

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”
FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL - SP (Fatec-JB)
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE EFLUENTES DE REATORES UASB
UTILIZANDO SEMENTES DE *LACTUCA SATIVA*

ALESSANDRA MENDES

ORIENTADORA: DR.^a ROSE MARIA DUDA
CO-ORIENTADOR DR. ROBERTO ALVES DE OLIVEIRA

JABOTICABAL, S.P.

2024

ALESSANDRA MENDES

**AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE EFLUENTES DE REATORES UASB
UTILIZANDO SEMENTES DE *LACTUCA SATIVA***

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnóloga em **Biocombustíveis**.

Orientadora: Profa. **Dr.^a Rose Maria Duda**
Co-orientador: Prof. Dr. **Roberto Alves de Oliveira**

JABOTICABAL, S.P.

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Mendes, Alessandra

Avaliação da toxicidade de efluentes de reatores UASB utilizando sementes de Lactuca Sativa/ Alessandra Mendes. — Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, 2024. 23p.

Orientadora: Rose Maria Duda

Co-orientador: Roberto Alves de Oliveira

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal, 2024.

1. Biocombustíveis. 2. Biogás. 3 Digestão anaeróbia. I. Duda, R M. II.

ALESSANDRA MENDES

**AValiação DA TOXICIDADE DE EFLUENTES DE REATORES UASB
UTILIZANDO SEMENTES DE *LACTUCA SATIVA***

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnóloga em **Biocombustíveis**.

Orientador: Profa. Dr.^a Rose Maria Duda

Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Alves de Oliveira

Data da apresentação e aprovação: ____/____/____.

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA

Presidente e Orientador: Prof.^a Dr.^a Rose Maria Duda

Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Prof. Dr Valciney Gomes de Barros

**Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), Jaboticabal, SP,
Brasil**

Mestrando Mateus Augusto Ribeiro

**Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal,
SP, Brasil**

Local: Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Jaboticabal – SP – Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e saúde para concluir mais essa etapa,
Aos meus pais e irmãs por todo apoio e incentivo incondicionais;
À minha orientadora professora Dr.^a Rose Maria Duda pelo conhecimento, tempo e orientações concedidas;
À Fatec-JB e à Universidade Estadual Paulista – Unesp FCAV, gestores, professores, alunos e funcionários que contribuíram de alguma maneira para a realização desse trabalho;
À bolsa de iniciação científica oferecida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
Às minhas amigas de sala pelo companheirismo e lealdade.

Dedico esse trabalho à minha amada família e meus queridos amigos.

“Uma vida boa é aquela inspirada pelo amor e guiada pelo conhecimento”

(Bertrand Russel).

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são.”

-Aristóteles (368 a. C-322 a. C)

MENDES, Alessandra. **Avaliação da toxicidade de efluentes de reatores UASB utilizando sementes de *lactuca sativa***. Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 23 páginas. 2024.

RESUMO

Neste trabalho foi avaliado a toxicidade de efluentes de cinco sistemas de tratamento anaeróbio, utilizando sementes de *lactuca sativa* (alface). Os sistemas anaeróbios eram constituídos por reatores anaeróbios de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB), em série. Os reatores UASB foram utilizados para a codigestão de vinhaça, melaço e torta de filtro (sistema 1); resíduo vegetal (RV) e águas residuárias da bovinocultura leiteira (sistema 2); RV, vinhaça e torta de filtro (sistema 3); RV e águas residuárias da suinocultura (sistema 4) e RV e biochar (sistema 5). Observa-se que ocorreu a diminuição da toxicidade dos efluentes do R1, comparados com o afluente, testados sem diluição para os sistemas 1, 3 e 5. Observa-se que a inibição foi menor que 20% para o R1, nos sistemas 1 e 3 para todas as diluições observadas. Para os efluentes do R2, observou-se um aumento na toxicidade, comparado com o afluente e R1, para os sistemas 1, 2 e 3, para todas as diluições. O aumento da toxicidade no R2, comparado com o R1, pode ter ocorrido, em virtude da geração de compostos recalcitrantes.

Palavras-chave: Alface. Biogás. Bioensaios. digestão anaeróbia. Efluentes.

MENDES, Alessandra. **Evaluation of the toxicity of effluents from UASB reactors used with lactuca sativa seeds.** Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 23 p. 2024.

ABSTRACT

This study evaluated the toxicity of effluents from five anaerobic treatment systems using lactuca sativa (lettuce) seeds. The anaerobic systems consisted of upflow anaerobic sludge blanket reactors (UASB) in series. The UASB reactors were used for the co-digestion of vinasse, molasses and filter cake (system 1); vegetable waste (VW) and wastewater from dairy farming (system 2); VW, vinasse and filter cake (system 3); VW and wastewater from swine farming (system 4) and VW and biochar (system 5). It was observed that there was a decrease in the toxicity of the effluents of R1, compared to the influent, tested without dilution for systems 1, 3 and 5. It was observed that the % inhibition was less than 20% for R1, in systems 1 and 3 for all dilutions observed. For the effluents of R2, an increase in toxicity was observed, compared to the influent and R1, for systems 1, 2 and 3 for all dilutions. The increase in toxicity in R2, compared to R1, may have occurred due to the generation of recalcitrant compounds.

Keywords: Biogas. Bioassays. Lettuce. anaerobic digestion. effluents.

