



POTENCIAL DE ADSORVENTES MAGNÉTICOS NA REMOÇÃO DE FOSFATO E NITRATO EM EFLUENTES DA SUINOCULTURA

Milena N. G. de Almeida ¹

Matheus Henrique Pimentel Araújo ²

Juliana Cristina Tristão ³

Sibele Augusta Ferreira Leite ⁴

Química Ambiental

Resumo

A poluição ambiental causada pelas atividades humanas vem ocasionando alterações no ciclo do fósforo e do nitrogênio, elevando a concentração desses elementos nos ecossistemas aquáticos promovendo a eutrofização. A intensificação da suinocultura gera dejetos ricos em fósforo e estes devem ser tratados para que sejam lançados na natureza, a adsorção mostra um comportamento eficiente para o tratamento de águas residuárias. O presente trabalho foi dividido em duas etapas: caracterização de efluente de suinocultura e adsorção de fosfato/nitrato, com adsorventes diversos. A caracterização foi realizada com o objetivo de conhecer a amostra das granjas e os possíveis interferentes da adsorção. Os resultados obtidos mostraram que há uma diferença na composição das águas residuárias das granjas avaliadas, em especial nos parâmetros turbidez, sólidos, cloretos, carbonatos, NTK e nitrato. Entretanto as duas amostras se mostraram com características ideais para a adsorção. A partir dos resultados observou-se que os adsorventes utilizados são potenciais para a remoção de fosfato em águas residuárias e que alguns dos componentes podem promover interferência na eficácia do processo.

Palavras-chave: Parâmetros físico-químicos; águas residuárias; tratamento de efluentes, biodigestão anaeróbia

¹Aluna do curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa-Campus Florestal (UFV-Florestal), Instituto de Ciências Exatas e Tecnológica. milena.goncalves@ufv.br

² Doutorando do Programa de Pós Graduação em Química de Minas Gerais UFV-Florestal, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológica, matheus.pimentel@ufv.br

³ Profa. Dra.. UFV-Florestal, - Instituto de Ciências Exatas e Tecnológica. juliana@ufv.br

⁴Profa. Dra. Coordenadora do Projeto. UFV-Florestal, - Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, sibeleaugusta@ufv.br

REALIZAÇÃO



INTRODUÇÃO

A poluição é um problema ambiental crescente, que pode ser definido como o excesso de uma substância em um ambiente errado, gerada pela atividade humana ou pela própria natureza (Azevedo, 1999). Dentre as formas de poluição que afetam os ambientes aquáticos, a contaminação química é a que mais se destaca e um dos poluidores mais comuns são os fertilizantes agrícolas (Azevedo, 1999).

As atividades humanas vêm promovendo alterações no ciclo do nitrogênio (N) e fósforo (P), fazendo com que a concentração desses elementos aumente nas águas naturais (Alvim, 2016). As elevadas quantidades desses elementos em ecossistemas aquáticos promovem a eutrofização, que impacta de forma negativa na qualidade das águas (Guerra, 2020).

A intensificação da suinocultura, especialmente em sistemas de confinamento, vem gerando dejetos líquidos ricos em fósforo (Cruz et al., 2008). Para que esses efluentes sejam lançados na natureza é necessário que seja feito um tratamento adequado de forma biológica ou físico-química, evitando contaminar os mananciais e ambientes aquáticos (Cruz et al., 2008).

A depuração de dejetos suínos geralmente é realizada por meio de microrganismos anaeróbios, uma vez que este é o meio ideal para o desenvolvimento desses microrganismos (Bosco et al., 2016). As águas residuárias de suinocultura apresentam quantidade de nutrientes suficientes para serem utilizadas na fertirrigação, sendo constituída por dois terços de nitrogênio, um terço de fósforo e quase a totalidade de potássio na forma mineral (Cruz et al., 2008).

A adsorção foi reconhecida como um dos métodos mais eficientes para o tratamento de águas residuárias, portanto, é empregado em indústrias para reduzir os compostos tóxicos de seu efluente (Arenhart, 2019). A adsorção química é considerada mais forte que a adsorção física, pois é resultante de novas ligações de partilha ou troca de elétrons entre moléculas do adsorvato e superfície do adsorvente (Nascimento, 2020).

A adsorção do fósforo é baseada na acumulação do elemento na interface entre duas



fases (água contaminada e adsorvente sólido). Assim, este mecanismo é baseado no desequilíbrio das forças atração, responsáveis pela adsorção, podendo esta ocorrer por interações de Van der Waals universais ou por ligações químicas entre moléculas de adsorventes e o poluente adsorvido (MARONEZE et al., 2014).

