



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## APLICAÇÃO DE NP-MAGNETITA PARA AGREGAÇÃO DE LODO ATIVADO

Dayane Gonzaga Domingos – day\_domingos\_@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Universitário UFSC/CTC, Bairro Trindade - CEP 88040-900, Florianópolis - Santa Catarina, Brasil.

Rosana – rosanahrq@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Engenharia Química, Universidade  
Federal de Santa Catarina, Campus Universitário UFSC/CTC, Bairro Trindade - CEP 88040-900,  
Florianópolis - Santa Catarina, Brasil.

Rejane Helena Ribeiro da Costa – rejanehcosta@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental,  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Universitário UFSC/CTC, Bairro Trindade - CEP  
88040-900, Florianópolis - Santa Catarina, Brasil.

**Resumo:** Foi investigado o comportamento de amostras mistas (lodo ativado e esgoto sanitário) com a adição de nanopartículas de magnetita (NP-magnetita) em ensaios de teste de jarros, com objetivo de aumentar a agregação do lodo e melhorar sua sedimentabilidade. As NP-magnetita foram sintetizadas pelo método de co-precipitação de íons de  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ . Avaliou-se o processo de sedimentação do lodo para dois tempos de agitação diferentes, denominados ensaio convencional e ensaio em batelada, testando concentrações variadas entre 25 e 150  $mg/L^{-1}$  de NP-magnetita. A concentração de 100  $mg/L^{-1}$  foi a mais favorável para o processo, evidenciada pelo índice volumétrico de lodo (IVL) e por imagens microscópicas, sendo o ensaio convencional o que apresentou melhor desempenho.

**Palavras-chave:** Lodo ativado. Nanopartículas magnéticas. Teste de jarros. Reator em bateladas sequenciais.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## APPLICATION OF MAGNETIC NANOPARTICLES FOR AGGREGATION OF ACTIVATED SLUDGE

**Abstract:** Mixed samples behavior was investigated (activated sludge and wastewater) with the addition of magnetite nanoparticles (NP-magnetite) in test assays jars, in order to increase the sludge sedimentation and improve their aggregation. The NP-magnetite were synthesized by co-precipitation of ions  $Fe^{2+}$  and  $Fe^{3+}$  method. The sedimentation process of the sludge was evaluated for two different agitation times, denominated conventional test and batch test, testing concentrations ranging from 25 to 150 mg / L-1 of NP-magnetite. The concentration of 100 mg / L-1 is the most favorable for the process, as evidenced by sludge volume index (SVI) and microscopic images, with the conventional assay showed the best performance.

**Keywords:** Sludge activated. Magnetic nanoparticles. Jar test. Sequencing Batch Reactors

### 1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é voltada para caracterização, fabricação, manipulação e aplicação de estruturas biológicas e não biológicas em escala nanométrica (SAHOO et al., 2007). Assim, os sistemas nanoparticulados podem ser obtidos a partir de materiais com diferentes naturezas químicas, como metais, óxidos metálicos, silicatos, cerâmicas, polímeros e biomoléculas, apresentando diferentes morfologias. Dentre os muitos óxidos metálicos nanoparticulados, a magnetita ( $Fe^3O_4$ ) vem atraindo a atenção dos pesquisadores (ABU-DIEF; ABDEL-FATAH, 2017). Sua preferência deve-se à presença do estado  $Fe^{2+}$  com o potencial de atuar como doador de elétrons (MOHAMMED et al., 2017), além de serem atóxicas e biocompatíveis (NETO; TOMA; ANDRADE, 2013).

As nanopartículas derivadas de óxido de metal possuem propriedades únicas, diretamente correlacionadas com a estrutura cristalina, morfologia e tamanho das partículas, que por sua vez são definidas através do método de síntese escolhido e do controle de seus parâmetros (pH, temperatura, concentração de reagentes) (NAGARAJAN, 2008). A produção de nanopartículas magnéticas pode ser realizada por uma grande variedade de compostos, incluindo metais puros como Fe, Co e Ni; óxidos metálicos como  $Fe^3O_4$  e  $Fe^2O_3$ ; ferritas como  $MFe^2O_4$  (M= Cu, Ni, Mn, Mg, etc) e ligas metálicas como FePt e CoPt (FARAJI et al., 2010).

Muitas aplicações das nanopartículas magnéticas baseiam-se no uso de campos magnéticos para manipular suas propriedades, que é diretamente dependente da efetividade do momento magnético das partículas e do gradiente de campo (SILVA et al., 2012). Os materiais paramagnéticos produzem momentos dipolo magnético intrínseco, alinhados aleatoriamente, não interagindo entre si, apresentando campo magnético nulo. Quando um estado paramagnético é submetido a um campo magnético externo, os momentos se alinham produzindo uma pequena magnetização. Os estados ferromagnético e antiferromagnético se assemelham entre si, com diferença no alinhamento dos spins, os momentos individuais são alinhados aleatoriamente sem um campo magnético externo. Os materiais ferromagnéticos contêm vários domínios magnéticos, o alinhamento dos momentos dipolo faz com que apresentem alta magnetização espontânea, não precisando de um campo magnético externo (TEJA E KOH, 2009; RIBEIRO, 2000). Tomska e Wolny (2008) mostram que, a aplicação de determinado campo magnético ocasiona o melhoramento do tratamento biológico de águas residuárias, resultando num efluente final com melhor qualidade.

