

USO DE BIOCHAR COMO ADSORVENTE DE ALBUMINA DO SORO BOVINO (BSA)

Talita J N¹; Isabela L B C²; Cleide M FS³; Lisiane S F⁴; Lays C A⁵

1 Talita Jardim do Nascimento, Bolsista (IFMG), Curso Engenharia Ambiental e Sanitária, IFMG Campus Governador Valadares, Governador Valadares - MG; talitajardimn@gmail.com

2 Isabela Leticia Brandão Coutinho, Engenharia Ambiental e Sanitária, IFMG - GV, Governador Valadares – MG;

3 Cleide Mara Faria Soares - Universidade Tiradentes, Aracaju - SE

4 Lisiane Santos Freitas - Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Química, São Cristóvão - SE

5 Orientador: Lays Carvalho de Almeida, Pesquisador do IFMG, Campus Governador Valadares; lays.carvalho@ifmg.edu.br

RESUMO

O Biochar é um carvão vegetal, produzido a partir da pirólise da biomassa, como madeira, cascas, resíduos agrícolas e de produção animal, entre outros. A pirólise é um processo térmico que ocorre na presença de oxigênio, que transforma a biomassa em um material carbonizado e altamente estável. O processo de adsorção é um método que pode ser definido como um fenômeno de transferência de massa do tipo sólido-fluido no qual substâncias existentes em fase fluida são transferidas para superfície de uma fase sólida, permitindo separá-las dos demais componentes dessas soluções, o material adsorvido é denominado adsorvato, enquanto o outro é nomeado adsorvente. O objetivo deste estudo consistiu em avaliar a capacidade de adsorção do biochar derivado da semente de uva à proteína do soro de leite, mais especificamente à Albumina do Soro Bovino (BSA), além de determinar a influência de diferentes parâmetros no processo de adsorção como: variação do pH e da massa do biochar no processo de adsorção. O biochar foi produzido através do processo de pirólise, onde uma temperatura de 500°C foi empregada na ausência de oxigênio, e seu ponto de carga zero foi determinado. O biochar apresentou teores de umidade condizentes com os padrões encontrados em biochar provenientes de resíduos agroindustriais, e seu ponto de carga zero foi de pH 6,0. Com aumento da massa do adsorvente, aumenta-se a eficiência do processo de adsorção, obtendo-se uma eficiência máxima de 29% com uma massa de 0,075g de biochar. Portanto, o biochar oriundo da semente de uva apresenta uma aplicação promissora para adsorção de proteína e foi possível verificar que as condições mais apropriadas para realizar a adsorção da BSA foram em pH 4,0 e uma massa de biochar de 0,075 g.

INTRODUÇÃO:

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de leite, com mais de 34 bilhões de litros por ano, com produção em 98% dos municípios brasileiros, tendo a predominância de pequenas e médias propriedades, empregando perto de 4 milhões de pessoas (MAPA DO LEITE, 2023). A região de Minas Gerais é conhecida por ser uma das principais regiões produtoras de leite do Brasil. De acordo com dados do IBGE (2021), em 2020, Minas Gerais produziu cerca de 9,7 bilhões de litros de leite, o que representa cerca de 26% da produção nacional. Um dos principais problemas na efetivação do tratamento do efluentes, é a carga orgânica gerada, podendo levar à eutrofização de corpos d'água, além da emissão de gases poluentes, como metano e amônia (SILVA, 2018). A legislação brasileira que regulamenta a produção de leite e seus derivados, incluindo o descarte do soro do leite, é a Instrução Normativa nº 58, de 06 de novembro de 2019, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2019), de acordo com a norma, o descarte do soro do leite sem tratamento é proibido, sendo obrigatório o seu tratamento prévio antes de sua disposição final. Além disso, a normativa CONAMA nº 430, 13 de maio de 2011, regulamenta padrões, condições e diretrizes de lançamento das águas residuais no Brasil, tal resolução complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. (BRASIL, 2011).

