

GLYPHOGRAB: DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL ALTERNATIVO CAPAZ DE ADSORVER GLIFOSATO EM MEIO AQUOSO

VANESSA TEIXEIRA DA ROSA 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 91540-000, vanestxr.vt@gmail.com

FLÁVIA SANTOS TWARDOWSKI PINTO 

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Osório, Rio Grande do Sul, Brasil, 95520-000, flavia.pinto@osorio.ifrs.edu.br

CLÁUDIUS SOARES JARDEL 

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Osório, Rio Grande do Sul, Brasil, 95520-000, claudius.soares@osorio.ifrs.edu.br

RESUMO

Os herbicidas a base de glifosato são os mais utilizados no Brasil e seu uso indiscriminado acarreta danos ao ecossistema. Outro problema observado no meio ambiente é a disposição inadequada de resíduos agroindustriais. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de resíduos agroindustriais na adsorção de glifosato em meio aquoso. Foram produzidos seis materiais biossorventes, ativados com NaOH: cascas de arroz, laranja, pinhão, noz macadâmia e noz pecã; semente de maracujá. As cascas de pinhão e arroz adsorveram 49,8% do glifosato. Foi desenvolvido um protótipo que teve seu preço de venda 22% mais barato que materiais similares. Foram realizados testes em um rio próximo a uma lavoura, onde ocorreu a aplicação de glifosato, e observou-se a eficiência de 81,8% de remoção do contaminante mostrando a relevância e importância científica, social, econômica e ambiental desse trabalho.

Palavras-chave: Contaminação da água. Glifosato. Herbicida. Resíduos agroindustriais.



GLYPHOGRAB: DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE MATERIAL CAPABLE OF ADSORBING GLYPHOSATE IN AQUEOUS MEDIUM

ABSTRACT

Glyphosate has been the top-used agrochemical in Brazil and their indiscriminate use causes damage to the ecosystem. Another problem observed in the environment is the inadequate disposal of byproducts. So, the aim of this project was to evaluate the use of agroindustrial residues from the North Coast of Rio Grande do Sul in the adsorption of glyphosate. It was produced six different biosorbents, activated with NaOH: rice husk, orange peel, passion fruit seed, macadamia peel nut, pecan nut peel and pine nut peel. The rice husk and pine nut peel showed the best adsorption, 49.8%. It was developed a prototype that has its sale price 22% cheaper than the similar products. The prototype was tested in a river contaminated water and the results showed its efficiency with 81.8% of glyphosate adsorption. This project presents environmental, financial, scientific and social relevance, since the adsorbents studied are innovative and a sustainable solution to water treatment.

Keywords: Water contamination. Glyphosate. Herbicide. Agro-industrial residues.

INTRODUÇÃO

O glifosato é um dos herbicidas mais utilizados no mundo para o controle do crescimento de ervas-daninhas e sua comercialização representa mais de 50% do mercado mundial (SANTOS, 2020). Os países pertencentes ao conjunto da União Europeia não utilizam o herbicida em seu território, pois o mesmo pode trazer malefícios a saúde humana. Todavia, no Brasil, o glifosato é o herbicida mais utilizado e, somente no ano de 2016 foram comercializadas 185,6 mil toneladas desse herbicida (IBAMA, 2021).

Devido ao seu uso excessivo e aos problemas que ele pode acarretar aos ambientes aquáticos, em agosto de 2018 ocorreram tentativas de proibir o uso do glifosato no Brasil. Porém, os agricultores alegaram que a produção agrícola brasileira se torna inviável sem o uso do mesmo, devido às condições climáticas do território (BBC, 2019; GLOBO RURAL, 2018) e a falta de produtos substitutos similares.

O uso indiscriminado de glifosato pode ocasionar a contaminação de corpos hídricos superficiais destinados ao consumo, devido aos processos de lixiviação e escoamento superficial (QUEIROZ, 2011). No entanto, o tratamento convencional de água realizado pelas companhias de tratamento é ineficaz na remoção de glifosato, por ser uma substância tóxica e não biodegradável. Ou seja, o herbicida se mantém na água, mesmo



após o tratamento, pois é de difícil degradação (LI et al., 2021). Esse fato pode ocasionar aos seres vivos o contato direto com esse herbicida. Alguns autores relatam que quando isso ocorre, podem haver consequências de curto, médio e longo prazo, como por exemplo: intoxicação, obesidade, depressão, diabetes, Alzheimer, autismo, infertilidade, doenças cardíacas e até mesmo câncer (SAMSEL; SNEFF, 2013; NODARI; HESS, 2015; DE FARIA, 2013; SÉRALINI et al., 2014; DA MATA; FERREIRA, 2013).