1 INTRODUÇÃO

A busca por fontes de energia alternativas aos combustíveis fósseis é objeto de pesquisa recorrente. Além de se constituírem em recursos não-renováveis e limitados, a produção e uso de combustíveis de origem fóssil estão relacionados à emissão de poluentes atmosféricos. Nesse contexto, os biocombustíveis destacam-se como alternativa de energia mais limpa e renovável, em substituição às fontes de energia convencionais (PENTEADO et al. 2017).

A busca por fontes renováveis e limpas surge como alternativa para reverter, controlar e mitigar os problemas causados pelos Gases de Efeito Estufa (GEE). A biomassa é uma das maiores fontes de energia disponíveis nas áreas rurais e agroindustriais, destacando-se os resíduos vegetais, resíduos da produção animal e subprodutos da indústria sucroenergética.

A degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica produz uma mistura gasosa de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) chamada biogás. O processo biológico anaeróbio de conversão de matéria orgânica constitui-se uma opção viável para redução da carga orgânica e para o aproveitamento do potencial energético dos resíduos vegetais, subprodutos da indústria sucroenergética, como a vinhaça, melaço e torta de filtro e da produção animal, como os gerados na suinocultura e bovinocultura leiteira. A digestão anaeróbia reduz a carga poluidora sem perda do potencial de fertilização e gera biogás, combustível gasoso com conteúdo energético elevado que pode ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica (LONGO, 2015).

No intuito de melhorar a geração de biogás e o a eficiência do processo anaeróbio, tem-se adotado a co-digestão anaeróbia, que consiste na mistura de dois ou mais resíduos para a adequação nutricional e de carga orgânica. Neste trabalho foi realizado a co-digestão de vinhaça com melaço e torta de filtro, a co-digestão de resíduos vegetais as águas residuárias da bovinocultura leiteira, vinhaça, suinocultura e biochar.

Anualmente, são desperdiçados aproximadamente 45% das 1,5 bilhões de toneladas de frutas e vegetais produzidos no mundo (FAO, 2013). No Brasil os vegetais que apresentam maiores perdas na pós-colheita são a banana e o tomate, com 60% e 86%, respectivamente (HENZ E MORETTI, 2005; LICHTENBERG, ET AL., 2008).

A vinhaça é o principal subproduto oriundo da produção de etanol, e estima-se que a geração varia na média a 10 a 15 L de vinhaça por litro de etanol (ARAÚJO, 2017). Segundo Barros (2016), a vinhaça sai da coluna de destilação com temperatura em torno de 90 °C e pH entre 3 e 4. É constituída por 94-97% de água, Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , melanoidinas e quantidades residuais de açúcar, álcool e componentes voláteis como clorofórmio, pentaclorofenol, fenol e

cloreto de metileno, e a quantidade dessas substâncias depende da matéria-prima e do processo de produção do etanol.

O melaço é considerado um subproduto da etapa de centrifugação no processo de fabricação de açúcar, produzido a uma taxa de aproximadamente 35,5 kg por tonelada de cana processada, e que está comercialmente disponível (CASTAÑEDA-AYARZA e CORTEZ, 2017). A torta de filtro, subproduto da indústria sucroenergética, é uma alternativa interessante, podendo reduzir os custos dispensando o uso de compostos químicos industrializados na digestão anaeróbia.

Os resíduos das atividades suínolas e bovinas destacam pelas suas boas relações econômicas, industriais e contribuições científicas. Porém, PLETSCHE et al., (2016) afirmam que dejetos gerados nas atividades de suinocultura e bovinocultura apresentam um potencial poluidor muito elevado, face à grande quantidade de contaminantes presentes nestes, principalmente aos recursos hídricos, quando mal manejados.

Entre os reatores anaeróbios difundidos, destaca-se o reator anaeróbio de fluxo ascendente, com manta de lodo (UASB). O projeto do reator é bastante simples e não requer equipamentos sofisticados. Segundo RODGERS et al., (2008) os reatores anaeróbios, como o UASB são caracterizados pela capacidade em reter grandes quantidades de biomassa microbiana, permitir a aplicação de baixos tempos de retenção hidráulica (TRH) e elevadas cargas orgânicas volumétricas (COV), o que difere dos sistemas de tratamento convencionais. A maioria dos trabalhos investigam a produção de biogás e a qualidade nutricional dos efluentes, mas existe a necessidade da avaliação da ecotoxicidade. Segundo Beckett e Davis (1977) e Davis et al. (1978) apud Recio et. Al., (2019) o termo fitotoxicidade está normalmente associado ao fenômeno de acumulação, nos tecidos das plantas, de substâncias potencialmente nocivas, em níveis que podem afetar o seu crescimento e desenvolvimentos ótimos. Os ensaios de germinação e crescimento constituem os métodos mais comuns para avaliar a fitotoxicidade e têm por objetivo detectar o efeito da presença de substâncias com efeito fitotóxico em composto que podem estar presentes quando o processo de tratamento não decorre corretamente.

