

III-281 - AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO PARA O TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO E DOS CRITÉRIOS UTILIZADOS EM SEU DIMENSIONAMENTO

Cláudia Y. Nakamura⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Engenheira Ambiental na Concremat Engenharia em contrato de apoio à Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro.

Rafael K. X. Bastos⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Juiz de Fora. Doutorado e pós-doutorado em Engenharia de Saúde Pública, Universidade de Leeds, Inglaterra.

Eduardo A. G. Marques⁽³⁾

Geólogo e Doutor pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Pós-Doutorado em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal.

Pâmela B. Vilela⁽⁴⁾

Estudante de Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Viçosa.

Tatiana Y. R. Oda⁽⁴⁾

Estudante de Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Viçosa.

Endereço⁽¹⁾: Rua Uruguai, 380, Bloco A – Apto 805 - Tijuca – Rio de Janeiro – RJ - CEP: 20510-060 - Brasil
- Tel: (21) 2334-5737 - e-mail: nakamura.ambiente@gmail.com

RESUMO

O aumento crescente da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no país requer a concepção e o investimento em estudos e técnicas para gestão, tratamento e disposição final, ou seja, para solução dos problemas a ela vinculados. Um dos maiores problemas relacionados à disposição de RSU em aterro sanitário é a produção de lixiviado, que pode contaminar o solo, as águas subterrâneas e/ou superficiais. O lixiviado de aterros sanitários deve, portanto, receber tratamento adequado, porém, o equacionamento desse problema nem sempre é fácil devido à variabilidade temporal e complexidade da composição desse efluente.

Este trabalho objetivou o estudo do tratamento do lixiviado de um aterro sanitário em Visconde do Rio Branco-MG em um sistema de lagoas de estabilização em que, durante dezesseis meses foram monitorados a vazão de produção de lixiviado e as seguintes variáveis no lixiviado bruto e nos efluentes das lagoas anaeróbia e facultativa (em série): pH, temperatura (T), oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, *E. coli*, coliformes totais (CT), sólidos, P, Al, Cd, Cu, Pb, Cr, Fe, Mn, Hg e Zn.

Os resultados mostraram que o lixiviado apresentou ampla variabilidade de produção e em suas características. Constatou-se que o sistema se encontra superdimensionado, funcionando com amplas folgas em relação ao projeto original. Durante vários meses não houve alimentação da lagoa facultativa e, por conseguinte, lançamento de efluente tratado no corpo receptor. Em geral, à exceção das bactérias do grupo coliformes, o sistema apresentou elevada eficiência de remoção dos constituintes do lixiviado e, quando houve lançamento de efluente final tratado, este se adequava aos limites regulamentados.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoas de estabilização, lixiviado, tratamento, dimensionamento.

INTRODUÇÃO

Atualmente a maior parcela dos RSU produzidos no Brasil é disposta em aterros sanitários (IBGE, 2010). O que é, de certo modo, um avanço, pode acarretar problemas ambientais em casos de má construção ou má operação. Segundo Povinelli e Sobrinho (2009), a escolha da disposição em aterros sanitários deve-se ao fato de essa ser atualmente a forma mais viável para as condições brasileiras, seja pelo ponto de vista técnico ou econômico. A disposição em aterros gera, entretanto, lixiviados, como resultado da interação entre processos de biodegradação da fração orgânica desses resíduos e da infiltração de águas pluviais que solubilizam componentes orgânicos e inorgânicos (LANGE e AMARAL, 2009).

Lagoas de estabilização têm sido amplamente utilizadas para o tratamento de lixo de aterros sanitários, por constituírem um sistema de operação muito simples e com baixos custos operacionais (VON SPERLING, 2002). Apresentam, porém, limitações, como a necessidade de grandes áreas e, aparentemente, baixas eficiências no tratamento do lixo (CASTILHOS *et al.*, 2009), nesse último aspecto devido, em partes, às próprias características do lixo e ao fato de que esses sistemas de lagoas têm sido, muito frequentemente, dimensionados com base nos mesmos critérios utilizados para o tratamento de esgotos sanitários.

