

### III-219 – CARACTERIZAÇÃO DO LIXIVIADO DO ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS-SP E AVALIAÇÃO DE SUA TRATABILIDADE ANAERÓBIA

**Tatiana Corrêa<sup>(1)</sup>**

Bióloga pela Universidade Federal de São Carlos. Mestre em Biotecnologia pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp) de Araraquara. Doutoranda em Ciências – Área de Concentração: Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

**Amanda Prandini**

Graduanda do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) de Sorocaba.

**Iolanda Cristina Silveira Duarte**

Bióloga pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; (Unesp) de Assis. Doutora em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP. Professora da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) de Sorocaba

**Valdir Schalech**

Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Dr. Domingos Faro, 1131 – Jardim Alvorada – São Carlos - SP - CEP: 13562-003 - Brasil - Tel: (16) 3411-0093 - e-mail: [taticorrea@ymail.com](mailto:taticorrea@ymail.com)

#### RESUMO

Os lixiviados gerados em aterros sanitários precisam ser coletados e tratados de forma adequada para que não sejam dispostos no meio ambiente. Suas características podem variar de acordo com o tipo de resíduo aterrado, sua profundidade e grau de decomposição, idade do aterro e tipo de operação. Por esse motivo, um sistema para tratamento de lixiviados em aterro sanitário deve apresentar grande flexibilidade de operação e permitir lidar com tais variações. Porém, a complexidade deste líquido torna difícil a determinação de técnicas efetivas de tratamento, e a técnica adotada para um determinado aterro não será necessariamente aplicável a outros aterros. Neste contexto, o presente trabalho contribuiu com o entendimento das características físicas, químicas e microbiológicas do lixiviado do aterro sanitário de São Carlos-SP. A preparação da biomassa a ser imobilizada nos suportes do filtro biológico teve início com a coleta do lodo da lagoa de lixiviados, que contém uma variedade de microrganismos já adaptados, de forma a favorecer o sistema de tratamento e diminuir o tempo de adaptação do sistema. Foram realizadas análises microbiológicas e testes de atividade no lodo. O lixiviado foi coletado e caracterizado e em seguida submetido ao tratamento anaeróbico. O experimento foi conduzido a  $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , em filtro biológico anaeróbico operado em batelada sequencial, com capacidade de tratamento de 8L de lixiviado e biomassa imobilizada em suportes de poliuretano em cubos de 1cm de lado com densidade de  $23 \text{ kg/m}^3$  (porosidade de leito de 40%). O monitoramento do filtro biológico foi realizado por acompanhamento das características físico-químicas do afluente e efluente de cada ciclo de batelada e dois perfis temporais (1ª e 5ª bateladas). A caracterização do lodo apresentou morfologias microbianas pertinentes ao tratamento anaeróbico e o teste de atividade anaeróbia foi positivo para a biomassa. O lixiviado apresentou características de lixiviado de aterro “velho”. Concentrações de substâncias tóxicas aos microrganismos, como o nitrogênio amoniacal, chegaram a valores de 2411 mg/L, conferindo ao lixiviado uma pequena variedade de microrganismos, confirmada com a análise de microscopia óptica que apontou apenas a presença de bacilos. Os coliformes termotolerantes estiveram presentes no afluente ( $8 \times 10^4 \text{ NMP/100 mL}$ ) no entanto não foram detectados no efluente. Para as bactérias desnitrificantes o efluente apresentou uma concentração maior ( $1,3 \times 10^{11} \text{ NMP/100mL}$ ) que o afluente ( $1,3 \times 10^{10} \text{ NMP/100mL}$ ). No entanto, para as bactérias nitrificantes, o afluente apresentou concentrações maiores tanto para oxidantes de amônia ( $2,3 \times 10^6 \text{ NMP/100mL}$ ) quanto para oxidantes de nitrito ( $2,3 \times 10^5 \text{ NMP/100mL}$ ). O tratamento não apresentou eficiência de remoção satisfatória para a DQO, e a relação AVT/DQO permaneceu próxima a 0,1. Para valores abaixo de 0,25, a biodegradabilidade anaeróbia é baixa, indicando que o lixiviado de São Carlos é recalcitrante ao tratamento anaeróbico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos, Aterro sanitário, Lixiviados, Filtro Anaeróbico, Microrganismos Anaeróbios

## **INTRODUÇÃO**

Existe uma forte tendência ao aumento da quantidade de resíduos dispostos em aterros sanitários ao invés dos lixões. Em 1989 apenas 1,1% dos resíduos sólidos eram destinados a aterros sanitários, e atualmente são 27,7% dos resíduos recebendo uma destinação final adequada (IBGE, 2008). Com o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10) sancionada em 2010, este número deve aumentar.