Outro problema que pode afetar o solo e a água é a disposição incorreta dos resíduos oriundos da agroindústria. Os resíduos agroindustriais possuem caráter poluente, e, muitas vezes, têm como destino final as lavouras, o fundo de rios e a combustão, os quais são descartes prejudiciais ao meio ambiente, além de criminosos. Contudo, o descarte incorreto dos resíduos pode causar também ao ecossistema a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, como por exemplo, o gás metano (TROMBETTA et al., 2020; WILLS, 2013).

A motivação para essa pesquisa surgiu a partir de dois problemas: o primeiro foi a crescente produção de resíduos agroindustriais orgânicos gerados no território brasileiro; e o segundo, causado pelo uso excessivo do herbicida glifosato que vem contaminado nossos recursos hídricos. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de adsorção de herbicidas à base de glifosato em meio aquoso utilizando biossorventes oriundos de resíduos agroindustriais.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia empregada neste projeto abrangeu uma pesquisa aplicada, realizada através de consulta bibliográfica e experimentação, em que a abordagem selecionada para análise dos dados foi quantitativa.

AQUISIÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Os resíduos da casca de arroz (CA), casca de laranja (CL), casca de pinhão (CP), casca de noz pecã (CNP), casca de noz macadâmia (CNP) e sementes de maracujá (SM) são oriundos das agroindústrias do Litoral Norte Gaúcho. Os resíduos de noz macadâmia foram enviados pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) e são oriundos de uma Cooperativa da cidade de São Mateus, no Espírito Santo.

PRODUÇÃO DO MATERIAL ADSORVENTE

Os resíduos foram lavados em água corrente e após secos em estufa a 105°C (CUBA et al., 2018). Os materiais secos foram moídos em um moinho de bancada. Na sequência o material foi ativado quimicamente com NaOH a 40g L⁻¹, sendo seco novamente em estufa a 105° C até peso



constante (LIMA, 2012).

IDENTIFICAÇÃO DE GLIFOSATO EM MEIO AQUOSO

Para atestar o nível de glifosato contido nas amostras, as análises foram realizadas em triplicata e foi utilizado o método de Tzaskos et al. (2012). A partir da concentração de 500 mg L⁻¹, foram realizadas diluições consecutivas variando entre 0,04 mg L⁻¹ e 0,14 mg L⁻¹. Foram utilizadas soluções de ninidrina a 5% e solução de molibdato de sódio a 5%. Os tubos foram selados e mantidos em banho maria por 12 min, a 85°C. As amostras foram resfriadas até atingirem temperatura ambiente e o volume foi completado até 5 mL com água destilada. Em seguida foi realizado a leitura em espectrofotômetro a 570 nm. A partir da curva de calibração, pode-se verificar o nível de concentração de glifosato restante nas amostras (TZASKOS et al., 2012).

ANÁLISE DA CAPACIDADE ADSORVENTE

Para verificar o poder adsorptivo dos biossorventes produzidos foram realizadas análises de adsorção de glifosato em meio aquoso, utilizando volume fixo de 20 mL de solução de glifosato 100 mg L⁻¹, a temperatura ambiente em triplicata, tendo uma das amostras como ensaio branco, em agitador magnético por 60 minutos a 150 rpm. A concentração final foi calculada a partir da curva-padrão obtida a partir da etapa 2.2. O percentual removido foi calculado através da equação (1), onde: C_0 = concentração inicial do adsorbato (mg L⁻¹) e C_e = concentração do adsorbato no equilíbrio (mg L⁻¹).

$$\%removido = \frac{(C_0 - C_e) \times 100}{C_0} \quad (\text{Equação 1})$$

TESTES PRELIMINARES

Para os testes preliminares foram utilizados três materiais in natura: Farinha das cascas da laranja (FCL), Farinha das cascas das nozes macadâmia (FCNM) e Farinha das cascas da noz pecã (FCNP), já a farinha das cascas de arroz (FCA), a farinha das cascas de pinhão (FCP) e a farinha das sementes de maracujá (FSM) foram ativadas com NaOH, conforme descrito no item 2.2. Após, realizaram-se os testes que podem ser observados na Tabela 1.

