



AVALIAÇÃO DO REATOR UASB NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO DE BOVINOS

Nicolý Kethely Nunes Daniel Correia Coelho ¹

Laura Menezes de Souza Penido ²

Giovanna Salustiano Scarabelli ³

Ariane Mística Rodrigues ⁴

Karina de Fátima da Silva ⁵

Luciano dos Santos Rodrigues ⁶

Análise de tecnologias e inovações voltadas para a preservação do meio ambiente, incluindo soluções para a redução da poluição do ar e da água.

Resumo

O tratamento de efluentes de abatedouros de bovinos é um desafio ambiental significativo devido ao volume elevado e à complexidade dos resíduos gerados, que incluem alta carga de matéria orgânica, sólidos suspensos, óleos, graxas e compostos nitrogenados. Estes efluentes, se não tratados adequadamente, podem causar graves impactos ambientais e riscos à saúde pública. O reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) tem se destacado como uma solução eficaz para o tratamento desses efluentes, empregando um processo anaeróbio que promove a degradação biológica dos contaminantes. O reator UASB opera com fluxo ascendente de efluentes através de um leito de lodo denso, onde microrganismos degradam a matéria orgânica, oferecendo uma alternativa de baixo custo operacional em comparação com métodos tradicionais. A eficiência do reator na remoção de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), além da redução de sólidos e óleos, é fundamental para atender aos padrões ambientais e minimizar impactos ecológicos. Este artigo avalia o desempenho do reator UASB no tratamento de efluentes de abatedouro bovino, com foco na eficiência de remoção dos parâmetros críticos mencionados. A análise dos resultados obtidos nas diferentes fases do experimento visa identificar a eficácia do sistema e sugerir melhorias para otimizar o processo de tratamento. O estudo busca, assim, contribuir para práticas de tratamento mais eficientes e sustentáveis, alinhadas com as exigências ambientais e regulatórias contemporâneas.

Palavras-chave: Digestão anaeróbia; Agroindústria; Meio Ambiente; sustentabilidade Ambiental.

¹Aluna do Curso de graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, kethely.nicolý@gmail.com.

² Aluna do Curso de graduação em Química, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, lauramenezessouza@gmail.com.

³ Aluna do Curso de graduação em Medicina Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, gioscarabelli@hotmail.com.

⁴ Bióloga, Fazenda São Paulo, arianemisticarodrigues@gmail.com.

⁵ Aluna do Curso de graduação em Aquicultura, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, karinasilfat6@gmail.com.

⁶ Professor de Controle Ambiental e Saneamento, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, lsantosrodriques@gmail.com.



INTRODUÇÃO

Quando pensamos no cenário mundial nos dias de hoje, o que mais devemos nos preocupar é com os impactos ambientais e promover ações sustentáveis para a melhoria do nosso planeta. O Brasil é um país com uma vasta riqueza em recursos naturais, ainda sim nossas leis e ações quando se trata do meio ambiente soam um tanto obsoletas. Por esse motivo pesquisadores por todo o país desenvolvem métodos e pesquisas para cada vez mais cooperar com o desenvolvimento sustentável do Brasil.

Além de sua retirada, a devolução de água de abatedouros de bovinos é feita majoritariamente de uma bacia hidrográfica com características totalmente alteradas. Nesse contexto, a temática que transcende o complexo carne supõe um manejo adequado dos recursos hídricos (manter água com qualidade e em quantidade para os diferentes usos) a partir da disponibilidade e da capacidade dos mananciais em absorver e tratar os rejeitos líquidos (MOTA, 1997, p. 4).

A indústria de processamento de carne utiliza grandes quantidades de água, resultando em volumes elevados de efluentes, dos quais 80% a 95% são liberados como efluente líquido, segundo Sroka et al. (2004). Esses efluentes possuem uma composição complexa, com altos níveis de matéria orgânica, sólidos suspensos, óleos, gorduras, proteínas e sangue, além de possíveis patógenos, que representam um desafio para o meio ambiente e a saúde pública, podendo contaminar corpos d'água e afetar o abastecimento em áreas próximas.