Por sua vez, o campo magnético resultante das nanopartículas é capaz de promover o acúmulo de ferro na biomassa de lodo biológico, fazendo com que o tempo para granulação seja menor, estimulando a produção de EPS e melhorando a atividade microbiana do meio (WANG et al., 2012). Neste contexto, Liang et al. (2017) propuseram uma nova estratégia de granulação, através da adição de nanopartículas magnéticas (NPM), no processo de lodo granular. Dois reatores foram

Realização

ABES-RS



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

inoculados com lodo ativado, sendo alimentados com esgoto sintético; um reator sem a adição de NPM (R1) e outro com a adição (R2). Os autores observaram que os grânulos aeróbios contidos em R1 apresentavam uma estrutura áspera e bastante irregular, enquanto em R2 os grânulos apresentavam-se com superfície bastante lisa e compacta, menos filamentosos e com estrutura bem definida, mostrando que as NPM desempenharam um papel fundamental no processo de agregação, afetando a estrutura dos grânulos e inibindo o crescimento de organismos filamentosos. Após uma operação de aproximadamente 10 dias, alguns grânulos pequenos foram surpreendentemente observados em R2 e a granulação completa alcançada no dia 20, quando a presença de grânulos maduros se tornou dominante na biomassa. O processo de granulação semelhante também foi observado em R1, mas o tempo para obtenção completa foi mais longo, exigiu 45 dias.

Como o tempo de formação dos grânulos é imprevisível, um dos desafios atuais para o sucesso do processo LGA é encontrar condições adequadas para diminuição do tempo de formação e manter sua estabilidade estrutural durante o funcionamento em longo prazo. No esforço de solucionar estes problemas, pesquisadores vêm procurando alternativas para elucidar estas questões. Uma das alternativas recentes encontrada na literatura é a adição de agentes químicos que acelerem o processo de formação e proporcionem a estabilidade dos grânulos (SUN et al., 2017; ZHANG; HU; LEE, 2016; LIANG et al. 2017).

Estudos recentes mostram que a precipitação química dentro e fora dos grânulos pode ser uma das soluções para acelerar o processo de partida do sistema, bem como sua estabilidade (ZHANG; HU; LEE, 2016). Nesse contexto, o principal objetivo desta pesquisa foi avaliar os efeitos do uso de nanopartículas de magnetita, no intuito de avaliar a agregação dos flocos de lodo ativado, junto ao processo de sedimentação, por meio de ensaios de bancada de teste de jarros. Em estudos futuros objetiva-se com os resultados obtidos, avaliar o uso deste composto para acelerar o processo de granulação aeróbia em reatores em bateladas sequenciais granular, alimentados com efluente sanitário.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

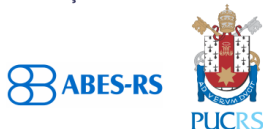
### 2.1. Síntese e caracterização de nanopartículas de magnetita

No presente estudo escolheu-se utilizar nanopartículas com característica hidrofílicas, com maior interação com o meio aquoso, seguindo metodologia proposta por Lee et al. (2009), por meio da co-precipitação dos íons  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ . Adicionou-se 11 g de sulfato de ferro II e 5,65 g de oxalato de amônio em 100 mL de água destilada, com agitação vigorosa até total dissolução dos sais, resultando num complexo  $FeC_2O_5$ . Após este procedimento, adicionou-se 16 g de sulfato de ferro III, com aquecimento até  $75^\circ$ . Com a estabilização da temperatura, ajustou-se o pH com a adição de hidróxido de amônio 32% (v/v), até o meio reacional atingir pH 9,0, ocorrendo a total precipitação das partículas de magnetita. Com o auxílio de um agitador automático, o processo ficou em agitação durante 1 hora a 1200 rpm, após o término deste procedimento separou-se as nanopartículas do meio reacional com o auxílio de uma barra magnética, lavando-se abundantemente com água destilada. Após as lavagens o conteúdo foi seco em um liofilizador.

#### *Análise estrutural e morfológica*

A análise morfológica das nanopartículas de NP-magnetita foi realizada por meio de técnicas de microscopia eletrônica de varredura (MEV). As análises foram realizadas em equipamento JSM-6390LV (JEOL) operando a 15 kV. As amostras analisadas foram preparadas fixando-se uma pequena quantia de NPM-SDS em um *stub* metálico com fita adesiva de carbono e recoberta com uma fina camada de ouro.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



### **Composição química**

Para determinação dos grupos funcionais e as ligações presentes nas nanopartículas realizou-se análise de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier de refletância total atenuada (FTIR-ATR). A técnica é comumente utilizada para amostras sólidas, líquida e géis, onde é depositada uma pequena quantidade da amostra que se quer analisar sobre um cristal óptico de ZnSe. As medidas de ATR foram feitas com um espectrômetro FTIR, (Agilent, modelo Carry 660) com um acessório de refletância total atenuada horizontal (ZnSe). As amostras foram colocadas diretamente sobre o cristal e realizou-se a média de 20 varreduras no intervalo 4000 - 650  $\text{cm}^{-1}$  e resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ .

### **Propriedades magnéticas**

As propriedades magnéticas das partículas foram verificadas através de equipamento magnetômetro de amostra vibrante (VSM), o qual permite a medição da magnetização de uma amostra em função do campo magnético aplicado. A análise foi realizada em magnetômetro da marca Magmet Systems® (modelo 3473-70 Electromagnet), operando com campos magnéticos entre -20 e 20 kOe em temperatura ambiente.

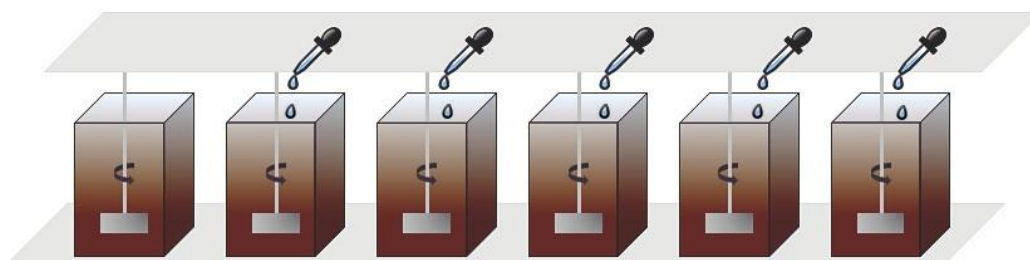
## **2.2. Amostra**

A amostra “mista” usada nos ensaios era composta por 20% de licor misto de lodo ativado, obtida a partir de uma estação de tratamento de esgoto em Florianópolis/SC, e 80% de efluente bruto coletado na rede de esgoto municipal, que passa próximo ao Laboratório de Efluentes Líquidos e Gasosos (LABEFLU), do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). As amostras mistas apresentavam sólidos suspensos totais (SST), voláteis (SSV) e fixos (SSF) em torno de  $1 \pm 0,09 \text{ g.L}^{-1}$ ;  $0,97 \pm 0,08 \text{ g.L}^{-1}$ ; e  $0,165 \pm 0,06 \text{ g.L}^{-1}$ , respectivamente. O pH esteve em torno de 7,05 (24 °C) e o IVL era de  $234,12 \pm 15,87 \text{ mL.g}^{-1}$ .