Estudos preliminares realizados por Araújo et al. (2023), utilizando adsorventes magnéticos como a ferrita de magnésio ($MgFe_2O_4$), apresentaram boa performance para a remoção de fosfato em efluentes sintéticos. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade de remoção de fósforo em águas residuárias, provenientes de atividades suinícolas, após passar pelo tratamento anaeróbio em biodigestor, utilizando treze tipos de adsorventes magnéticos. Espera-se com a realização deste trabalho avaliar o desempenho dos diferentes adsorventes, bem como identificar se existe influência neste desempenho, em função da qualidade da água residuária utilizada, em especial pela presença concomitante de fosfatos e nitratos.

METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho foi dividida em duas principais etapas: caracterização do efluente da biodigestão anaeróbia e adsorção de fosfato e nitrato no resíduo. A caracterização foi realizada com objetivo de conhecer a composição das amostras das diferentes granjas coletadas e avaliar possíveis interferentes da adsorção. Já o processo de adsorção, foi realizado a fim de reconhecer quais são os melhores materiais adsorventes, para adsorção de fosfato e nitrato.

1.1 Coleta de efluente de suinocultura e preparação de amostra

Os testes foram realizados de forma presencial nos laboratórios de Bromatologia e Química e Tecnologias Ambientais (QuiTAm), da Universidade Federal de Viçosa *campus* Florestal. Para as caracterizações, análises de adsorção de fosfato e nitrato foram utilizadas as amostras de efluentes tratados, ou seja, de águas residuárias que passaram pelo tratamento dos biodigestores anaeróbios.

As amostras foram coletadas de suinoculturas de granjas das cidades de Itaúna e Pará



de Minas. Essas amostras foram armazenadas em frasco de vidro âmbar de volume de 1 L. Posteriormente a esse processo, as amostras foram refrigeradas a 4 °C para que conservassem até o momento em que fossem conduzidas as análises. A etapa da coleta e modo de preservação da amostra são importantes para reduzir as ações de microrganismos que degradam a matéria orgânica (Parron; Muniz; Pereira, 2011, p. 40). Este passo foi realizado conforme procedimentos para amostragem e preservação de efluentes líquidos, previsto no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Apha, 2017).

A fim de possibilitar os testes de adsorção, a água residuária foi centrifugada duas vezes por 15 minutos, em rotação de 3600 rpm. Após este processo foi filtrado em *manifold* com a utilização de um papel filtro faixa branca de 70 mm. Esse procedimento foi realizado momentos antes dos testes de adsorção, com o objetivo de reduzir a turbidez e a matéria orgânica dispersa na amostra de efluente.

1.2 Análises físico-químicas do efluente de suinocultura

As caracterizações feitas foram: pH, condutividade, turbidez, sólidos totais e voláteis, cloretos, carbonatos, nitrogênio total Kjeldahl, nitrato e fosfato solúvel. Como efluente bruto entende-se amostra do efluente coletado após a biodigestão anaeróbia, na suinocultura. E como efluente filtrado entende-se que é o efluente bruto após centrifugação e filtração, de forma a obter amostras para os testes de adsorção. O Quadro 1 apresenta as análises de caracterização realizadas em cada etapa do trabalho e os respectivos métodos analíticos utilizados.

1.3 Teste de Adsorção

A fim de realizar os experimentos de adsorção de nitrato e fosfato das águas residuárias das granjas P e J, foram pesados 15 mg dos materiais adsorventes e adicionados 15 mL de amostra do efluente filtrado. Foram utilizados 13 materiais adsorventes na granja P e sete adsorventes na granja J. Os testes foram realizados em quadruplicada/triplicata. Os materiais adsorventes utilizados em cada uma das amostras estão apresentados no Quadro 2. Os materiais a base de cálcio (CaFe11-700, CaFe11-900, CaFe12-700, CaFe12-900) foram sintetizados, caracterizados e aplicados anteriormente na remoção de PO_4^{3-} em água a partir de efluente sintético (Araújo et.al. 2024), aos materiais R10Ca900 e R15Ca900



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

foram sintetizados, caracterizados e aplicados na remoção de fosfato em água (Araújo, 2020). Os demais materiais foram produzidos pelo laboratório QuiTAm e estão em fase de caracterização e estudos de adsorção de fosfato em efluentes sintéticos para elucidar o mecanismo de remoção de fosfato em água.

