

INVESTIGAÇÃO DO EFEITO DA SOLUBILIZAÇÃO DE MATERIAL CARBONÁCEO DE LODO AERÓBIO ATRAVÉS DE PRÉ-TRATAMENTO ENZIMÁTICO

Kely Dayane Silva do Ó¹
Catarina Simone Andrade do Canto³
José Tavares de Sousa⁴
Maria Virginia da Conceição Albuquerque³
Wilton Silva Lopes⁴

RESUMO

Um dos grandes problemas decorrentes do tratamento de esgoto nas estações de tratamento (ETE's) é a quantidade de lodo de excesso. O lodo de excesso é de difícil biodegradabilidade e seu manuseio e descarte acarretam custos elevados nas ETE's. Por isso, alternativas tecnológicas de tratamento de lodo vêm sendo estudadas como, por exemplo, a solubilização enzimática. Pela sua eficácia no pré-tratamento do lodo, a solubilização enzimática é capaz de degradar os agregados microbianos. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo testar o efeito da solubilização enzimática do lodo com baixo tempo de contato lodo-enzima. Foram investigados dois tempos que corresponderam ao contato lodo-enzima de 20 e 40 minutos. Os experimentos foram realizados em mesa agitadora, utilizando-se 10% de lipase de acordo com os sólidos totais do lodo. Quanto aos resultados, para o tempo de contato lodo-enzima de 20 minutos observou-se um aumento de material carbonáceo de 322 mg/L; já para o tempo de contato de 40 minutos, o aumento foi de 348 mg/L, ou seja, praticamente não houve diferença na liberação de material carbonáceo em função do tempo de contato. Em relação aos sólidos, após a adição da enzima observou-se um pequeno aumento da concentração de STV correspondente à massa da enzima. Já para o ortofosfato, não se observou um incremento substancial em sua concentração após o pré-tratamento.

Palavras chaves: Solubilização enzimática, Solubilização de lodo, Material carbonáceo.

¹ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental - UEPB, kely.dayane@hotmail.com
Pós-doutoranda do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental - UEPB, csacanto@hotmail.com
[Doutor](mailto:tavaresuepb@gmail.com) do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia Ambiental – UEPB tavaresuepb@gmail.com

REFERENCIAL TEÓRICO

O lodo de excesso é um material rico em matéria orgânica e nutrientes de difícil degradação que deve ser adequadamente tratado e destinado (ANDREOLI et al., 2007). A elevada produção de lodo é atualmente uma séria desvantagem do processo de lodo ativado. Seu manuseio e descarte correspondem a até 50% dos custos totais de operação das ETE's (SOUSA, 2019). Nesse sentido, diferentes estratégias de solubilização do lodo, visando aumentar sua biodisponibilidade como fonte renovável, estão em constante desenvolvimento (GONZALEZ et al., 2018). Dentre essas tecnologias de solubilização, a aplicação direta de enzimas tem sido proposta (PARMAR et al., 2001; WAWRZYNCZYK et al., 2007; GUO; XU, 2011). A aplicação de enzimas para solubilizar o lodo tem sido uma alternativa viável com efeito positivo no aumento da biodegradabilidade de material carbonáceo, além de ser capaz de reduzir os custos de descarte do lodo de excesso.

Outra vantagem atribuída ao uso da enzima na solubilização do lodo é que, apesar de ser um pré-tratamento químico, sua natureza é biológica; com isso, não há geração de material recalcitrante ao final do processo.

Diante do exposto, o presente trabalho investigou a solubilização da fração de difícil biodegradabilidade de um lodo aeróbio através da adição da enzima lipase, em curtos tempos de contato lodo-enzima, visando o reaproveitamento do material solubilizado como fonte renovável de subprodutos. O uso da lipase justifica-se pelo fato da fração de lipídios presente no lodo ser um limitante na hidrólise celular.

METODOLOGIA

LOCAL DA PESQUISA E APARATO EXPERIMENTAL

O sistema experimental foi instalado e monitorado na Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES), pertencente ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Esse laboratório situa-se na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba.

LODO E ENZIMAS

O lodo utilizado no procedimento experimental foi produzido em um reator de lodo ativado, operado em regime de bateladas sequenciais e alimentado com esgoto doméstico proveniente de um conjunto habitacional nas proximidades da EXTRABES. O reator operava com 3 ciclos/dia e era alimentado com 20 L de esgoto doméstico a cada ciclo (Tabela 1). A aeração e homogeneização eram realizadas por um compressor de ar conectado a um conjunto de difusores e um agitador de eixo central de baixa velocidade de rotação (45 rpm). Para o procedimento de encerramento do ciclo, a decantação foi programada com um tempo de descanso 55 minutos, seguido do descarte do sobrenadante e da realimentação

Tabela 1. Parâmetros operacionais relevantes do sistema experimental

Parâmetros	RBS
Tempo de retenção celular (dias)	5
Ciclo (dia ⁻¹)	3
Volume útil (L)	28
Volume tratado por ciclo (L)	20
Volume utilizado para sedimentação (L)	8
Volume de esgoto bruto tratado (L.dia ⁻¹)	60

A enzima lipase utilizada foi comprada em farmácia de manipulação com suas respectivas fichas técnicas de certificado de análise a mesma foi descrita com uma atividade de 4000 U.g⁻¹, em pó com umidade de 3,6% (fornecido pela Pharmanostra).

