



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

# ESTUDO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE GRANULAÇÃO DE LODO ANAERÓBIO E O EFEITO DE MICROPOLUENTES EM SUA ESTABILIDADE

FARIA CV<sup>1</sup>, SOUZA DF<sup>2</sup>, PONTES TM<sup>2</sup>, DUTRA HAR<sup>2</sup>, MORAVIA MCSA<sup>3</sup>, FONSECA, FV<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Departamento de Processos Inorgânicos

<sup>2</sup> Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Química

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

E-mail para contato: [claraquimicaindustrial@gmail.com](mailto:claraquimicaindustrial@gmail.com)

**RESUMO** – *O lodo granular pode ser mais adequado quando comparado ao lodo floculento para algumas configurações de reatores anaeróbios, devido ao seu maior desempenho de sedimentação e maior capacidade de filtração. Existem estudos demonstrando o uso de cátions polivalentes e salinidade para a granulação de lodo. No presente trabalho, um estudo comparativo foi realizado com a aplicação de dois compostos diferentes para a granulação: cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>). Foram utilizados três reatores anaeróbios em batelada sequencial com 1 L, sendo alimentados em ciclos de 8 e 16 horas. Todos os reatores foram alimentados com esgoto sanitário sintético: R1 foi o reator controle, R2 foi alimentado com excesso de NaCl e R3 com excesso de CaCl<sub>2</sub>. Os resultados mostraram uma maior eficiência na granulação de lodo anaeróbio utilizando excesso de CaCl<sub>2</sub>. Outros testes vêm sendo realizados para avaliar o efeito da adição contínua ou intermitente do CaCl<sub>2</sub> na granulação do lodo e além disso busca-se avaliar também os efeitos da adição de micropoluentes (fármacos) na estabilidade do lodo.*

## 1. INTRODUÇÃO

Há descrições na literatura de reatores anaeróbios que priorizam o uso de biomassa granular, como por exemplo: reator de leito granular expandido (EGSB), algumas configurações de reatores anaeróbios operados em batelada sequencial (ASBR) e até biorreatores de membrana (MBRs). Os grânulos são formados através da auto-imobilização dos microrganismos na ausência de um meio suporte sólido. Por este motivo, pode-se concluir que os reatores anaeróbios com lodo granular são os mais favoráveis de todas as biotecnologias de auto-imobilização existentes, considerando que todo o volume do reator será efetivamente preenchido por biomassa (Liu *et al.*, 2002).

Diversos estudos utilizaram cátions polivalentes para a granulação de lodo anaeróbio. Além disso, um estudo recente comprovou o beneficiamento da formação de grânulos com o aumento da salinidade (Sudmalis *et al.*, 2018). Assim, o primeiro objetivo deste trabalho foi



XXII CONGRESSO  
BRASILEIRO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
23 a 26 de Setembro de 2018  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP



XVII ENCONTRO BRASILEIRO  
SOBRE O ENSINO DE  
ENGENHARIA QUÍMICA  
27 a 28 de Setembro de 2018  
USP  
São Paulo – SP

avaliar o comportamento de diferentes agentes na granulação de um lodo flocculento anaeróbio em reatores em batelada sequencial. Em seguida, buscou-se avaliar a influência da adição desse agente continuamente ou intermitentemente sobre a granulação do lodo e, por fim avaliar o efeito da adição de fármacos na granulação do lodo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, três reatores anaeróbios em batelada sequencial (R1, R2 e R3), com volume de 1 L cada, foram alimentados em ciclos de 8 e 16 horas. Todos os reatores foram inoculados com 5 g/L de lodo de um UASB de uma estação de tratamento de esgoto da cidade de Belo Horizonte e alimentados com esgoto sintético, cuja composição foi adaptada de Gomes et al. (2015). R1 foi o reator controle, R2 foi alimentado com maior concentração de NaCl (12 g/L), essa concentração foi estabelecida de acordo com estudos de Sudmalis *et al.* (2018); e R3 foi alimentado com excesso de  $\text{CaCl}_2$  (250 mg/L), concentração selecionada de acordo com estudos de Yu *et al.* (2001). No final de cada ciclo, 0,5 L de esgoto tratado era descarregado e 0,5 L de esgoto sintético fresco era adicionado. Após cada alimentação, uma pequena agitação era realizada em cada reator, para garantir que toda a biomassa estivesse em contato com o substrato.