Quadro 1- Caracterização realizadas em cada etapa do trabalho e os métodos analíticos utilizados

Análises	Efluente bruto	Efluente filtrado	Adsorvato	Método Analítico
pH	x	x		Eletrométrico (2580) (APHA, 2017)
Condutividade	x	x		Eletrométrico (2510) (APHA, 2017)
Turbidez		x		Nefelométrico (2130) (APHA, 2017)
Sólidos totais e voláteis	x	x		Gravimétrico (2540 B e E) (APHA, 2017)
Cloretos		x		Argentométrico (4500 Cl--B) (APHA, 2017)
Carbonatos		x		Alcalinidade Total- Potenciométrico (2320- B) (APHA, 2017)
Nitrogênio (NTK)	x			Kjeldahl (4500-Norg A NTK) (APHA, 2017)
Análise de Nitrato		x	x	UV visível (4500- NO3- B) (APHA, 2017)
Análise de Fosfato		x	x	Colorimétrico do ácido ascórbico (4500-P E) (APHA, 2017)

O processo de adsorção dos materiais ocorreu por 24 horas em incubadora a temperatura de 25 °C, com agitação de 200 rpm. Após o tratamento as amostras foram centrifugadas e vertidas para tubos limpos, para posterior quantificação de fosfato e nitrato. Os resultados da adsorção serão apresentados em mg de nitrato ou fosfato adsorvido por grama de adsorvente (mg/g).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados de caracterização do efluente bruto e representa a característica da água residuária da suinocultura, após o processo de tratamento de biodigestão anaeróbia. Observa-se que os efluentes possuem uma alta concentração de matéria orgânica e nitrogênio, representada pelos sólidos voláteis (SV) e o método de Kjeldahl (NTK), respectivamente. O pH aferido está em uma faixa já considerada um pouco elevada para a biodigestão anaeróbia (faixa ideal de 6,0 a 8,0), mas compatível com valores obtidos ao final do processo (Leite et al., 2023).

Quadro 2- Materiais adsorventes utilizados no efluente oriundo da Granja P e Granja J

Material	Proporção M:Fe (M= Ca, Mg, Zn)	Temperatura de calcinação (°C)	Granja P	Granja J
MgFe11-700	1:1	700	X	X
MgFe11-900		900	X	X
MgFe12-700	1:2	700	X	-
MgFe12-900		900	X	-
CaFe11 700	1:1	700	X	-
CaFe11 900		900	X	-
CaFe12 700	1:2	700	X	X
CaFe12 900		900	X	X
ZnFeCC9	1:2	900	X	X
ZnFeCP		-	X	X
ZnFeCP5		500	X	X
R10Ca900	10% Ca	900	X	X
R15Ca900	15% Ca		X	X

Os valores são consequência da elevada concentração de sólidos orgânicos e inorgânicos (ST), dissolvidos no meio (Apha, 2017). Oliveira e colaboradores (2020) reportaram condutividade na faixa de 10.000 uS/cm em águas residuárias de suinocultura, os quais são na mesma ordem de grandeza das condutividades aferidas neste trabalho. Os resultados da caracterização físico-química estão coerentes com valores presentes na literatura e com as limitações da biodigestão anaeróbia, para a remoção de matéria orgânica e nutrientes, como o nitrogênio (Chernicharo, 2007; Oliveira et al., 2020; Leite et al., 2023).



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

Tabela 1- Caracterização físico-química de efluente bruto das granjas avaliadas.

Parâmetros avaliados	Granja P	Granja J
pH	7,81	8,5
Condutividade (uS/cm)	14160	8500
Sólidos Totais (g/L)	12,27	12,82
Sólidos Voláteis (g/L)	9,18	9,23
NTK (mg/L)	2303,98	972,10

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização físico-química do efluente bruto após a centrifugação e filtração (efluente filtrado). Os resultados de pH e a condutividade são similares aos resultados do efluente bruto, o que demonstra que tais parâmetros são influenciado pelas espécies dissolvidas na água. Os teores de ST e SV, nas amostras de efluente filtrado da granja P reduziram em 48 % e 64 %, respectivamente. Para a Granja J, a centrifugação/filtração reduziu ST em 82 % e SV em 83 %. Tais resultados impactaram na concentração de matéria orgânica das amostras e na turbidez: maior a concentração de sólidos remanescentes (ST e SV), maior o valor de turbidez obtido (393,5 NTU para a Granja P e 109,5 NTU para a Granja J).