Pensando nas soluções para tais impactos diversas tecnologias de tratamento de efluentes têm sido estudadas e implementadas, com destaque para os processos biológicos, que se mostram mais sustentáveis do ponto de vista energético e ambiental. Dentre as tecnologias mais promissoras para o tratamento de efluentes de abatedouros, o reator anaeróbio de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket) que vem se destacando pela eficiência na remoção de matéria orgânica e produção de biogás.

REALIZAÇÃO



Os reatores UASB são compostos por uma estrutura onde o efluente é introduzido pela parte inferior e flui de forma ascendente através de uma manta de lodo formada por agregados de microrganismos. Essa manta é responsável pela degradação da matéria orgânica presente no efluente, e sua eficiência depende da manutenção de condições estáveis no interior do reator. (Chernicharo, 2007). A aplicação dos reatores UASB em efluentes de abatedouros de bovinos e a resposta dada as altas taxas de concentrações de matéria orgânica presentes nesses efluentes, oferecendo um processo favorável para digestão anaeróbica.

O funcionamento do reator UASB ocorre através do fluxo ascendente de águas residuais por um leito de lodo composto por microrganismos. A densidade dos sólidos varia, sendo mais alta e com partículas granulares próximas à base, enquanto no topo (manta de lodo) o lodo se torna mais disperso. (Chernicharo, 2007) Além disso, a qualidade do biogás e seu potencial energético são fatores importantes, já que seu uso pode reduzir custos operacionais e aumentar a sustentabilidade do sistema de tratamento.

O Principal objetivo de o trabalho avaliar a eficiência do reator UASB no tratamento de efluentes dos abatedouros de bovinos, levando em consideração parâmetros como a remoção de demanda química de oxigênio (DQO), sólidos suspensos totais (SST) e produção de biogás. O estudo busca analisar as influências das variáveis operacionais sobre o desempenho do reator, de modo a contribuir para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis e economicamente viáveis no tratamento de efluentes industriais, promovendo a preservação ambiental e a eficiência energética no setor de abate de bovinos.

METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em um abatedouro de bovinos no sul do estado de Minas Gerais.

A estação de tratamento de efluentes (ETE) foi dimensionada para atender a demanda de efluentes gerados pelo abate de 59 bovinos por dia.

Os efluentes gerados pelo abatedouro são divididos em linha verde e vermelha, sendo que cada linha é composta por calha parshall, peneira estática e caixa de gordura. Posteriormente os efluentes se juntam e são encaminhados para o Tanque de Equalização e Acidificação e posteriormente bombeados para o reator UASB.

A tabela 1 apresentam um resumo das principais características de projeto do reator UASB e Lodos Ativados estabelecidas no estudo de concepção da ETE.

Tabela 1. Principais características de Projeto dos reatores UASB e Filtro anaeróbio

Características de Projeto	Reator UASB
Vazão	60 m ³ /d
Volume	96 m ³
Tempo de Detenção Hidráulica	1,6 dias
Carga Orgânica Volumétrica	4,5 kgDQO/m ³ .dia
Carga Hidráulica Volumétrica	0,62 m ³ /m ³ .dia
Velocidade Ascensional	0,21 m/h



Monitoramento

O programa de monitoramento foi realizado mensalmente por meio de análises físico-químicas. Os principais parâmetros avaliados foram: temperatura, pH, demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) sólidos suspensos (SS), sólidos sedimentáveis (Ssed), óleos e graxas e surfactantes aniônicos.

As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório, sendo realizadas no Laboratório de Saneamento do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da UFMG.

O pH foi determinado de acordo com APHA, AWWA, WEF (2012). A DQO total e foi determinada submetendo-se as mesmas ao método colorimétrico e digestão com refluxo fechado em tubos de cultura segundo APHA, AWWA, WPCF (2012).

Para determinação dos sólidos suspensos totais, seguiu-se a metodologia descrita por APHA, AWWA, WPCF (2012), com a filtração da amostra em papel de filtro Gf/C 47 já previamente preparados, lavados, secos em estufa por 24h, esfriados em dessecador e pesados, tendo o peso 1. Cada papel de filtro foi pesado, identificado e colocado em cadinhos de porcelana. Para preparo das amostras, foram filtrados 10ml de cada ponto, colocadas nos devidos cadinhos e levados para estufa até a completa secagem. Então os papéis de filtro após secos foram retirados, esfriados em dessecador e pesados novamente, obtendo-se o peso 2. Por último, os papéis de filtro foram levados para a mufla à 600°C (\pm 30 minutos), resfriados em dessecador e mais um vez pesados, tendo o peso 3.

