



EFICIÊNCIA DE SISTEMA REATOR UASB SEGUIDO POR LODOS ATIVADOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIA DE EMBALAGENS

Karina de Fátima da Silva¹

Kátia Daniele do Nascimento²

João Pedro Rosa Morais³

Cíntia Corrêa Araújo⁴

Nicolý Kethely Nunes Daniel Correia Coelho⁵

Luciano dos Santos Rodrigues⁶

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 presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de um sistema de tratamento de efluentes da indústria de embalagens, utilizando um reator Anaeróbio com Fluxo Ascendente (UASB) seguido de lodos ativados. A estação de tratamento foi projetada para atender a uma vazão diária correspondente aos efluentes gerados pela produção industrial. Foram analisados parâmetros como pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos suspensos totais (SST). Os resultados mostraram que os efluentes médios de pH, DBO, DQO e SST no efluente final foram de 7,3, 60 mg/L, 180 mg/L e 80 mg/L, respectivamente. O sistema demonstrou alta eficiência, com remoção média de 84% para DBO e 74% para DQO. Essa eficiência evidencia que a integração do reator UASB com lodos ativados permite uma abordagem mais completa, reduzindo a carga orgânica inicialmente e removendo poluentes remanescentes na etapa aeróbia. Assim, o sistema de tratamento, composto por reator UASB seguido de lodos ativados, mostrou-se eficiente atendendo aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação ambiental.

Palavras-chave: Saneamento; Meio Ambiente; Sustentabilidade Ambiental.

¹Aluna do Curso de graduação em Aquacultura, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, karinasilfat6@gmail.com.

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

³ Aluno do Curso de graduação em Aquacultura, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, joaopedrorosam@gmail.com.

⁴ Aluna do Curso de graduação em Aquacultura, Universidade Federal de Minas Gerais, departamento de Medicina Veterinária Preventiva, cintiaaraujocorrea@gmail.com.

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

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



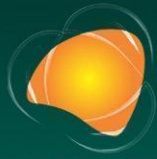
INTRODUÇÃO

O tratamento de efluentes industriais é um componente crucial da gestão ambiental, especialmente em setores com grandes volumes de águas residuais, como a indústria de embalagens. Esta indústria é desafiada pelo tratamento de efluentes que possuem alta carga orgânica e a presença de substâncias específicas, exigindo tecnologias de tratamento eficazes para mitigar o impacto ambiental e promover a sustentabilidade.

Entre as tecnologias disponíveis, o Sistema de Reatores Anaeróbios com Fluxo Ascendente (UASB), desenvolvido por Lettinga e Hulshoff Pol (1991), é notável por sua eficiência no tratamento de efluentes com alta carga orgânica. O reator UASB utiliza um processo anaeróbio de fluxo ascendente para degradar a matéria orgânica, resultando em uma significativa redução de lodo e na produção de biogás, uma fonte renovável de energia. A capacidade do UASB de remover a matéria orgânica de forma eficaz torna-o uma opção atrativa para efluentes industriais, incluindo os da indústria de embalagens (Lettinga & Hulshoff Pol, 1991).

No entanto, o uso isolado do UASB pode não ser suficiente para alcançar os padrões de qualidade exigidos para efluentes finais, especialmente em indústrias como a de embalagens, onde os efluentes podem conter compostos complexos e recalcitrantes. A integração do UASB com um sistema de lodos ativados aborda essas limitações, combinando as vantagens de ambos os processos para oferecer uma solução de tratamento mais completa. A etapa anaeróbia inicial no UASB reduz a carga orgânica e o volume de lodo, enquanto a etapa aeróbia dos lodos ativados garante a remoção eficiente dos poluentes restantes e a estabilidade do efluente tratado (Angelidaki & Ellegaard, 2003).

A combinação dos sistemas UASB e lodos ativados também se destaca pela sua capacidade de aproveitamento energético. O biogás produzido no reator UASB pode ser utilizado como uma fonte renovável de energia, contribuindo para a economia do processo. Este biogás pode ser utilizado para gerar eletricidade ou calor, o que não só reduz os custos operacionais da planta, mas também minimiza a dependência de fontes externas de energia.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

A aplicação de lodos ativados na etapa final do tratamento permite que a eficiência na remoção de poluentes seja maximizada, o que é essencial para atender aos regulamentos ambientais e garantir a qualidade do efluente final antes do descarte ou reutilização (Chernicharo et al., 2018).