As quantidades de farinhas utilizadas para realizar os ensaios foram baseadas nos trabalhos de Cuba et al. (2018) e Severino et al. (2018), onde seus experimentos utilizaram quantidades de 0,1g a 0,5g de bagaço de cana de açúcar e sabugo de milho.



Biossorventes	Quantidades
FCA	0,10 g
FCP	0,10 g
FSM	0,10 g
FCL	0,10 g
FCA + FCP	0,05 g: 0,05 g
FCA + FSM	0,05 g: 0,05 g
FCA + FCL	0,05 g: 0,05 g
FCP + FSM	0,05 g: 0,05 g
FCP + FCL	0,05 g: 0,05 g
FSM + FCL	0,05 g: 0,05 g
FCNM	0,10 g
FCNP	0,10 g

tabela 1. Testes preliminares dos biossorventes na adsorção de glifosato.

PLANEJAMENTO FATORIAL E METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA

Foi realizado um Planejamento Fatorial 2³ com Metodologia de Superfície de Resposta com três pontos centrais a fim de verificar o melhor desempenho das quantidades dos adsorventes farinha da casca do arroz (FCA), farinha da semente de maracujá (FSM) e farinha da casca do pinhão (FCP). Foram realizados 12 (doze) Ensaios (NETO et al., 2010), onde o fator de resposta avaliado foi a concentração de glifosato em meio aquoso, o qual é representado por Y na equação (2). A Tabela 2 apresenta os valores codificados e reais do planejamento.

Ensaios	Níveis Codificados			Níveis Reais		
	x1*	x2*	x3*	X1*	X2*	X3*
1	-1	-1	-1	0,1	0,1	0,1
2	1	-1	-1	0,3	0,1	0,1
3	-1	1	-1	0,1	0,3	0,1
4	-1	-1	1	0,1	0,1	0,3
5	1	1	-1	0,3	0,3	0,1
6	1	-1	1	0,3	0,1	0,3



tabela 2.
Planejamento
fatorial 2³ com
variáveis de FCP,
FCA e FSM.

Ensaio	Níveis Codificados			Níveis Reais		
	x1*	x2*	x3*	X1*	X2*	X3*
7	-1	1	1	0,1	0,3	0,3
8	1	1	1	0,3	0,3	0,3
9	0	0	0	0,2	0,2	0,2
10	0	0	0	0,2	0,2	0,2
11	0	0	0	0,2	0,2	0,2
12	0	0	0	0,2	0,2	0,2

x1* = FCP; x2* = FCA; x3* = FSM

O modelo para a predição da adsorção pode ser visualizado na equação 2:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_1 x_2 + \beta_5 x_1 x_3 + \beta_6 x_2 x_3 + \beta_7 x_1 x_2 x_3 + \varepsilon. \text{ Eq. (2)}$$

Onde: Y representa a resposta para a quantidade de glifosato final após a adsorção, β_0 é o coeficiente de intercepção, β_1 , β_2 , β_3 , β_4 , β_5 , β_6 e β_7 são os coeficientes lineares, x_1 , x_2 e x_3 e representam as variáveis estudadas e ε é o erro. O *software* utilizado para verificar o modelo foi o Statistica 10.0 da Statsoft para Windows. A ANOVA foi utilizada para avaliar a significância do modelo proposto a 5% de confiança ($p < 0,05$).

ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

Foi utilizada ANOVA de um fator a fim de avaliar o impacto da adsorção dos materiais biossorventes produzidos na adsorção de glifosato em meio aquoso. O teste de Tukey foi utilizado para identificar qual resíduo apresentava diferença significativa na adsorção de glifosato. Ou seja, quando a ANOVA apresentou diferença significativa, foi realizado o Teste de Tukey para identificar qual ensaio apresentou diferença. Através desse teste foi possível identificar os ensaios que possuíam médias atípicas (MONTGOMERY, 2017).