O soro do leite contém uma variedade de componentes, incluindo proteínas, lactose, minerais e vitaminas. Anuência a Hayden et al. (2023) por oferecer uma equilibrada composição de nutrientes que resulta um elevado valor biológico, o leite é considerado um dos mais completos alimentos in natura. A estrutura das proteínas do soro do leite é composta por uma conformação globular, que é estabilizada por ligações de dissulfeto. As frações proteicas presentes no soro do leite incluem beta-lactoglobulina (BLG), alfa-lactoalbumina (ALA), albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas (Ig's) e glicomacropéptídeos (GMP), (OLIVEIRA, 2020). Presentes em todos os tipos de leite, a proteína do leite bovino contém cerca de 80% de caseína e 20% de proteínas do soro, percentual que pode variar em função da raça do gado, da ração fornecida e do país de origem. O soro do leite é conhecido pela sua qualidade nutricional e funcional, o qual

por sua vez é gerado como resíduo no laticínio fazendo que ocorra o crescimento microbiano quando descartado nos corpos hídricos, impedindo assim a oxigenação da vida aquática (SILVA; SIQUEIRA; NOGUEIRA; 2018). Portanto, a investigação dos fenômenos de adsorção de proteínas em superfícies sólidas é de grande relevância para o desenvolvimento de processos de purificação, visando o aproveitamento e a recuperação das proteínas do soro do leite. (FORMIGA *et al.* 2022). A alternativa proposta descrita é a utilização do Biochar da semente de uva como adsorvente, onde ocorre o chamado processo de adsorção visando a redução da carga orgânica do efluente.

O biochar também conhecido como biocarvão, é obtido a partir do aquecimento da biomassa num processo denominado de pirólise (aquecimento da matéria / carbonização da biomassa) que ocorre em altas temperaturas, com ambiente controlado, em um contendor com pouco oxigênio (LEHMANN; JOSEPH, 2009), é utilizado como precursor para a produção de carvão ativado por meio de diferentes processos de ativação utilizando ácidos ou bases. De acordo com REZENDE (2011) o biocarvão é similar ao grafite (mostra estrutura interna inerte) e pode ser obtido a partir da pirólise (método mais comum) de vários tipos de resíduos orgânicos. Para OLIVEIRA *et al.* (2014), a carbonização consiste no tratamento térmico com temperatura constante superior a 500 °C, esta carbonização pode vir a ser feita em condições de controle de gás com o intuito de se evitar a produção exacerbada de cinzas no momento da pirolise e aumentar o rendimento. Desta forma, é de grande relevância a investigação dos fenômenos de adsorção de proteínas em superfícies sólidas para o desenvolvimento de processos de purificação. O conhecimento deste equilíbrio e as alterações conformacionais induzidas de proteínas é essencial para a sua compreensão. O uso do biochar de semente de uva como um adsorvente é uma alternativa promissora para recuperação de proteínas do soro do leite. Uma vez que o biochar é um subproduto do processo de pirólise de biomassa tornando-se um material de baixo custo. (ALMEIDA *et al.* 2022).

A adsorção consiste na separação de uma fase fluida denominada adsorvato, por meio de uma fase sólida porosa denominada adsorvente, que possui características para aderir uma das espécies que estavam contidas na fase fluida. Inicialmente, tal capacidade dos adsorventes varia dependendo das características dos materiais, da extensão das alterações químicas, e da concentração de adsorvato. (PIMENTEL, 2022).

Existem diferentes tipos de adsorventes com uma ampla gama de composições químicas, tamanhos de poros e estruturas. Essas características têm influência direta na utilização dos adsorventes (MEGALE, 2019). Para o sucesso no processo de adsorção, (FERREIRA, 2021) afirma que os adsorventes devem apresentar algumas características fundamentais, como apresentar grande área superficial externa e interna; alta seletividade; Cinética favorável entre o adsorvente e o adsorvato; Estabilidade térmica e química e baixa ou nenhuma solubilidade; Dureza e força mecânica para evitar o estrangulamento dos poros e a erosão das partículas; Sem tendência de realizar reações químicas indesejáveis e apresentar baixo custo

Segundo SCHNEIDER *et al.* (2019) o Brasil assume um papel importante no mercado global de biomassas, com previsão de aumento de disponibilidade da biomassa por ainda possuir áreas aráveis que podem ser utilizadas para o acréscimo na produtividade. Uma das alternativas de aproveitamento é o emprego dessas biomassas como precursoras na obtenção de biochar, material comumente aplicado em processos de tratamento e que possui características químicas e morfológicas distintas conforme a matéria-prima e as condições de preparo e ativação.