Além dos benefícios ambientais e econômicos, a combinação de UASB e lodos ativados pode oferecer vantagens operacionais significativas. Os reatores UASB são conhecidos por sua alta eficiência na redução da carga orgânica e baixa produção de lodo, enquanto os lodos ativados proporcionam um controle preciso da qualidade da água tratada. Essa integração permite que o sistema como um todo se adapte melhor a variações na composição do efluente e flutuações na carga de poluentes. A combinação dessas tecnologias pode ser particularmente eficaz no tratamento de efluentes complexos e na remoção de nutrientes, atendendo a uma ampla gama de requisitos operacionais e regulatórios. Dessa forma, a adoção de um sistema combinado não só melhora o desempenho do tratamento, mas também contribui para a gestão sustentável dos recursos e proteção ambiental na indústria de embalagens.

Neste cenário, o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do sistema reator UASB seguido por lodos ativados no tratamento de efluentes da indústria de embalagens. A pesquisa buscará comparar a eficácia dos processos combinados em termos de remoção de poluentes e qualidade do efluente tratado, além de identificar as melhores práticas para a implementação dessa abordagem integrada. O estudo visa fornecer uma análise detalhada das vantagens e limitações do sistema combinado, contribuindo para a adoção de práticas mais sustentáveis e eficazes no tratamento de efluentes industriais.



METODOLOGIA

Local de pesquisa

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria de produção de embalagens plásticas com capacidade instalada de 14 toneladas por dia localizada no estado de Minas Gerais.

A estação de tratamento de efluentes (ETE) foi dimensionada para atender a demanda de efluentes gerados pela a indústria e pelo esgoto sanitário gerado pelos colaboradores.

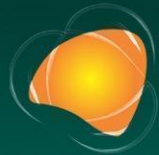
A ETE é composta de grade média, calha parshall, estação elevatória, reator anaeróbio UASB sistema de lodos ativados.

Todos os efluentes gerados na indústria e os sanitários são encaminhados para uma estação elevatória e posteriormente para a ETE.

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 | Lodos Ativados |
|------------------------------|--|--|
| Vazão | 4,5 m ³ /d | 4,5 m ³ /d |
| Volume | 10 m ³ | 10 m ³ |
| Tempo de Detenção Hidráulica | 2,2 dias | 2,2 dias |
| Carga Orgânica Volumétrica | 0,30 kgDQO/m ³ .dia | 0,12 kgDQO/m ³ .dia |
| Carga Hidráulica Volumétrica | 0,45 m ³ /m ³ .dia | 0,45 m ³ /m ³ .dia |
| Velocidade Ascensional | 0,10 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.

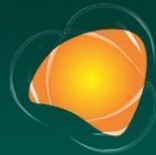
As amostras coletadas foram acondicionadas e transportadas, de maneira a manter suas características até o laboratório, sendo realizadas no Laboratório de Saneamento do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da UFMG.

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

Conforme indicado na tabela 1, os valores de pH não apresentaram variações significativas no esgoto bruto e tratado, mantendo-se dentro da faixa de neutralidade. As análises revelaram uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 381 mg/L e de Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 660 mg/L no esgoto bruto, valores estes característicos de esgoto sanitário (von sperling,), o que aponta para uma carga orgânica aplicada baixa. Após o tratamento, a DBO foi reduzida para 60 mg/L, e a DQO 180 mg/L, atendendo o padrão de lançamento da Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 08/2022.