## **2.3. Procedimento de teste de jarros**

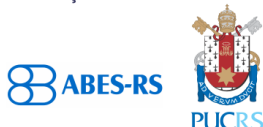
Para realização dos ensaios de bancada utilizou-se equipamento de teste de jarros, microcontrolado da marca Milan 2036, contendo 6 jarros de aproximadamente 2 litros cada, como demonstra a Figura 1. Os ensaios foram realizados com a finalidade de determinar a concentração de NP-magnetita que levasse à melhor sedimentabilidade da amostra. Utilizou-se 1 litro de amostra em cada jarro.

**Figura 1:** Esquema ensaio de teste de jarros.



Os ensaios foram divididos em duas etapas, conforme se observa no esquema apresentado na Figura 2.

Realização



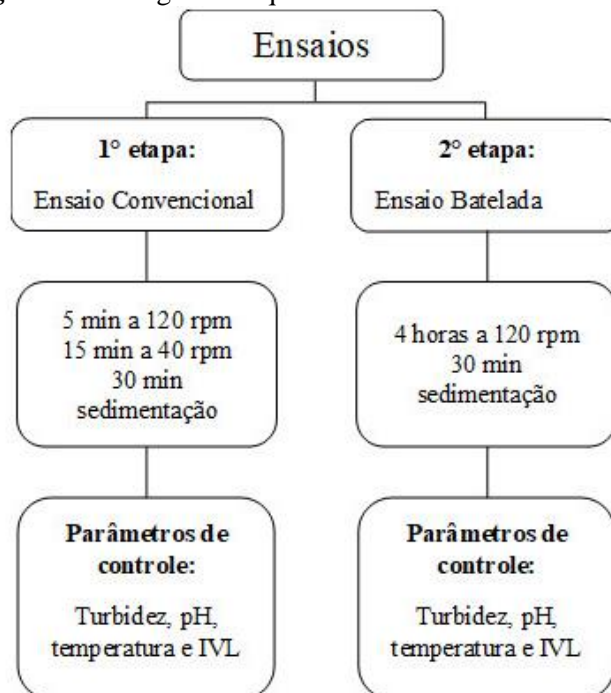
Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375

**Figura 2:** Fluxograma esquemático dos ensaios de bancada



Na primeira etapa dos ensaios, denominada como “*ensaio convencional*”, aplicou-se a metodologia sugerida por Devrimci et al. (2012), sendo adaptada para um regime de mistura com a seguinte sequência: uma agitação intensa dos rotores a 120 rpm durante 5 minutos, com a finalidade de dispersar completamente o aditivo e promover a coagulação, em seguida diminui-se a intensidade de agitação para dar início a floculação durante 15 minutos a 40 rpm, e por fim, com a parada dos rotores, sedimentação do lodo durante o tempo de 30 minutos. Na segunda etapa, desenvolveu-se uma metodologia com o intuito de simular o tempo de reação dentro de um reator em bateladas sequenciais, denominado como “*ensaio em batelada*”, desta forma o ensaio teve apenas duas fases: com agitação dos rotores a 120 rpm, realizado em um período de 4 horas, e na sequência sedimentação do lodo por 30 minutos. Os parâmetros de controle para ambos os ensaios estão dispostos na Tabela 1, bem como seu método.

**Tabela 1:** Parâmetros de controle e métodos usados para os ensaios de bancada

Parâmetros de controle	Métodos
pH	Potenciométrico - Sonda multiparâmetros
Temperatura	Hanna HI-98191
Turbidez	Turbidimétrico - Hach 2100N
IVL	Método Schwarzenbeck et al. (2004)
Microscopia	Microscópio Olympus modelo BX-41

O processo de sedimentação foi avaliado utilizando a metodologia proposta por Schwarzenbeck et al., (2004), onde calcula-se o IVL em diferentes tempos de sedimentação. Para este trabalho o volume de lodo foi determinado após 30 minutos de sedimentação em uma proveta graduada.

Para a dosagem das NP-magnetita, tomou-se como base resultados obtidos por Liang et al. (2017), que utilizou uma concentração de 50 mg.L<sup>-1</sup> de nanopartículas magnéticas, em um reator

piloto em bateladas sequenciais granular utilizando esgoto sintético. Portanto, foram testadas concentrações de 25 mg.L<sup>-1</sup>, 50 mg.L<sup>-1</sup>, 75 mg.L<sup>-1</sup>, 100 mg.L<sup>-1</sup> e 150 mg.L<sup>-1</sup> de NP-magnetita.