O referente estudo tem por função desenvolver produtos ou tecnologia para aproveitar melhor o soro em pequenos laticínios, tratar adequadamente os efluentes, além de diminuir o consumo de água, foram consideradas ações importantes para reduzir os impactos ambientais nos recursos hídricos. Em vista disso, o presente trabalho faz parte do projeto de pesquisa intitulado “Recuperação de Proteínas de Valor Agregado de Efluente da Indústria de Laticínios Utilizando Biochar” aprovado no Edital 13/2022 - Processo Seletivo 2022 do Programa Institucional de Fomento a Bolsas de Pesquisa. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso do biochar obtido de semente de uva para adsorção da proteína BSA e determinar as melhores condições para ocorrer o processo de adsorção.

METODOLOGIA:

Materiais:

As sementes de uva da variedade Aragonez de procedência do vale do São Francisco foram fornecidas pela Vitivinícola Quintas São Braz, localizada no município de Petrolina, Pernambuco. A proteína albumina BSA

foi adquirida pela Sigma–Aldrich. Os demais reagentes são de grau analítico: Ácido Fosfórico 85% PA (Dinâmica,Brasil), Carbonato de Sódio anidro PA (Dinâmica,Brasil), fosfato de sódio (Dinâmica,Brasil), Fosfato De Potássio Monobásico (Dinâmica,Brasil), citrato de sódio tribásico (Dinâmica,Brasil), bicarbonato de sódio (Dinâmica,Brasil), azul de coomassie brilhante R250 (Dinâmica,Brasil), álcool etílico 95% PA (Dinâmica,Brasil), Cloreto de Potássio (Vetec, Brasil), ácido cítrico (Dinâmica,Brasil).

Produção do Biochar

A produção do biochar foi realizada pela técnica de pirólise rápida constituída por um forno elétrico, um reator de quartzo equipado com um condensador. Antes de iniciar cada experimento, o reator foi purgado com gás nitrogênio para assegurar que o processo prosseguiria na ausência de oxigênio. As condições do processo de pirólise foram temperatura de 500 °C, massa de amostra 23 g, tempo de estabilização 5 min, fluxo de gás N₂ (1 mL/ min) e taxa de aquecimento do forno 30 °C/min foram adicionadas no reator de quartzo. Os vapores gerados na pirólise passam pelo condensador resfriado por um banho termostático a cerca de 10 °C, e o vapor condensado (bio-óleo) foi recolhido (SANTOS et al., 2015). As condições de pirólise foram estabelecidas em estudos prévios referentes a melhor condição para a produção do bio-óleo e o presente trabalho visa utilizar o biochar que é um subproduto sólido gerado no processo pirólise.

Ponto de carga zero (PCZ)

O ponto de carga zero consiste na determinação do pH em que o somatório das cargas superficiais presentes no biochar resulta em zero. Foi utilizada a metodologia descrita por HAO *et al.* (2004). Para a realização do ensaio foi utilizado 0,4g do biochar, adicionado a 40 mL de solução aquosa de Cloreto de Potássio (KCl) 0,5 mol.L⁻¹. As soluções ajustadas com pH de 2 a 12 foram colocadas sob agitação constante (180 rpm) em temperatura ambiente (25°C). Após 24 horas as amostras foram filtradas e efetuou-se a leitura do pH final das soluções. A medição do potencial da solução foi realizada usando um eletrodo de pH sensível. Com os dados obtidos, um gráfico de pH em relação ao potencial foi construído. A análise do gráfico permitiu identificar o Ponto de Carga Zero (PCZ), definido como o valor de pH no qual o potencial da solução se aproximou de zero. Esse indicador revelou a neutralidade da carga elétrica líquida na solução. O PCZ corresponde ao valor do pH em que a carga da superfície do material é nula.