Os testes de ecotoxicidade contribuem com a caracterização de matrizes complexas, visto que permitem a classificação das amostras quanto ao nível de toxicidade que apresentam aos organismos em que são testados (BETTIOL, 2016). A toxicidade utilizando vegetais vem sendo aplicada na avaliação de efluentes industriais, compostos biossólidos, efluentes de biorreatores anaeróbios e qualidade de águas, analisando-se o efeito desses sobre o

crescimento radicular de diferentes espécies de plantas na etapa inicial do desenvolvimento vegetal (GUEVARA et al., 2019 apud Souza et al., 2022). Órgãos como US Environmental Protection Agency (USEPA, 1996), International Organization for Standardization (ISO, 1995) e Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, 2003) orientam o uso de sementes de *Lactuca sativa* (alface) para os bioensaios de fitotoxicidade, o que não é uma realidade nos órgãos de regulamentação ambiental no Brasil, pois, não possuem padronização estabelecida para esse tipo de teste (SILVA et al., 2021). Dentre as espécies de plantas a *L. sativa* é a mais usada em processos de bioensaios, sendo utilizada como bioindicador para detecção de toxicidade da água em sementes apresentando maior sensibilidade (BUFALO et al., 2012).

2. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar a qualidade dos efluentes quanto à toxicidade dos reatores UASB, em série, utilizados na codigestão anaeróbia de vinhaça, torta de filtro e melaço e codigestão de resíduos vegetais com águas residuárias água residuária da bovinocultura leiteira, vinhaça, suinocultura e biochar, utilizando sementes de *Lactuca sativa* como bioindicador de fitotoxicidade.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Saneamento Ambiental, do Departamento de Engenharia, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, SP.

As amostras dos afluentes e efluentes dos reatores UASB foram coletadas de cinco sistemas anaeróbios compostos por reatores UASB, em série, conforme descrito na Tabela 1. Os reatores foram construídos com tubos de PVC, com separadores de fases na forma de Y, com ângulo de 45° em relação à vertical (CAVALCANTI et al., 1999).

A codigestão anaeróbia da vinhaça (V) e melaço de cana-de-açúcar (M) do sistema 1, foi realizada utilizando-se 50%V:50%M em termos de demanda química de oxigênio. No sistema 2, o afluente dos reatores UASB eram compostos, em volume, por 4,32% de resíduo vegetal (RV) e 7,14% de água residuária da bovinocultura leiteira. No sistema 3 foi utilizado como afluente 5% de RV, em volume e 5 L de vinhaça. Já no sistema 4 foi utilizado, em volume, 10% de RV e 25% de água residuária de suinocultura. No sistema 5, o afluente era composto

por 0,625 g (L d)⁻¹ de biochar e 3% em volume de RV. Nos sistemas 1 a 5, os substratos foram diluídos com o efluente do R2, para o aproveitamento da alcalinidade.

Tabela 1. Descrição dos sistemas experimentais utilizados para a determinação da toxicidade do afluente e efluentes utilizando a sementes de *Lactuca sativa* com os volumes (em litros-L) dos UASB-R1 e UASB-R2.

Sistemas	Afluente	R1 (L)	R2 (L)
1	Vinhaça+melaço+torta de filtro+RR	12,6	5,6
2	Água residuária da bovinocultura leiteira + resíduo vegetal + RR	12,6	5,6
3	Vinhaça + resíduo vegetal + torta de filtro	214,0	115,0
4	Água residuária de suinocultura + resíduo vegetal + RR	214,0	115,0
5	Biochar + resíduo vegetal +RR	12,6	5,6

RR: efluente do R2, recirculado; R1: UASB-R1; R2:UASB-R2.

O RV era composto por 70% de tomate e 30% de bananas, coletadas em mercados e varejões da região de Ribeirão Preto. As bananas e tomates foram triturados em liquidificador e posteriormente passados em peneira com malha de 2 mm. O biochar foi obtido da pirólise de cascas de bananas secas e pirolisadas a 450 °C, por 2 horas. A vinhaça, melaço e torta de filtro foram obtidas em uma Usina sucroenergética da região de Ribeirão Preto. As águas residuárias da bovinocultura leiteira e da suinocultura foram coletadas nas instalações dos animais, na Unesp de Jaboticabal.

A metodologia adotada para o teste de toxicidade seguiu as recomendações de SOBRERO e RONCO (2004) e encontra-se descrita na Tabela 1.

Tabela 2 Condições do teste de inibição do crescimento radicular das plântulas de *L. sativa*.

Requisitos	Espécie
Organismos-teste	<i>Lactuca sativa</i>
Ensaio	Estático
Período de exposição	120 h
Solução de diluição	Água destilada
Volume de solução-teste/recipiente	4 mL
Número de organismos por recipiente-teste	10
Número de réplicas por solução-teste	Três
Temperatura	22 °C
Fotoperíodo	Escuro
Efeito observado	Inibição no desenvolvimento plântular radicular e germinação

Para a realização dos ensaios, foi utilizado um mesmo lote de sementes de alface, variedade americana, da Blueline, livre de agrotóxicos, grau de pureza de 99,9% e com taxa de germinação de 98% (Figura 1).

O teste consistiu em dispor, de forma equidistante, 10 sementes de alface em frasco com tampa telada, sobre papel de filtro embebido com 4 mL da solução, em triplicatas (Figura 2), em seguida, acondicionadas em câmara de DBO a $22 \pm 1^\circ\text{C}$, por 120 horas.

Figura 1 – Sementes de alface utilizadas nos testes de toxicidade.