A disposição dos resíduos em aterros faz com que os lixiviados gerados sejam coletados ao invés de infiltrarem no solo. Quando coletados, estes lixiviados devem receber um tratamento correto para evitar a contaminação dos corpos d'água superficiais, no entanto, na maioria dos aterros o que se encontram são apenas lagoas de contenção de lixiviados.

Ainda não existe um consenso sobre qual seria o melhor sistema de tratamento para os lixiviados de aterros sanitários em geral. Existem muitas pesquisas sobre o assunto, as quais utilizam processos de tratamento biológicos, físico-químicos e combinados com esgotos sanitários. Porém, apesar do grande número de trabalhos existentes na literatura, poucos trabalhos fornecem diretrizes sobre que tipo de tratamento adotar para cada lixiviado.

Neste contexto cabe ressaltar que a literatura divide os lixiviados em: lixiviados de aterros “jovens ou novos” e “velhos”, mas sabe-se que esta divisão é grosseira e que o lixiviado de cada aterro é específico, que inclusive sua característica pode mudar em função do tempo e de intervenções que venham a ocorrer no aterro.

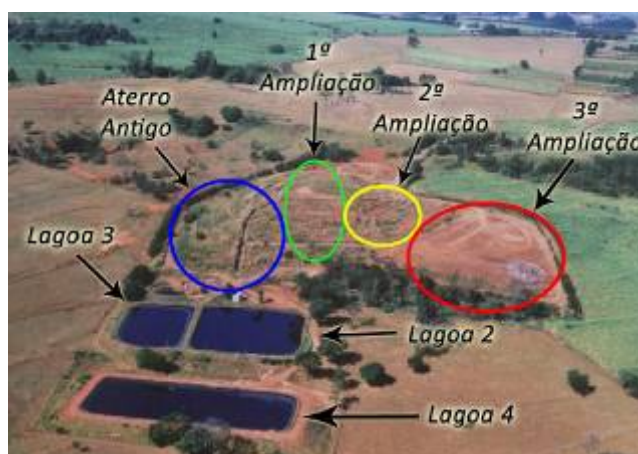
Sabe-se que o tratamento biológico consegue melhor resultado em lixiviados de aterros considerados “novos”, mas ao menos da relação DBO/DQO (DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO: Demanda Química de Oxigênio), existem poucos trabalhos que apresentem parâmetros confiáveis como indicativos de tratabilidade dos lixiviados. Contrera (2008) concluiu que a relação AVT/DQO (AVT: Ácidos Voláteis Totais) pode ser um indicativo da tratabilidade anaeróbia de lixiviados de aterros sanitários.

A escassez de pesquisas mais aprofundadas sobre os aterros sanitários no Brasil, implica em conhecimento superficial das características qualitativas dos lixiviados presentes neste sistema de disposição de resíduos urbanos. Nos países mais desenvolvidos os sistemas e estudos sobre o tratamento e tipo de resíduos que produzem são mais consistentes. Muitos dados presentes na literatura são referentes aos estudos realizados no exterior, em países com clima temperado, e consequentemente características diferentes dos aterros brasileiros. É importante que exista um banco de dados de caracterização de lixiviados de aterros brasileiros, ou no âmbito regional, possibilitando o desenvolvimento de projetos adaptados à realidade nacional.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **ATERRO SANITÁRIO DE SÃO CARLOS-SP**

O aterro sanitário de São Carlos-SP localiza-se na Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI-13, na Fazenda Guaporé, distante 15 km do centro da cidade. O acesso dá-se pela SP-310, Rodovia Washington Luis, km 240. A área total do aterro é 10,63 hectares e encontra-se em operação desde 1989. Em uma área contígua ao aterro, localizam-se três lagoas de armazenamento de lixiviados (Figura 1).