Efeito do pH no processo adsorptivo

A influência do pH em processos adsorptivos desempenha um papel crucial na interação entre as superfícies das partículas adsorvente-adsorbato. A variação do pH pode alterar significativamente as características de carga superficial e a estrutura química dos adsorventes, afetando assim a afinidade e a capacidade de adsorção. Este estudo avaliou o efeito do pH no processo adsorptivo, foram realizados testes variando o pH inicial das soluções. Aproximadamente 50 mg do biochar foi adicionado em erlenmeyer contendo 5mL da solução do soro do leite na concentração de 500 mg.L⁻¹ em diferentes valores de pH (2,0 a 12). O ajuste do pH foi realizado com adição de solução tampão fosfato de potássio 20mM para pH 7,0 e 5,0 e utilizado fosfato de potássio monobásico e ácido fosfórico para pH 3,0. As amostras ficaram em agitação constante (20rpm) à 24° (± 1°C) por 24 h, o sobrenadante foi extraído com auxílio de uma seringa. A quantificação da proteína foi realizada em espectrofotômetro.

Influência da massa do biochar na adsorção

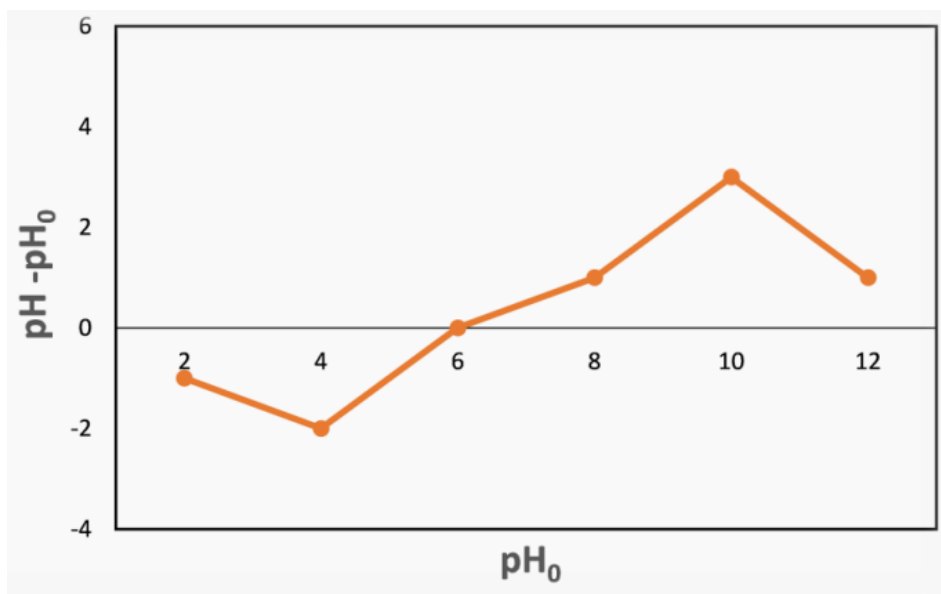
Para avaliar a influência da massa do adsorvente na eficiência do processo de adsorção das proteínas, foi realizado um estudo com diferentes massas do adsorvente (25 mg, 50 mg e 75mg), adicionada à 5 ml de solução de cada proteína com concentração inicial de 500 mg/L no pH escolhido. As amostras ficaram em agitação constante (20rpm) à 24° (± 1°C) por 24 h, o sobrenadante foi extraído com auxílio de uma seringa. A quantificação da proteína foi realizada em espectrofotômetro.

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Ponto de carga zero (PCZ)

Ponto de Carga Zero (PCZ) é um elemento-chave na otimização de processos de adsorção, influenciando diretamente a eficácia e a seletividade dos adsorventes utilizados. O PCZ fornece informações cruciais sobre a carga superficial predominante em diferentes faixas de pH, determinando a afinidade de íons e moléculas por superfícies sólidas. Essa compreensão detalhada viabiliza a seleção criteriosa de condições operacionais, permitindo a adaptação precisa de adsorventes para a remoção de contaminantes específicos de soluções aquosas. O ponto de carga zero pode ser definido como atividade dos íons determinadores de potencial (íons que constituem a carga superficial), em solução, quando a carga superficial é zero. Em soluções cujo pH é inferior ao pH de Ponto de Carga Zero (pHPCZ), os adsorventes tendem a apresentar predominantemente uma carga superficial positiva, enquanto em soluções com pH superior ao pHPCZ, a carga superficial tende a ser negativa (MIMURA, et al., 2010). A Figura 1 ilustra que o pH de Ponto de Carga Zero para o biochar derivado de sementes de uva foi aproximadamente 6,0. Resultados semelhantes foram observados por Oliveira et al. (2015), que obtiveram um pH de Ponto de Carga Zero de 6,0 para o carvão ativado proveniente do caroço do cajá.