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

| Parâmetros | Esgoto Bruto | Esgoto Tratado | Parâmetros |
|------------|--------------|----------------|----------------|
| pH | 7,3±0,5 | 7,3±0,5 | Entre 5 - 9 |
| DBO | 381±122 | 60±19 | Inferior a 60 |
| DQO | 660±202 | 180±37 | Inferior a 180 |
| SST | 337±187 | 80±40 | Inferior a 100 |
| Ssed | 11,6±7,2 | 0,10±0,00 | Inferior a 1 |
| OGM | 14±4 | 6±1 | Inferior a 20 |
| OGVA | 54±19 | 12±6 | Inferior a 50 |
| Surf. | 3,1±2,4 | 0,9±0,8 | Inferior a 2 |
| EF DBO | - | 84,0±9,8 | Mínimo 85 |
| EF DQO | - | 74,0±16,9 | Mínimo 80 |

Observa-se também que todos os outros parâmetros atenderam também o padrão de lançamento da Deliberação Normativa COPAM/CERH nº 08/2022.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Nas Figuras 1 e 2 são mostradas as variações dos parâmetros EF DBO e EF DQO do efluente tratado durante o período experimental.

Gráfico 1. Variações da Eficiência de Remoção de DBO no Sistema reator UASB seguido por lodos ativados durante o período experimental.

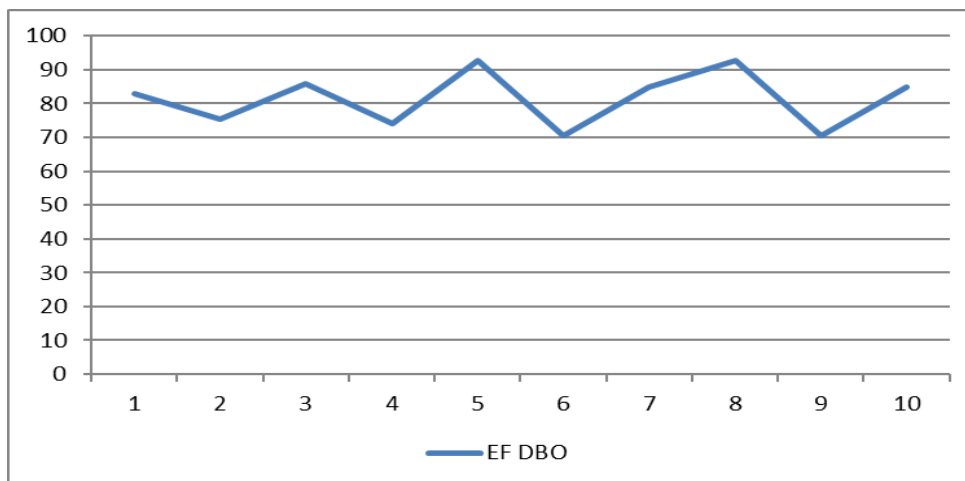
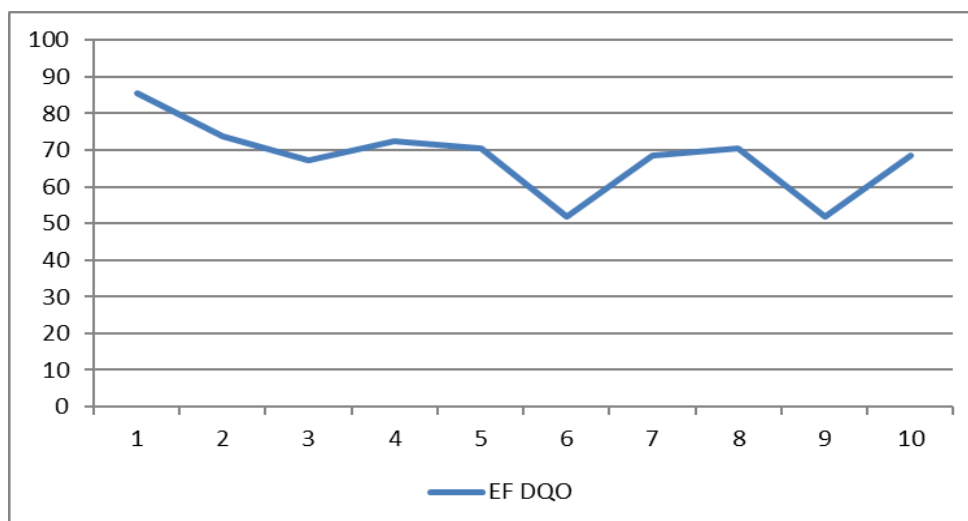
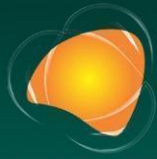


Gráfico 2. Variações da Eficiência de Remoção de DQO no Sistema reator UASB seguido por lodos ativados durante o período experimental.





EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Além disso, a Demanda Química de Oxigênio (DQO) apresentou um valor de 660 ± 202 mg/L na entrada e caiu para 198 ± 50 mg/L após o tratamento, resultando em uma redução de cerca de 70%.

Essa diminuição confirma a eficiência do sistema em remover substâncias que consomem oxigênio.

Os Sólidos Suspensos Totais (SST) foram medidos em 337 ± 187 mg/L na entrada, enquanto na saída esse valor foi reduzido para 102 ± 58 mg/L, representando uma diminuição de aproximadamente 70%.

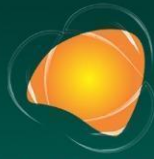
Observou-se que o pH da água de entrada foi registrado em $7,3 \pm 0,5$, mantendo-se constante após o tratamento. Essa estabilidade é positiva, pois indica que o tratamento não afetou a neutralidade da água, essencial para a vida aquática.

Os parâmetros relacionados a óleos e gorduras também mostraram melhorias. A presença de Óleos e Gorduras Materiais (OGM) foi de 14 ± 4 mg/L na entrada e foi reduzida para 6 ± 1 mg/L na saída, resultando em uma diminuição de cerca de 57%. A concentração de Óleos e Graxas Voláteis (OGVA) também foi reduzida de 54 ± 19 mg/L para 12 ± 6 mg/L, uma diminuição de aproximadamente 78%, o que demonstra um tratamento eficaz na remoção desses contaminantes.

A análise dos sedimentos revelou um valor de $11,6 \pm 7,2$ mg/L na entrada, que foi praticamente eliminado, com a saída apresentando apenas $0,10 \pm 0,00$ mg/L. Essa remoção quase total dos sedimentos demonstra a eficácia do tratamento na eliminação de partículas sólidas.

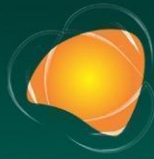
Os índices de eficiência para DBO e DQO foram de $81,4 \pm 8,4\%$ e $68,1 \pm 10\%$, respectivamente, reforçando a conclusão de que o sistema de tratamento está operando de forma eficiente.

A comparação entre os dados de entrada e saída são fundamentais para avaliar a eficácia do tratamentos. Esses resultados destacam a importância do sistema reator UASB seguido por lodos ativados no tratamento de efluentes, garantindo que a água tratada atenda aos padrões necessários para a proteção dos recursos hídricos. (RODRIGUES LS,. et. al.,2009).



CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

A combinação do reator UASB com lodos ativados se mostrou eficiente no tratamento de efluentes da indústria de embalagens, alcançando altos índices de remoção de DBO e DQO. O sistema atendeu aos padrões legais exigidos, demonstrando sua eficácia na mitigação de impactos ambientais. Além disso, a produção de biogás pode contribuir para a sustentabilidade, servindo como uma fonte renovável de energia. Essa abordagem integrada não apenas melhora a qualidade do efluente tratado, mas também destaca a importância de práticas sustentáveis na gestão dos recursos hídricos. Portanto, essa estratégia representa uma alternativa promissora para o tratamento de efluentes industriais.



REFERÊNCIAS

APHA/AWWA/WEF. **Standard Methods for the Examination of water and wastewater**, 20 ed. Washington, D. C. 1998.

ANGELIDAKI, I.; ELLEGAARD, L. *Application of the UASB reactor in the treatment of industrial and municipal wastewater*. Water Research, v. 37, n. 16, p. 4121-4130, 2003.

CHERNICHARO, C. A. L.; RIBEIRO, D. F.; FERRAZ, A. G. *Reatores UASB no Brasil: evolução tecnológica e perspectivas*. Revista DAE, v. 214, p. 25-36, 2018.

DROSTE, R. L. *Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment*. John Wiley & Sons, 1997.

LETTINGA, G.; HULSHOFF POL, L. W. *UASB-process for treatment of industrial wastewater: design considerations and operational aspects*. Water Science and Technology, v. 24, n. 8, p. 21-31, 1991.

RODRIGUES LS, SILVA IJ, SANTOS RLH, GOULART DB, OLIVEIRA PR, VON SPERLING M, FONTES DO (2009) Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós- tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 61:142—1433.