



### **III-021 - GRANULAÇÃO AERÓBIA DE LODO PARA TRATAMENTO COMBINADO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO E ESGOTO DOMÉSTICO**

**Albiane Carvalho Dias<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pelo Centro Universitário de Volta Redonda. Mestranda em Engenharia Agrícola e Ambiental no PGEEAmb/UFRRJ.

**Jane Andreon Ventorim**

Engenheira Agrícola e Ambiental pela UFRRJ. Mestranda em Engenharia Agrícola e Ambiental no PGEEAmb/UFRRJ.

**Leonardo Duarte Batista**

Engenheiro Agrícola pela UFV. Doutor em Agronomia pela ESALQ/USP. Pós-Doutor em Engenharia Agrícola pela UFRRJ e EMBRAPA Agrobiologia. Docente do PGEEAmb/UFRRJ.

**Juacyara Carbonelli Campos**

Engenheira Química pela UFRJ. Doutora em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Docente do TPQB/UFRJ e do PEA/UFRJ.

**Alexandre Lioi Nascentes**

Engenheiro Civil e Sanitarista pela UERJ. Mestre em Saneamento Ambiental pela ENSP/FIOCRUZ. Doutor em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ. Docente do PGEEAmb/UFRRJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** BR-465 - Km 7 - Seropédica - RJ - CEP: 23.897-000 - Brasil - Tel: +55 (21) 2682-1864 - Email: albianedias@gmail.com

#### **RESUMO**

Um dos principais resíduos proveniente dos aterros sanitários é o lixiviado, gerado a partir da decomposição dos resíduos sólidos urbanos, suas características são fortemente influenciadas pelo regime pluviométrico do local onde o aterro está instalado, pela idade do aterro e pela forma de operação. Uma das alternativas para o seu tratamento é a combinação com esgoto doméstico em estações de tratamento de esgoto, embora proporções mais elevadas do lixiviado no esgoto possam comprometer a eficiência do processo. O presente trabalho estuda uma solução técnica alternativa para o tratamento do lixiviado através de uma nova biotecnologia, a granulação aeróbia de lodo. Além de recente, essa tecnologia possui características que a tornam atrativas para o tratamento combinado de lixiviado e esgoto, tais como excelente sedimentabilidade do lodo e alta retenção de biomassa no reator. Nesse contexto, o estudo tem como objetivo avaliar a eficiência do tratamento combinado do lixiviado com esgoto doméstico em sistemas de lodo granular aeróbio, em diferentes condições. Para isso, será utilizado lixiviado proveniente do Centro de Tratamento de Resíduos- Santa Rosa, situado no município de Seropédica/RJ, e esgoto sanitário proveniente da rede coletora de esgotos de uma estação de tratamento de efluentes, na cidade do Rio de Janeiro. Foi utilizado um reator com volume útil de 8 litros, com alimentação em batelada sequencial e operando com ciclos de 4 horas. O reator foi alimentado com misturas lixiviado/esgoto em diferentes proporções volumétricas (0, 0,5, 2 e 5%), e cada uma dessas estratégias operacionais terá um tempo de operação de 30 dias. O reator será monitorado quanto aos aspectos operacionais e eficiências de remoção, avaliando parâmetros como pH, OD, DQO, turbidez, SST, IVL, velocidade de sedimentação zonal (VSZ), taxa de consumo de oxigênio (OUR) e taxa específica de consumo de oxigênio (SOUR). Neste sentido, espera-se com este trabalho verificar a aplicabilidade da granulação aeróbia de lodo para o tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico, esperando-se, ainda, melhor compreender os principais fatores que podem influenciar na eficiência do processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chorume, Lodo Granular Aeróbio, Reator em Bateladas Sequenciais, Cotratamento.

#### **INTRODUÇÃO**

O crescimento da população e o desenvolvimento das atividades humanas, tem contribuído de forma significativa para o aumento da taxa de geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) nos últimos anos. A

disposição inadequada desses resíduos representa uma ameaça para o meio ambiente e para a saúde pública. Dessa forma, a necessidade do gerenciamento adequado desses resíduos torna-se cada vez mais importante.

Diversas são as formas de disposição final dos RSU, porém no Brasil o emprego sob a forma de aterro sanitário tem aumentado, devido a maior viabilidade econômica comparada a outras alternativas, e tende a continuar crescendo em função da Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecida pela Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que preconiza a erradicação dos lixões.

