

II-349 - TRATAMENTO BIOLÓGICO DE SUBPRODUTO GERADO NA PRODUÇÃO DE PROTEÍNA CONCENTRADA DE SOJA (MELAÇO DE SOJA) EM REATOR COMPARTIMENTO ANAERÓBIO-AERÓBIO (RCAA)

Bruna Sampaio de Mello⁽¹⁾

Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá. Pesquisadora do IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia/IQA). Mestranda em Química da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/ Instituto de Química *Campus* de Araraquara/SP).

Brenda Clara Gomes Rodrigues

Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia pela Universidade Federal de Tocantins. Pesquisadora do IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia/IQA). Doutoranda em Biotecnologia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP/ Instituto de Química *Campus* de Araraquara/SP).

Felipe Kreft Batista

Graduando de Engenharia Química pela Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP/ Instituto de Química *Campus* de Araraquara/SP).

Arnaldo Sarti

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de São Carlos. Pesquisador do IPBEN (Instituto de Pesquisa em Bioenergia/IQA). Professor Doutor do Departamento de Bioquímica e Tecnologia Química na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP/ Instituto de Química de Araraquara/SP).

Endereço⁽¹⁾: Av. Francisco Degni, 55 - Quitandinha - Araraquara - São Paulo - CEP: 14.800-900 - Brasil - Tel: +55 (16) 3301-9867 - Fax: +55 (16) 3301-9707 - e-mail:brunamello30@gmail.com

RESUMO

A soja é um dos maiores produtos de exportação do Brasil. Dentre os diversos produtos e subprodutos da cadeia da soja, o melaço de soja, obtido como subproduto da produção de concentrado proteico, ainda não possui um processo consolidado de disposição final. Neste trabalho, o objetivo principal é avaliar o potencial do tratamento biológico do melaço de soja a partir da digestão em um reator compartimentado anaeróbio/aeróbio. Para esta finalidade foi utilizado reator compartimentado composto de três câmaras anaeróbias e uma câmara aeróbia, sendo esta última para o polimento final do tratamento. Foram aplicadas quatro condições operacionais em termos da carga orgânica aplicada ($0,4$ a $2,0 \text{ kgDQO.m}^{-3}.\text{d}^{-1}$), sendo obtidos valores médios de eficiência de remoção de DQO superior a 95% e efluente final com valores com valores entre 32 e 103 $\text{mgO}_2.\text{L}^{-1}$.

PALAVRAS-CHAVE: Melaço de soja, Tratamento anaeróbio/aeróbio, reator compartimentado anaeróbio/aeróbio.

INTRODUÇÃO

O Brasil irá se tornar o maior produtor e exportador de soja no mundo durante a safra 2018/2019, tomando o posto dos Estados Unidos, com uma produção de grãos estimada em 113,5 milhões de toneladas. Do total a ser colhido, aproximadamente 44 milhões de toneladas do grão são destinadas para o consumo interno, sendo 17 milhões de toneladas direcionadas para produção de farelo de soja (CONAB, 2019). A soja, apesar de possuir um enorme valor comercial e de ser um dos produtos mais importantes da economia brasileira, está vinculada a uma gama de subprodutos e resíduos que não possuem, até o momento, destinação adequada ou efetivo valor comercial.

O melaço de soja é um exemplo de subproduto da indústria processadora de soja que ainda não possui alto valor agregado e não há tratamento adequado, e consolidado, para sua disposição final, sendo, atualmente, destinado a queima em caldeiras (AL LOMAN & JU, 2016). É um subproduto produzido concomitantemente com a obtenção do concentrado proteico de soja por meio de uma extração alcoólica dos açúcares a partir do farelo de soja desengordurado, resultando em um xarope marrom escuro rico em carboidratos (YANG & YU, 2013). Segundo Siqueira (2007), para cada tonelada de soja processada obtém-se 716 kg de farelo, sendo este utilizado para a obtenção de concentrados proteicos, e assim, gerando 156,06 kg de melaço de soja. Cerca de

60% do total dos sólidos solúveis encontrados no melaço são carboidratos, sendo que 58% destes representam açúcares digeríveis como a sacarose, glicose, frutose e galactose (QURESHI et al, 2001).