Realizados esses testes, em um segundo momento, operou-se sistemas similares, sendo um deles com adição de fármacos (R6) para a verificação da influência desses sobre o crescimento do grânulo. E além disso, avaliou-se o efeito da adição contínua e intermitente do melhor agente para o desenvolvimento dos grânulos, reatores R4 e R5, respectivamente. Destacando que o melhor agente foi avaliado nos primeiros testes.

As medidas de tamanho de partícula foram realizadas em um analisador de distribuição de tamanho de partículas por dispersão a laser (modelo LA-950, Horiba) e análises de monitoramento foram realizadas periodicamente, como carbono orgânico total (COT), ácidos graxos voláteis (VFA) e pH. As análises estatísticas foram realizadas no programa Statistica 10.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Figura 1, durante 45 dias de monitoramento, o reator R3 foi o que apresentou o maior tamanho médio de grânulo quando comparado aos demais (R1 e R2).

Como mostrado na Tabela 1, o reator R3 também foi o que apresentou as melhores condições de operação, com maior remoção de COT e menor concentração de AGV no efluente. A menor concentração de ácidos no efluente do reator indica o consumo desses ácidos pela ocorrência de metanogênese. Testes não paramétricos de comparações múltiplas (Kruskal Wallis) foram aplicados com o intuito de evidenciar diferenças nos parâmetros monitorados e os resultados indicaram diferenças significativas entre o reator R3 e os demais reatores a um nível de significância de 5%.

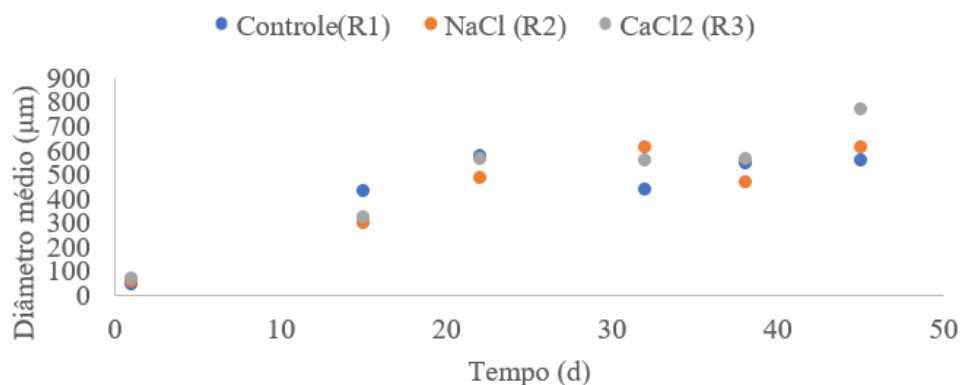


Figura 1 - Tamanho médio dos grânulos de cada reator anaeróbio.

Tabela 1 - Resultado do monitoramento de cada reator anaeróbio de batelada sequencial

Parâmetros monitorados	Controle (R1)	CaCl <sub>2</sub> (R3)	NaCl (R2)
<i>Remoção de COT (%)</i>	56,85 ± 10,92	65,55 ± 9,05	37,82 ± 7,68
<i>pH</i>			
Afluente	6,64 ± 0,23	6,62 ± 0,11	6,45 ± 0,13
Efluente	6,60 ± 0,25	6,77 ± 0,25	6,57 ± 0,13
<i>AGV (mgHAc/L)</i>			
Afluente	52,88 ± 19,98	53,1 ± 21,45	108,94 ± 116,41
Efluente	108,31 ± 33,67	48,16 ± 42,00	93,71 ± 31,88

Diante desses resultados, os novos testes que vêm sendo realizados, mesmo com pouco tempo de operação, evidenciam que a alimentação intermitente com o excesso de CaCl<sub>2</sub> faz com que o tamanho médio dos grânulos oscile (Figura 2). A alimentação intermitente, pode ser entendida como um choque de CaCl<sub>2</sub>, em uma semana o reator é alimentado com esgoto sintético e na outra semana com esgoto sintético acrescido de cloreto de cálcio (250 mg/L).