As concentrações das espécies cloretos, carbonatos, nitratos e fosfatos nas amostras filtradas foram maiores na Granja P comparado à Granja J (Tabela 2). A presença destas espécies influência nas condutividades das amostras, como pode ser observado: Granja P 14.895 uS/cm e Granja J 9.264 uS/cm.

Tabela 2- Caracterização físico-química de efluente filtrado das granjas avaliadas.

Parâmetros avaliados	Granja P	Granja J
pH	8,36	8,03
Condutividade (uS/cm)	14895	9264,5
Turbidez (NTU)	393,5	109,5
Sólidos Totais (g/L)	6,33	2,29
Sólidos Voláteis (g/L)	3,29	1,54
Cloretos (mg/L)	299,91	141,62
Carbonatos (mg/L)	10876,75	5554,31
Nitrato (mg/L)	382,33	242,04
Fosfato (mg/L)	45,39	38,96

Os cloretos obtidos para a amostra da lagoa P foram de 299,91 mg/L, enquanto para a lagoa J o valor obtido foi de 141,62 mg/L. Aguida et al. (2016), obtiveram concentração



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

de cloretos em amostra de suinocultura em torno de 495,56 a 348 mg/L.

Os teores de nitrato representam um percentual pequeno da concentração de NTK (16 % e 24 % Granja P e J, respectivamente. No processo de biodigestão anaeróbia, a ausência de oxigênio privilegia a presença do nitrogênio em sua forma orgânica e amoniacal Kunz et al. (2019).

Os valores obtidos para a concentração de carbonatos foram de 10.876,75 mg/L para a lagoa P e 5.554,31 mg/L para a lagoa J. Esses valores estão em coerência com resultados obtidos por Winayu et al.(2021), os quais quantificaram os carbonatos em 1.362 mg/L (ou 22,7 mM).

A quantidade de fosfato presente no efluente filtrado foi de 45,39 e 38,96 mg/L para as Granjas P e J, respectivamente. Estes resultados demonstram que as amostras possuem concentração de fosfato adequado para os testes de adsorção. Alberto et al. (2021) utilizaram solução sintética de fosfato variando de 25 a 250 mg/L e Araújo (2020) utilizou uma solução com concentração de fosfato igual a 100 mg/L.

A quantificação das espécies químicas solúveis (cloretos, carbonatos e nitratos) é ainda pouco explorada na literatura, o que dificulta uma comparação entre amostras. Entretanto, a quantificação das mesmas se torna interessante à medida que trabalhos realizados por Araújo et al. (2023) demonstram que eles podem ser concorrentes do fosfato no processo de adsorção.

A Tabela 3 apresenta os resultados de fosfato e nitrato, em miligramas (mg) que são adsorvidos por grama (g) de material adsorvente. Os resultados de adsorção foram organizados por tipo de adsorvente, adsorção de Fosfato ou Nitrato e amostra utilizada (Granja P ou Granja J).

As médias de adsorção de fosfato variaram de 0,38 mg/g a 57,43 mg/g para a Granja P. Os resultados mais altos de adsorção foram de 57,43 mg/g (MgFe11-900), 32,02 mg/g (ZnFeCP), 27,23 mg/g (MgFe11-700) e 22,13 mg/g (ZnFeCP5). Para a Granja J os valores de adsorção de fosfato foram inferiores, variando de 5,99 mg/g a 20,90 mg/g, sendo a ferrita de magnésio MgFe1:1-700 (20,90 mg/g) o adsorvente mais eficiente.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Tabela 3- Resultados das Médias de Adsorção de Fosfato e Nitrato.

Materiais Adsorventes	Adsorção de Fosfato (mg/g)		Adsorção de Nitrato (mg/g)	
	Granja P	Granja J	Granja P	Granja J
ZnFeCC5	2,45	-	65,14	-
ZnFeCP	32,02	5,99	18,92	169,28
ZnFeCP5	22,13	-	59,66	-
CaFe 1:1-700	12,44	-	64,53	-
CaFe 1:1-900	6,51	-	49,61	-
CaFe 1:2-700	6,09	< LD	35,60	35,26
CaFe 1:2-900	0,47	< LD	33,89	121,20
MgFe 1:1-700	27,23	20,90	26,77	149,17
MgFe 1:1-900	57,43	15,15	44,78	112,41
MgFe 1:2-700	20,25	-	54,37	-
MgFe 1:2-900	18,90	-	45,50	-
R10Ca 900	< LD	< LD	35,48	160,23
R15Ca 900	0,38	< LD	23,32	157,68