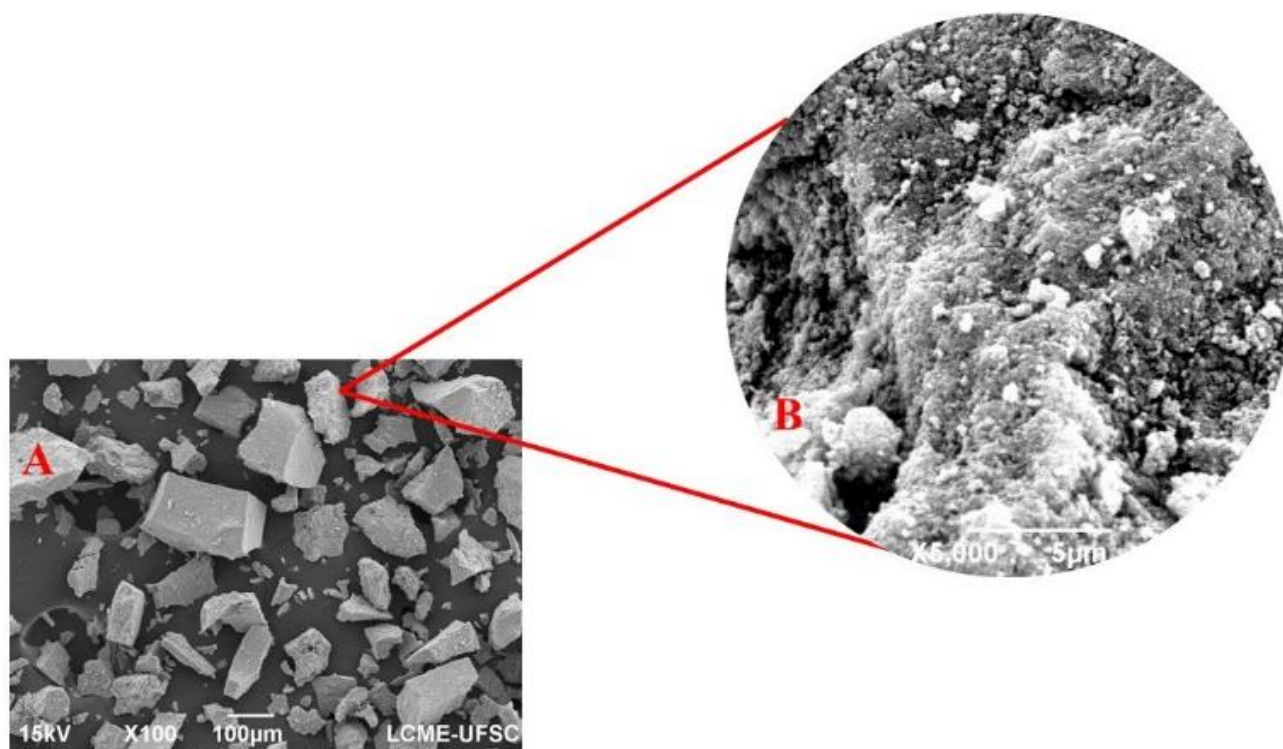
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Síntese e Caracterização das nanopartículas

A síntese das NP-magnetita foi realizada por processo de co-precipitação, no qual, o ajuste da temperatura foi um fator determinante para a formação das partículas, sendo que, se a temperatura de precipitação for menor que 67°C haverá a formação de um produto pastoso, como reportado por Faraji et al. (2010). A desoxigenação do meio e a quantidade de NH<sub>4</sub>OH são fatores determinantes para o processo, devendo ser rigorosamente acompanhados. A síntese das partículas na presença de oxigênio e na insuficiência de NH<sub>4</sub>OH ocasiona a formação de maguemita, que é um dos produtos da oxidação da magnetita.

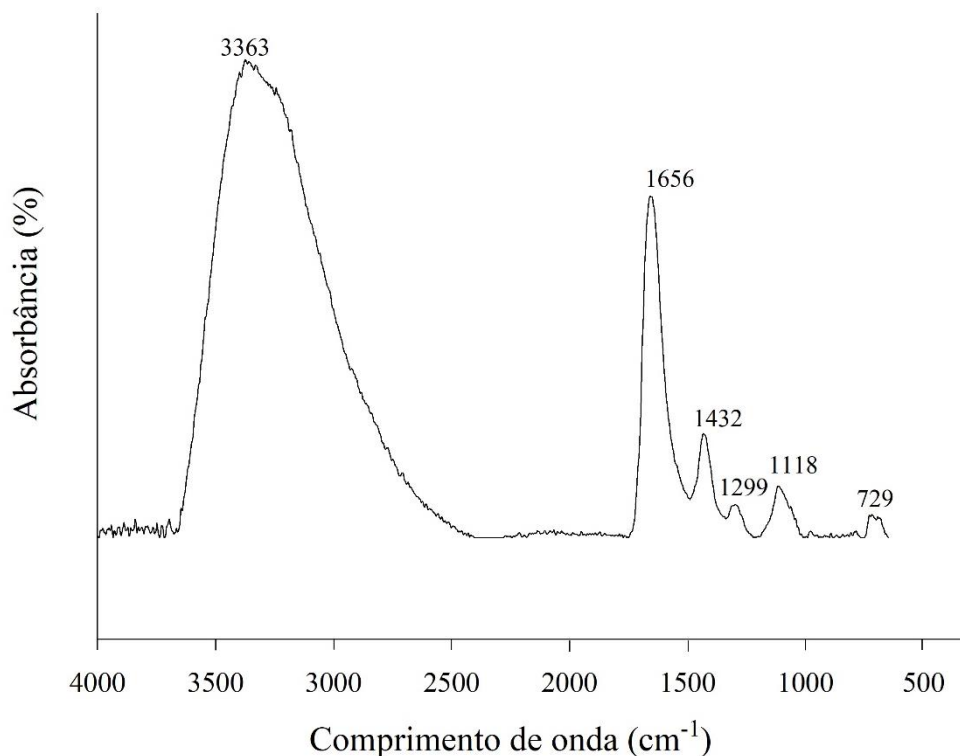
As imagens obtidas por MEV fornecem as informações sobre a morfologia das NP-magnetita formadas, sendo apresentadas na Figura 3.

**Figura 3:** Imagens de MEV obtidas das NP-magnetita



Com a imagem A pode-se observar vários aglomerados das partículas, sendo melhor visualizado no detalhe da imagem B em destaque, lembrando formas esféricas. Os aglomerados se formam durante o processo de secagem. A investigação da estrutura química foi realizada através da técnica de FTIR-ATR, cujo espectrograma obtido para as partículas é apresentado na Figura 4.