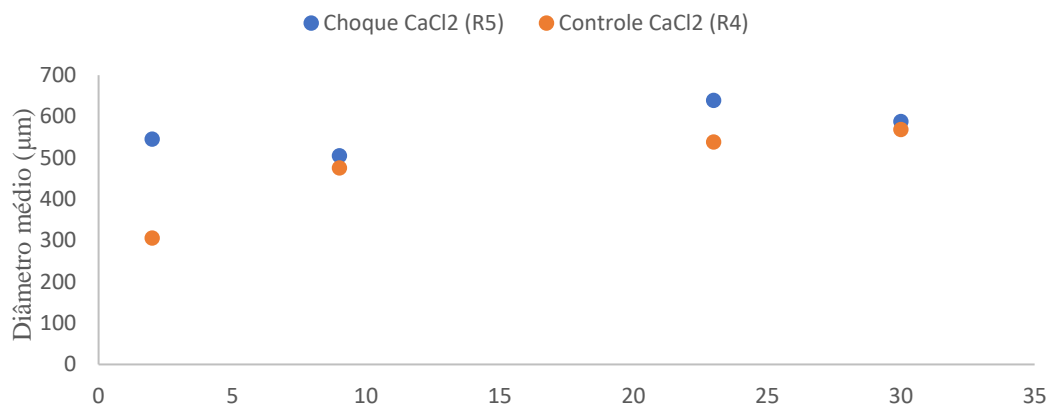


Figura 2 - Diâmetro médio dos grânulos dos reatores R4 e R5.

Quando os fármacos foram adicionados na alimentação ficou evidente a influência no decréscimo do tamanho médio dos grânulos (Figura 3).

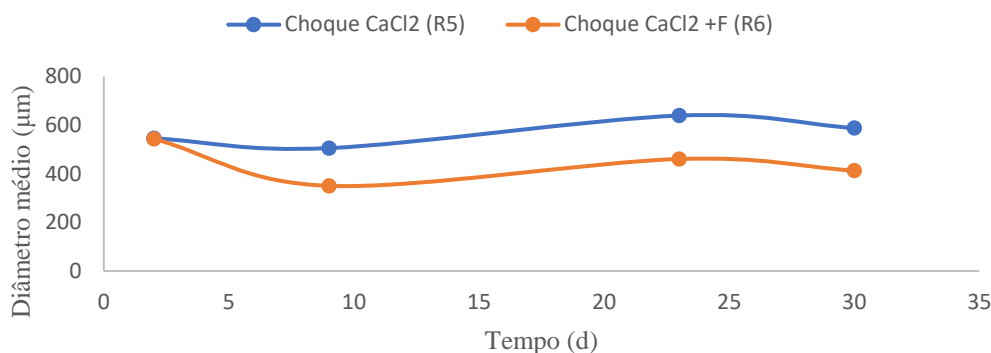


Figura 3 - Diâmetro médio dos grânulos dos reatores R5 e R6.

## 4. CONCLUSÕES

Esse estudo evidencia o uso de  $\text{CaCl}_2$  como agente para a granulação de lodo anaeróbio. E, além disso, vem sendo demonstrado que a presença de fármacos na alimentação do reator influencia no crescimento dos grânulos e que o tamanho médio dos grânulos oscila quando a adição do  $\text{CaCl}_2$  é realizada de modo intermitente.

## 5. REFERÊNCIAS

- GOMES PCL, TOMITA IN, SANTOS-NETO AJ, ZAIAT M. Rapid determination of 12 antibiotics and caffeine in sewage and bioreactor effluent by online column-switching liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem*, v. 407(29), p.8787-801, 2015.
- LIU Y, XU HL, SHOW K-Y, TAY J-H. Anaerobic granulation technology for wastewater treatment. *World J Microbiol Biotechnol*, v. 18 (2), p. 99–113, 2002.
- LIU Y-Q, WU W-W, TAY J-H, WANG J-L. Starvation is not a Prerequisite for the Formation of Aerobic Granules. *Appl Microbiol Biotechnol*, v. 76, p. 211–216, 2007.
- RATUSZNEI SM, RODRIGUES JAD, CAMARGO EFM, ZAIAT M, BORZANI W. Feasibility of a stirred anaerobic sequencing batch reactor containing immobilized biomass for wastewater treatment. *Bioresour Technol*, v. 75 (2), p. 127-132, 2000.
- SUDMALIS D, GAGLIANO MC, PEI R, GROLLE K, PLUGGE CM, RIJNAARTS HHM, ZEEMAN G, TEMMINK H. Fast anaerobic sludge granulation at elevated salinity. *Water Res*, v. 128, p. 293-303, 2018.
- YU HQ, TAY JH, FANG HHP. The roles of calcium in sludge granulation during UASB reactor start-up. *Water Res*, v. 35 (4), p. 1052–1060, 2001.