**Figura 1:** Foto aérea do aterro de São Carlos indicando os locais que ocorreram a ampliação.  
**Fonte:** Ferreira 2010

### PRIMEIRA ETAPA: COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

A primeira etapa deste trabalho consistiu na preparação da biomassa que foi imobilizada nos suportes do filtro biológico. Ela teve início com a coleta do lodo da lagoa de lixiviados, que contém uma variedade de microrganismos já adaptados, de forma a favorecer o sistema de tratamento e diminuir o tempo de adaptação dos filtros anaeróbios (Contrera, 2008). Possui consistência fluida, semelhante a uma lama escura e fina, de difícil sedimentação e adequada ao meio suporte utilizado no filtro biológico. Para a realização da coleta, foi utilizado um coletor em forma de êmbolo, medindo aproximadamente 1,30m. A amostra foi coletada e armazenada imediatamente em galões de 20L.

Para verificar se o lodo estava metabolicamente ativo, foi realizado um teste de atividade do lodo com garrafas de dois litros simulando reatores em batelada. O experimento foi mantido a temperatura de  $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  e teve a duração de 8 dias. Em cada reator foi adicionado 500 mL de lodo da lagoa de lixiviado, 1000 mL de lixiviado coletado na mesma lagoa e 2 mL de etanol (92,8%), como fonte de carbono adicional ao sistema. Foi preparado um reator Controle, apenas com 1500 mL de lixiviado e 2 mL de etanol, e um Branco com 1500 mL de água (Tabela 1). Os reatores eram agitados manualmente, uma vez por dia. Para a confirmação da atividade do lodo, foi escolhida como parâmetro a produção de gás. O *headspace* da garrafa foi eliminado para que a produção de gás pela biomassa fosse observada (Figura 2a).

**Tabela 1:** Teste realizado para a avaliação da atividade da biomassa.

Reator	Inóculo	Volume de Lixiviado	Substrato Adicionado
Branco	-	-	-
Controle	-	1500 mL	2 mL etanol (92,8%)
Lodo 1	500 mL de Lodo	1000 mL	2 mL etanol (92,8%)
Lodo 2 <sup>(1)</sup> (r)	500 mL de Lodo (r)	1000 mL	2 mL etanol (92,8%)

<sup>(1)</sup>(r): réplica



(a) (b)  
**Figura 2:** (a) Reatores do teste de atividade do lodo com *headspace* eliminado. (b) Reatores após 8 dias de experimento.

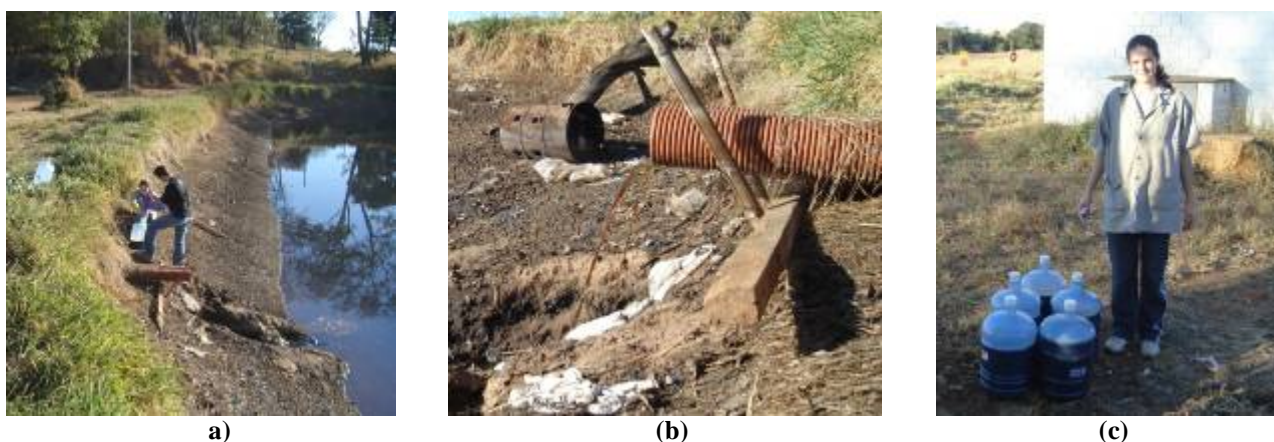
### RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

A Figura 2b apresenta uma comparação entre os resultados da produção de gás dos reatores após 8 dias de batelada. Pode-se notar que foi relevante a diferença na produção de gás entre os reatores que continham a biomassa (Lodo 1 e Lodo 2) e os que não continham: foi preenchido aproximadamente 500mL da garrafa pelo gás, tanto no reator Lodo 1 e Lodo 2, ao longo de 8 dias, confirmando o resultado esperado para as réplicas; o Branco praticamente não produziu gás; e o Controle produziu quantidade bem reduzida.