A adsorção de nitrato, para a Granja P variou de 18,92 mg/g a 65,14 mg/g (Tabela 3). Os melhores valores de adsorção obtidos foram da ferrita de zinco (ZnFeCC5), ferrita de cálcio (CaFe) 1:1-700, ferrita de zinco coprecipitado (ZnFeCP5), ferrita de magnésio MgFe1:2-700, sendo respectivamente 65,14 mg/g, 64,53 mg/g, 59,66 mg/g e 54,37 mg/g. A adsorção de nitrato foi mais elevada na Granja J, com valores variando de 35,26 mg/g a 169,28 mg/g. O material com a adsorção de valor mais alto foi ferrita de zinco coprecipitado (ZnFeCP).

Os resultados para a adsorção de fosfato foram muito baixos ao utilizar os adsorventes rejeito de cálcio (R10Ca 900) e rejeito de cálcio (R15Ca 900). Em algumas situações até abaixo do limite de detecção do método. De acordo com o estudo realizado por Araújo (2020), esses adsorventes apresentaram uma adsorção de fosfato de 40 mg/g, para o rejeito de mineração impregnado com cálcio (R10Ca 900) e de 33 mg/g para o rejeito de mineração impregnado com cálcio (R15Ca 900), em amostra sintética. Ainda segundo Araújo (2020), quanto mais íons Ca e Mg presentes nos materiais adsorventes, melhor ocorreu a adsorção do fosfato. Porém, neste trabalho o desempenho das ferritas de cálcio e as ferritas de magnésio não foram satisfatórios para a adsorção de fosfato.

A partir dos resultados na Tabela 3, também é possível avaliar que o desempenho dos adsorventes variou com o efluente utilizado, sendo dependente do local de origem, uma



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

vez que a concentração inicial de fosfato e nitrato são diferentes para o resíduo das duas granjas avaliadas. Outro fator que merece destaque é a adsorção de concomitante de fosfato e nitrato que, aparentemente, possui interferência e merece uma investigação de correlação. Os resultados de adsorção obtidos são compatíveis com o uso dos adsorventes magnéticos, em solução sintética de fosfato apresentados por Araujo et al. (2023). Adsorção de fosfato, utilizando uma solução 50 mg/L, variou de 11,4 a 19,7 mg/g.

Ademais, considerando também a adsorção de fosfato pelo carvão ativado (em torno de 17 mg/g de adsorvente, para uma solução de 40 mg/L de fosfato), apresentado por Alberto et al. (2021), os adsorventes magnéticos, utilizados neste trabalho, são promissores para uso no polimento de águas residuárias de suinocultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresenta resultados preliminares e os autores estão em fase de melhor avaliação e interpretação dos dados obtidos. Entretanto, com base nos dados apresentados é possível constatar que os adsorventes avaliados apresentam potencial para a remoção de fósforo e nitratos de águas residuárias. Porém, a qualidade da água residuária pode influenciar na performance que adsorvente, levando a uma redução da capacidade de retenção do fosfato pelos materiais adsorventes. Além disso, é importante destacar que há possibilidade de competição entre os íons de fosfato e nitrato durante a adsorção, podendo impactar no processo de remoção do fosfato. Outros íons que podem estar interferindo no processo de remoção são os cloretos e carbonatos. Tal fato reforça a necessidade de otimizar o sistema para ampliar a eficiência de remoção do fosfato.

AGRADECIMENTOS

CAPES; FAPEMIG (APQ-00770-22); CNPQ; Laboratório Multiusuário de difração de raios X – UFV -Rio Paranaíba; Laboratório Multiusuário – UFV – Florestal; CDTN/CNE.