**Figura 4:** Espectrograma NP-magnetita

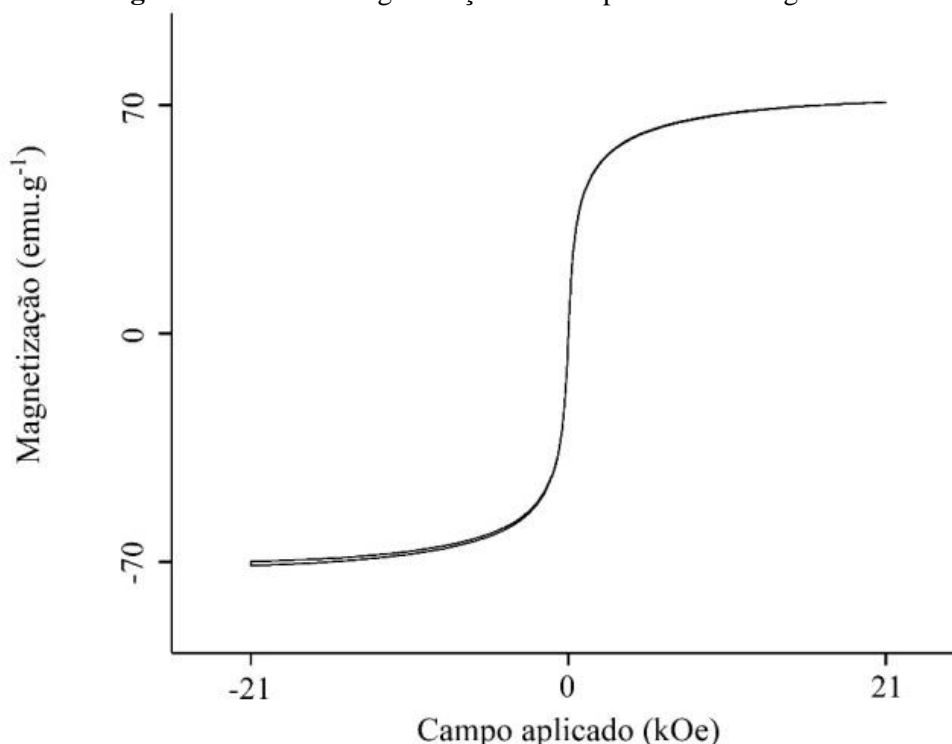


No espectrograma da NP-magnetita, a vibração entre os estiramentos assimétricos e simétricos dos ânions dicarboxílicos ( $-\text{CO}_2^-$ ) presentes no oxalato podem ser vistos nos comprimentos de onda de  $1656$  e  $1432$   $\text{cm}^{-1}$ , respectivamente. Nos comprimentos de onda de  $1299$  e  $1118$   $\text{cm}^{-1}$  têm-se os picos referentes ao estiramento das ligações entre C-O do oxalato. O pico  $729$  se refere a uma ligação dupla entre carbonos ( $-\text{C}=\text{C}-$ ). A banda larga em  $3364$   $\text{cm}^{-1}$  refere-se à presença de hidroxilas, que podem ser atribuídas a umidade adsorvida nas amostras (SILVERSTEIN; WEBSTER, 1998).

O gráfico da magnetização das nanopartículas em função do campo magnético externo está apresentado na Figura 5. As propriedades magnéticas para as nanopartículas foram estudadas através de curvas de magnetização obtidas das análises de VSM. A partir dos dados obtidos da Figura 5, foram determinados os valores de magnetização de saturação ( $M_s$ ), coercividade ( $H_c$ ) e magnetização remanente ( $M_r$ ).



**Figura 5:** Curva de magnetização da nanopartícula de magnetita

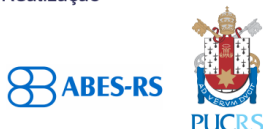


A amostra analisada apresentou valor de aproximadamente  $50,33 \text{ emu.g}^{-1}$  para  $M_s$ . Este valor abaixo do valor característico pode estar associado ao procedimento de co-precipitação. A magnetita costuma apresentar valores de  $M_s$  entre  $60$  e  $90 \text{ emu.g}^{-1}$ , variando conforme seu tamanho (CHIOLERIO et al., 2014). Os valores encontrados para  $H_c$  e  $M_r$  foram nulos para ambos os índices, comprovando que as partículas apresentam comportamento superparamagnético. A ausência de histerese na curva de magnetização pode ser relacionada à ausência de forças dipolo-dipolo fortes entre as partículas, característica de nanopartículas superparamagnéticas (MAMANI; GAMARRA; DE SOUZA BRITO, 2014).

### 3.2. Ensaios de bancada

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados do efeito da adição das NP-magnetita no pH e na turbidez das amostras nos ensaios convencionais e em bateladas. Pode-se notar que não houve muita variação no pH, permanecendo na faixa de  $7 - 7,5$ , em ambos os ensaios. A turbidez elevada nas amostras controle é devido a partículas coloidais e materiais particulados presentes no efluente bruto. Entretanto, a análise de turbidez mostrou que as NP-magnetita podem remover a turbidez do efluente, ficando evidente nos ensaios convencionais em todas as concentrações, onde se obteve uma redução maior da turbidez para as concentrações entre  $25 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ . Contudo, no ensaio em batelada houve um aumento gradativo na turbidez, podendo ser explicado pela alta agitação e longo tempo em que o ensaio ficou operando (4 horas), evidenciando a quebra dos flocos e dando a origem a novos materiais particulados, ficando claro que a longa agitação é influenciadora na remoção de turbidez. Li (2005), evidencia em seu trabalho que a adição de ferro em um reator em bateladas sequencias com lodo ativado pode remover a turbidez, desde que seja encontrada a concentração ideal, onde constatou que concentrações menores que  $23 \text{ mg.L}^{-1}$ , obtiveram maior eficiência na remoção de turbidez, e

