/L	Não apresentou resultado	Não apresentou resultado

Observa-se que a faixa de pH e os valores de DBO₅ e DQO, apresentados na Tabela 2, indicam um lixiviado mais antigo e estável. Isso se deve à idade, de onze anos, do aterro, em que há uma tendência de decaimento das cargas poluidoras em alguns dos parâmetros analisados (PFEFFER et al., 1986).

As relações DBO/DQO dos lixiviados bruto e tratado do presente aterro sanitário tiveram como resultados 0,17 e 0,27, respectivamente, cujo valores são inferiores a 0,4, o que indica um estado avançado do lixiviado e sugere, como mencionado anteriormente, um aterro antigo (ROBINSON, 1989). Ademais, revela que ocorreu baixa degradação biológica, devido ao aumento da recalcitrância (METCALF; EDDY, 2003), denotando os efeitos de realizar o processo de recirculação.

Outrossim, verifica-se que as relações DQO/DBO₅ dos lixiviados bruto e tratado estão em torno de 3 e 6, respectivamente, valores estes que reafirmam o vínculo existente entre a idade do aterro e a quantidade de matéria orgânica e compostos recalcitrantes presentes no chorume.

Os valores de pH das duas amostras de lixiviados estavam relativamente próximos à neutralidade, ou seja, são favoráveis à existência de maior diversidade biológica, por estarem na faixa de potencial hidrogeniônico ideal, entre 6 e 9, proporcionando assim condições favoráveis ao tratamento biológico (METCALF; EDDY, 2003).

Com isso, verifica-se que os lixiviados apresentaram pH alcalino com forte indicativo de atividade metanogênica, como também elevadas quantidades de recirculação. Durante esta fase, os ácidos intermediários são consumidos e convertidos a metano e dióxido de carbono. A carga orgânica do lixiviado decresce e a produção de gases aumenta proporcionalmente. O valor do pH é elevado, sendo controlado pela capacidade tampão do sistema bicarbonato, que, conseqüentemente, suporta o crescimento das bactérias metanogênicas. (POHLAND E HARPER, 1986).

A alcalinidade total obtida a partir do ensaio físico-químico potenciométrico retrata que o efluente presente em ambas as amostras possui um alto tempo de vida, isso se deve ao fato da tratabilidade ser por meio de recirculação, aumentando sua recalcitrância. Todavia, esse aumento exacerbado não agrega positivamente ao se avaliar a eficiência do sistema de tratamento, pois a disponibilidade de matéria orgânica biodegradável é mínima. Com relação ao pH alcalino das amostras coletadas, constatou-se que o nitrogênio orgânico sofre o processo de amonificação, tornando a presença de amônia bem elevada, principalmente pelo fato de ocorrer a maximização da recalcitrância presente no AS, ademais, a volatilização da amônia é identificada após o pH tornar-se elevado.

As temperaturas das amostras dos lixiviados se mantiveram extremamente próximas, na casa dos 27°C, cujos valores são ideais para a vida bacteriana (METCALF; EDDY, 2003). Este parâmetro é importante pois possui a capacidade de interferir em diversos fatores nos sistemas de tratamento, uma vez que o aumento da temperatura eleva a toxidez de certos compostos, assim como aumenta as reações químicas e a atividade biológica.

Conforme observado acima, apesar do laudo obtido, por meio dos ensaios físico-químicos, apresentar resultados positivos referentes às condições favoráveis para a fase metanogênica, foi constatado que o sistema de tratamento utilizado pelo AS não possui a mesma eficácia do aterro jovem, posto isto, a eficiência da tratabilidade do aterro decaiu, visto que a recirculação maximiza a recalcitrância e diminui a disponibilidade de matéria orgânica, dificultando a degradabilidade, bem como exprime que a fase metanogênica já foi atingida anteriormente, porém não se faz presente nas atuais características dos lixiviados.

Os valores de condutividade elétrica dos lixiviados (Tabela 2) foram de 1.774 e 1.311 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para o bruto e tratado, nesta ordem. Com isto, constata-se que os valores dos pH dos chorumes justificam os resultados obtidos para a condutividade elétrica, uma vez que os pH alcalinos das amostras, reduzem a solubilidade de compostos inorgânicos, diminuindo a condutividade dos percolados.

Os valores de turbidez alcançados para os lixiviados bruto e tratado foram de 121,33 e 74,23 NTU, na devida ordem, apresentando uma redução de 39% de sólidos suspensos, os principais causadores da turbidez segundo o professor Piveli, de uma amostra para a outra. Esses resultados de turbidez corroboram em decorrência da pequena quantidade encontrada de Sólidos Suspensos Totais se comparada a quantidade de Sólidos Dissolvidos Totais.