Devido a sua composição, a fermentação já foi estudada por diversos pesquisadores para a conversão dos carboidratos do melaço de soja a bio-produtos tais como ácido lático (MONTELONGO et al, 1993), ácido propiônico (YANG, et al, 2018), lipase (KAMIMURA et al, 2016) e sorolipídios (SOLAIMAN, et al, 2004). Além disso, a produção de biocombustíveis como o etanol e butanol também foram pesquisadas. Romão et al. (2012) e Letti et al. (2012) realizaram estudos onde avaliavam o potencial do melaço de soja na produção de etanol, através da fermentação alcoólica pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* e *Zymomonas mobilis*, respectivamente, em escala de laboratório. Entretanto, foram obtidos baixos rendimentos de produção devido a levedura não ser capaz hidrolisar por completo os oligossacarídeos (rafinose e estaquiose) presente no melaço.

Como opção alternativa e sustentável, o tratamento desse resíduo agroindustrial através da digestão anaeróbia tornou-se atraente uma vez que recentemente se verificou tal possibilidade (CITELLI et al, 2017). Esse resíduo, além de ser um subproduto com alta concentração de açúcares, contém nitrogênio, e outros macros e micronutrientes como o potássio, fósforo, magnésio, nutrientes essenciais para a digestão anaeróbia por microrganismos, principalmente bactérias e arqueias. Neste caso, com o intuito de tratamento e disposição adequada do melaço, foi utilizado o reator compartimentado anaeróbio-aeróbio (RCAA) como uma configuração que agrega as vantagens de ambos tratamentos biológicos anaeróbio e aeróbio.

Sistemas combinados que empregam o processo anaeróbio seguido por aeróbio estão sendo cada vez mais utilizados no tratamento de efluentes municipais e industriais (CHAN et al, 2009). Diversas estações de tratamento de efluentes no Brasil empregam reatores anaeróbios combinados com aeróbios em seus sistemas de tratamento. Segundo Vera et al (1999), processos anaeróbios-aeróbios podem reduzir em até oito vezes os custos de operação quando comparados com tratamento aeróbio somente, enquanto simultaneamente resultam em alta eficiência de remoção de matéria orgânica e reduzida geração de lodo.

O reator compartimentado anaeróbio (Anaerobic baffled reactor – ABR), ou simplesmente RCA, foi desenvolvido por McCarty e colaboradores na Universidade Stanford em 1981. O sistema consiste em um reator com múltiplas câmaras em série, onde o líquido flui de forma sequencial descendente e ascendente (BACHMANN et al, 1985), sendo geralmente descrito como reatores UASB em série (REYNAUD & BUCKLEY, 2016). Modelos mais modernos deste tipo de reator são compostos por câmaras perfeitamente isoladas entre si, cuja comunicação se dá através de tubulações de diâmetro reduzido, o que garante maior velocidade e TDH na comunicação entre os compartimentos inferior ao TDH das câmaras (SILVA et al, 2017).

RAC é considerado um promissor reator de alta taxa, que em duas décadas após sua criação, não conquistou muita popularidade. Entretanto nos últimos anos, suas inúmeras vantagens têm se destacado, mas ainda não é possível encontrar muitos exemplos em grande escala em funcionamento (REYNAUD & BUCKLEY, 2016). No Brasil, o primeiro RCA em escala real foi implantado por Barros e Campos (1992), em Cosmópolis-SP, em um sistema que tratava esgoto sanitário em reator composto por 3 câmaras.

Neste caso, com o intuito de tratamento e disposição adequada desse resíduo agroindustrial, foi utilizado o reator compartimentado anaeróbio-aeróbio (RCAA) como uma configuração que agrega as vantagens de ambos tratamentos biológicos anaeróbio e aeróbio.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho foi a avaliação do desempenho do reator compartimentado no tratamento de melaço de soja em quatro condições diferentes quanto a carga orgânica aplicada (0,4 a 2,0 kgDQO.m⁻³.d⁻¹), onde a concentração do substrato variou entre 800 a 4.000 mgO₂.L⁻¹ e com tempo de detenção hidráulico (TDH) de 48 horas.

MATERIAIS E MÉTODOS

a. Substrato (melaço de soja)

As principais características do melaço de soja estão apresentadas na Tabela 1. Tais características foram disponibilizadas pela Companhia Selecta S/A, produtora de farelo de soja que também forneceu o melaço de soja.

Tabela 1 - Principais características do melaço de soja.