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Foi desenvolvido um protótipo similar a uma esponja, utilizando duas resinas vegetais acrescidas de diferentes quantidades dos biossorventes, os quais foram escolhidos de acordo com os melhores resultados de adsorção a partir do planejamento fatorial.

MARK UP



Para a formação do preço de venda do protótipo produzido, utilizou-se o método denominado *Mark up* (MENDES, 2009), com o acréscimo de impostos e margem de comercialização.

INFLUÊNCIA DA VARIÁVEL TEMPO NA ADSORÇÃO

Realizou-se testes variando o tempo de adsorção entre: 15 min, 30 min, 60 min, 90 min, 120 min e 150 min. As análises de adsorção foram realizadas utilizando volume fixo de 20 mL de solução de glifosato 100 mg L⁻¹, quantidade fixa de biossorventes (0,1 g de cascas de arroz, 0,1 g de cascas de pinhão e 0,1g de sementes de maracujá) a temperatura ambiente, sob agitação constante de 150 rpm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Abaixo seguem os resultados dessa pesquisa.

TESTES PRELIMINARES DE ADSORÇÃO

Os testes preliminares utilizando os resíduos do arroz, pinhão, maracujá, laranja e algumas combinações desses, conforme descrito no item 2.5, mostraram que foi possível adsorver glifosato do meio. A Tabela 3 apresenta os resultados da adsorção obtidos.

Biossorventes	% Redução do glifosato
FCA	42,00 ± 7,69
FCP	38,20 ± 0,22
FSM	29,20 ± 0,43
FCL	-163,00 ± 42,03
FCA + FCP	16,80 ± 1,73
FCA + FSM	41,60 ± 6,50
FCA + FCL	-86,20 ± 38,35
FCP + FSM	53,80 ± 3,90
FCP + FCL	-80,70 ± 11,27
FSM + FCL	-128,80 ± 0,87
FCNM	37,38 ± 22,76
FCNP	39,75 ± 39,66

tabela 3. Percentual de remoção de glifosato em meio aquoso.



Diante dos resultados obtidos, a Farinha da casca do pinhão (FCP) juntamente com a farinha da semente de maracujá (FSM) apresentaram os maiores percentuais de remoção do glifosato em meio aquoso (53,80%). Fato importante de ser destacado, uma vez que esses mesmos materiais adsorveram o glifosato quando utilizados isoladamente, mas em conjunto foram capazes de apresentar melhores resultados.

No entanto, os biossorventes com as farinhas das cascas de laranja (FCL) aumentaram as concentrações de glifosato no meio, indicando que esses produtos possam ter sido tratados com glifosato durante seu cultivo. Ou seja, é possível que os mesmos já estivessem contaminados com glifosato, apesar da agroindústria haver informado que os frutos eram oriundos de lavouras orgânicas. Dessa forma, optou-se por descontinuar o uso desses resíduos nos experimentos.

Salienta-se que não foi encontrado nenhum trabalho na literatura pesquisada que utilizasse a semente do maracujá, a casca do pinhão, a casca de noz macadâmia e a casca de noz pecã para adsorção de glifosato de meio aquoso, sinalizando que o presente estudo pode trazer importantes contribuições. Sementes como a da moringa oleífera (MOTA, 2014) apresentaram uma adsorção de 16,0%, semelhante ao encontrado quando a adsorção foi realizada utilizando as farinhas da casca de arroz (FCA) e farinha da casca de pinhão (FCP).

PLANEJAMENTO FATORIAL

A partir dos resultados preliminares, foi realizado o Planejamento Fatorial, conforme descrito no item 2.6. A Tabela 4 apresenta os valores de adsorção dos ensaios do Planejamento Fatorial.

Ensaio	% Redução do glifosato
1	49,78 ± 3,19 ^a
2	43,97 ± 11,24 ^a
3	44,44 ± 1,54 ^a
4	39,09 ± 6,29 ^a
5	29,74 ± 2,70 ^b
6	13,36 ± 5,48 ^c
7	39,97 ± 4,41 ^a
8	17,14 ± 4,55 ^b
9	14,93 ± 2,61 ^c



tabela 4. Remoção de glifosato em meio aquoso do Planejamento Fatorial.