O lixo, devido às suas características físicas e químicas, apresenta elevado potencial poluidor, requerendo tratamento, o que se apresenta como desafio aos profissionais da área e tem sido apontado como o principal problema associado aos aterros sanitários (POVINELLI e SOBRINHO, 2009; JARDIM, 2006).

Durante muito tempo se procurou equacionar o problema recorrendo às mesmas técnicas de tratamento e critérios de projeto tradicionalmente utilizados para o tratamento de esgotos sanitários, mas as características nitidamente distintas entre esses dois efluentes (LANGE e AMARAL, 2009), certamente explica muito dos insucessos observados mundo afora (POVINELLI e SOBRINHO, 2009). Essa análise não exime as lagoas de estabilização, que apesar da ampla utilização no Brasil no tratamento de lixo, enfrentam dificuldades operacionais e problemas de baixas eficiências (CASTILHOS *et al.*, 2009).

Lange e Amaral (2009) relatam que a dificuldade no dimensionamento do sistema de tratamento está na grande variabilidade da concentração de diversos parâmetros. Povinelli e Sobrinho (2009) chamam atenção para a estimativa de produção de lixo que é uma das grandes dificuldades encontradas ao se projetar uma estação de tratamento. Porém, na visão de Castilhos *et al.* (2009), citando Qasim e Chiang (1994), os grandes problemas da aplicação de lagoas no tratamento de lixo residem nas baixas eficiências obtidas e no fato de que a maioria dos projetistas utiliza critérios de dimensionamento desenvolvidos para o tratamento de esgoto doméstico.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo monitorar o sistema de lagoas de estabilização de um aterro sanitário a fim de discutir as características do lixo - produção e composição - e analisar o desempenho do sistema de lagoas no tratamento do lixo e com isso contribuir para a análise dos critérios utilizados para o dimensionamento desses sistemas, para a melhoria da compreensão de seu funcionamento, bem como ressaltar a importância desse método de tratamento tão difundido em nosso país.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio da Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM).

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreendeu o sistema de lagoas de estabilização para tratamento do lixo produzido em um aterro sanitário localizado em Visconde do Rio Branco – MG, em operação desde 2004. O aterro possui seis células encerradas e uma em atividade, apresentando atualmente uma altura total de aproximadamente 40 m.

O município possui área de 243 km² e, em 2010, sua população era de 37.952 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2011). A temperatura média anual é 19,4 °C e o índice pluviométrico médio anual 1221,4 mm (ALMG, 2011).

O sistema de tratamento é constituído por uma lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa, dimensionado de acordo com critérios utilizados no tratamento de esgotos sanitários, resultando em dimensões aproximadas de: (i) lagoa anaeróbia - comprimento= 13 m, largura= 6,4 m, profundidade= 4,5m; (ii) lagoa facultativa - comprimento= 54 m, largura= 18 m, profundidade= 2 m. O memorial de cálculo do projeto indicava que no período mais crítico, no início de plano e em época de chuvas, a vazão de lixo poderia alcançar 15,86 m³ d⁻¹. A lagoa anaeróbia foi dimensionada com taxa de aplicação volumétrica de 0,25 kg DBO m⁻³ d⁻¹ (assumindo que o lixo apresentasse 3.000 mg DBO L⁻¹ no início de plano) e tempo de detenção hidráulica de 12 dias. Foi assumida eficiência de remoção de DBO de 50%. A lagoa facultativa foi dimensionada com taxa de aplicação superficial de 250 kg DBO ha⁻¹ d⁻¹, resultando em área de 950 m² e tempo de detenção hidráulica (TDH) de 90 dias.

As coletas de amostras das lagoas foram realizadas na parte superficial das mesmas, nas imediações da canalização de saída de cada unidade, como pode ser observado na Figura 1.