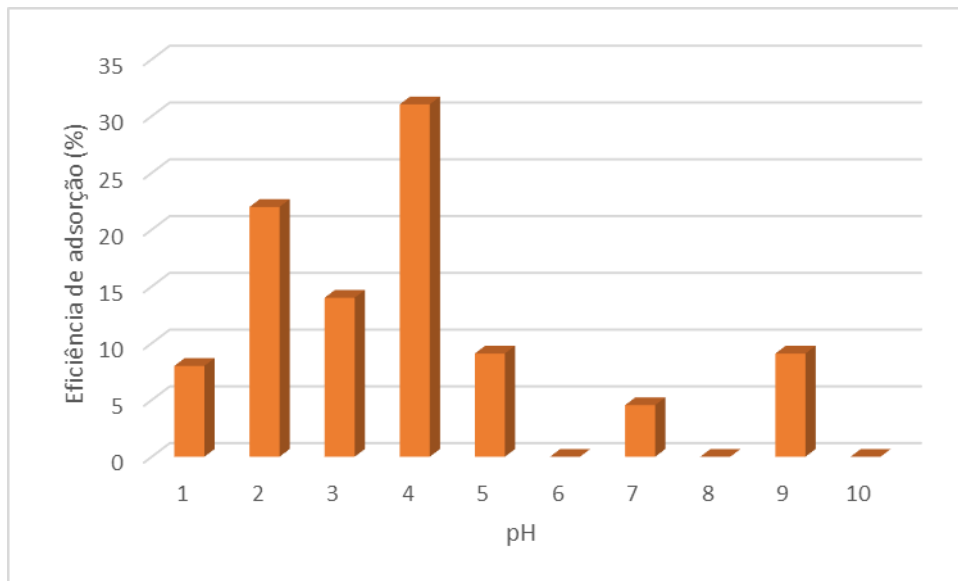
Figura 1: Ponto de carga zero (pH_{pcz}) para o biochar de semente de uva



Testes de Bioadsorção

O estudo da influência do pH na remoção da proteína BSA pelo biochar de semente de uva foi realizado com o propósito de avaliar seus efeitos na bioadsorção da BSA no biochar de semente de uva, conforme apresentado na Figura 2. Observa-se que a maior capacidade e eficiência adsorptiva foram alcançadas em um pH de 4,0. Notavelmente, esse valor de pH está abaixo do ponto isoelétrico da BSA (5,13) e inferior ao ponto de carga zero do carvão (6,0), o que sugere que as características superficiais do carvão, incluindo o tamanho dos poros e a área superficial, desempenham um papel predominante no processo de adsorção. Esses resultados corroboram com estudos anteriores, como o conduzido por Oliveira et al. (2015), que também investigaram a adsorção da BSA em carvão derivado do caroço de cajá. No estudo de Oliveira et al., os resultados foram atribuídos à massa molar relativamente alta da BSA (64 kDa), o que dificultaria seu acesso aos poros do carvão, impactando negativamente a eficiência de adsorção.

Figura 2: Efeito da variação de pH na remoção da proteína BSA pelo biochar de semente de uva



Efeito de carregamento

A variação da quantidade de adsorvente na solução influencia diretamente na remoção da proteína, uma vez que essa variação está intrinsecamente relacionada com a disponibilidade dos sítios ativos de adsorção (MOSTAEDI et al., 2011). A Figura 3 demonstra a relação entre o carregamento do biochar de semente de uva e a eficiência de adsorção da Proteína BSA. Na Tabela 1, são apresentadas as quantidades adsorvidas da proteína BSA para diferentes massas de biochar. Nessas análises, os valores de concentrações de massa considerados foram 0,025 g, 0,050 g e 0,075 g. A partir desses resultados, pode-se observar que o aumento na massa do adsorvente está diretamente ligado ao incremento da eficiência do processo de adsorção. Observa-se uma eficiência máxima de 29% quando se utiliza uma massa de 0,075 g. Esse comportamento pode ser atribuído ao aumento dos sítios adsorptivos, proporcionado pelas quantidades maiores de adsorvente.