Parâmetros	Valor (Unidade)	Parâmetros	Valor (Unidade)
Açúcares totais	400 mg kg ⁻¹	Rafinose	50 g kg ⁻¹
Carboidratos totais	53,2 g 100g ⁻¹	Sacarose	199 g kg ⁻¹
Fósforo	4150 mg kg ⁻¹	Sulfito	500 mg kg ⁻¹
Frutose	26 g kg ⁻¹	Cinzas	150 g kg ⁻¹
Galactose	4,64 g 100g ⁻¹	Manganês	5,5 mg kg ⁻¹
Glicose	6 g kg ⁻¹	Cálcio	100 mg kg ⁻¹
Lipídios totais	2,1 g 100g ⁻¹	Ferro	462 mg kg ⁻¹
pH	5,45	Sódio	400 mg kg ⁻¹
Proteína bruta	50 g kg ⁻¹	Cobalto	0,74 mg kg ⁻¹
Estaquiase	119 g kg ⁻¹	Magnésio	1300 mg kg ⁻¹

Fonte: Selecta S/A.

O melaço de soja “in natura” foi utilizado como principal fonte de matéria orgânica (DQO) para o processo de digestão anaeróbia e aeróbia no reator RCAA. Análises preliminares em relação à concentração a ser aplicada no reator foram obtidas por meio de análises de DQO, sendo realizadas 8 análises para verificar que 1,01 g.L⁻¹ de melaço bruto correspondem a um valor médio de 816,9 mgO₂ L⁻¹.

O substrato do reator foi composto, além do melaço de soja, de bicarbonato de sódio, como alcalinizante (1 a 3 g L⁻¹), e gotas de detergente, cerca de 0,04 mg L⁻¹ (fonte de fósforo). O melaço de soja foi diluído em água de abastecimento público e condicionado em tanque de alimentação de 20L (vidro). As diluições foram realizadas para obtenção dos valores de DQO entre de 800 e 4.000 mgO₂ L⁻¹.

b. Inóculo

O inóculo biológico (lodo) utilizado contém biomassa complexa e rica em micro-organismos responsáveis pela digestão anaeróbia. Este lodo foi proveniente de reatores UASB da estação de tratamento de esgotos do abatedouro Avícola Dacar (Tiete/SP). As três primeiras câmaras foram inoculadas com lodo biológico granular, aproximadamente 2 L, totalizando 6L no sistema anaeróbio. A câmara aeróbia não foi inoculada.

c. Aparato experimental

O sistema completo, conforme Figura 4.1, consistia em um tanque de alimentação de substrato (20L), uma bomba dosadora, reator compartimentado anaeróbio/aeróbio (RCAA), decantador (0,6L), compressor de ar e o tanque de efluente (20L).