O lixiviado proveniente desses aterros sanitários deve ser tratado adequadamente, embora, segundo Mannarino et al. (2013), a variabilidade das características do lixiviado ao longo da operação do aterro e a possível presença de substâncias recalcitrantes, tornem as técnicas de tratamento tradicionais pouco eficientes e muito onerosas.

Uma das soluções para o tratamento de lixiviado de aterros sanitários é o seu tratamento combinado com esgoto doméstico em estações de tratamento de esgoto. Esta alternativa vem sendo estudada por diversos pesquisadores e as principais limitações deste arranjo residem na redução da sedimentabilidade do lodo e no comprometimento da atividade dos microrganismos, à medida que se aumenta a proporção de lixiviado na mistura, o que estaria associado à elevada toxicidade e recalcitrância do lixiviado (BOCCHIGLIERI, 2010; FERNÁNDEZ BOU et al., 2015; FERREIRA et al., 2009; NASCENTES, 2013; NASCENTES et al., 2015; MANNARINO et al., 2013).

No Brasil, pode-se observar que esta prática já vem sendo adotada. Os aterros sanitários Bandeirantes, São João, Vila Albertina e Santo Amaro, em São Paulo (SP), de Extrema, em Porto Alegre (RS), Salvaterra, em Juiz de Fora (MG), CTR BR-040, em Belo Horizonte (MG), Morro do Céu, em Niterói (RJ) e Aterro Dois Arcos, em São Pedro da Aldeia (RJ), são exemplos onde o tratamento do lixiviado ocorre em estações de tratamento de esgotos (FACCHIN et al., 2000; FERREIRA et al., 2005; PAGANINI et al., 2003; NASCENTES, 2013).

O processo de lodos ativados é largamente utilizado e possui grande aceitação e tradição no tratamento de esgotos domésticos. No interior do reator biológico, em um ambiente aeróbio, os microrganismos responsáveis pela oxidação biológica da matéria orgânica tendem a se organizar em flocos, que são removidos no decantador secundário e recirculados para o reator biológico, possibilitando a saída de um efluente clarificado e a permanência da biomassa no reator (METCALF & EDDY, 1991).

Estudos recentes mostram que sob determinado nível de estresse, e em condições operacionais específicas, essa comunidade microbiana pode se organizar na forma de grânulos arredondados com características morfológicas diferentes das usualmente encontradas em processos aeróbios de tratamento (MORAIS et al., 2014).

Os grânulos aeróbios possuem um importante papel na adsorção de substâncias tóxicas, devido à grande área superficial, porosidade e boa capacidade de sedimentação (ADAV et al., 2009), além de, segundo Bassin et al. (2012), possuírem excelente sedimentabilidade, retenção de altas concentrações de biomassa no reator e a presença de zonas anaeróbias e anóxicas no interior da estrutura granular.

Neste contexto, o presente projeto de pesquisa pretende avaliar se o lodo granular aeróbio permite a utilização de maiores proporções de lixiviado, sem que haja comprometimento da eficiência do tratamento.

## **OBJETIVO**

Avaliar a eficiência do tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico através da granulação aeróbia de lodo.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Sistema Experimental

O sistema experimental é composto por um reator em escala piloto, bombas, compressor de ar, tanque de armazenamento e o sistema de automação.

O experimento está sendo conduzido em um Reator em Bateladas Sequenciais (RBS), construído em coluna prismática de acrílico transparente, correspondendo a um volume de 8 L mantido a temperatura ambiente.

O afluente utilizado no sistema é proveniente da rede coletora de esgotos de uma estação de tratamento de efluentes, na cidade do Rio de Janeiro, sendo o mesmo de origem sanitária. A captação do esgoto é realizada por meio de uma bomba submersa instalada no tanque de equalização da estação, sendo então bombeado para um tanque de armazenamento com capacidade para 2000 litros. O esgoto é mantido por no máximo 2 dias nesse tanque, com a finalidade de sempre renovar o esgoto armazenado, a partir daí é então bombeado para o interior do reator nos períodos de alimentação de cada ciclo operacional.

O reator é alimentado através de uma bomba dosadora, após o tratamento, outra bomba realiza o descarte do efluente, em um ponto à jusante da captação e a aeração é realizada por um compressor conectado a uma mangueira tipo cortina de ar, de maneira a se garantir uma concentração de oxigênio dissolvido (OD) em torno de  $2,0 \text{ mg.L}^{-1}$ .

O funcionamento destes equipamentos é automatizado por um dispositivo *Arduino* para controle da duração de cada fase do ciclo operacional do reator (alimentação, aeração, sedimentação e retirada), controle das bombas de alimentação e retirada de esgoto e da bomba de aeração. No painel do dispositivo *Arduino* foram instalados botões sinalizadores e um temporizador digital para indicar a fase e o tempo do ciclo durante o funcionamento do reator.