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A solubilização foi desenvolvida utilizando-se a enzima lipase. Assim, a pesquisa foi iniciada investigando-se o tempo de reação de 20 e 40 minutos, bem como a limitação da ação enzimática, na solubilização de material carbonáceo. A concentração enzimática foi estabelecida em 10% com base na concentração de sólidos totais (ST).

O teste enzimático foi desenvolvido em duas condições: lodo ativado bruto sem a adição de enzima e com adição da enzima. Os erlenmeyers com a adição da enzima eram agitados por 20 minutos (duas amostras) e por 40 minutos (duas amostras), visando a total homogeneização, em uma mesa agitadora com velocidade de 160 rpm. Vale salientar que o teste foi realizado em duplicata para cada tempo de contato avaliado.

PARÂMETROS ANALÍTICOS

Foram realizadas análises de caracterização físico-química no lodo bruto antes dos ensaios de solubilização (lodo sem tratamento) e no lodo solubilizado. As amostras de lodo eram filtradas através de papel em fibra de vidro (GF-2, diâmetro 47 mm) com tamanho de poro de 0,45 μm . Os parâmetros DQO filtrada, sólidos e suas frações, ortofosfato solúvel (P-PO_4^{3-}), foram quantificados de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Para avaliar o potencial de solubilização do lodo foi aplicado o teste respirométrico, o qual quantifica diretamente a biodegradabilidade da matéria orgânica liberada. A proposta do teste é acessível na literatura (VAN HAANDEL; CATUNDA, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de DQO solúvel, sólidos totais e suspensos voláteis, ortofosfato, pH, AGV e alcalinidade estão apresentados a seguir. Na Tabela 1 estão os resultados obtidos sem ação da enzima e com a ação da enzima. Pode-se observar que ocorreu um aumento de DQO filtrada quando se compara o lodo bruto ao lodo com tempo de reação de 20 e 40 minutos. A quantidade de material carbonáceo solúvel no meio pode ser influenciado pelo o maior tempo de reação, ou seja, de contato do lodo com a enzima. O mesmo comportamento ocorreu para AGV tendo um acréscimo maior no tempo de reação de 40 minutos.

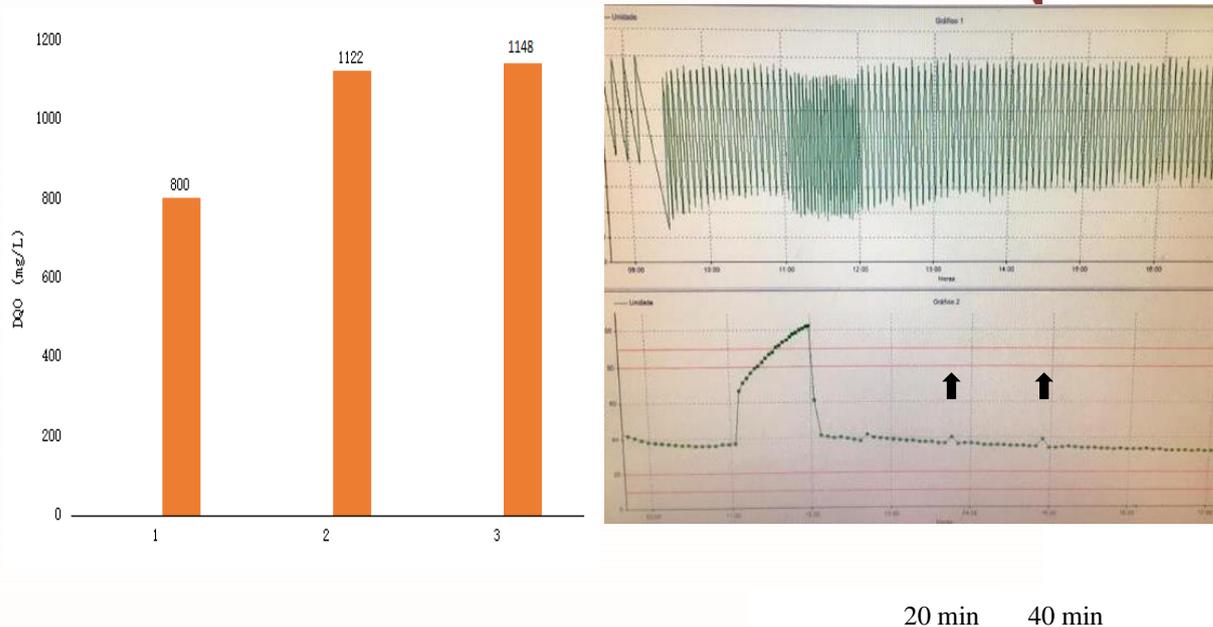
Tabela 1: Resultados correspondentes as amostras com suas diferentes condições