O teste realizado indica que a biomassa escolhida para este trabalho, retirada do fundo da Lagoa 2 de lixiviado, localizada no aterro sanitário de São Carlos-SP, é considerada metabolicamente ativa. O trabalho de Contrera (2008) já indicou que lodos provenientes de acúmulo de lixiviados de aterros sanitários podem ser usados com melhor eficiência quando comparados a inóculos provenientes de outros tipos de tratamentos biológicos.

### SEGUNDA ETAPA: COLETA DO LIXIVIADO

A coleta do lixiviado foi efetuada na entrada da lagoa 2 (Figura 3a e b) que recebe o lixiviado gerado em todas as ampliações do aterro. Foram coletados aproximadamente 100L de amostra, transportados em galões de 20L (Figura 3c). No local foram realizadas medidas de pH e temperatura. Após a coleta o lixiviado foi caracterizado e armazenado em câmara fria a 5°C.



(a) (b) (c)  
**Figura 3:** Coleta de lixiviado na Lagoa 2, no aterro de São Carlos. (a) Pesquisadores realizando a coleta. (b) Canalização do lixiviado na Lagoa 2. (c) Galões cheios de lixiviado.



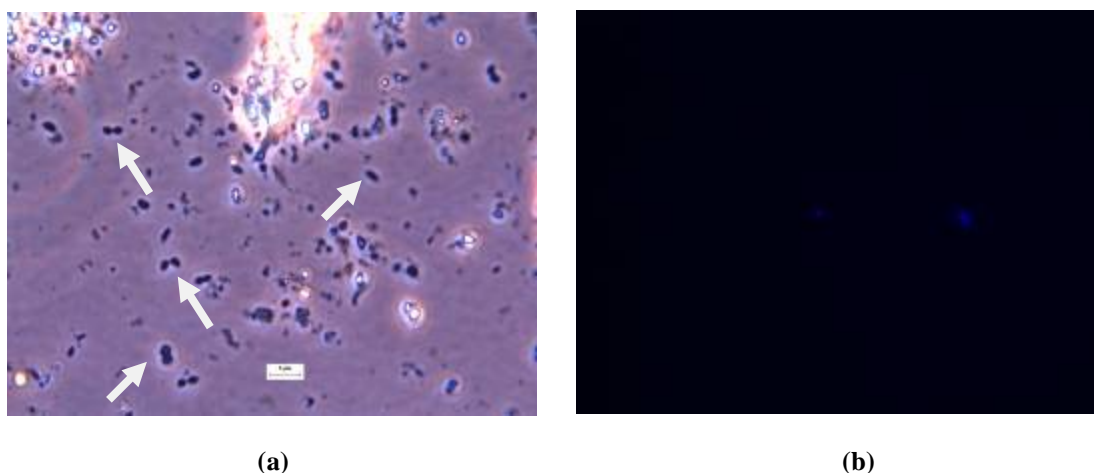
### TERCEIRA ETAPA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIANA DAS AMOSTRAS

Para caracterizar a microbiota do lodo e do lixiviado, foram efetuadas análises de detecção de presença de bactérias heterotróficas totais, bactérias do grupo coliformes, bactérias nitrificantes e desnitrificantes. Na Tabela 2 estão indicadas as metodologias utilizadas.

Tabela 2: Teste realizado para a avaliação da atividade da biomassa.	
PARÂMETROS	METODOLOGIA
Coliformes Totais, termotolerantes e Bactérias nitrificantes e desnitrificantes (NMP/100mL)	Número Mais Provável (NMP)
Bactérias heterotróficas totais	Contagem em Placa

### RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

Foram realizados exames de microscopia óptica nas amostras. (Figura 4).



**Figura 4: Microscopia óptica de contraste de fase e fluorescência de morfologias microbianas presentes no lodo usado no teste de atividade de biomassa. (a) Cocobacilos (b) *Methanococcus* e *Methanobrevibacter* sob fluorescência.**

Os resultados da microscopia óptica revelaram a presença abundante de bacilos (Figura 4a) e *Methanococos* no lodo, e algumas morfologias semelhantes a *Methanobrevibacter* (Figura 4b). Esses microrganismos são característicos de sistemas de tratamentos anaeróbios, o que corroborou com a hipótese de que o contato permanente do lixiviado com o lodo na lagoa provoca a seleção natural dos microrganismos presentes nestes sistemas, favorecendo os anaeróbios e aumentando sua eficácia (Contrera, 2008).