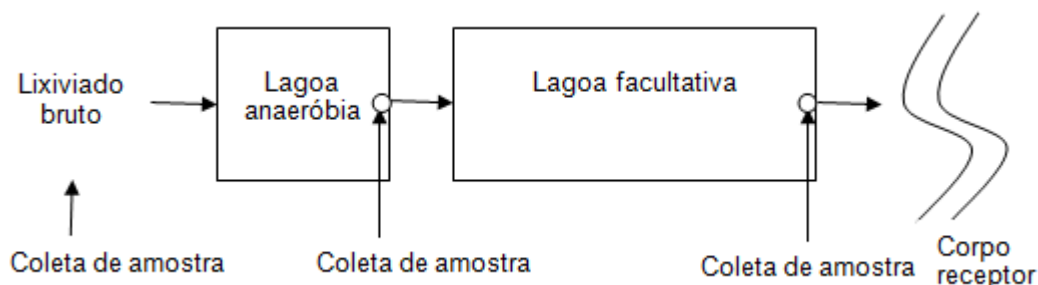


Figura1: Representação esquemática do sistema de tratamento de lixo do aterro sanitário de Visconde do Rio Branco – MG, com indicação dos pontos de coleta de amostras.

As coletas e medições da vazão do lixiviado foram realizadas no período da manhã, com frequência mensal, entre setembro de 2010 e dezembro de 2011, totalizando 16 meses. Foram avaliadas as variáveis pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura, DBO e DQO, com frequência mensal, em duas repetições. Os procedimentos para coleta e análises seguiram recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Ed. (APHA, WEF, AWWA, 1998). As análises foram realizadas no Laboratório de Controle da Qualidade da Água da Divisão de Água e Esgotos da Universidade Federal de Viçosa.

Na análise dos resultados foi utilizada a estatística descritiva. As eficiências do tratamento foram comparadas com registros de literatura. Foram utilizados dados disponíveis de pluviosidade da estação pluviométrica mais próxima, no caso a Estação 83642, localizada em Viçosa.

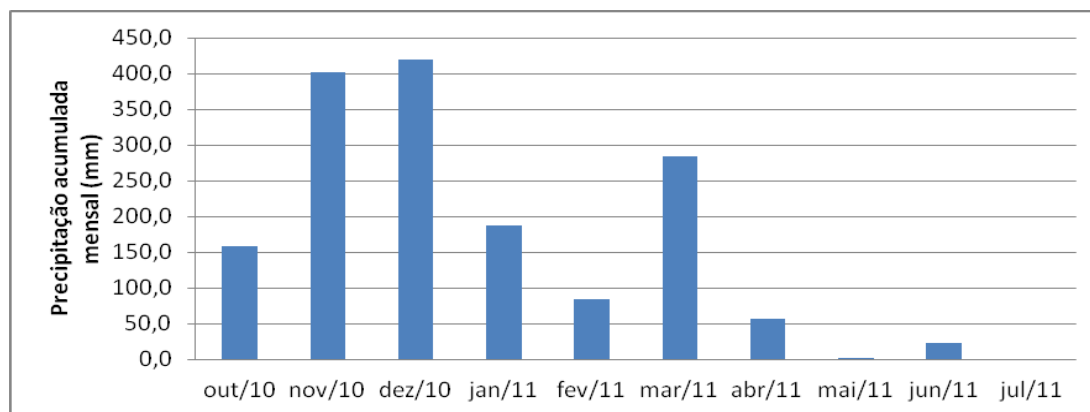


Figura2: Representação da pluviosidade durante o período de outubro de 2010 a julho de 2011, na Estação Pluviométrica de Viçosa - MG.

Nos períodos em que houve lançamento no corpo receptor, a qualidade do efluente foi comparada com o padrão de lançamento definido pelas Resoluções CONAMA N° 357/2005 (BRASIL, 2005), CONAMA N° 430/2011 (BRASIL, 2011) e DN COPAM N° 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Com base nos resultados do monitoramento do sistema foram determinadas variáveis operacionais das lagoas, cujos valores foram comparados aos utilizados no dimensionamento do sistema em questão.