O resultado de cor é significativo, visto que sua remoção em lixiviados custa a ocorrer com eficiência. Desse modo, ao analisar os resultados obtidos de ambas as amostras coletadas, tem-se que seus resultados estão diretamente relacionados a quantidade de sólidos dissolvidos, sendo assim, foi possível constatar apesar do resultado do lixiviado de a lagoa de maturação ser menor, ambas as amostras coletadas apresentam uma elevada concentração.

Cabe acrescentar tratando-se da Série de Sólidos, cujo resultados estão expressos no gráfico 1 e gráfico 2 e tabela 3 e tabela 4 a seguir, que a quantidade de Sólidos Totais Voláteis é significativamente menor que a de Sólidos Totais Fixos, comprovando a baixa biodegradabilidade atestada pela relação DBO_5/DQO .

Tabela 3: Resultados da caracterização do lixiviado da drenagem de fundo da célula (Bruto) e do lixiviado da Lagoa de Maturação (Tratado): Sólidos Suspensos e Dissolvidos

Identificação	Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)
P1 B	1.560	8.462,7
P4 B	1.180	8.842,7
P5 B	2.040	7.982,7
Média B	1.593,3	8.429,3
P2 T	1.150	6.343,3
P3 T	790	6.703,3
P6 T	910	6.583,3
Média T	950,0	6.543,3

Gráfico 1 - Resultados da caracterização do lixiviado da drenagem de fundo da célula e do lixiviado da Lagoa de Maturação: Sólidos Suspensos e Dissolvidos. ¹

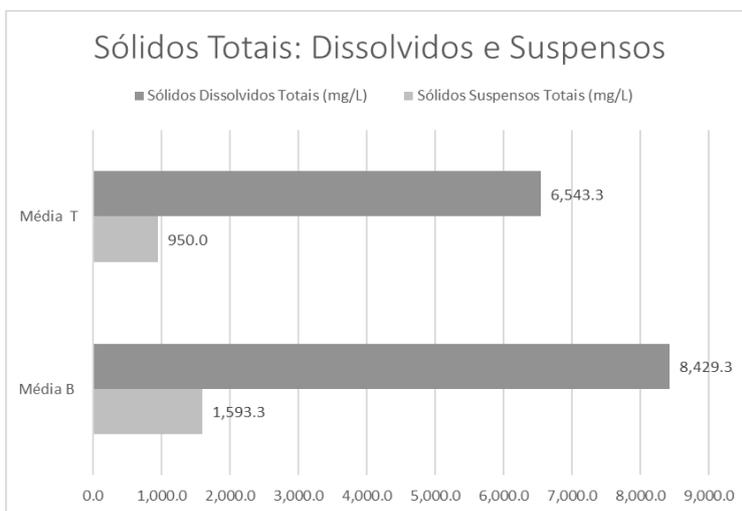
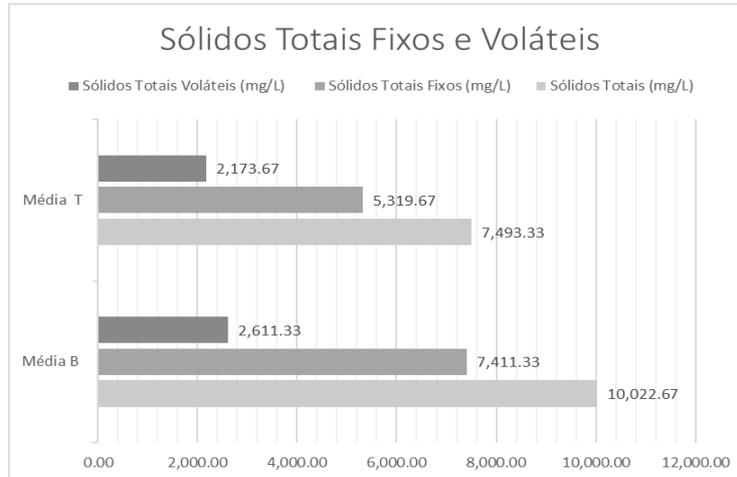


Tabela 4: Resultados da caracterização do lixiviado da drenagem de fundo da célula (Bruto) e do lixiviado da Lagoa de Maturação (Tratado): Sólidos Fixos e Voláteis

Identificação	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Totais Fixos (mg/L)	Sólidos Totais Voláteis (mg/L)
P3 B	11.268	7.756	3.512
P4 B	9.463	7.323	2.140
P7 B	9.337	7.155	2.182
Média B	10.022,67	7.411,33	2.611,33
P1 T	7.501	4.851	2.650
P2 T	7.532	5.198	2.334
P8 T	7.447	5.910	1.537
Média T	7.493,33	5.319,67	2.173,67

¹ Fonte: Autores.