### Inoculação do Reator

O reator foi inoculado com lodo ativado proveniente de uma estação de tratamento de esgoto de origem sanitária, localizada na cidade de Petrópolis/RJ. Foram adicionados 4,0 L do lodo no reator e o restante do volume completado com 4,0 L esgoto bruto, totalizando 8 L de volume útil do reator com o objetivo de formar o lodo granular aeróbio.

### Operação do Reator

O reator está sendo operado em regime de ciclos, composto por quatro fases: alimentação estática na parte superior do reator, neste primeiro momento apenas com esgoto bruto, aeração pela parte inferior, sedimentação e a retirada do efluente a meia altura do reator, nessas condições, o percentual de troca volumétrica é de 50%. O tempo do ciclo é de 4 horas totalizando 6 ciclos por dia, com os seguintes tempos: 10 minutos de alimentação, 180-200 minutos de aeração, 40-20 minutos de sedimentação e 10 minutos de retirada.

O tempo de sedimentação será reduzido, assim que o lodo utilizado como inóculo, estiver aclimatado nas condições do experimento. E, a partir daí a redução do tempo será realizada quinzenalmente em 5 minutos, partindo de 40 minutos até o tempo final de 20 minutos, e assim aumentando proporcionalmente o tempo da fase de aeração. A escolha por esta estratégia é calcada em selecionar as partículas com melhor tempo de sedimentação. Pois de acordo com Bassin (2012), uma das mais importantes pressões de seleção para a obtenção da granulação é os pequenos tempos de sedimentação em um RBS.

Após a formação da biomassa aeróbia granular, a operação do reator será dividida em quatro estratégias operacionais, onde o reator será alimentado com misturas lixiviado e esgoto preparadas em diferentes proporções.

A primeira estratégia operacional será a alimentação do reator somente com esgoto, ou seja, a mesma configuração utilizada para o cultivo da biomassa aeróbia granular. A segunda estratégia operacional é a adição de 0,5%, a terceira 2% e a quarta 5% em volume de lixiviado. Cada estratégia operacional terá um tempo de operação de 30 dias.

O reator em bateladas sequenciais utilizado no sistema experimental pode ser observado na Figura 1.



**Figura 1: Reator em Bateladas Sequenciais.**  
(A) Etapa de aeração, (B) Etapa de sedimentação.

### **Monitoramento do sistema**

O reator será monitorado quanto ao seu desempenho, e para isso serão sendo coletadas amostras do afluente, do licor misto e do efluente três vezes por semana, uma vez que serão monitorados três ciclos padrões semanais. As metodologias utilizadas para a determinação dos parâmetros são baseadas nos procedimentos recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Wastes and Wastewater (APHA, 2012), conforme descritos na Tabela 1.

**Tabela 1: Métodos e frequência das análises.**

Análises	Amostras	Métodos (APHA, 2012)	Frequência
DQO	Afluente e efluente	5220-D	três vezes por semana
SST	Afluente, licor misto e efluente	2540-C	três vezes por semana
OD	Afluente, licor misto e efluente	Oxímetro (DO-5519)	três vezes por semana
Temperatura	Afluente, licor misto e efluente	Oxímetro (DO-5519)	três vezes por semana
pH	Afluente, licor misto e efluente	4500 H+-B	três vezes por semana
Turbidez	Afluente e efluente	2130-B	três vezes por semana
Taxa de consumo de Oxigênio	Licor misto	2710-B	três vezes por semana
Índice Volumétrico do Lodo (IVL)	Licor Misto	2710-D	três vezes por semana

Também será realizado o acompanhamento da formação e da morfologia da biomassa aeróbia granular, semanalmente, através da observação por microscopia óptica e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Neste momento, para a etapa de formação da biomassa aeróbia granular, o monitoramento do sistema compreende em análises de DQO apenas do afluente, para o acompanhamento da variabilidade da carga orgânica de entrada, sólidos suspensos totais, temperatura, pH e oxigênio dissolvido do licor misto.