REFERÊNCIAS

- ALBERTO, Diana Rodríguez *et al.* Phosphate adsorption using biochar derived from solid digestate. *Bioresource Technology Reports*, [s. l], v. 16, p. 1-8, dez. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100864>>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- ALVIM, R. B. **Dinâmica do Nitrogênio e Fósforo em Águas Fluviais de uma Bacia Hidrográfica com Diferentes Usos do Solo no Sudeste do Brasil.** 2016. Tese (de Pós-Graduação em Geociências), departamento de Geociências e Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/3076>>. Acesso em: 3 de janeiro de 2024.
- ARAÚJO, Matheus Henrique Pimentel. **Modificação de Rejeito de Mineração de Ferro Através da Reação Superficial com Cálcio e Magnésio para Produção de Adsorventes de Fosfato.** 2020. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal de Viçosa- Campus Florestal, Florestal, 2020. Disponível em: <<https://posquimica.ufv.br/wp-content/uploads/2022/07/matheus.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- ARAÚJO, Matheus Henrique Pimentel *et al.* Calcium ferrites for phosphate adsorption and recovery from wastewater. **Rsc Advances**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 1612-1624, 2024. Royal Society of Chemistry (RSC). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1039/d3ra05871a>>. Acesso: 27 agosto 2024.
- ARENHART, Bruna. **Avaliação do Potencial de Remoção de Fósforo de Efluentes a Partir da Utilização de Lodo de ETA Rico em Alumínio como Adsorvente.** 2019. Dissertação (Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental), departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/202770>>. Acesso em: 3 de janeiro de 2024.
- AZEVEDO, Eduardo. B. Poluição vs. Tratamento de Água: duas faces da mesma moeda. **Química Nova Escola**, nº10, 1999.
- BOSCO, Tatiane Cristina Dal *et al.* Caracterização de águas residuárias de suinocultura provenientes de dois sistemas de tratamento. **Revista Agroambiental**, [s. l], v. 8, n. 3, p. 1-10, 18 dez. 2016. Disponível em: <<https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/864>>. Acesso em: 3 janeiro 2024.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. *Anaerobic Reactors*. [S.l.]: IWA Publishing, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/9781780402116>>. Acesso: 27 agosto 2024.
- CRUZ, Maria do Céu Monteiro da . *et al.* Utilização de água residuária de suinocultura na



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

produção de mudas de maracujazeiro-azedo cv Redondo Amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1107–1112, dez. 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbf/a/wTQcJfCJc6983NHrxvjdXQr/?lang=pt#>>. Acesso em: 3 de janeiro de 2024.

GUERRA, Ana Alice Andrade Meireles et al. REMOÇÃO DE FÓSFORO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS UTILIZANDO NANOADSORVENTES CORE-SHELL BIMAGNÉTICOS (CoFe₂O₄@ γ -Fe₂O₃). 2020. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade de Brasília, Brasília/Df, 2020.

LEITE, Sibebe Augusta Ferreira et al. Swine meat production integrated with energy cogeneration: challenges and opportunities in using anaerobic biodigestion. *Bioscience Journal*. 2023, 39, e39087. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/BJ-v39n0a2023-66926>>. Acesso em: 27 ago. 2024.

MARONEZE, Mariana Manzoni et al. A tecnologia de remoção de fósforo: gerenciamento do elemento em resíduos industriais. *Revista Ambiente e Água*, Taubaté, vol. 9 n. 3, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1403>>. Acesso em: 3 de janeiro de 2024. NASCIMENTO, Ronaldo Ferreira do et al. Adsorção: Aspectos teóricos e aplicações ambientais. Imprensa Universitária, Fortaleza, 2 ed., 2020. Disponível em: <<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/10267>>. Acesso em: 3 de janeiro de 2024.

OLIVEIRA, Jacineumo Falcão de et al. Principal component analysis as a criterion for monitoring variable organic load of swine wastewater in integrated biological reactors UASB, SABF and HSSF-CW. *Journal Of Environmental Management*, v. 262, p. 1-9, 15 maio 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479720303212>. Acesso em: 27 ago. 2024.

ARAÚJO, Matheus Henrique Pimentel *et al.* APPLICATION OF MAGNETIC ADSORBENTS FOR PHOSPHATE REMOVAL FROM SWINE FARMING EFFLUENT. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS, 8., 2023, Caxias do Sul. **SIGERA**. Caxias do Sul: Simpósio Internacional Sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 2023. p. 93-93. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://sbera.org.br/novo/wp-content/uploads/2023/12/ANAIS-VIII-SIGERA_2023-1.pdf. Acesso em: 27 ago. 2024.

WINAYU, Birgitta Narindri Rara et al. Combination of iron-silicate adsorption and *Thermosynechococcus* sp. CL-1 cultivation for swine wastewater treatment, CO₂ fixation, phycobiliproteins generation. *Journal Of Water Process Engineering*, [s. l], v. 44, p. 1-9, dez. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102406>. Acesso em: 27 ago. 2024.