A análise de ST (Sólidos Totais) no lodo indicou a presença de uma grande quantidade de solo. Valores de STF (Sólidos Totais Fixos) de 117 g/L e STV (Sólidos Totais Voláteis) de 44 g/L indicou que o solo é escoado naturalmente para lagoa, já que é adicionado sobre a camada de resíduo ao final de cada dia durante a operação do aterro sanitário. O solo pode também estar presente devida à ausência de sistema de drenagem de águas pluviais no entorno da lagoa favorecendo a entrada de água e solo carregados durante as chuvas nessas lagoas. No entanto, o solo não influenciou negativamente a adesão do lodo à espuma utilizada para imobilização da biomassa no filtro biológico.

Os resultados com relação à presença de coliformes totais e fecais apresentaram um valor reduzido, no entanto, outros microrganismos patogênicos nos sistemas podem coexistir. Segue a caracterização microbiana do lodo da lagoa de lixiviados de São Carlos (Tabela 3).

**Tabela 3: Caracterização microbiana do lodo da Lagoa de Lixiviados de São Carlos.**

Parâmetros	Valores
ST (g/L)	161,88
STV (g/L)	44,08
Coliformes Totais (NMP/100mL)	$2,2 \times 10^7$
Coliformes Termotolerantes (NMP/gSTV)	Negativo
Bactérias Desnitrificantes (NMP/gSTV)	$8 \times 10^9$
Bactérias Heterotróficas Totais (UFC/ml)	$664 \times 10^3$

UFC: Unidades Formadoras de Colônia

Foi também realizada a caracterização do lixiviado antes e após o tratamento. Os dados da caracterização apresentam-se na tabela 4.

**Tabela 4: Resultados da caracterização do lixiviado gerado no aterro sanitário de São Carlos-SP.**

Parâmetros	Valores (mg. L <sup>-1</sup> )	
	Afluente	Efluente
pH	8,54	8,32
DQO Bruta	5011	4258
DQO Filtrada	4515	3948
Ácidos Voláteis Totais	441	554
Alcalinidade à Ácidos Voláteis	11.403	10556
Alcalinidade à Bicarbonato de Sódio	8709	9115
Nitrogênio Total	2653	2559
Nitrogênio Amoniacal	2.411	2351
Nitrogênio Orgânico	243	208
Série Sólidos		
Totais	14.610	24,39
Fixos	8.730	18.64
Voláteis	5.880	5.750
Sólidos Suspensos		
Totais	330	490
Fixos	100	184
Voláteis	220	308
Sólidos Dissolvidos		
Totais	14.280	23.900
Fixos	8.620	18.460
Voláteis	5.660	5.440
Carbono Total	3522	3611
(1)Na	-	-
(1)K	-	-
(1)Ca	-	-
(1)Mg	92,92	-
(1)Fosfato	22,11	-
Nitrato (mg/L)	115,5	53,75
Nitrito (ug/L)	258,75	385,75
Coliformes Totais (NMP/100mL)	$2,3 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
Coliformes Termotolerantes (NMP/gSTV)	$8 \times 10^4$	negativo
Bactérias Desnitrificantes (NMP/gSTV)	$1,3 \times 10^{10}$	$1,3 \times 10^{11}$
Bact. Nitrificantes (oxid. de amônia) (NMP/100mL)	$2,3 \times 10^6$	$8 \times 10^4$
Bact. Nitrificantes (oxid. de nitrito) (NMP/100mL)	$2,3 \times 10^5$	$4 \times 10^4$
Bactérias Heterotróficas Totais (UFC/ml)	Incontável	$109,5 \times 10^5$

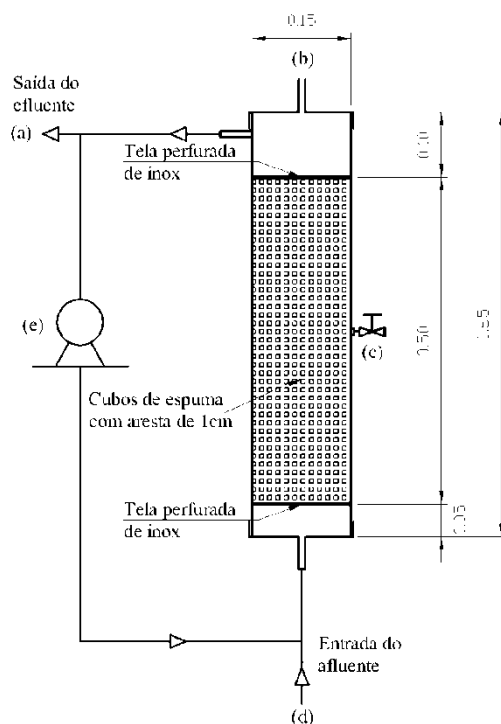
(1) As análises não foram realizadas no efluente.