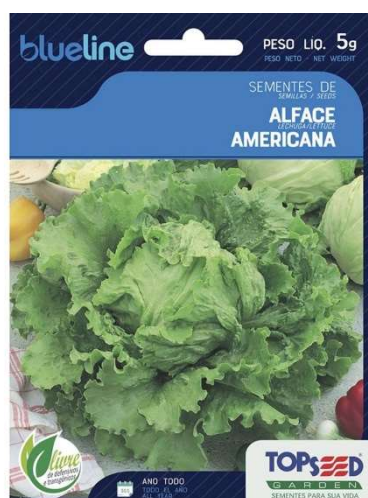


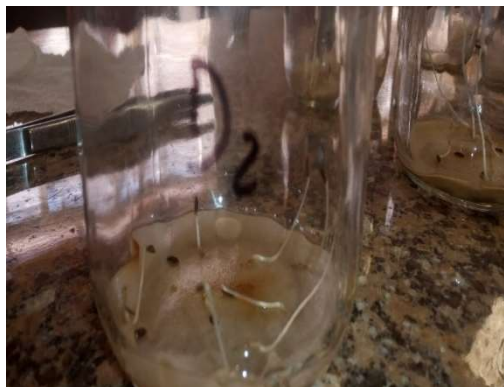
Figura 2 – Sementes de alface nos frascos sobre o papel de filtro para a realização do ensaio de toxicidade.



Para os ensaios de toxicidade foram testados os afluentes e efluentes dos reatores UASB, R1 e R2, descritos na Tabela 1. Os afluentes e efluentes foram testados sem diluição, diluídos 20% (10 mL amostra em balão de 50 mL) e 50% (25 mL de amostra em balão de 50 mL) em água destilada.

Um controle negativo composto por solução de ZnSO_4 0,05 N e um controle positivo com água destilada foram preparados nas mesmas condições. Após o período de exposição de 120 h, o comprimento da radícula e do hipocótilo de cada uma das plântulas foi aferido, bem como o número de sementes germinadas (Figura 3). As radículas das sementes foram medidas com utilização de uma régua de resolução de 0,1 mm.

Figura 3 – Sementes de alface nos frascos sobre o papel de filtro após o período de incubação.



Foram consideradas para efeito de medida, as sementes que apresentaram crescimento radicular maior ou igual a 5 mm.

Os dados provenientes das medições foram utilizados para os cálculos de índice de germinação (IG), conforme equação abaixo:

$$IG \% = \frac{\text{Número de sementes germinadas}}{\text{Número total de sementes}} \times 100$$

A partir índice de germinação foi calculado o índice de inibição (% inibição), subtraindo-se de 100 o IG%. No afluente e efluentes dos reatores UASB foi realizado também a demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal e pH, conforme metodologias descrita por APHA et al., (2005), alcalinidade total por metodologia descrita por JENKINS et al., (1983) e ácidos voláteis (DiLallo and Albertson, 1961).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão apresentados os valores de pH, demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total (AT), ácidos voláteis totais (AVT) e de nitrogênio amoniacal (N-am.), no afluente e efluentes, dos sistemas de tratamento 1 a 5.

Tabela 2. Valores de pH, demanda química de oxigênio (DQO), alcalinidade total (AT), ácidos voláteis totais (AVT) e de nitrogênio amoniacal (N-am.), nos sistemas de tratamento compostos pelos reatores UASB em série, del a 5.

Sistemas		Afluente	R1	R2
1	pH	7,22	7,85	8,03
	DQO	15058	9550	6700
	AT	2688	4796	5033
	AVT	1128	408	228
	N-am.	120	175	206
2	pH	5,37	6,82	7,30
	DQO	7000	4638	3515
	AT	391	378	580
	AVT	690	409	372
	N-am.	47	38	46
3	pH	7,65	6,32	6,63
	DQO	5350	3425	3475
	AT	942	946	792
	AVT	504	936	828
	N-am.	200	168	199
4	pH	6,33	7,33	7,41
	DQO	19400	5500	5308
	AT	1596	1659	1840
	AVT	1590	1284	750
	N-am.	208	225	223
5	pH	6,40	7,88	7,93
	DQO	7217	5597	4467
	AT	1468	1596	1440
	AVT	1068	966	780
	N-am.	96	139	180