Gráfico 2 - Resultados da caracterização do lixiviado da drenagem de fundo da célula e do lixiviado da Lagoa de Maturação: Sólidos Fixos e Voláteis. ²



Constatou-se que a concentração de fósforo total em ambas as lagoas se mantém elevada, evidenciando a idade avançada do resíduo, bem como ocorre uma redução mínima ao passar pelo sistema de tratamento do AS, resultado este que revela a baixa eficiência da tratabilidade do aterro sanitário (SEGATO e SILVA, 2000; SANTOS, 2003). Sua presença de forma exacerbada provoca dificuldades em sua remoção e reforça que recirculações consecutivas podem aumentar sua concentração (BARROS, 2012).

Os cloretos possuem alta solubilidade e facilidade de lixiviação, visto que os níveis de cloretos podem evidenciar uma contaminação presente nas lagoas, pois são os primeiros a serem observados (JUNQUEIRA, 2000). Foi possível verificar que cloreto se apresenta em concentrações abaixo da faixa mais provável, além de reduzir somente 0,13% por meio do sistema de tratamento, o que corrobora para a caracterização de um aterro velho ou bem diluído a partir de precipitações (JUNQUEIRA, 2000), todavia, ao realizar a correlação dos resultados de todos os parâmetros analisados, nota-se que o processo de recirculação resulta no lixiviado com características gerais de um aterro velho.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve por objetivo caracterizar, por parâmetros físico-químicos em duas amostras de lixiviados, uma da drenagem de fundo da célula (bruto) e outra da lagoa de maturação (tratado). Para que este objetivo fosse atingido, foram realizadas análises em laboratório de Condutividade Elétrica, pH, Temperatura, Fósforo, Alcalinidade, Cloretos, DQO, DBO_(5,20), Cor, Turbidez e Série de Sólidos, assim como o ensaio de tratabilidade com os coagulantes Cloreto Férrico e PAC, utilizando-se também o polímero Profloc A1005 (2%).

A partir dos resultados obtidos durante a caracterização, verificou-se que há uma baixa biodegradabilidade das amostras, como pode ser notado pelas relações DBO₅/DQO menores que 0,4 apuradas. Isto se dá pela idade do aterro, onze anos, bem como pela elevada recalcitrância dos lixiviados oriundas do processo de recirculação do efluente no maciço.

Além disso, notou-se uma quantidade significativa de fósforos e cloretos nas amostras, sendo o primeiro de difícil remoção por tratamento biológico, tendo sua permanência justificada pela realização de recirculação. Outro parâmetro que apresentou um valor significativo foi a alcalinidade, podendo ser fundamentada tanto pela diluição dos lixiviados, quanto pela idade avançada dos chorumes.

Dado o exposto, atestou-se que o tratamento biológico por lagoas e a realização do processo de recirculação pode já ter sido extremamente eficiente nos primeiros anos de operação do Aterro Sanitário, quando se tinha uma maior quantidade de matéria orgânica. Todavia, atualmente, constata-se que houve uma diminuição da eficiência devido as observações citadas anteriormente.

² Fonte: Autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – AWWA – WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19th edition. American Public Health association, American Water Works Association and Water Environment Federation, 1995.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR-8.849/85**: Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos. São Paulo, 1985.
3. BOLTO, B., e GREGORY, J. **Organic polyelectrolytes in water treatment**. *Water Research*, 41(11), 2301–2324. doi:10.1016/j.watres.2007.03.012. 2007.
4. BRANDÃO, C. J. *et al.* **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. Brasília: São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.
5. BUENO, Lucas Olegário; LONDON, Igor Pinto; SOUZA, Julyane Cruz. **ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR) COMO SUBSÍDIO PARA AVALIAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE SORRISO – MT**. XIV Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz de Iguaçu - PR, v. III, n. 14, p. 1 a 8, 16 jan. 2019.
6. CASTRILLÓN, L.; FERNÁNDEZ, N.Y.; ULMANU, M.; ANGER, I.; MARAÑÓN E. Physico-chemical and biological treatment of MSW landfill leachate. *Waste Management*, 2010, v. 30 p. 228-235.
7. CETESB. 2009. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem**. Apêndice A. Série Relatórios. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas_superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2022.
8. DI BERNARDO L. *et al.* **Ensaio de tratabilidade da água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Paulo: Ed. Rima, 2012.
9. EDUARDO, Janaina. **Avaliação das características microbiológicas e físico-químicas do lixiviado (chorume) no processo de tratamento do Aterro Metropolitano de Gramacho (RJ- Brasil)**. Orientador: Prof.^a Elisabeth Ritter. 2007. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