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375





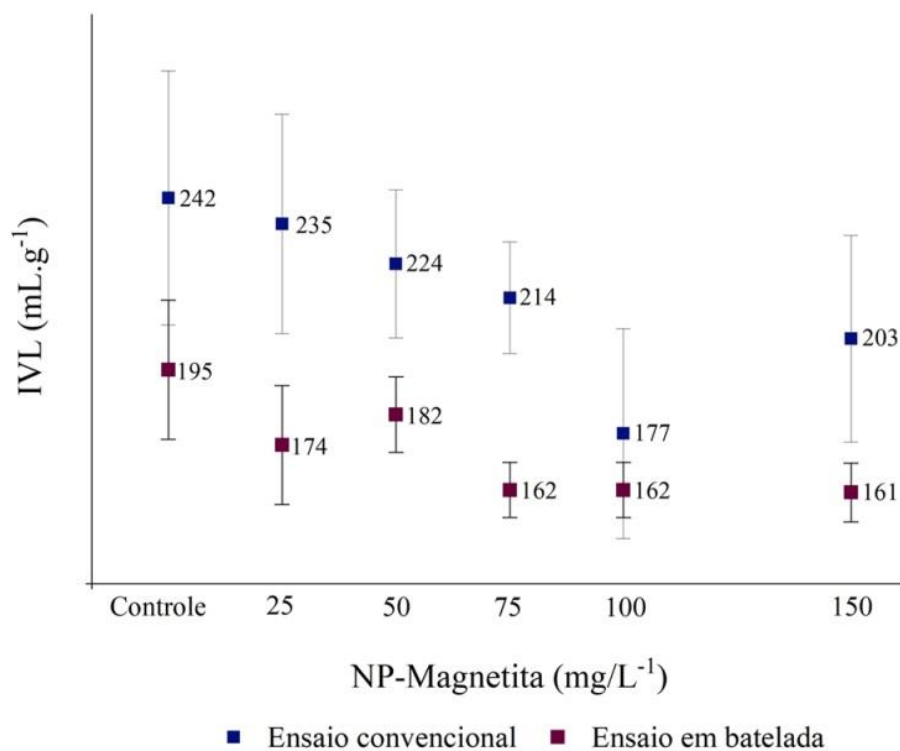
concentrações acima provocaram o aumento na concentração de sólidos solúveis, ocasionando o aumento na turbidez.

**Tabela 2:** Resultados de pH e turbidez nos ensaios convencionais e em batelada

	Ensaio Convencional			Ensaio em Batelada		
	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Controle	7,05 ± 0,10	23,3 ± 4,88	15,6 ± 4,10	7,19 ± 0,43	24,25 ± 0,53	8,84 ± 1,31
25 mg.L <sup>-1</sup>	7,31 ± 0,16	22,6 ± 4,63	13 ± 1,98	7,06 ± 0,09	23,85 ± 0,81	9,8 ± 1,55
50 mg.L <sup>-1</sup>	7,32 ± 0,23	22,6 ± 4,77	13,4 ± 4,10	7,07 ± 0,09	23,8 ± 0,84	9,34 ± 1,52
75 mg.L <sup>-1</sup>	7,33 ± 0,27	22,7 ± 4,66	13,1 ± 4,25	7,01 ± 0,02	23,8 ± 0,80	9,37 ± 1,50
100 mg.L <sup>-1</sup>	7,18 ± 0,28	22,7 ± 4,62	13,7 ± 4,42	7,09 ± 0,13	23,9 ± 0,77	9,45 ± 1,09
150 mg.L <sup>-1</sup>	7,25 ± 0,24	22,5 ± 4,57	14,7 ± 3,88	7,11 ± 0,15	23,85 ± 0,81	9,16 ± 1,29

Na Figura 6 estão apresentados os valores de IVL gerados durante os ensaios convencionais e em batelada. Sendo assim, para as diferentes dosagens aplicadas de NP-magnetita, pode-se avaliar o processo de sedimentação resultante da agregação da biomassa. O comportamento de agregação de lodo é altamente importante para a separação sólido-líquido, turbidez do efluente e propriedades de desaguamento em sistemas biológicos de tratamento de efluentes (Liu et al., 2010).

**Figura 6:** Resultados do IVL durante os ensaios convencionais e em batelada para as diferentes concentrações de nanopartículas testadas.