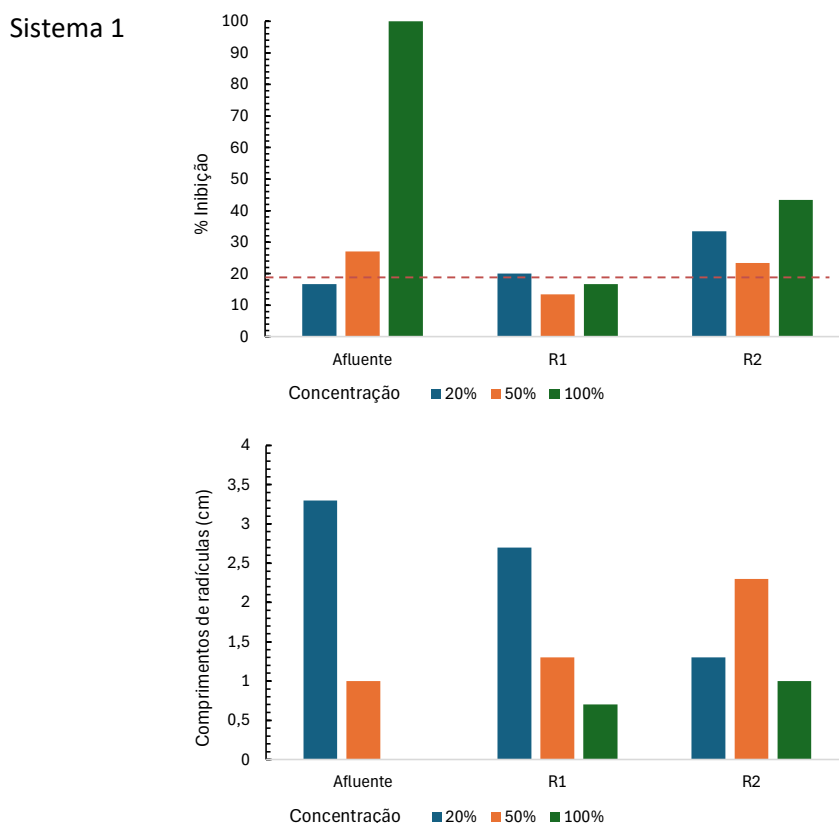
Sistema 1: Codigestão de vinhaça, melaço e torta de filtro; Sistema 2: codigestão de resíduo vegetal e águas residuárias da bovinocultura leiteira; Sistema 3: Codigestão de resíduo vegetal, vinhaça e torta de filtro; Sistema 4: Codigestão de resíduo vegetal e água residuária de suinocultura; Sistema 5: Codigestão de resíduo vegetal e biochar.

Os reatores normalmente possuem como objetivo a conversão do material orgânico em biogás. No entanto, é necessário avaliar também a toxicidade dos efluentes gerados nos reatores anaeróbios.

A toxicidade é o potencial de uma substância de gerar danos preocupantes tanto para a saúde humana, quanto para o desenvolvimento de plantas e a biodiversidade de microrganismos. A fase germinativa de uma planta é determinada por uma série de eventos fisiológicos por meio de funções metabólicas onde a água é a principal via. Portanto, a água contaminada compromete a germinação, fazendo com que a influência de contaminantes tóxicos seja empregada como precursor de toxicidade (ASAHIDE et al., 2012 apud BUFALO et al., 2012).

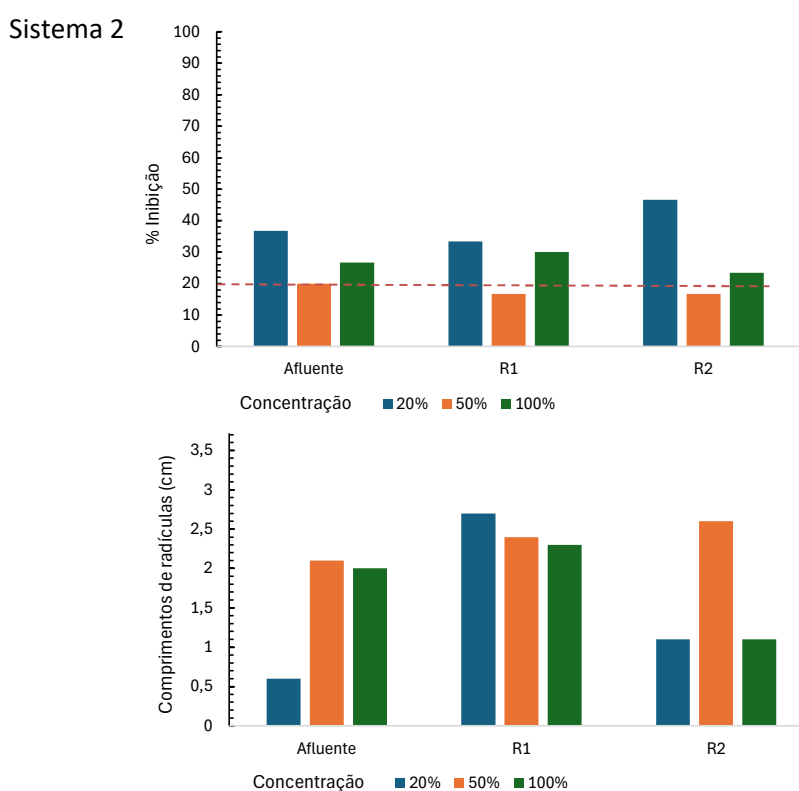
No sistema 1, foi realizado a codigestão da vinhaça, melaço e torta de filtro. O afluente do sistema 1, sem diluição inibiu todas as sementes da alface, indicando toxicidade aguda (Figura 4). A vinhaça possui elevada carga orgânica, em virtude da presença de compostos fenólicos, glicerol, etanol, melanoidinas, açúcares, ácidos graxos voláteis e outros (WILKIE et al., 2000), e isso pode ter contribuído para a toxicidade.

Figura 4. Inibição das sementes e comprimento das radículas da *Lactuca sativa* submetidas ao afluente e efluentes dos reatores UASB sem diluição (100%) e diluídas (20 e 50%), codigerindo vinhaça, melaço e torta de filtro (sistema 1).