Ensaio	% Redução do glifosato
10	15,16 ± 5,16 ^c
11	12,37 ± 3,43 ^c
12	10,92 ± 3,16 ^c

A quantidade de FCA apresentou diferença significativa, enquanto a interação entre os resíduos de FCP e FCA, bem como FSM não apresentaram diferença significativa. O modelo matemático para a adsorção do glifosato pode ser observado na equação 4:

$$Y = 15,04 - 8,63x_1 - 1,86x_2 - 7,3x_3 - 0,75x_1x_2 - 3,5x_1x_3 - 3,03x_2x_3$$

(Equação 4)

Através do modelo matemático é possível prever a adsorção do glifosato através da variação das quantidades dos bioadsorventes. A superfície de contorno correspondente a equação 4 pode ser visualizada na Figura 1. Observa-se que quantidades maiores e menores de FCP (farinha da casca de pinhão) resultam em uma adsorção maior. Já a quantidade de FCA (farinha da casca de arroz) variando entre 0,1 g e 0,2 g resulta em uma maior adsorção do glifosato, indicando ser mais significativo utilizar com essas quantidades.

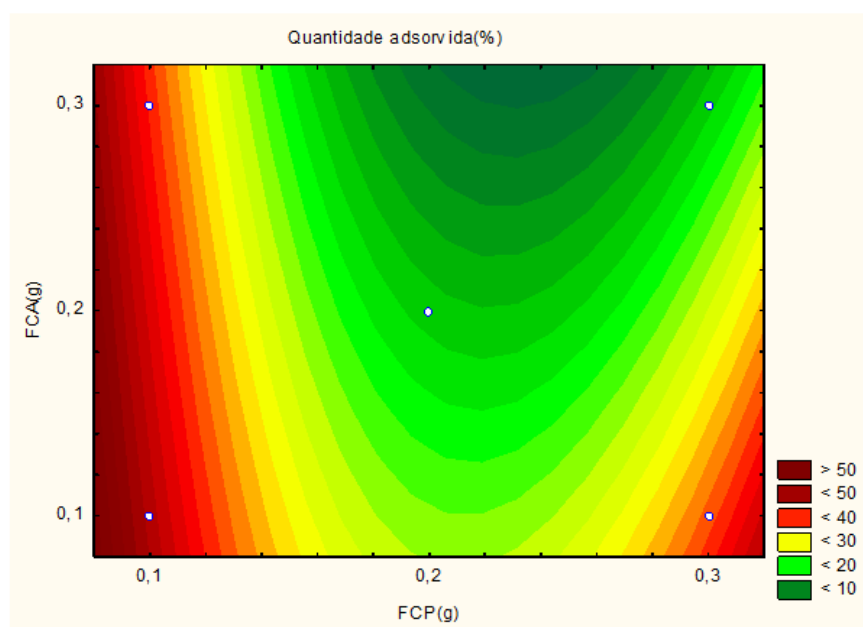


figura 1. Superfície de contorno para redução de glifosato variando a FCP e FCA.



ANOVA

A partir dos resultados obtidos do Planejamento Fatorial, realizou-se a Análise de Variância (ANOVA) de um fator a fim de verificar qual era o melhor material biossorvente. A resposta avaliada foi o percentual de adsorção. Foi possível observar diferença significativa a 5% de confiança. Devido ao fato desse atributo apresentar diferença significativa, foi realizado o teste de Tukey com o intuito de identificar qual ensaio apresentou diferença. Através desse teste foi possível identificar os ensaios que possuíam médias atípicas. Desta forma, foi constatado que os ensaios 1, 2, 3, 4, e 7 são estatisticamente diferentes dos demais (Tabela 4).

DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O protótipo foi desenvolvido utilizando duas resinas vegetais acrescidas de 0,1 g de cascas de arroz, 0,1 g de cascas de pinhão e 0,1 g sementes de maracujá, pois dentre os ensaios realizados no planejamento fatorial foram as quantidades que obtiveram os melhores resultados de adsorção. O protótipo inicial pode ser visualizado na Figura 2.



figura 2. Protótipo para remoção de glifosato.