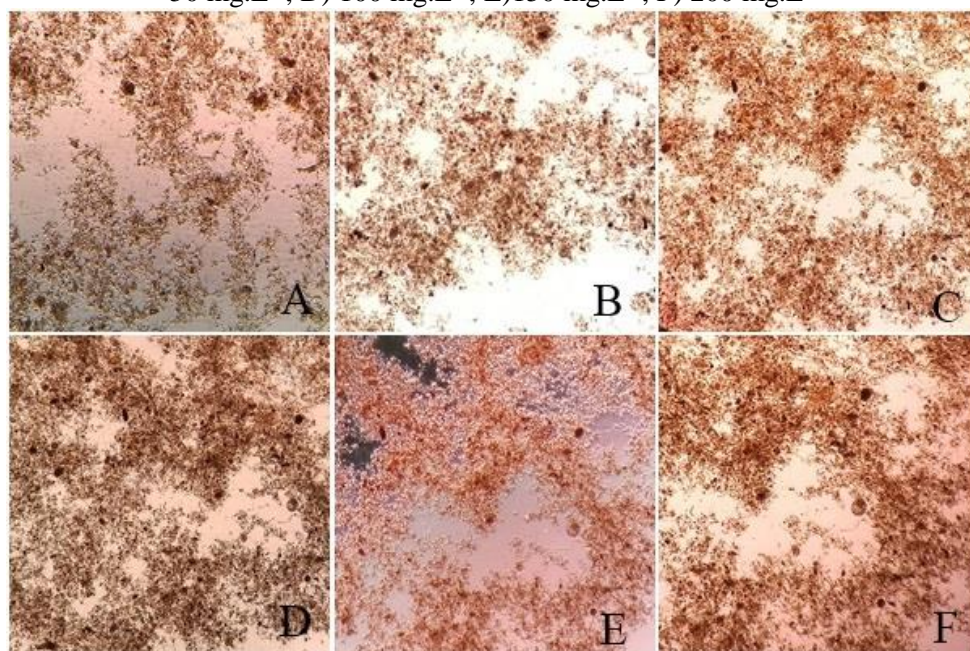




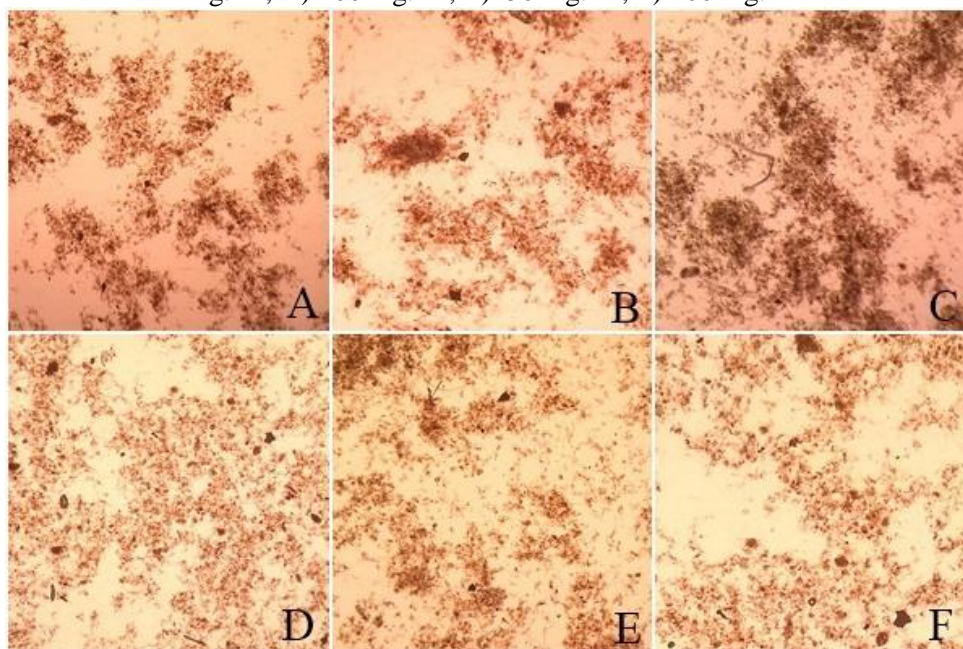
Os resultados demonstraram que a adição das NP-magnetita melhorou a sedimentação do lodo em ambos os ensaios. Em outras palavras, a possibilidade de agregação de lodo pode ser parcialmente aumentada pela sua adição. Com o ensaio convencional pode-se observar que a sedimentação do lodo se comportou melhor para a concentração de  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ , apresentando uma redução do IVL de aproximadamente 42% em relação a amostra controle. No ensaio em batelada, as concentrações de 75 e  $100 \text{ mg.L}^{-1}$  resultaram no menor IVL em comparação à amostra controle, entretanto a sedimentação melhorou somente 11%. Dados relatados por You et al. (2016) mostraram que NP adicionadas por um período de 8 horas, em um reator em bateladas sequenciais, não mostraram eficiência na sedimentação do lodo, corroborando os resultados obtidos no ensaio em batelada da presente pesquisa. Li (2005), mostra em seu trabalho que a adição de ferro em um reator em bateladas sequenciais utilizando lodo ativado, favorece a agregação do lodo e a redução de materiais particulados. No entanto, comprova que alta concentração de ferro pode ocasionar a formação de pequenos flocos, o que pode contribuir para a formação de sólidos solúveis e aumento na turbidez, concluindo que concentrações acima de  $35 \text{ mg.L}^{-1}$  reduz a fração de flocos e prejudica a floculação.

O lodo com boa agregação indica que microrganismos estão reunidos para formar uma matriz mais resistente (Kartal et al., 2011), podendo aumentar a tolerância das bactérias às difíceis condições externas (Tan et al., 2013). Com as imagens da microscopia (Figuras 7 e 8) é possível visualizar a aglomeração do lodo durante os ensaios.

**Figura 7:** Imagens microscópicas (40x) lodo em ensaio convencional. A) Controle; B)  $25 \text{ mg.L}^{-1}$ ; C)  $50 \text{ mg.L}^{-1}$ ; D)  $100 \text{ mg.L}^{-1}$ ; E)  $150 \text{ mg.L}^{-1}$ ; F)  $200 \text{ mg.L}^{-1}$



**Figura 8:** Imagens microscópicas (40x) lodo em ensaio em batelada. A) Controle; B) 25 mg.L<sup>-1</sup>; C) 50 mg.L<sup>-1</sup>; D) 100 mg.L<sup>-1</sup>; E) 150 mg.L<sup>-1</sup>; F) 200 mg.L<sup>-1</sup>



As imagens da microscopia mostram que a adição das NP-magnetita influenciou na aparência dos flocos, observado em comparação ao lodo controle, onde este, em ambos os ensaios apresenta flocos mais dispersos, enquanto o lodo com a adição das NP-magnetita formou flocos suficientemente grandes e mais compactos. Pela visualização das imagens das Figuras 7 e 8 confirma-se que a melhor concentração das nanopartículas se encontra em 100 mg.L<sup>-1</sup> (Figura 7 – D e Figura 8 – D), proporcionando a maior agregação dos flocos. As estruturas dos flocos em ambos os ensaios foram semelhantes, porém no ensaio convencional os flocos apresentam maior agregação, enquanto no ensaio em batelada, pode-se dizer que os flocos ficaram mais “soltos”, evidenciando que o ensaio em batelada ocasionou a quebra dos flocos, deixando o lodo inconsistente e fraco, enquanto o ensaio convencional mostrou proporcionar flocos mais resistentes.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados, obtidos nos ensaios de teste de jarros, evidenciaram que a adição apropriada de NP-magnetita pode promover a agregação da biomassa em flocos e aumentar sua capacidade em reter partículas e material coloidal, favorecendo a sedimentação medida por IVL. Os ensaios convencionais apontaram 100 mg.L<sup>-1</sup> como a melhor concentração de NP-magnetita. Concentrações mais elevadas foram desfavoráveis ao processo de agregação do lodo, resultando em flocos dispersos. Os ensaios em bateladas apontaram que as concentrações 75 e 100 mg.L<sup>-1</sup> de NP-magnetita foram as mais favoráveis, no entanto devido ao longo tempo de agitação (4 horas), os flocos apresentaram-se mais desagregados.