Observa-se que ocorreu a diminuição da toxicidade dos efluentes do R1, testados sem diluição para os sistemas 1, 3 e 5 (Figuras 4, 6 e 8). Para os sistemas 3 e 5, a toxicidade aumentou, indicando que para esses sistemas o efluente do R1, para ser disposto deve ser diluído. Para os sistemas 1 a 5, observa-se a diminuição da inibição para os efluentes do R1, diluídos 50% (Figuras 4 a 8).

Figura 5. Inibição das sementes e comprimento das radículas da *Lactuca sativa* submetidas ao afluente e efluentes dos reatores UASB sem diluição (100%) e diluídas (20 e 50%), codigerindo resíduo vegetal e águas residuárias da bovinocultura leiteira (Sistema 2).



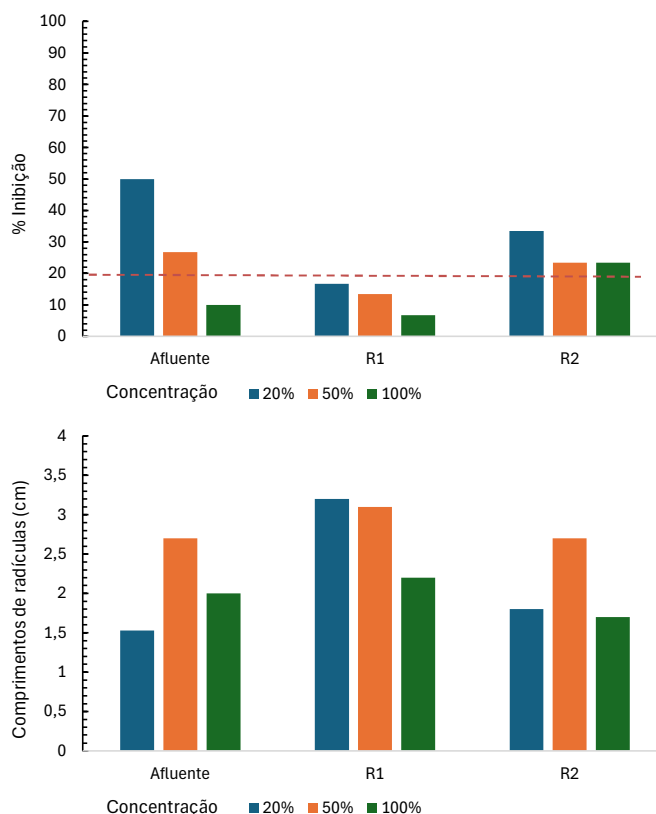
De acordo com Young et al. (2012), é considerada tóxica a amostra que inibiu o crescimento das sementes com resultado de IG abaixo de 80%, ou seja, quando a % inibição for maior que 20%. Observa-se que a inibição foi menor que 20% para o R1, nos sistemas 1 e 3, para todas as diluições observadas. Ou seja, mesmo com a diminuição da toxicidade do R1 em relação ao afluente, nos sistemas 2, 4 e 5, ainda é considerado tóxico.

Para os efluentes do R2, observou-se um aumento na toxicidade, comparado com o afluente e R1. Exceto para o sistema 4, quando o efluente foi diluído 20% e no sistema 5, sem diluição e 50% diluído, e que de acordo com Young et al. (2012), não tóxicas. O aumento da

toxicidade no R2, comparado com o R1, pode ter ocorrido, em virtude da geração de compostos recalcitrantes.

Figura 6. Inibição das sementes e comprimento das radículas da *Lactuca sativa* submetidas ao afluentes e efluentes dos reatores UASB sem diluição (100%) e diluídas (20 e 50%), codigerindo resíduo vegetal, vinhaça e torta de filtro (Sistema 3).

Sistema 3



Os maiores comprimentos médios das radículas foram observados para o sistema 3, que tratava o resíduo vegetal, vinhaça e torta de filtro. E as menores radículas foram observadas no sistema 5, tratando resíduo vegetal e biochar. Isso pode ter ocorrido, em virtude da deficiência de nutrientes, que provavelmente estavam presentes nos efluentes dos outros sistemas, em virtude da presença da torta de filtro (sistema 1 e 3), águas residuária da bovinocultura leiteira (sistema 2) e suinocultura (sistema 4).

O tamanho da radícula poderá comprometer o desenvolvimento da planta, se este fosse levado até o final do ciclo produtivo, uma vez que a formação das raízes é essencial para um

bom desenvolvimento das plantas. A formação das radículas foi comprometida quando submetida ao contato dos efluentes mais concentrados, indicando toxicidade crônica.

Figura 7. Inibição das sementes e comprimento das radículas da *Lactuca sativa* submetidas ao afluente e efluentes dos reatores UASB sem diluição (100%) e diluídas (20 e 50%), codigerindo resíduo vegetal e água residuária de suinocultura (Sistema 4).