RESULTADOS

Praticamente todas as variáveis se apresentaram em concentrações/valores no lixiviado (Tabela 1) em faixas bastante amplas ao longo do período de monitoramento, o que, muito provavelmente, está associado às próprias oscilações na produção de lixiviado (Figura 3).

Tabela 1: Características do lixiviado produzido no aterro sanitário de Visconde do Rio Branco – MG, setembro de 2010 a dezembro de 2011

| Lixiviado | Parâmetro | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | pH | ST (mg L ⁻¹) | SST (mg L ⁻¹) | SDT (mg L ⁻¹) | DQO (mg L ⁻¹) | DBO (mg L ⁻¹) | N-NH ₃ (mg L ⁻¹) | N-org (mg L ⁻¹) | E. coli (NMP/ 100mL) | Coliformes totais (NMP/100mL) | P-total (mg L ⁻¹) |
| Nº de dados | 16 | 8 | 8 | 8 | 14 | 14 | 16 | 16 | 16 | 16 | 10 |
| % dos dados fora do LQ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Média | 8 | 3064 | 23 | 3041 | 2488 | 761 | 263 | 39 | 137417 | 4723677 | 1 |
| Mediana | 8 | 2832 | 14 | 2821 | 432 | 46 | 239 | 25 | 1510 | 309700 | 1 |
| Desvio padrão | 1 | 1033 | 25 | 1014 | 5040 | 1883 | 136 | 39 | 336987 | 12083682 | 0 |
| Valor mínimo | 6 | 1501 | 12 | 1482 | 216 | 9 | 94 | 5 | 0 | 26 | 0 |
| Valor máximo | 9 | 5095 | 85 | 5010 | 14538 | 6544 | 633 | 164 | 1174000 | 44100000 | 1 |
| Amplitude | 3 | 3594 | 73 | 3528 | 14321 | 6534 | 539 | 159 | 1174000 | 44099974 | 1 |
| Quartil inferior | 7 | 2636 | 12 | 2620 | 377 | 17 | 170 | 17 | 232 | 38258 | 0 |
| Quartil superior | 8 | 3503 | 17 | 3490 | 875 | 267 | 314 | 45 | 8535 | 1195250 | 1 |
| Percentil 10% | 7 | 2269 | 12 | 2253 | 273 | 13 | 137 | 10 | 6 | 14190 | 0 |
| Percentil 90% | 8 | 3981 | 39 | 3947 | 10323 | 2340 | 414 | 68 | 497980 | 13575000 | 1 |

ST: Sólidos totais; SST: Sólidos em suspensão totais; SDT: Sólidos dissolvidos totais; DQO: Demanda química de oxigênio; DBO: Demanda bioquímica de oxigênio; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; N-org: nitrogênio orgânico; P-total: fósforo total; LQ: limite de quantificação.

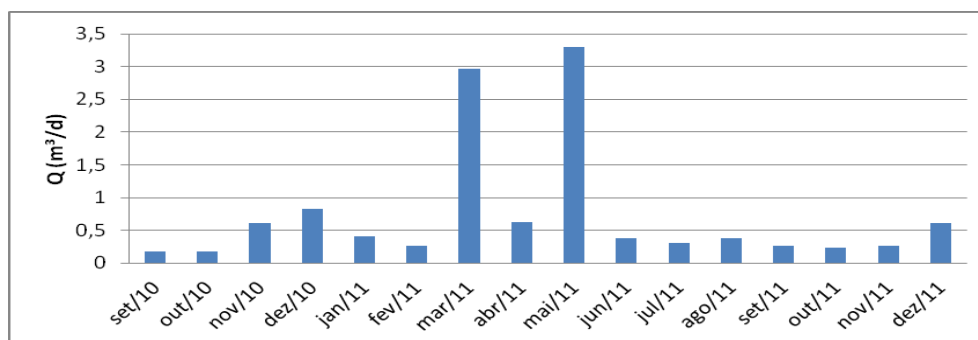


Figura 3: Produção do lixiviado, aterro sanitário de Visconde do Rio Branco – MG, setembro de 2010 a dezembro de 2011.