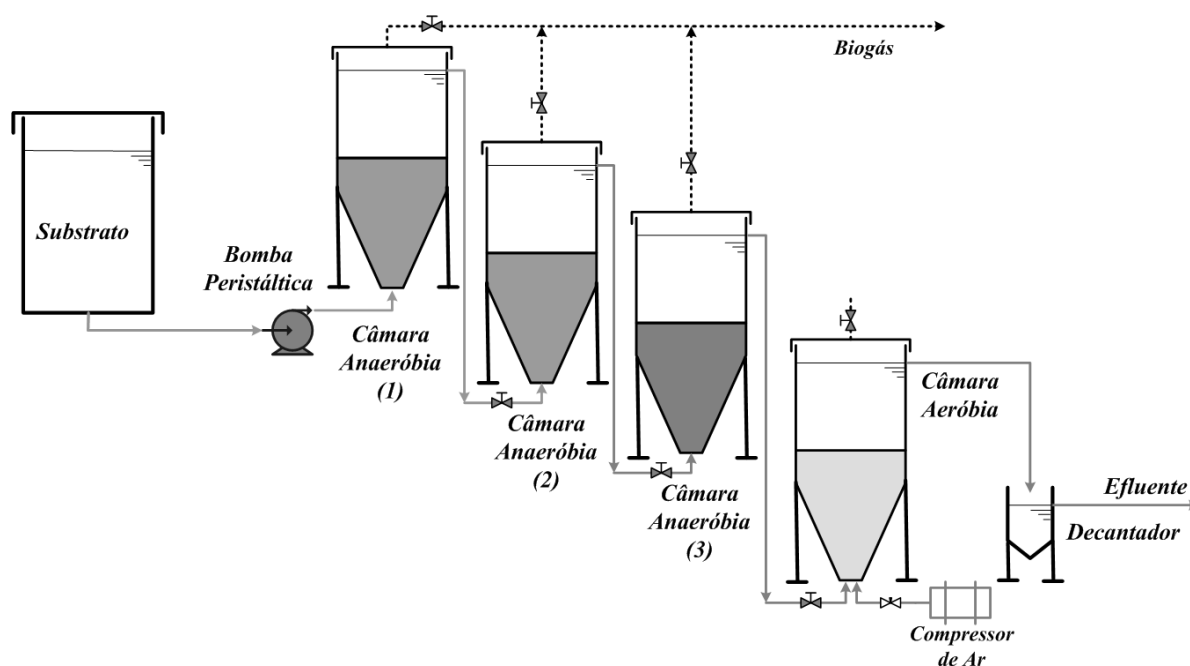


Figura 1 - Esquema do aparato experimental (reator compartimentado).

O reator foi montado e instalado nas dependências do laboratório de pesquisas nº 4 do IPBEN (Instituto de Pesquisas em Bioenergia), integrado ao Instituto de Química da UNESP – Araraquara. O RCAA era composto por três câmaras anaeróbias e uma aeróbia, de 5 L cada, perfazendo o volume útil de 20 L. As 4 câmaras de polietileno apresentam dimensões idênticas (formato e volume), forma cilíndrica e com fundo cônico, sendo esta última característica essencial para melhor sedimentação do lodo biológico. Estas câmaras foram conectadas por mangueiras (diâmetro de 3/4”) de plástico transparente que permitia visualizar o volume das mesmas. Pontos de coleta do efluente de cada câmara foram instalados na interconexão entre as elas, logo após a saída de cada, na parte superior da mesma. O efluente final era coletado na saída do decantador.

O sistema foi mantido em temperatura ambiente e para a alimentação foi utilizada bomba dosadora Grundfos DDE 6-10B. Ele foi montado com alimentação contínua na primeira câmara anaeróbia, de forma ascendente, sendo as câmaras subsequentes alimentadas por gravidade. O fornecimento de oxigênio para a câmara aeróbia foi realizado por meio de compressor de ar Maxxi Pro-2000 (0 - 5L.min⁻¹) para manutenção de concentração oxigênio dissolvido (OD) entre 2,0 e 2,5 mg L⁻¹. Este valor foi monitorado constantemente por um medidor de OD portátil Lutrom DO 5519.

Em relação a operação do sistema, aplicou-se tempo de detenção hidráulica (TDH) de 48 e cargas orgânicas volumétricas aplicadas (COVa) entre 0,43 e 1,95 kgDQO.m⁻³.d⁻¹, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Condições operacionais aplicadas ao RCAA.

Período (dias)	TDH (h)	Vazão (L.h ⁻¹)*	DQO _{total} (mg.L ⁻¹)*	Carga orgânica aplicada (kgCOD.m ⁻³ .d ⁻¹)*
I (17)	48	0,42±0,04	862,4±65,8	0,43±0,03
II (9)	48	0,41±0,03	1625,4±50,9	0,81±0,02
III (26)	48	0,41±0,03	3178,8±354,0	1,59±0,17
IV (21)	48	0,42±0,04	3907,9±436,2	1,95±0,20

Fonte: Autora.

d. Métodos analíticos

O desempenho do sistema foi avaliado por meio de análises da fase líquida e o lodo conforme Tabela 3. Na fase líquida (afluente e efluente), os parâmetros físico-químicos acompanhados ao longo do experimento foram: pH, temperatura, demanda química de oxigênio (DQO) total e filtrada, sólidos suspensos totais (SST) e

voláteis (SSV) de acordo com APHA (2005). A Alcalinidade à Bicarbonato (AB) e Ácidos Voláteis Totais (AVT) foram analisados conforme descrito por Ripley et al., (1986) e Dilallo & Albertson (1961), respectivamente. Estas análises de monitoramento foram feitas a partir da coleta de afluente e efluente de todas as quatro câmaras para as diferentes condições impostas ao reator. Em relação a lodo, foi analisado o teor de sólidos totais e voláteis do inóculo inicial.

Tabela 3 - Parâmetros analisados, seus respectivos métodos, frequência e bibliografia utilizada.