Foi possível observar que o lixiviado de São Carlos apresentou características de lixiviado de aterro “velho”. O pH de 8,54 é condizente com a concentração de N-amoniacoal (2.215 mg/L), além de indicar o estágio de biodegradabilidade avançada do lixiviado e a fase metanogênica. Outros parâmetros avaliados também corroboram com esta afirmação, como valores reduzidos de DQO (bruta: 3.940mg/L e filtrada 3.560mg/L), e AVT (418mg/L) - valor reduzido em comparação a valores de lixiviados de aterros mais novos (7700 a 9500 mg/L) (TIMUR E ÖZTURK, 1999), dependendo da concentração da DQO do afluente.

Valores elevados de nitrogênio amoniacoal (2.215mg/L) foram encontrados, e representou 83% do nitrogênio total. Dados do mesmo aterro já foram observados em trabalhos anteriores: 2.155mg/L (CONTRERA, 2008), 2.651 mg/L (FERREIRA, 2010). As bactérias nitrificantes e desnitrificantes são responsáveis pela remoção biológica de nitrogênio do sistema. A presença de bactérias desnitrificantes ( $1,3 \times 10^{10}$ ) tanto no lodo quanto no lixiviado da lagoa foi relativamente baixa devido à quantidade disponível de nitrato e nitrito. As bactérias nitrificantes oxidantes de amônia ( $2,3 \times 10^6$ ) e nitrito ( $2,3 \times 10^5$ ) atuam em um pH ótimo de 6,6, e não foram favorecidas pelo valor de pH apresentada no tratamento (8,54).

#### QUARTA ETAPA: TRATAMENTO ANAERÓBIO EM FILTRO BIOLÓGICO

O filtro biológico utilizado no experimento foi confeccionado em acrílico tem capacidade de 8L de lixiviado. A Figura 5 apresenta o esquema do filtro, bem como sua dimensão. O filtro biológico foi operado com fluxo ascendente, a fim de não favorecer a caminhos preferenciais, sendo este preenchido com meio suporte inerte para permitir a retenção da biomassa anaeróbia no reator. O suporte de imobilização da biomassa são cubos (1 cm de lado) de espuma de poliuretano com densidade de  $23 \text{ kg/m}^3$  (porosidade de leito de 40%). As operações sequenciais a cada ciclo como alimentação, reação e descarga, foram realizadas manualmente, envolvendo abertura/fechamento de válvula e recirculação na alimentação e descarte do efluente.



**Figura 5: Filtro biológico anaeróbico operado em batelada sequencial (medidas em metros) (a) Saída do efluente. (b) Saída de gás. (c) Amostrador. (d) Entrada do afluente. (e) Bomba. (medidas em metros. Escala 1:10).**

O monitoramento do filtro anaeróbico adotado neste trabalho foi realizado da seguinte forma: um acompanhamento das características do afluente e efluente de cada ciclo de batelada e dois perfis temporais do processo de batelada, com 7 pontos: um no início do tratamento e outro na metade. A seguir, os parâmetros que foram avaliados em cada fase do monitoramento:

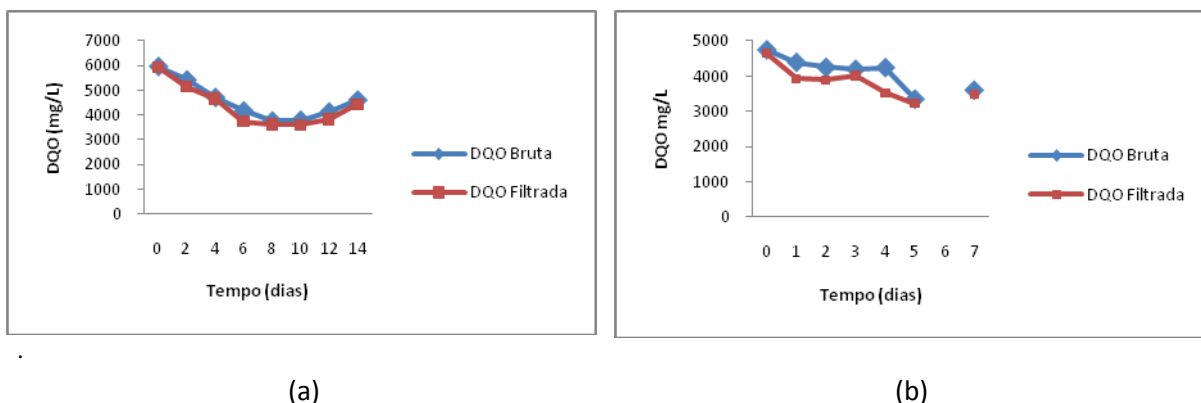
- ✓ **Acompanhamento e Perfil Temporal (7 pontos):** pH, Temperatura, Alcalinidade, DQO, COT, NH<sub>3</sub>, NTK, ST, STF, STV e AVT.