MARK UP

Através dos cálculos do *Mark up*, usando o acréscimo de 4,5% de impostos e de 10% de margem de lucro para comercialização, o protótipo originou um novo material adsorvente de baixo custo. O valor de comercialização é de R\$ 10,00, sendo 22% mais barato que o carvão mineral



comercial utilizado nas agroindústrias e estações de tratamento.

TRATAMENTO DA ÁGUA DOS AGRICULTORES

Após 48h da aplicação de glifosato na lavoura, foi coletada uma amostra do rio ao lado de uma lavoura, onde ocorre o processo de lixiviação. O protótipo do bioissorvente desenvolvido foi utilizado para a remoção do glifosato na água do rio próximo à lavoura. Os resultados encontrados foram promissores, mostrando que o material adsorvente foi capaz de remover 81,8% de glifosato em meio aquoso, dessa forma, comprovando sua eficiência no tratamento de águas contaminadas com glifosato. A Figura 3 mostra, visualmente, a eficiência da adsorção a qual pode ser observada pela diferença colorimétrica. O tubo da esquerda apresenta água do rio após o processo de adsorção e o tubo da direita apresenta a água do rio próximo à lavoura.

A **B**



figura 3. Eficiência qualitativa da remoção de glifosato em meio aquoso.

A = água após tratamento e B = água contaminada com glifosato

A Figura 4 apresenta a interação entre o herbicida e o material adsorvente, mostrando como ocorre a reação.

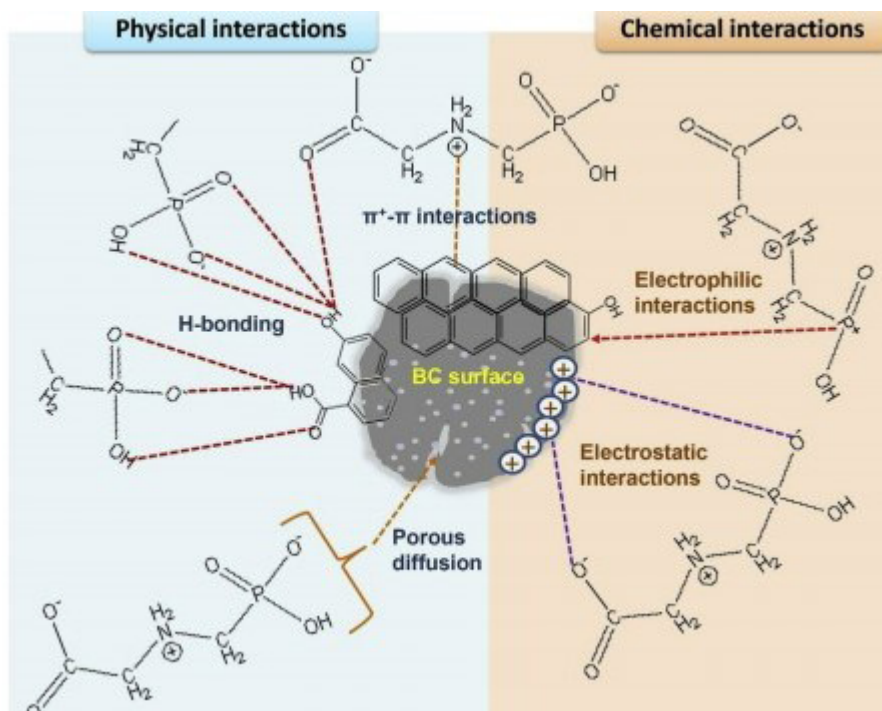


figura 4. Interação entre os sítios ativos do material adsorvente e o herbicida glifosato.

INFLUÊNCIA DO TEMPO NA ADSORÇÃO

A fim de verificar se o tempo influenciava a adsorção, foram realizados testes conforme descrito do item 2.10. Realizou-se ANOVA de um fator e teste de Tukey, mostrando que dentre os tempos utilizados, 60 minutos é o tempo ideal para a adsorção de glifosato em meio aquoso. A Tabela 5 apresenta os valores de adsorção encontrados.