Sistema 4

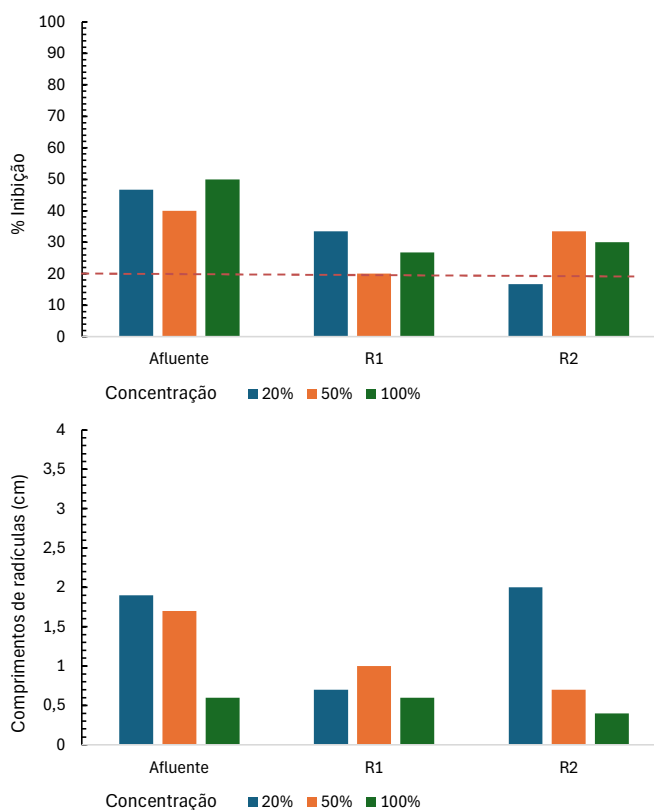
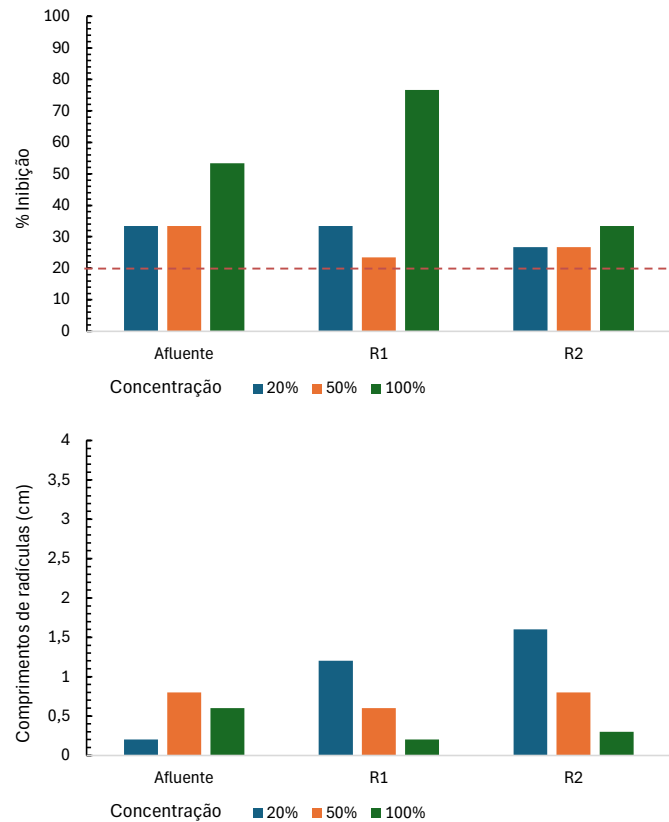


Figura 8. Inibição das sementes e comprimento das radículas da *Lactuca sativa* submetidas ao afluente e efluentes dos reatores UASB sem diluição (100%) e diluídas (20 e 50%), codigerindo resíduo vegetal e biochar (Sistema 5).

No controle negativo, onde foi usado Sulfato de Zinco 0,05 N, os resultados indicam que as sementes de alface foram totalmente inibidas de germinar quando expostas ao reagente. Duarte et al, (2022) ao avaliar a ecotoxicologia de efluentes industriais utilizando sulfato de alumínio como controle negativo obteve o mesmo resultado. No controle positivo onde foi utilizada água destilada todas as sementes germinaram, e isso evidencia que a água destilada não apresenta toxicidade para as sementes de *Lactuca sativa*.

Sistema 5



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os testes utilizando a *L. sativa* indicam para os sistemas utilizados, que o reator UASB-R1, pode ser uma alternativa interessante para redução da toxicidade comparado com o afluente. No entanto, mesmo com a diminuição da toxicidade do R1, comparado com o afluente, nos sistemas 2, 4 e 5, a percentagem de inibição foi maior que 20%. Para os efluentes do R2, observou-se um aumento na toxicidade, comparado com o afluente e R1. Exceto para os sistemas 4, quando o efluente (concentração de 20%) e no sistema 5, sem diluição e om concentração de 50% diluído. Estudos posteriores serão necessários para a compreensão desses resultados.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA, WPCF, 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21 th. ed. American Water Works Association/American Public Works Association/Water Environment Federation. American Public Health Association, Washington

DC, USA, Washington D. C.

ASAHIDE, C.A.et al. **Utilização de sementes de alface na avaliação da toxicidade de sais de metais potencialmente tóxicos**. Química ambiental 52º Congresso Brasileiro de Química. Recife/2012. Disponível em: <http://jornalold.faculadecienciasdavid.com.br/index.php/RBCV/article/view/518>. Acesso em: 15/09/2024.

BUFALO, Jennifer.et al. **Períodos de Estratificação na Germinação de Sementes de Alface (*Lactuca sativa* L.)Sob Diferentes Condições de Luz e Temperatura**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, n.3, p.931-940,mai.-jun., 2012. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/6619>. Acesso em 16/09/2024.