A análise do efluente tratado nas lagoas indicou que o sistema de lagoas absorveu bem as oscilações de produção e qualidade do lixiviado, pois as variações de qualidade do efluente final se deram em faixas mais estreitas. Além disso, as concentrações da maioria dos constituintes do lixiviado foram bem mais baixas no efluente tratado, indicando remoção, quase sempre considerável, no sistema de lagoas. Quando os dados de DQO e DBO são agregados por períodos de seca e de chuvas, os resultados, em geral, indicam remoção de matéria orgânica no sistema como um todo.

Tabela 2: Características do efluente tratado no sistema de lagoas de estabilização do aterro sanitário de Visconde do Rio Branco – MG, setembro de 2010 a dezembro de 2011

| | | Parâmetro | | | | | | | | | | |
|------------------------|----|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|--------|------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Efluente lançado | pH | ST (mg L ⁻¹) | SST (mg L ⁻¹) | SDT (mg L ⁻¹) | T (°C) | DQO (mg L ⁻¹) | DBO (mg L ⁻¹) | N-NH ₃ (mg L ⁻¹) | N-org (mg L ⁻¹) | E. coli (NMP/100 mL) | Coliformes totais (NMP/100 mL) | P-total (mg L ⁻¹) |
| Nº de dados | 16 | 7 | 7 | 7 | 16 | 14 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 10 |
| % dos dados fora do LQ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 ⁽¹⁾ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Média | 9 | 691 | 90 | 601 | 28 | 175 | 47 | 2 | 9 | 4399 | 265664 | 0,18 |
| Mediana | 9 | 651 | 101 | 592 | 27 | 154 | 15 | 1 | 8 | 121 | 30665 | 0,16 |
| Desvio padrão | 1 | 81 | 27 | 65 | 3 | 92 | 95 | 3 | 2 | 15259 | 851257 | 0,04 |
| Valor mínimo | 7 | 611 | 53 | 528 | 23 | 54 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0,12 |
| Valor máximo | 10 | 803 | 124 | 702 | 35 | 372 | 313 | 7 | 14 | 61310 | 3448000 | 0,24 |
| Amplitude | 3 | 193 | 71 | 173 | 12 | 319 | 311 | 7 | 7 | 61310 | 3448000 | 0,12 |
| Quartil inferior | 8 | 628 | 71 | 550 | 26 | 123 | 8 | 0 | 7 | 50 | 4763 | 0,15 |
| Quartil superior | 10 | 760 | 107 | 642 | 29 | 183 | 22 | 3 | 10 | 350 | 101553 | 0,22 |
| Percentil 10% | 8 | 611 | 57 | 540 | 24 | 113 | 3 | 0 | 7 | 27 | 904 | 0,15 |
| Percentil 90% | 10 | 786 | 116 | 679 | 31 | 313 | 145 | 7 | 12 | 3614 | 185944 | 0,24 |

ST: Sólidos totais; SST: Sólidos em suspensão totais; SDT: Sólidos dissolvidos totais; DQO: Demanda química de oxigênio; DBO: Demanda bioquímica de oxigênio; N-NH₃: nitrogênio amoniacal; N-org: nitrogênio orgânico; P-total: fósforo total; LQ: limite de quantificação. (1) DQO < 20 mg L⁻¹

Durante aproximadamente seis meses, a quantidade de lixiviado produzido não foi suficiente para gerar fluxo entre as lagoas e, assim, a segunda lagoa funcionou aproximadamente da seguinte maneira: (i) enquanto houve fluxo entre as duas lagoas no período de chuvas, considerando uma vazão média de produção do lixiviado de

1,29 m³ d⁻¹, o TDH médio da segunda lagoa seria 1130 dias; (ii) a partir do início do período de estiagem, a carga orgânica afluyente à lagoa facultativa mantém-se armazenada, e até certo ponto sob depuração, durante mais de seis meses, até que, com o início das chuvas, seja restabelecido o fluxo a partir da primeira lagoa.