## RESULTADOS ESPERADOS

Com o desenvolvimento deste trabalho, têm-se como resultados esperados:

A geração e consolidação de conhecimentos científicos referentes ao funcionamento do processo de granulação aeróbia de lodo no tratamento combinado de lixiviado e esgoto doméstico;

A determinação das condições ótimas de concentração de lixiviado para o funcionamento do processo e;

A avaliação da eficiência de remoção de poluentes pelo processo de granulação aeróbia de lodo sob diferentes condições operacionais.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho está na etapa de formação da biomassa aeróbia granular, caracterizada como preliminar, porém com as atividades realizadas até o momento, foi possível realizar modificações e ajustes na metodologia inicial do experimento. A continuidade do mesmo permitirá uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos no processo de granulação aeróbia de lodo, investigar os conhecimentos inerentes a aplicação desta tecnologia e contribuir para o seu aprimoramento. Analogamente, é notória a importância do tratamento adequado do lixiviado de aterro sanitário, visto que sua disposição final sem devido tratamento pode comprometer a disponibilidade e qualidade dos recursos naturais e consequentemente afetar a qualidade de vida da população.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAV, S.S.; LEE, D.J.; LAI, J.Y. Treating chemical industries influent using aerobic granular sludge: recent development. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 40, p. 333–336, 2009.
2. APHA, AWWA, WPCF. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 22<sup>a</sup> ed. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association, 2012.
3. BASSIN, J.P. *Remoção Biológica de Nutrientes em Sistemas Compactos e Estudo da Diversidade Microbiana por Técnicas de Biologia Molecular*. 2012. 209f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
4. BASSIN, J.P.; KLEEREBEZEM, R.; DEZOTTI, M.; VAN LOOSDRECHT, M.C.M. Simultaneous nitrogen and phosphate removal in aerobic granular sludge reactors operated at different temperatures. *Water Research*, v.46, p.3805-3816, 2012.
5. BOCCHIGLIERI, M.M. *O Lixiviado dos Aterros Sanitários em Estações de Tratamento dos Sistemas Públicos de Esgotos*. 2010. 255f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, 2010.
6. BRASIL - Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm) >. Acesso em 18 de março de 2015.
7. MANNARINO, C.F.; MOREIRA, J.C.; FERREIRA, J.A.; ARIAS, A.R.L. Avaliação de impactos do efluente do tratamento combinado de lixiviado de aterro de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico sobre a biota aquática. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 18, n. 11, p. 3235-3243, 2013.
8. METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*. Metcalf & Eddy, Inc. 3 Ed., 1991.
9. MORAIS, I.L.H.; SILVA, C.M.; BORGES, C.P. Uso de biorreator com lodo aeróbio granular para o tratamento de efluente de máquina de papel. In: *Anais do The 47<sup>th</sup> ABTCP International Pulp and Paper Congress*, São Paulo/SP. ABTCP, 2014.
10. FACCHIN, J.M.J.; COLOMBO, M.C.R.; COTRIM, S.L.S.; REICHERT, G.A. Avaliação do Tratamento Combinado de Esgoto e Lixiviado de Aterro Sanitário na ETE LAMI (Porto Alegre) após o Primeiro Ano de Operação. In: *Anais do 27º Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2000, Porto Alegre. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.
11. FERNÁNDEZ BOU, A.S.; NASCENTES, A.L.; PEREIRA, B.C.; SILVA, L.D.B.; FERREIRA, J.A.; CAMPOS, J.C. Mathematical modeling of COD removal via the combined treatment of domestic wastewater and landfill leachate based on the PACT process. *J Environ Sci Heal A*, v. 50, n. 4, p. 378-384, 2015.
12. FERREIRA, J.A.; EIGENHEER, E.; ADLER, R.R.; DOS SANTOS, M.F. Plano de Gestão do Encerramento do Aterro do Morro do Céu em Niterói (RJ). In: *Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2005, Campo Grande. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.
13. FERREIRA, J.A.; FRANCO, R.S.O.; BILA, D.M.; FIRMINO, C.M. Avaliação do tratamento combinado de lixiviado de aterros de resíduos sólidos urbanos e esgoto doméstico pelo processo de lodos ativados. In: *25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2009.
14. NASCENTES, A.L. *Tratamento Combinado de Lixiviado de Aterro Sanitário e Esgoto Doméstico*. 2013. 166f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.
15. NASCENTES, A.L.; NASCIMENTO, M.M.P.; BRASIL, F.C.; CAMPOS, J.C.; FERREIRA, J.A. Tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico: aspectos operacionais e microbiológicos. *Revista Eletrônica Teccen*, v. 6, p. 5-12, 2015.
16. PAGANINI, W.S.; BOCCHIGLIERI, M.M.; LOPES, G.F. Avaliação da Capacidade das Estações de Tratamento de Esgotos do Sistema Integrado da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP – para o Recebimento do Chorume Produzido nos Aterros Sanitários da Região. In: *Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Joinville. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003.