Com exceção dos ácidos voláteis, que foi determinado pela metodologia de DILALLO & ALBERTSON (1961), todas as demais análises foram feitas de acordo com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WPCF (2005).

## RESULTADOS DA QUARTA ETAPA

O período de adaptação do filtro biológico durou aproximadamente 3 meses. Ao lixiviado foi adicionado extrato de levedura, como fonte adicional de carbono e vitaminas, até a 2ª batelada da etapa de tratamento. A 1ª batelada teve a duração de 14 dias, medindo-se o consumo de DQO a cada dois dias e nesta foi definido o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) mais adequada ao tratamento, de 7 dias, pois o período em que a DQO efluente apresentou o menor valor foi entre 6 e 8 dias (Figura 6a).

O tratamento seguiu com 3 bateladas de 7 dias cada, e na 5ª batelada realizou-se um novo perfil, mas com a duração de 7 dias e coletas diárias. No sexto dia do perfil, o campus da USP estava sem energia elétrica no momento da coleta, e foi impossível realizá-la. Por esse motivo é observada uma lacuna nos resultados do perfil (Figura 6b).



**Figura 6: (a) Primeiro perfil temporal de concentração de DQO no tratamento do lixiviado de São Carlos . (b) Segundo perfil temporal de concentração de DQO no tratamento do lixiviado de São Carlos**

Na tabela 5 pode-se observar o comportamento anômalo do consumo de DQO nas bateladas 2 e 3. Os valores de saída da 2ª batelada ( $DQO_{bruta}$  : 6036 mg/L e  $DQO_{filtrada}$  : 5779mg/L) e entrada da 3ª batelada ( $DQO_{bruta}$  : 6772 mg/L e  $DQO_{filtrada}$  : 6544mg/L) não condizem com a realidade do sistema de tratamento, apontando um problema operacional ocorrido em laboratório. Para não ocorrer novamente este problema, amostras da mesma batelada (afluente e efluente) passaram a ser realizadas no mesmo dia e sob as mesmas condições laboratoriais. Mesmo avaliando a eficiência de remoção de DQO filtrada, o sistema apresentou eficiência de 14%. Essa reduzida eficiência de remoção de DQO pode ter corrido devido à toxicidade do N-amoniacoal e à geração de nitrito.

O pH do lixiviado permaneceu entre 8,2 a 8,5 durante todo o tratamento. Esses valores já foram observados também no trabalho de Ferreira (2010), comprovando desta forma, que os lixiviados de aterros sanitários velhos encontram-se em um estágio avançado de degradação da matéria orgânica, evidenciando a fase metanogênica.



**Tabela 5: Resultados da concentração de DQO do lixiviado durante o tratamento anaeróbio.**

Bateladas	DQO (mg/L)					
	Bruta			Filtrada		
	Entrada	Saída	Eficiência de Remoção (%)	Entrada	Saída	Eficiência de Remoção (%)
1ª	5011	4475	10,7	4515	4348	3,7
2ª	4854	6036	--	4677	5779	--
3ª	6772	4186	38,2	6544	3955	39,6
4ª	4361	3794	13	4168	3681	11,7
5ª	4745	3611	23,9	4639	3488	24,8
6ª	4413	4030	8,7	4246	3882	8,6
7ª	4762	4189	12,03	4505	4101	8,97
8ª	4679	4258	9	4102	3948	3,75

O N-amoniaco do afluente apresentou valores maiores (2.411 mg/L) quando comparado com seu efluente (2.351 mg/L), porém a eficiência de remoção foi mínima (Tabela 6). A população de bactérias oxidantes de amônia no afluente era de  $2,3 \times 10^5$  mg/L e no efluente foi de  $8 \times 10^4$  mg/L. A elevada concentração de nitrito no efluente (385,75 µg/L) deve-se ao decréscimo da população de bactérias oxidantes de nitrito no sistema. Segundo Lin *et al.* (2007), elevadas concentrações de N- amoniaco são responsáveis pela toxicidade presente no lixiviado, o que resulta na inibição de atividade microbiana, tornando-se um desafio adequar este lixiviado ao tratamento anaeróbio.