Parâmetros	Método de análise	Frequência	Referência
Temperatura	Termômetro de mercúrio	3x/semana	-
pH	4500 H+B	3x/semana	APHA, 2005
Alcalinidade	Titulação	3x/semana	RIPLEY et al, 1986
Ácidos voláteis	Titulação	3x/semana	Dilallo & Albertson, 1961
DQO	5220-B	3x/semana	APHA, 2005
Sólidos suspensos totais	2540-C	2x/semana	APHA, 2005
Sólidos suspensos voláteis	2540-E	2x/semana	APHA, 2005
Sólidos totais	2540 - B	Inóculo	APHA, 2005
Sólidos totais voláteis	2540 -D	Inóculo	APHA, 2005
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	Sonda portátil	3x/semana	APHA, 2005

Fonte: Autora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O reator foi mantido em operação contínua por 73 dias e em temperatura ambiente (22,6±1,1°C). O comportamento da unidade de tratamento a respeito da eficiência de remoção de matéria orgânica está demonstrado nas Figuras 2 e 3.

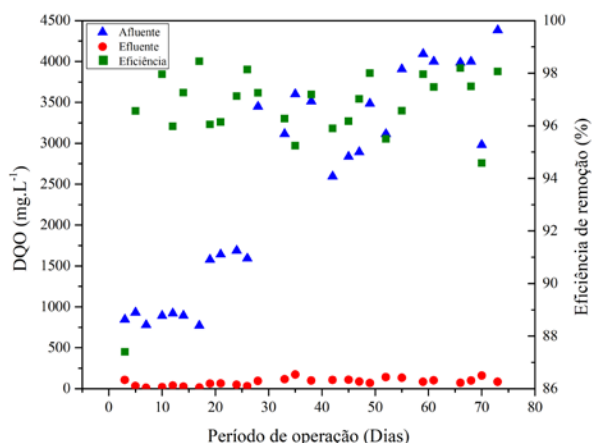


Figura 2: Eficiência de remoção de DQO do sistema anaeróbio ao longo do tempo de operação do RCAA.

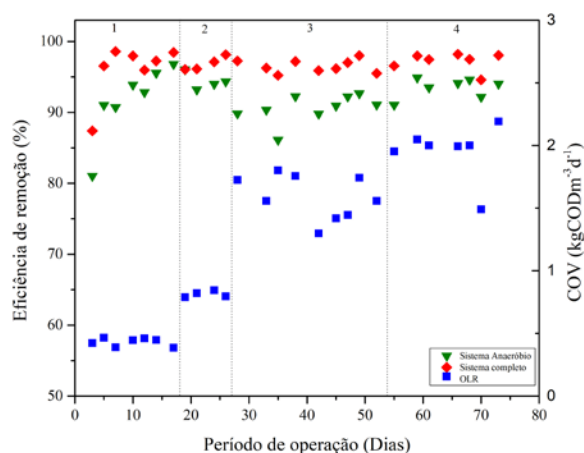


Figura 3: Eficiência de remoção de DQO em função da COVa durante o período de operação do RCAA.

A partir das análises de monitoramento, foi possível constatar que o sistema demonstrou boa adaptabilidade do inóculo ao substrato, durante a fase 1, apresentando valores médios de eficiência de remoção em termos de DQO acima de 90% (Figura 2) para o sistema anaeróbio (3 câmaras) e acima de 95% para o sistema combinado anaeróbio + aeróbio (Figura 3). Nas 4 primeiras fases operacionais o sistema apresentou elevadas médias de remoção de matéria orgânica, inclusive com o aumento da COVa, apresentando concentrações de DQO no efluente entre 72 a 252 mg.L⁻¹ para o sistema anaeróbio, e entre 32 e 103 mg.L⁻¹ para o sistema completo.

As Tabelas 3 e 4 mostram o comportamento de cada câmara em relação a DQO e a eficiência de remoção individual. Pode-se observar que o sistema apresentou rápida adaptação as mudanças operacionais, havendo pequena variação na eficiência de remoção de matéria orgânica em todas as câmaras. Além disso, observou-se que a câmara 1 apresentou eficiência de remoção superior a 55% durante todo o experimento, e que, com o aumento de carga orgânica, as câmaras 2 e 3 aumentaram gradualmente suas eficiências de remoção (Tabela 2).

Tabela 3: Performance do RCAA em relação as fases de operação.