Análise estatística

Foi realizada análise estatística dos valores obtidos por meio de média, desvio padrão, coeficiente de variação e valores máximo e mínimo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios e desvio padrão dos parâmetros avaliados na entrada e na saída no reator UASB durante o período experimental são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros pH, DBO, DQO, OGM, OGVA, Ssed, SST e Surfactantes do efluente bruto e tratado no período experimental.

Parâmetros	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado	Parâmetros
pH	7.13 ± 0.47	7.18 ± 7.8	Entre 5 - 9
DBO	5032 ± 3743	125 ± 89	Inferior a 60
DQO	7216 ± 4100	409 ± 368	Inferior a 180
SST	3570 ± 3002	168 ± 200	Inferior a 100
Ssed	42 ± 55	6 ± 13	Inferior a 1
OGVA	1364 ± 1155	49±27	Inferior a 50
Surf.	2.1 ± 2.3	0.49 ± 0.30	Inferior a 2
EF DBO	-	84,0±9,8	Mínimo 85
EF DQO	-	74,0±16,9	Mínimo 80

*Ssed Sólidos sedimentáveis; DBO – demanda bioquímica de oxigênio; DQO – demanda química de oxigênio; OV & GA - Óleos e Graxas; SST – sólidos suspensos totais; SURF- Surfactantes.

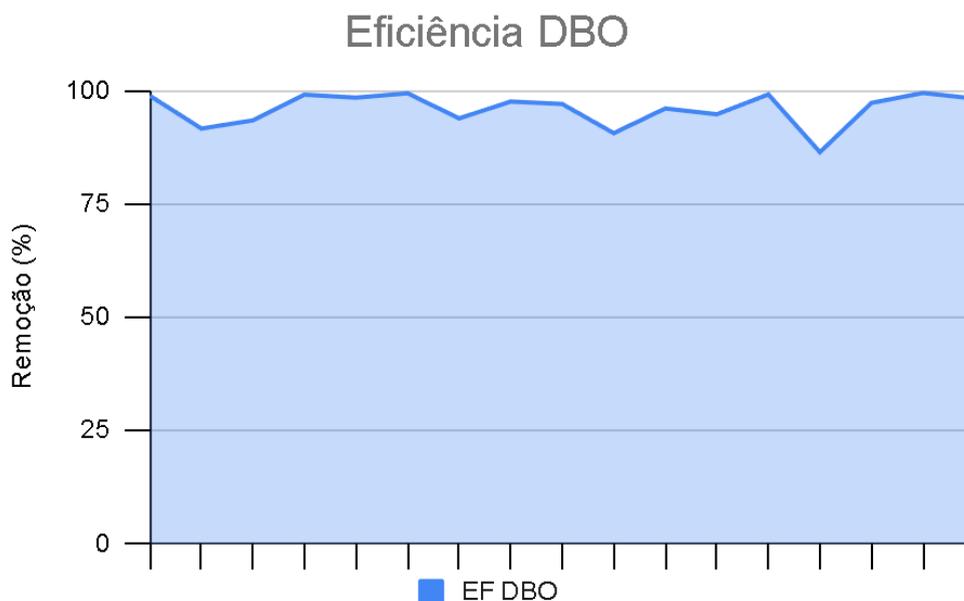
Conforme o observado na tabela 1. pode-se observar que o pH tanto na entrada quanto na saída do reator tiveram manutenção dos valores estáveis, com uma leve variação entre a entrada e saída (7,13 na entrada e 7,18 na saída), indicando condições adequadas para o processo anaeróbio. Já os sólidos sedimentáveis, houve uma redução significativa entre a entrada (42 ± 55 mg/L) e a saída (6 ± 13 mg/L), mostrando a eficiência do reator em remover os sólidos sedimentáveis do efluente.