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS

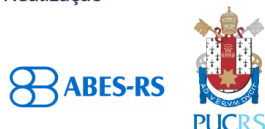


TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

## REFERENCIAS

- ABU-DIEF, A. M.; ABDEL-FATAH, S. M. Development and functionalization of magnetic nanoparticles as powerful and green catalysts for organic synthesis. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 1, p. 55–67, 2017.
- APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21ed., Washington, D.C., 2005.
- CHIOLERIO, A. et al. Magnetite and Other Fe-Oxide Nanoparticles. In: BHUSHAN, B. et al. (Eds.). **Handbook of Nanomaterials Properties**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 213–246.
- DEVIRIMCI, H. A.; YUKSEL, A. M.; SANIN, F. D. Algal alginate: A potential coagulant for drinking water treatment. **Desalination**, v. 299, p. 16–21, 2012.
- FARAJI, M.; YAMINI, Y.; REZAEI, M. Magnetic nanoparticles: synthesis, stabilization, functionalization, characterization, and applications. **Journal of the Iranian Chemical Society**, v. 7, n. 1, p. 1–37, 2010.
- KARTAL, Boran et al. Molecular mechanism of anaerobic ammonium oxidation. **Nature**, v. 479, n. 7371, p. 127, 2011.
- LEE, D.-G. et al. Immobilization of lipase on hydrophobic nano-sized magnetite particles. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 57, n. 1–4, p. 62–66, 2009.
- LI, Jiuyi. Effects of Fe (III) on floc characteristics of activated sludge. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 80, n. 3, p. 313–319, 2005.
- LIANG, X. Y.; GAO, B. Y.; NI, S. Q. Effects of magnetic nanoparticles on aerobic granulation process. **Bioresource Technology**, v. 227, p. 44–49, 2017.
- LIU, Xiao-Meng et al. Contribution of extracellular polymeric substances (EPS) to the sludge aggregation. **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 11, p. 4355–4360, 2010.
- MAMANI, J. B.; GAMARRA, L. F.; DE SOUZA BRITO, G. E. Synthesis and characterization of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles with perspectives in biomedical applications. **Materials Research**, v. 17, n. 3, p. 542–549, 2014.
- MOHAMMED, L. et al. Magnetic nanoparticles for environmental and biomedical applications: A review. **Particuology**, v. 30, p. 1–14, 2017.
- NAGARAJAN, Ramanathan; HATTON, T. Alan (Ed.). Nanoparticles: synthesis, stabilization, passivation, and functionalization. **American Chemical Society**, 2008.
- NETTO, C. G. C. M.; TOMA, H. E.; ANDRADE, L. H. Superparamagnetic nanoparticles as versatile carriers and supporting materials for enzymes. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 85–86, p. 71–92, 2013.
- RIBEIRO, G. A. P. As Propriedades Magnéticas da Matéria: um primeiro contato. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 299–305, 2000.
- SAHOO, S. K.; PARVEEN, S.; PANDA, J. J. The present and future of nanotechnology in human health care. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 20–31, 2007.
- SCHWARZENBECK, N.; ERLEY, R.; WILDERER, P. Aerobic granular sludge in an SBR-system treating wastewater rich in particulate matter. **Water Science and Technology**, v. 49, p. 41–46, 2004.
- SILVA, et al. Magnetophoresis at the nanoscale: tracking the magnetic targeting efficiency of nanovectors. **Nanomedicine**, v. 7, n. 11, p. 1713, 2012.
- SILVERSTEIN, R.; WEBSTER, F. **Spectrometric Identification of Organic Compounds**, 1998. 550 p.
- SUN, C.; ZHAN, H.; WANG, L. Enhanced Aerobic Sludge Granulation by Seeding Concentrated Activated Sludge with Ca-Alginate Gel. **Water Environment Research**, v. 89, n. 12, p. 2078–2087, 2017.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375



11º SIMPÓSIO  
INTERNACIONAL  
DE QUALIDADE  
AMBIENTAL

02 A 04 DE  
OUTUBRO  
PORTO ALEGRE-RS  
TEATRO DA PUCRS



TEMA  
meio ambiente,  
política & economia

TAN, Cheemeng et al. Molecular crowding shapes gene expression in synthetic cellular nanosystems. **Nature nanotechnology**, v. 8, n. 8, p. 602, 2013.

TEJA, Aryn S.; KOH, Pei-Yoong. Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles. **Progress in crystal growth and characterization of materials**, v. 55, n. 1-2, p. 22-45, 2009.

THILL, Antoine et al. Cytotoxicity of CeO<sub>2</sub> nanoparticles for Escherichia coli. Physico-chemical insight of the cytotoxicity mechanism. **Environmental science & technology**, v. 40, n. 19, p. 6151-6156, 2006.

TOMSKA, Agnieszka; WOLNY, Lidia. Enhancement of biological wastewater treatment by magnetic field exposure. **Desalination**, v. 222, n. 1-3, p. 368-373, 2008.

WANG, X. H. et al. Enhanced aerobic nitrifying granulation by static magnetic field. **Bioresource Technology**, v. 110, p. 105-110, 2012.

YOU, Guoxiang et al. Effects of CeO<sub>2</sub> nanoparticles on sludge aggregation and the role of extracellular polymeric substances—Explanation based on extended DLVO. **Environmental research**, v. 151, p. 698-705, 2016.

ZHANG, Q.; HU, J.; LEE, D.-J. Aerobic granular processes: Current research trends. **Bioresource Technology**, v. 210, p. 1-7, 2016.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br  
abes-rs@abes-rs.org.br  
(51) 3212.1375