Ao aumentar a quantidade de adsorvente, amplia-se a superfície ativa disponível para interações com as moléculas de proteína em solução. Essa expansão dos sítios de adsorção proporciona mais oportunidades para que as moléculas de proteína se liguem aos locais ativos no adsorvente. A relação entre a quantidade adsorvida e a quantidade de adsorvente é intrínseca à capacidade de retenção do adsorvente, que se estende proporcionalmente com o aumento da quantidade de material adsorvente. No entanto, é essencial salientar que essa tendência não é linear e tende a atingir um limite de saturação, em que o aumento adicional na quantidade de adsorvente pode resultar em aumentos menores na quantidade adsorvida devido à saturação dos sítios de adsorção.

Figura 3: Efeito da variação de carregamento do pelo biochar de semente de uva na remoção da proteína BSA

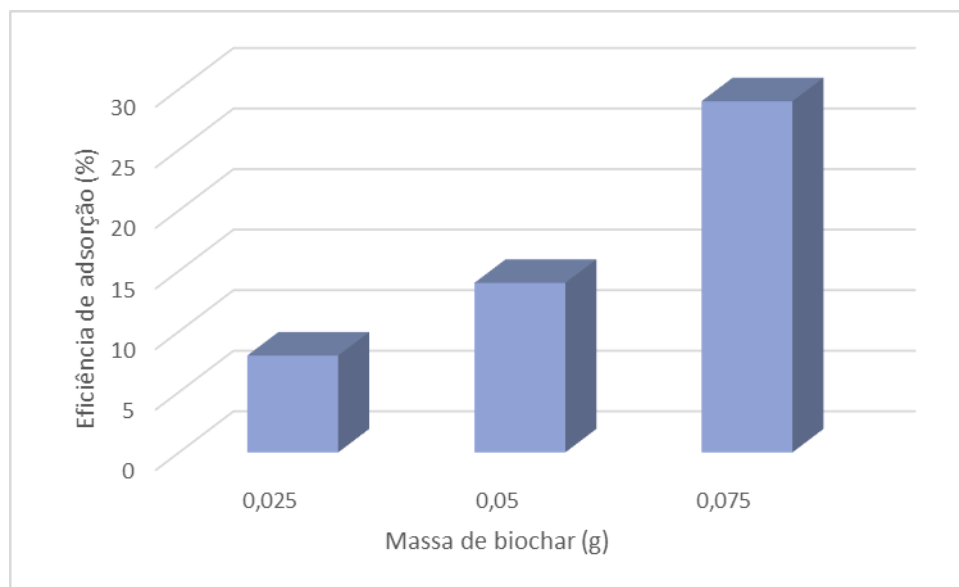


Tabela 1: Efeito da dosagem do biochar de semente de uva na adsorção da proteína BSA.

Massa (g)	Q(m/g)
0,025	10
0,050	17
0,075	28

CONCLUSÕES

O biochar derivado da semente de uva foi avaliado como um bioadsorvente para a remoção da proteína BSA por meio do processo de adsorção. Apresentou uma promissora capacidade como bioadsorvente no processo de remoção da proteína BSA, demonstrando uma eficiência de remoção de 32%. No processo de bioadsorção, o pH não foi um fator decisivo, revelando que as interações intermoleculares desempenharam um papel mais preponderante. O ponto de carga zero (pHPCZ) determinado foi de 6, indicando que a superfície do biochar exibia características neutras em relação à carga em um pH nesse intervalo.

Esses resultados sugerem que as interações intermoleculares desempenharam um papel crucial no processo de bioadsorção da proteína BSA. Ligações de hidrogênio, forças de van der Waals e interações hidrofóbicas-hidrofílicas são fatores que podem ter governado as afinidades entre as moléculas de proteína e a superfície do biochar. A neutralidade do pHPCZ em relação ao pH do meio reforça que as interações físicas predominaram sobre as interações eletrostáticas em influenciar a adsorção da proteína.