Mesmo quando houve fluxo entre as duas lagoas, as taxas de aplicação superficial da segunda lagoa (calculados com base nas medições de vazão do lixiviado e das concentrações de DBO efluentes da primeira lagoa) revelam valores também muito baixos, confirmando que essa lagoa operou com larga folga. Como citado anteriormente, a lagoa facultativa foi dimensionada com taxa de aplicação superficial de 250 kg DBO ha⁻¹ d⁻¹ e TDH de 90 dias.

Rocha (2010) em estudo de um aterro sanitário em Caucaia, na Região Metropolitana de Fortaleza -CE, que recebia diariamente 3200 ton d⁻¹ de resíduos, também observou que o lixiviado do sistema de lagoas ficou armazenado e sem fluxo por aproximadamente três meses, tempo em que sua DQO foi reduzida.

Considerando a vazão média de produção do lixiviado ($Q = 0,74 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$), o TDH médio da primeira lagoa seria 507 dias, o que, em si ajuda a explicar os resultados e o fato dessa unidade não funcionar por um bom tempo em condições anaeróbias. Bidone (2007) cita valores de 20 a 50 dias para desenvolvimento de condições anaeróbias satisfatórias ao processo de estabilização de lixiviados. O cômputo das taxas de aplicação volumétricas da primeira lagoa (com base nas medições de vazão e das concentrações de DBO no lixiviado) revelam valores muito baixos e confirmam que essa lagoa raramente deve ter operado em condições estritamente anaeróbias.

Observe-se, como já mencionado, que a lagoa ‘anaeróbia’, foi dimensionada com taxa de aplicação volumétrica de 0,25 kg DBO m⁻³ d⁻¹ e tempo de detenção hidráulica de 12 dias.

Calculando a carga em termos de DQO obtém-se como médias valores de taxa de aplicação volumétrica de 4,9 g DQO m⁻³ d⁻¹ e de taxa de aplicação superficial de 6,12 g DQO m⁻³ d⁻¹, na lagoa anaeróbia e na facultativa, respectivamente.

Silva (2007), em estudo em escala piloto, com vazões constantes, taxa de aplicação volumétrica na lagoa anaeróbia de $186 \pm 77 \text{ kg DQO m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ e taxas de aplicação superficiais nas lagoas facultativa e de maturação de, respectivamente, $106 \pm 45 \text{ kg DQO ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ e $64 \pm 31 \text{ kg DQO ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, ou seja, cargas muito superiores às do presente estudo, obteve 77% de remoção de DQO total; 94,3% de amônia; 83% de fósforo; 70% de DBO₅ e 78% de carbono orgânico total (COT).

Enfim, tudo que foi exposto indica o superdimensionamento do sistema de tratamento levando em consideração a situação atual de caracterização e produção do lixiviado.

Porém, observa-se que, mesmo com funcionamento inconstante, no qual alteram-se as condições ambientais das lagoas, o sistema de tratamento quando produz efluente final, o faz com qualidade de acordo com o padrão de lançamento estabelecido pelas resoluções do CONAMA (com uma única exceção ao valor do pH em dezembro de 2011). Isso, devido aos elevados tempos de detenção hidráulica às baixas taxas de aplicação, tanto volumétrica na lagoa anaeróbia, quanto superficial na lagoa facultativa.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O aterro avaliado apresentou, em consonância com a literatura, grande variabilidade, entre e durante os períodos chuvoso e seco, de produção e qualidade de lixiviado.

A produção e as características do lixiviado ficaram muito abaixo do previsto em projeto, fazendo com que o sistema de tratamento se apresente superdimensionado e opere com folga considerável. Como decorrência, a primeira lagoa opera, preponderantemente, como lagoa facultativa, com tempos de detenção hidráulica elevadíssimos.