Fase	DQO (mg.L-1)				
	Afluente	Efluente 1	Efluente 2	Efluente 3	Efluente 4
1	862 ± 64	268 ± 104	121 ± 65	72 ± 44	34 ± 33
2	1625 ± 1403	509 ± 355	198 ± 104	91 ± 21	47 ± 17
3	3083 ± 2719	1155 ± 309	507 ± 118	254 ± 83	101 ± 30
4	3908 ± 436	1679 ± 529	581 ± 181	252 ± 48	105 ± 32

De acordo com Reynaud e Buckley (2015), a separação do reator em compartimento se mostra como fator fortemente estabilizante, onde flutuações ou mudanças bruscas na alimentação são niveladas ao longo das câmaras sem afetar as câmaras finais onde geralmente as arqueias metanogênicas predominam, as quais possuem maior sensibilidade. A câmara aeróbia apresentou-se de maneira estável em relação a eficiência de remoção, ou seja, esta executou o polimento final do efluente anaeróbio. Wang et al (2009) obteve resultados similares em um RCAA de 4 câmaras no tratamento de água residuária da indústria processadora de batata, onde a primeira câmara removeu 72% da carga orgânica aplicada, e as duas câmaras seguintes 81%, sendo que o sistema anaeróbio foi capaz de reduzir até 93,2%.

Tabela 4: Eficiência de remoção de DQO do RCAA para as fases de operação.

Fase	Câmara 1 (C1)		Câmara 2 (C2)		Câmara 3 (C3)		Câmara Aeróbia (C4)	
	DQO _{total}	DQO _{filtrada}	DQO _{total}	DQO _{total}	DQO _{filtrada}	DQO _{filtrada}	DQO _{filtrada}	DQO _{filtrada}
1	68,2%	75,8%	56,4%	76,6%	42,0%	67,5%	54,3%	67,9%
2	69,9%	79,0%	61,1%	79,6%	48,9%	60,3%	54,1%	60,2%
3	55,0%	68,2%	55,4%	74,7%	53,5%	71,5%	62,7%	73,8%
4	59,7%	71,7%	65,4%	80,0%	55,8%	73,7%	57,7%	69,3%

Com relação a sistema aeróbio (compartimento aeróbio + decantador), sua eficiência de remoção foi relativamente menor que as câmaras anaeróbias, variando de 54,3% a 62,7%. Isso se deve a baixa concentração de substrato que a câmara recebeu ao longo do período de operação, conforme Tabela 3. De fato, esse sistema teve importância fundamental como uma etapa de polimento do efluente anaeróbio, garantindo baixa concentração de DQO no efluente final, que foram entre 34.4 mg L⁻¹ na fase 1 até 105 mg L⁻¹ na fase 4 conforme Tabela 3.

As concentrações de AB e AVT nos 4 compartimentos do reator estão apresentados nas Figuras 3 e 4. De forma geral, a concentração de AVT diminuiu desde a câmara 1 para a saída do reator. Com o aumento da carga orgânica, houve um significativo aumento da concentração de AVT do afluente, atingindo valores superiores a 1000 mgHAc.L⁻¹ nas fases 3 e 4. É possível observar que a câmara 1 foi responsável por consumir aproximadamente 60% dos ácidos presentes no substrato, mesmo quando a concentração de ácidos no afluente apresentou elevados valores, sem desestabilizar o sistema completo, o que ressalta sua capacidade a choques orgânicos. As câmaras subsequentes foram capazes de consumir os ácidos restantes, sendo que o efluente final apresentou concentrações de AVT entre 29,0 e 38,0 mgHAc.L⁻¹. Em relação a alcalinidade a bicarbonato, pode-se observar que na câmara 1 houve redução dos valores de AB a partir da fase 3. Tal fato se deve a alta concentração de AVT do substrato, nas fases 3 e 4, com o respectivo consumo de AB (tamponamento), e assim, manter o equilíbrio no sistema. Inclusive, a partir da câmara 2, ocorreu a geração de AB, tanto que o efluente final apresentou concentrações entre 300 e 830 mgCaCO₃.L⁻¹ durante as quatro fases de operação.

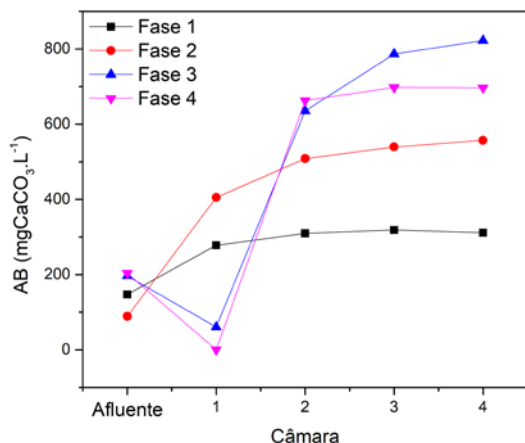


Figura 3: Variação temporal da concentração média de AB no afluente e efluentes das 4 câmaras.