Além disso, a eficiência de remoção de 32% destaca o potencial promissor do biochar derivado da semente de uva como um bioadsorvente eficaz. Essa eficiência sugere que a superfície do biochar possuía sítios ativos propícios para a interação com as moléculas de proteína, enfatizando a importância das características estruturais do adsorvente na eficácia do processo. Esses resultados demonstram o caminho para o avanço das aplicações práticas do biochar de semente de uva como uma alternativa promissora e eficiente na remoção de proteínas de soluções aquosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

DE SOUSA FORMIGA, Aliane Cristiane et al. Os laticínios do Cariri paraibano e seus impactos ao meio ambiente. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 11, p.215, 2022.

BRASIL. CONAMA Nº 430/2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acessado em: 17 abr. 2023.

FERREIRA, Breno do Nascimento et al. Absorventes utilizados para o tratamento de águas subterrâneas: uma revisão. 2021.

HAYDEN, Virna Ribeiro et al. **Composição físico-química do leite de vacas na região de Parintins/AM.** 2023. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/6730/5/TCC_VirnaRibeiroHayden.pdf. Acessado em: 01 jun. 2023

HAO, X., QUACH, L., KORAH, J., SPIEKER, W., & REGALBUTO, J. R. The control of platinum impregnation by PZC alteration of oxides and carbon. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 219(1), 97–107, 2004.

IBGE. Produção de Leite - Brasil e Unidades da Federação 2019/2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pesca/9105-producao-de-leite.html?=&t=downloads> .Acesso em: 22 abr. 2023.

LEHMANN, J. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(7): 381-387, 2007. LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (Eds.). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earth scan, London & Sterling, VA. 4 16p. 2009.

MAPA DO LEITE: Políticas públicas e privadas para o leite. Gov, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/portal-do-leite/mapa-do-leite/>. Acesso em: 27 mar. 2023.

MEGALE, Eliana Zaroni. **Avaliação da casca da semente da seringueira como adsorvente no tratamento de efluentes aquosos: estudo cinético e termodinâmico.** 2019. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Instituto de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2019.

MIMURA, A. M. S; et al. Atividades Experimentais Simples Envolvendo Adsorção sobre Carvão. *QuímicaNova na Escola*. vol. 32, n. 1, 2010.

OLIVEIRA, M.S.C. **Utilização de carvão ativado na adsorção de lactose e proteínas do soro do leite. Itapetinga** - BA: UESB, 2014. 54 p. (Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais – Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento)*.

OLIVEIRA, T. et al. Adsorção de albumina do soro bovino (BSA) em carvão ativado obtido a partir do caroço do cajá. *Blucher Chem Eng Proc*, v. 2, p. 1253-8, 2015.

PIMENTEL, R. G.; REZENDE, N.; BENATTI, C. T.; LAUTENSCHLAGER, S. R.; BERGAMASCO, R. Utilização de adsorventes para remoção de compostos farmacêuticos no tratamento de água: uma revisão. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S. l.], v. 11, p. 292–305, 2022. DOI: 10.19177/rgsa.v11e02022292-305.

REZENDE, EIP; ANGELO, LC; DOS SANTOS, SS; MANGRICH, AS Biocarvão (Biochar) e Sequestro de Carbono. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, pág. 426-433, nov. 2011. ISSN 1984-6835. Disponível em: <https://s3.sa-east-1.amazonaws.com/static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v3n5a07.pdf> . Acesso em: 23 abr. 2023.

SANTOS RM, SANTOS AO, LIMA AS, FREITAS LS. Pyrolysis of mangaba seed: Production and characterization of bio-oil, *Biores Techn*, v.196, p. 43-48, 2015.

SCHNEIDER, L. T. et al. Influência da temperatura de pirólise na produção de carvão de resíduo de fecularia de mandioca para a adsorção de chumbo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 10., 2019, Fortaleza/CE. Anais[...] Fortaleza: CBGA, 2019. p. 1-9. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/cbga2019/trabalhos/cbga2019-1862.pdf> . Acesso em: 23 abr. 2023.

SILVA, PF. Avaliação da eficiência do sistema do tratamento de efluentes de frigorífico. 2018. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas) -Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campos de Rio Claro.

SILVA, Roselir Ribeiro da; SIQUEIRA, Eduardo Queija de; NOGUEIRA, Ina de Souza. Impactos ambientais de efluentes de laticínios em curso d’água na Bacia do Rio Pomba. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, p. 217-228, 2018.