Durante todo o período de estiagem a segunda lagoa apenas armazena, tratando até certo ponto, as contribuições do período de chuvas da primeira lagoa. Mesmo quando o fluxo entre as duas foi restabelecido, a segunda lagoa opera também com folga considerável (taxas de aplicação baixíssimas e tempos de detenção hidráulica elevadíssimos). Também não houve produção de efluente na segunda lagoa ao longo do período de estiagem e, quando houve, as exigências de padrão de lançamento da regulamentação ambiental são, em geral, satisfeitas.

Em suma, os resultados desse estudo sugerem esforços de levantamento de informações sobre o funcionamento real de sistemas de lagoas em aterros em funcionamento no país, com vistas à verificação de eventuais super ou subdimensionamentos. Com base nos resultados do sistema aqui avaliado, parece fundamental revisar criticamente as estimativas de produção e concentração de lixiviados usualmente empregados como critérios de dimensionamento de lagoas. Constata-se ainda a dificuldade de dimensionar sistemas em fluxo contínuo em locais onde as características climáticas fazem com que haja nítida divisão entre períodos secos e chuvosos. Igualmente fundamental seria rever criticamente a adoção, quase automática, da configuração lagoa anaeróbia - lagoa facultativa em série. Neste estudo, a lagoa anaeróbia, como tal, parece desnecessária.

Fundamental também é o monitoramento e modelagem de sistemas em escala real, com vistas à definição de critérios de projeto próprios para lagoas de tratamento de lixiviados de aterros (por exemplo, a definição de coeficientes de remoção de DBO e de decaimento bacteriano), o que não foi possível no presente estudo em virtude das particularidades de funcionamento hidráulico do sistema avaliado. Antes disso, seria interessante conhecer de forma mais bem detalhada, por exemplo, por meio de estudos de bancada, a cinética de degradação de lixiviados de aterros.

Embora o sistema não tenha funcionado da maneira como foi projetado, constatou-se que, em geral, o efluente lançado atendeu aos padrões de lançamento definidos pela regulamentação em vigor. É importante destacar que não houve lançamento de efluente tratado no corpo receptor durante aproximadamente metade do ano, e isso, em si constitui fator de proteção ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMG - ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Municípios mineiros. Disponível em: <<http://www.almg.gov.br/index.asp?grupo=estado&diretorio=munmg&arquivo=municipios>>. Acesso em: 17 mar. 2011.
2. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation - APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington, DC, 1998.
3. BIDONE, R.F. Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por um sistema composto por filtros anaeróbios seguidos de banhados construídos: estudo de caso - Central de Resíduos do Recreio, em Minas do Leão/RS. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 168 p. 2007.
4. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA N° 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.
5. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.
6. CASTILHOS, A. B. *et al.* Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário em Sistema de Lagoas. In: GOMES, L. P. (Coord.) Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Rio de Janeiro: ABES, 2009, cap 4, p. 139-171.
7. JARDIM, F. Destino final: problema ou solução? Gestão de resíduos, v. 1, n. 1, p. 14-20, 2006.
8. LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. Geração e Características do Lixiviado. In: GOMES, L. P. (Coord.) Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap 2, p. 26-59.
9. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa nacional de saneamento básico, 2008. IBGE, 2010. Disponível em:<

- http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf> Acesso em: 15 Set. 2010.
10. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 15 Mar. 2011.
 11. MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 01, de 05 de maio de 2008. 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.
 12. POVINELLI, J.; SOBRINHO, P. A. Introdução. In. GOMES, L. P. (Coord.) Estudos de caracterização e tratabilidade de lixiviados de aterros sanitários para as condições brasileiras. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009. cap 1, p. 19-25.
 13. ROCHA, E. M. R. Avaliação de sistemas de pós-tratamentos de lixiviados por processos biológicos e oxidativos avançados e o desenvolvimento analítico para detecção e quantificação de compostos recalcitrantes. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará, CE, 245p. 2010
 14. SILVA, J. Tratamento de lixiviados de aterro sanitário por lagoas de estabilização em série – estudo em escala piloto. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 218p. 2007.
 15. VON SPERLING, M. Lagoas de estabilização. 2.ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.