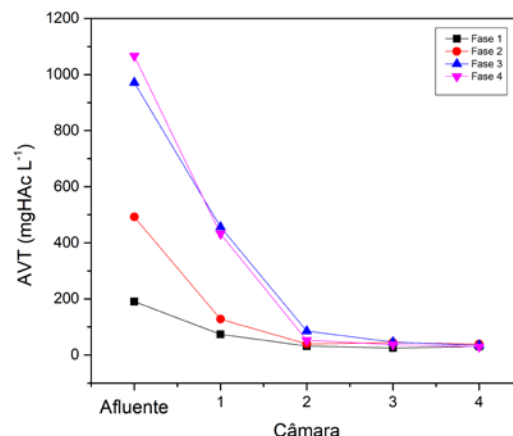


Figura 4: Variação temporal da concentração média de AVT no afluente e efluentes das 4 câmaras.

A unidade de tratamento foi mantida em temperatura ambiente durante todo o experimento, com médias de $22,6 \pm 1,1^\circ\text{C}$. A variação do pH entre os compartimentos ao longo de todo experimento é apresentada na Figura 5. De modo geral, o pH aumentou da entrada até a saída do sistema, apresentando uma pequena variação no efluente final, entre 8,3 e 8,6, enquanto o afluente mostrou uma elevada variação, entre 5,5 e 7,0.

A Figura 6 apresenta o comportamento das concentrações de SST e SSV no afluente e nos efluentes das câmaras 3 e 4. Durante o experimento, o sistema demonstrou boa retenção da biomassa, com concentrações de SST no efluente entre $85,0$ a $185,7 \text{ mg.L}^{-1}$, no sistema anaeróbico, e entre $12,0$ e $44,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para o sistema aeróbico, sendo as maiores concentrações observadas durante a fase 3. No entanto, os baixos valores obtidos indicam estabilidade e boa assimilação do substrato por parte da biomassa inoculada. Além disso, para a câmara aeróbia, foi analisado os sólidos sedimentáveis utilizando o teste do cone Imhoff para uma hora, obtendo valores inferiores a $0,1 \text{ mL.L}^{-1}$.

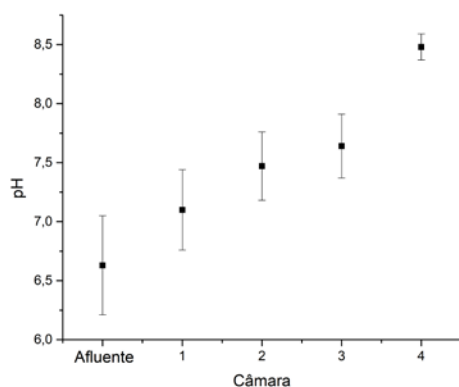


Figura 5: Média e desvio padrão do pH no afluente e efluentes das 4 câmaras durante todo o experimento.

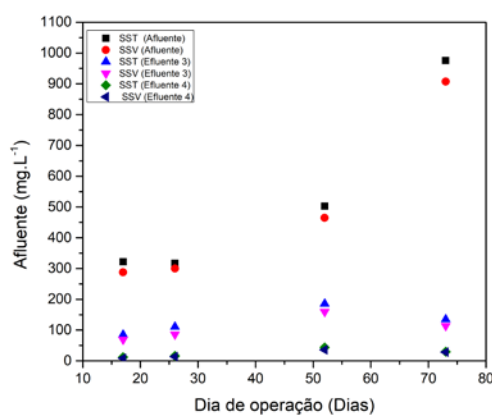


Figura 6: Variação temporal da concentração média de SST e SSV no afluente e efluentes das câmaras 3 e 4.

CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que o reator compartimentado anaeróbico/ aeróbico apresentou excelente capacidade de tratamento do subproduto da produção de proteína de soja, o melaço de soja. Altos valores de eficiência, acima de 97%, foram obtidos para o sistema combinado anaeróbico/aeróbico. A utilização desse tipo de reator foi eficaz para a solução de um problema de destinação efetiva, e sustentável, deste

subproduto. A partir da remoção da matéria orgânica em ambiente anaeróbio, a geração de grande quantidade de gás metano é promovida, sendo este fonte de energia renovável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL LOMAN, ABDULLAH, AND LU-KWANG JU. *Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals*. Process biochemistry v. 51 n. 8, p. 1046-1057. 2016.
2. APHA; AWWA; WPCF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21th edition. Washington. American Public Health Association, Washington. 2005.
3. BACHMANN, A., VIRGINIA L. B., AND MCCARTY, P. "Performance characteristics of the anaerobic baffled reactor." *Water Research* v. 19 n.1, p. 99-106, 1985.
4. BARROS, F.G.; CAMPOS, R.. "Tratamento de Esgoto Sanitário por Reator Anaeróbio Compartimentado", XXIII CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL. 1992. Anais. La Havana, Cuba. 1992.
5. CHAN, YI JING, et al. "A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater." *Chemical Engineering Journal* v. 155.1, n.2, p. 1-18, 2009.
6. CITELLI, IR, et al. "Avaliação da geração de metano por diferentes inóculos utilizando glicerol e melaço de soja como substrato." XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 2017. Anais. São Carlos, SP. 2017.
7. CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 6º Levantamento da safra 2018/2019. Acompanhamento da safra brasileira: Grãos. Observatório agrícola - Safra 2018/2019. 2019.
8. DILALLO, R., ALBERTSON E. Volatile acids by direct titration. *Journal Water Pollution Control Federation*. Alexandria, v. 33, n. 4, p. 356 – 365. 1961.
9. KAMIMURA, E., et al. "Optimization of the production and characterization of lipase from *Candida rugosa* and *Geotrichum candidum* in soybean molasses by submerged fermentation." *Protein expression and purification* v. 123, p. 26-34, 2016.
10. LETTI, L., et al. "Ethanol production from soybean molasses by *Zymomonas mobilis*." *Biomass and Bioenergy* v. 44, p. 80-86, 2012.
11. MONTELONGO, J., CHASSY, B. AND McCORD, J. "Lactobacillus salivarius for conversion of soy molasses into lactic acid." *Journal of Food Science* v. 58 n.4, p. 863-866, 1993.
12. QURESHI, N., LOLAS, A., BLASCHEK, H.P. "Soy molasses as fermentation substrate for production of butanol using *Clostridium beijerinckii* BA 101." *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* V. 26, p.290-295, 2001.
13. REYNAUD, N., AND C. A. BUCKLEY. "The anaerobic baffled reactor (ABR) treating communal wastewater under mesophilic conditions: a review." *Water Science and Technology* v. 73, n. 3, p. 463-478, 2016.
14. RIPLEY, L.E., BOYLE, W.C., CONVERSE, J.C. "Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-Strength Wastes." *Journal WPCF*, v. 58, p. 406 – 411. 1986.
15. ROMÃO, B., et al. "Ethanol production from hydrolyzed soybean molasses." *Energy & Fuels* v. 26, n. 4, p. 2310-2316, 2012.
16. SILVA, J. A; SILVA, G.H.R; SARTI, A. "Tratamento de esgoto sanitário de baixa carga utilizando reator compartimentado anaeróbio/aeróbio em escala piloto". *Eng. Sanit. Ambient.* v. 22, n. 3, p. 539-549, 2017.
17. SIQUEIRA, P. F. Production of bio-ethanol from soybean molasses by *Saccharomyces cerevisiae*. Curitiba. 2007. Dissertação Mestrado em Processos Biotecnológicos – Universidade Federal do Paraná, 2007.
18. SOLAIMAN, DANIEL KY, et al. "Production of sophorolipids by *Candida bombicola* grown on soy molasses as substrate." *Biotechnology letters* v. 26, n. 15, p. 1241-1245, 2004.
19. VERA, M., et al. "Optimization of a sequential anaerobic-aerobic treatment of a saline fishing effluent." *Process Safety and Environmental Protection* v. 77, p. 275–290, 1999.
20. YANG, H., et al. "Propionic acid production from soy molasses by *Propionibacterium acidipropionici*: Fermentation kinetics and economic analysis." *Bioresource technology* v. 250, p. 1-9, 2018.
21. YANG, S. T. AND YU, M. "Integrated biorefinery for sustainable production of fuels, chemicals and polymers." *Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals and Polymers*, p. 1–26, Cap. 1, 2013.