**Tabela 6: Resultados da concentração de nitrogênio do lixiviado durante o tratamento anaeróbio.**

Bateladas	Nitrogênio (mg/L)					
	NTK			N – Amoniacal		
	Entrada	Saída	Eficiência de Remoção (%)	Entrada	Saída	Eficiência de Remoção (%)
1ª	2653	2466	7,05	2411	2240	7,09
2ª	2551	2447	2,09	2274	2264	0,44
3ª	2572	2740	--	2301	2280	0,91
4ª	2572	2540	1,24	2285	2277	0,35
5ª	2582	2224	13,87	2272	1977	12,98
6ª	2456	2540	--	2298	2259	1,70
7ª	2571	2548	0,89	2351	2237	4,85
8ª	2582	2559	0,89	2342	2351	--

A relação AVT/DQO esteve em aproximadamente 0,10 (Tabela 7) e, segundo Contrera, (2008), é característica de lixiviado que não apresenta biodegradabilidade anaeróbia (valores entre 0,25 e 0,40 apresenta biodegradabilidade anaeróbia, e valores acima de 0,40 apresenta boa biodegradabilidade anaeróbia), o que pode ser atribuído ao fato do aterro sanitário de São Carlos estar em operação há mais de 20 anos. Sabe-se que com o passar do tempo o lixiviado sofre a biodegradação anaeróbia no interior do próprio aterro.

**Tabela 7: Resultados da relação AVT/DQO no lixiviado durante o tratamento anaeróbio.**

AVT/DQO		
Bateladas	Entrada	Saída
1	0,09	0,09
2	0,1	0,06
3	0,07	0,11
4	0,10	0,12
5	0,10	0,10
6	0,11	0,11
7	0,10	0,11
8	0,10	0,12

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, pode-se concluir que a caracterização dos lixiviados é de suma importância para melhor compreensão dos sistemas de tratamento desse efluente.

No caso do filtro biológico utilizado neste projeto, a alta concentração de N-amoniaco presente no lixiviado de São Carlos comprometeu o tratamento, inibindo a atividade microbiana no sistema.

Através das análises microbiológicas foi possível verificar que a comunidade bactérias nitrificantes apresentaram densidade reduzida quando comparadas às bactérias desnitrificantes no lixiviado amostrado.

Lixiviados de aterros sanitários “velhos” podem não apresentar tratabilidade anaeróbia e não apresentar eficiências na remoção de compostos orgânicos.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES pela bolsa de estudos e à FAPESP pelo auxílio à pesquisa concedido aos pesquisadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA; AWWA; WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th edition. Washington. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation Washington-DC, USA, 2005.
2. CONTRERA, R. C. Estudo da tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários em sistema de reatores anaeróbio e aeróbio operados em bateladas sequenciais e em um filtro biológico anaeróbio contínuo de fluxo ascendente. São Carlos, Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.
3. DILALLO, R.; ALBERTSON, O. E. Volatile acids by direct titration. Journal Water Pollution Control Federation, vol.33, nº4, pp.350-364, 1961.
4. FERREIRA, A.G. Estudo dos lixiviados das frações do aterro sanitário de São Carlos-SP por meio da caracterização físico-química - São Carlos, - Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2002) Pesquisa nacional de saneamento básico. [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), 2008
6. LIN, L., CHAN, G.Y.S., JIANG, B.L., LAN, C.Y. Use of ammoniacal nitrogen tolerant microalgae in landfill leachate treatment. *Waste Management* vol 27 p 1376-1382, 2007.
7. McCARTY, P. L.; SMITH, D. P. Anaerobic wastewater treatment. *Environ. Sci. Technol.*, v. 20, n. 12, p. 1200- 1206, 1986
8. TIMUR, H., ÖZTURK, I. Anaerobic sequencing batch reactor treatment of landfill leachate. *Water Research* 33, 15, p 3225-3230, 1999.