Os resultados obtidos das concentrações de DBO foram expressivas, apontando uma queda, passando de 5032 ± 3743 mg/L na entrada para 125 ± 89 mg/L na saída, indicando alta remoção de matéria orgânica biodegradável. Similar à DBO, a DQO reduziu de 7216 ± 4100 mg/L para 409 ± 368 mg/L, reforçando a eficiência do reator na redução da carga orgânica total.

A remoção de óleos e graxas foi bastante significativa, com valores caindo de 1364 ± 1155 mg/L na entrada para 57 ± 43 mg/L na saída, demonstrando a eficácia do tratamento para esse tipo de poluente. Os SST diminuíram de forma notável, passando de 3570 ± 3002 mg/L na entrada para 168 ± 200 mg/L na saída, confirmando o bom desempenho do sistema na remoção de sólidos.

As análises de surfactantes apesar de uma leve redução ($2,1 \pm 2,3$ mg/L na entrada para $0,49 \pm 0,30$ mg/L na saída), os valores de surfactantes caíram, mas a variação não foi tão significativa quanto outros parâmetros. Já o aumento da concentração de amônia (24 ± 24 mg/L na entrada para 161 ± 149 mg/L na saída) sugere uma maior liberação de amônia como subproduto do processo de digestão anaeróbia, o que é esperado devido à degradação de matéria orgânica nitrogenada.

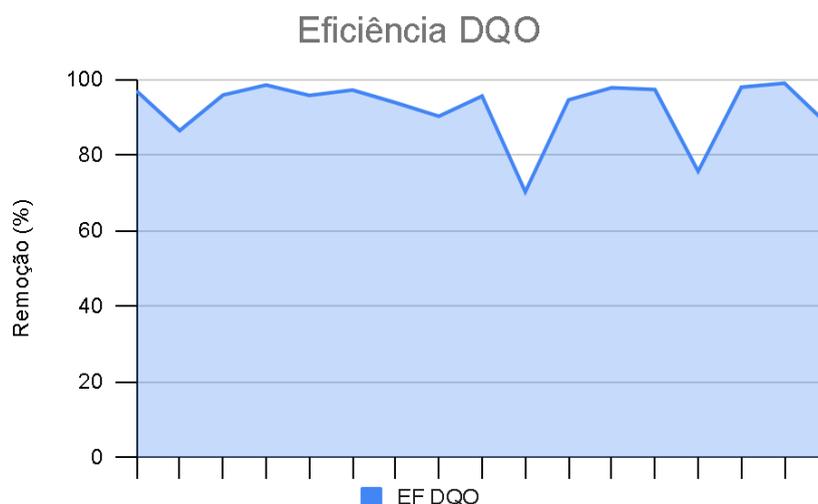
Gráfico 1. Eficiência de Remoção de DBO no Tratamento de Efluentes de Abatedouro Bovino utilizando Reator UASB



A eficiência de remoção de DBO variou entre 86% e 100%, com a maioria das amostras apresentando valores acima de 90%, indicando uma excelente remoção de matéria orgânica biodegradável. A eficiência média foi de 96%, com pequenas flutuações, o que demonstra a estabilidade do processo na degradação da matéria orgânica. Os valores mais altos, como 100%, refletem a capacidade do sistema de remover praticamente toda a carga orgânica biodegradável em certos momentos.

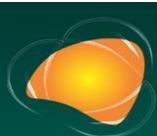


Gráfico 2. Eficiência de Remoção de DQO no Tratamento de Efluentes de Abatedouro Bovino utilizando Reator UASB



Por outro lado, a eficiência de remoção de DQO apresentou maior variabilidade, com valores que oscilaram entre 70% e 99%, resultando em uma média de 92,4%. As variações mais significativas ocorreram em algumas amostras, como o ponto de 70%, possivelmente devido à presença de compostos orgânicos mais difíceis de degradar, como óleos e graxas. Essas substâncias podem ter impactado a eficiência do reator em determinadas fases, resultando em uma menor remoção de DQO.