Parâmetros (mg/L)	Lodo Bruto $\bar{x} \pm \delta$	Após 20 minutos de reação $\bar{x} \pm \delta$	Após 40 minutos de reação $\bar{X} \pm \delta$
DQO filtrada	800 \pm 0,77	1122 \pm 2,10	1148 \pm 1,88
Sólido voláteis Totais	1751 \pm 1,12	-	-
Sólidos suspenso voláteis	1508 \pm 0,54	1500 \pm 1,05	1489 \pm 0,71
Sólidos dissolvidos voláteis	243 \pm 1,10	251 \pm 0,88	347 \pm 0,75
pH	7,5 \pm 0,50	7,34 \pm 0,65	7,35 \pm 0,91
AGV (1)	320 \pm 0,61	363 \pm 0,55	465 \pm 0,85
Alcalinidade(2)	690 \pm 0,99	1180 \pm 0,33	1300 \pm 1,23
Ortofosfato	70 \pm 0,22	74 \pm 0,46	75 \pm 0,30

(1) AGV (mg HAC/L), (2) AT (mgCaCO₃/L).

Quanto aos sólidos e suas frações, evidenciou-se que a adição da enzima reduziu a fração suspensa aumentando a dissolvida, como já observado por outros autores (PARMAR et al., 2001; WAWRZYNCZYK et al.; 2007; AYOL et al., 2008; SOUSA, 2019). Assim, após a adição da enzima, ocorreu um pequeno aumento da concentração de ST correspondente à massa da enzima. Com relação ao ortofosfato, não ocorreu incremento substancial (lodo bruto - 70mg/L; 20 min - 74mg/L; 40 min - 75mg/L).

Figura 1. Aumento da biodegradabilidade do lodo



O aumento da concentração de DQO (Figura 1) foi de 322 mg/L para o tempo de reação de 20 minutos, e para o tempo de reação de 40 minutos foi de 348 mg/L, indicando que praticamente não ocorreu diferença na liberação de material carbonáceo. Este comportamento também pode ser observado no gráfico do teste respirométrico, que mostra que a fração rapidamente biodegradável é baixa, indicando que a atividade enzimática foi limitada pelo o baixo tempo de reação. Por outro lado, percebe-se que quanto maior o tempo de contato, maior é a disponibilidade de material degradado, ou seja, o aumento da DQO filtrada também viabiliza o aumento da fração solúvel não biodegradável (VAN HAANDEL; MARAIS, 1999).

CONCLUSÕES

A adição da lipase surtiu um efeito positivo no aumento da concentração de matéria orgânica biodegradável do lodo, mesmo para baixos tempos de contato lodo-enzima. Porém, notou-se maior eficácia para o tempo de reação de 40 minutos, pois quanto maior o tempo de reação, maior a solubilização da fração solúvel não-biodegradável.

Ademais, a solubilização enzimática tem a vantagem única de ser um método que não aumenta a recalcitrância do lodo final, evitando, portanto, a necessidade de pós-tratamentos.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC, 22th ed. 2012.

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Sludge treatment and disposal**. 1. ed. Londres: IWA Publishing, v. 6, p. 244, 2007.

AYOL, A.; FILIBELI, A.; SIR, D.; KUZYAKA, E. Aerobic and anaerobic bioprocessing of activated sludge: floc disintegration by enzymes. **J. Environ. Sci. Health A: Toxic. Hazard. Subst. Environ. Eng.** v. 43, p. 1528–1535, 2008.

GONZALEZ, A.; HENDRIKS, A. T. W. M.; VAN LIER, J. B.; DE KREUK, M. Pretreatments to enhance the biodegradability of waste activated sludge: elucidating the rate limiting step. **Biotechnology Advances**. v. 36, p. 1434-1469, 2018.

GUO, J. S.; XU, Y. F. Review of Enzymatic Sludge Hydrolysis. **Bioremediation & Biodegradation**, ed. 2, 2011.

PARMAR, N.; SINGH, A.; WARD, O. Enzyme treatment to reduce solids and improve settling of sewage sludge. **J. Ind. Microbiol. Biotechnol.** v. 26, p. 383–386, 2001.

SOUSA, T.A.T. **Solubilização de material carbonáceo e nutrientes de lodo aeróbio através do pré- tratamento químico**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual da Paraíba - UEPB. Campina Grande - UEPB. 2019.

WAWRZYNCZYK, J.; RECKTENWALD, M.; NORRLÖW, O.; DEY, E.S. Solubilisation of sludge by combined chemical and enzymatic treatment. **African Journal of Biotechnology**. v. 6 (17), p. 1994-1999, 2007.



VAN HAANDEL, A. C.; CATUNDA, P. F. C. Determinação da taxa de consumo de oxigênio. **Revista Engenharia Sanitária**. 21 (4), pp. 481-488. 1982.