10. EL-FADEL, M. *et al.* **Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content.** *Waste Management*, v. 22, p. 269-282, 2002.
11. EL-GOHARY, F., TAWFIK, A. **Decolourisation and COD reduction of disperse and reactive dyes wastewater using chemical-coagulation followed by sequential batch reactor (SBR) process.** *Desalination* 249, 1159e1164. 2009.
12. ENGEFLUY. **Engenharia de fluidos e sólidos. Policloreto de Alumínio ou Cloreto de Poli Alumínio.** Três Barras-SC, 2013.
13. FELICI, E. M.; KURODA, E. K.; YAMASHITA, F.; SILVA, S. M. C. P. DA. **Remoção de carga orgânica recalcitrante de lixiviado de resíduos sólidos urbanos pré-tratado biologicamente por coagulação química-floculação-sedimentação.** *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 177–184, jun. 2013.
14. FELICI, Elson M. **Coagulação-floculação-sedimentação como pós-tratamento de efluente de sistema biológico em batelada aplicado a lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos.** 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.
15. FONSECA, P. W. **Avaliação do Desempenho Caracterização de Parâmetros em Lagoas Facultativa e de Maturação.** Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
16. GOMES, Luciana Paulo. **Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras.** Rio de Janeiro: ABES, 2009.
17. HAMADA, J. **Aterros sanitários – concepção e dimensionamento.** FEB/UNESP, 2009. 166p
18. JUNQUEIRA, F.F. **Análise do Comportamento de Resíduos Urbanos e Sistemas Dreno Filtrantes em Diferentes Escalas, com Referência ao Aterro do Jôquei Clube - DF.** Tese (Doutorado), Universidade de Brasília, 2000.
19. MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS - MT): Tomo I.** Cuiabá: EdUFMT. 2022

20. METCALF, Eddy *et al.* **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**, 4th ed., McGraw Hill Higher Education, 2003.
21. MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
22. PAVANELLI, G. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. doi: 10.11606 / D.18.2001.tde-21012003-084719. Acesso em: 2022-01-07. 2001.
23. PFEFER, J. T. **Treatment of Leachate from Land Disposal Facilities, in proceedings of the Waste. Tech 86 Conference: Preparing now for tomorrow's needs**. Chicago, USA, p. 22-23.1986.
24. PIVELI, Roque Passos e KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2006
25. POHLAND, F.G.; S.R. **Critical review and summary of leachate and gas production from landfills: EPA/600/2-86/73**. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 1986.
26. POSTMA, T.; STROES, J.A.P. **Lipid screening in clinical**. Clinica Chimica Acta, v. 22,1986.
27. ROBINSON, H. D. **The development of methanogenic conditions within landfill waste and effects on leachate quality**. In: International landfill symposium, 2., 1989. Proceedings. Sardinia, 1989. .
28. SANTOS, A.F.M.S.; KATO, M.T.; FLORÊNCIO, L. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia e do tratamento de chorume através de reator UASB em escala experimental**. XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Joinville, Santa Catarina, ABES, 2003.
29. SEGATO, L.M.; SILVA, C. L. **Caracterização do chorume do aterro sanitário de Bauru**. XXVII Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y ambiental (AIDIS/2000); Porto Alegre, Brasil. Porto Alegre: Asociación Interamerican de Ingenieria Sanitaria Y Ambiental/ Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000

30. SILVA, C., DEZOTTI, M., SANT'ANNA J. R., G. L. **Treatment and detoxification of a sanitary landfill leachate. Chemosphere 55 (2), 207e 214. 2004.**
31. SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed.** Belo Horizonte: Editora UFMG, v. 1, 1996.
32. TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL S.A. **Integrated solid waste management – engineering principles and management issues.** New York: McGraw-Hill International Editions, 1993.
33. VERMA, A.K.; DASH R.R.; BHUNIA P. **A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters, Journal of Environmental Management. 93, 154–168. 2012.**
34. ZOUBOULIS, A.I.; TATSI, A.A.; MATIS, K.A.; SAMARAS, P. **Coagulation/flocculation pretreatment of sanitary landfill leachates. Chemosphere 53 737– 744 (2003).**