Os resultados do experimento evidenciam a eficácia do reator UASB no tratamento de efluentes de abatedouro bovino, com alta eficiência na remoção de diversos parâmetros contaminantes. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresentou uma eficiência média de 96%, demonstrando a capacidade do sistema de degradar a matéria orgânica biodegradável, com alguns ciclos alcançando até 100% de remoção. A demanda química de oxigênio (DQO) teve uma eficiência média de 92,4%, mas mostrou maior variabilidade, com valores entre 70% e 99%, indicando que compostos orgânicos mais difíceis de degradar, como óleos e graxas, impactam a remoção. A redução dos sólidos sedimentáveis (SED) de 42 ± 55 mg/L para 6 ± 13 mg/L e dos sólidos suspensos totais (SST) de 3570 ± 3002 mg/L para 168 ± 200 mg/L confirma a eficácia do reator na remoção desses sólidos. A remoção de óleos e graxas (OV & GA) também foi significativa, passando de 1364 ± 1155 mg/L para 57 ± 43 mg/L.



Contudo, a concentração de amônia aumentou de 24 ± 24 mg/L na entrada para 161 ± 149 mg/L na saída, indicando a necessidade de tratamentos adicionais para atender aos padrões ambientais. Em resumo, o reator UASB demonstrou uma alta eficiência geral no tratamento de efluentes, embora ajustes possam ser necessários para melhorar a remoção de compostos nitrogenados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo confirmou a eficácia do reator UASB no tratamento de efluentes de abatedouro bovino, destacando sua capacidade de remover eficientemente DBO, DQO, sólidos sedimentáveis e óleos e graxas. A remoção de DBO e DQO foi substancial, embora a variabilidade na eficiência da DQO e o aumento na concentração de amônia na saída sugiram a necessidade de otimizações adicionais. O reator mostrou-se eficaz, mas recomenda-se a implementação de etapas complementares para melhorar a remoção de compostos recalcitrantes e atender melhor aos padrões ambientais.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão ao Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Federal de Minas Gerais pelo apoio técnico e logístico essencial durante a realização deste estudo. A todos os envolvidos, que contribuíram com seu conhecimento e dedicação, o nosso muito obrigado. Sem o suporte e colaboração de cada um, este trabalho não teria sido possível.



REFERÊNCIAS

CHERNICHARO, C.A.L. **REATORES ANAERÓBIOS**. 2.ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 380p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v. 5).

FERREIRA, I.V.L.; WIECHETECK, G; DELUQUI, K.K. **IMPACTOS AMBIENTAIS DE ABATEDOUROS E MEDIDAS MITIGADORAS**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 2002, Cancún - México. Artigo. Cancún: Femisca, 2002. p. 1 - 4.

Iopp, P.L. y Mendes, A.T. 2020. **ANÁLISE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOUROS BOVINOS POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO E POR REATOR UASB SEGUIDO DE LAGOA DE POLIMENTO**. Revista AIDIS de ingeniería y ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. 13, 2 (ago. 2020), 640–654. DOI:<https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2020.13.2.68142>.

MOTA, S. **INTRODUÇÃO A ENGENHARIA AMBIENTAL**. Rio de Janeiro: ABES, 280p, 1997.

Rodrigues, L.S.; Lopes, Bruna Coelho; Lima, Camila A.; Ribeiro, Mauro C. C.; Santos, Roberta Pinheiro; Silva, I.J. **TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO DE FRANGOS POR MEIO DE REATOR UASB SEGUIDO DE FILTRO ANAERÓBIO**, FEDERAL UNIVERSITY OF MINAS GERAIS, v.68, n.1, p.97, 2016, DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-7809>.

SROKA, E.; KAMINSKI, W.; BOHDZIEWICZ, J. **Biological treatment of meat industry wastewater**. Desalination, 162, p. 85-91, 2004.

TETILA, Moacir Feba. **TRATAMENTO DE EFLUENTES PROVENIENTES DE ABATEDOURO DE BOVINOS POR MEIO DE REATOR ENZIMÁTICO SEGUIDO DE REATOR AERÓBIO OPERADO EM BATELADAS SEQUENCIAIS**. 2012. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2012.

Torkian, Ayoob; Egbali, A.; Hashemian, S. J. **THE EFFECT OF ORGANIC LOADING RATE ON THE PERFORMANCE OF UASB REACTOR TREATING SLAUGHTERHOUSE EFFLUENT**, ELSEVIER BV, v.40, n.1, p.1, 2003, DOI: [https://doi.org/10.1016/s0921-3449\(03\)00021-1](https://doi.org/10.1016/s0921-3449(03)00021-1).