CASTAÑEDA-AYARZA, J.A., CORTEZ, L.A.B., 2017. Final and B molasses for fuel ethanol production and some market implications. **Renew. Sustain. Energy Rev.** 70, 1059–1065. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.010>

CAVALCANTI, P.F., SOUTO MEDEIROS, E.J., MENEZES SILVA, J.K., VAN HAANDEL, A., 1999. Excess sludge discharge frequency for UASB reactors. **Water Sci. Technol.** 40, 211–219. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00628-9](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00628-9)

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**. Produção de cana-de-açúcar cresce 10,9%, estimada em 677,6 milhões de toneladas na safra 2023/24.Conab.gov.br, 29/11/2023. Acesso em: 16 mar. 2024.

DiLallo, R., Albertson, O.E., 1961. Volatile Acids by Direct Titration. **Water Pollut. Control Fed.** 33, 356–365.

ESPANÃ-GAMBOA, E.; MIJANGOS-CORTES, J.; BARAHONA-PEREZ, L.; DOMINGUEZ-MALDONADO, J.; HERNÁNDEZ-ZARATE, G.; ALZATE-GAVIRIA, L.; **Waste Manage . Res.**2011 , 29, 1235.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION). Global Food Losses and Food Waste. 2013.

GUEVARA, M. D. F.; MELLO, A. G.; CORREA, E. K.; GUEDES, H. A. S.; CORREA, L. B.; NAZARI, M. T. Fitotoxicidade em águas residuárias domésticas utilizadas sementes como bioindicadores. Revista DAE. v. 67, n. 216, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.014>

JENKINS, S. R., MORGAN, J. M., SAWYER, L.C., 1983. Measuring Anaerobic Sludge Digestion and Growth by a Simple Alkalimetric Titration. **Water Pollut. Control Fed.** 55, 448–453.

LICHTEMBERG, L. A.; BOAS, E. V. B. V.; DIAS, M. S. C. Bananicultura irrigada: inovações tecnológicas. Informe Agropecuário, p. 92–110, 2008.

LONGO, Rodrigo Rodrigues. **Geração de metano em reator UASB: Avaliação de parâmetros de monitoramento para controle do processo de tratamento anaeróbio de vinhaça**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-13082015-102042/publico/Dissertacao_Rodrigo_Rodrigues_Longo.pdf. Acesso em: 15/03/2024.

PENTEADO, Mauricio Cabral et al. Análise do potencial de geração de biogás a partir da biodigestão anaeróbia da vinhaça e bagaço de cana. **Biofix Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 26-33, 2017. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328079631.pdf>. Acesso em: 07/02/2024.

PLETSCH, Lisiane Magali Matthes. O desenvolvimento sustentável nas atividades de suinocultura e bovinocultura nas propriedades do município de Três Passos-RS a partir de indicadores de desempenho. 2016. Acesso em: 8 set. 2024.

RODGERS, M.; PAOR, D.; CLIFFORD, E. Dairy washwater treatment using a horizontal flow biofilm system. *Journal of Environmental Management*, Londres, v. 86, n. 1, p. 114-120, 2008

SOBRERO, Maria Cecilia; RONCO, Alicia. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. **Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones**. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, p. 63-70, 2004. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/31808369/cap4.pdf>. Acesso em: 14/09/2024.

YOUNG et al. Toxicity of the effluent from an anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, n. 76, p. 182-186, 2012.

APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, Alessandra Mendes, RG 45.813.775-3, CPF 462.744.098-7, aluna regularmente matriculada no **Curso Superior de Tecnologia em Biocombustíveis**, da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), declaro que meu trabalho de graduação intitulado **Análise da remoção na codigestão anaeróbia para a produção de biogás em reatores UASB com sementes de *Lactuca sativa* é ORIGINAL.**

Declaro que recebi orientação sobre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tenho conhecimento sobre as Normas do Trabalho de Graduação da Fatec-JB e que fui orientado sobre a questão do plágio.

Portanto, estou ciente das consequências legais cabíveis em caso de detectado PLÁGIO (Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais, publicada no D.O.U. de 20 de fevereiro de 1998, Seção I, pág. 3) e assumo integralmente quaisquer tipos de consequências, em quaisquer âmbitos, oriundas de meu Trabalho de Graduação, objeto desse termo de originalidade.

Jaboticabal/SP, [inserir dia, mês e ano].

Assinatura da aluna

Alessandra Mendes

ANEXO A – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA/LABORATÓRIO ETC.

[Timbre da empresa]

DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO

Autorizamos para os devidos fins, o(a) senhor(a) [inserir nome do(a) aluno(a)], R.G. [00.000.000-0], a divulgar o nome, os dados e as fotos da Empresa/Laboratório etc. [inserir nome da empresa, laboratório etc.], CNPJ [00.000.000.000/000], em seu Trabalho de Graduação, intitulado [inserir título do trabalho], a ser apresentado na Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB).

O(a) aluno(a) compromete-se a não utilizar/divulgar, por nenhum meio, os demais dados confidenciais da referida empresa.

[Cidade/Estado, data].

Assinatura do responsável (reconhecer firma)

Nome do responsável

Cargo do responsável

R.G. do responsável

*CARIMBO COM CNPJ
DA EMPRESA*