Ensaio	Tempo	% Redução do glifosato
1	15 min	30,11 ± 0,17 ^a
2	30 min	38,32 ± 0,07 ^b
3	60 min	69,99 ± 0,33 ^c
4	90 min	69,92 ± 0,17 ^c
5	120 min	69,86 ± 0,18 ^c
6	150 min	70,58 ± 0,25 ^c

tabela 5. Influência da variável tempo na remoção do glifosato.



CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou o uso de resíduos agroindustriais na adsorção de glifosato em meio aquoso. Os melhores resultados foram utilizando os resíduos da farinha da casca de arroz, farinha da casca de pinhão e sementes de maracujá e por isso o protótipo foi desenvolvido utilizando esses resíduos junto a duas resinas vegetais. Foi possível verificar também que o tempo de 60 minutos foi o mais promissor para os resultados de adsorção.

O protótipo desenvolvido foi testado na água de um rio próximo a uma lavoura, mostrando sua eficiência na remoção de glifosato. A pesquisa desenvolvida demonstra importância e relevância social, científica, econômica e ambiental ao promover: o aproveitamento de resíduos agroindustriais; o uso de materiais alternativos para o tratamento de águas contaminadas com o glifosato e a melhoria da qualidade de vida e do ambiente, devido a descontaminação da água. Ainda possui caráter inovador uma vez que as cascas de pinhão, das nozes pecã, de macadâmia e as de sementes de maracujá nunca haviam sido utilizadas como materiais alternativos para o tratamento de águas contaminadas com glifosato, visto que não foi identificado na literatura publicações sobre este assunto.

Esse projeto não possui relevância apenas para o estado do Rio grande do Sul, mas sim para todo o Brasil ao promover diversas melhorias para o ambiente e produzir materiais novos e alternativos para o tratamento de águas contaminadas com o glifosato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BBC. **Glifosato**: Por que a Anvisa propõe manter liberada a venda do agrotóxico mais usado no Brasil. 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-47374656>> Acesso em: 15 set. 2021.
- CUBA, R. M. F.; GUIMARÃES, M. S.; TERÁN, F. J. C. XV-050 Produção de biocarvão a partir de bagaço de cana-de-açúcar para remoção de glifosato (formulação comercial) em meio aquoso. In: **Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**, 2018, Gramados. p. 1-7.
- DA MATA, J. S.; FERREIRA, R. L. Agrotóxico no Brasil: uso e impactos ao Meio Ambiente e a Saúde Pública. **Biologia**, v. 5, n. 6, 2013. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2013/08/02/agrotoxico-no-brasil-uso-e-impactos-ao-meio-ambiente-e-a-saude-publica-por-joao-siqueira-da-mata-e-rafael-lopes-ferreira/>>. Acesso em: 04 out. 2021.



- DE FARIA, V. H. F. **Glifosato**: desenvolvimento de metodologia para determinação em soja e milho e avaliação de parâmetros laboratoriais em trabalhadores expostos a agrotóxicos. 2013. 130f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- GLOBO RURAL. **Glifosato está liberado no Brasil diz ministro da agricultura**. 2018. Disponível em: <<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2018/08/glifosato-esta-liberado-no-brasil-diz-ministro-da-agricultura.html>> Acesso em: 15 set. 2021.
- HERATH, I.; KUMARATHILAKA, P.; AL-WABEL, M. I.; ABDULJABBAR, A.; AHMAD, M.; USMAN, A. R.; VITHANAGE, M. Mechanistic modeling of glyphosate interaction with rice husk derived engineered biochar. **Microporous and mesoporous materials**, v. 225, p. 280-288, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2016.01.017>
- LIMA, R. B. **Processo para a produção de carvão ativo a partir do subproduto resultante da lixívia alcalina da cinza da casca do arroz**. 2012. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.
- MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. John Wiley & Sons, 2017.
- MOTA, J. A. S. **Utilização da Moringa oleifera Lam para remoção de pesticidas glifosato e diuron**. 2014. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Sergipe, 2014.
- NETO, B. B.; SCARMINIO, L. S.; BRUNS, R. E. **Como Fazer Experimentos**: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria. Bookman Editora, 2010.
- NODARI, R. O.; HESS, S. C. Parecer técnico n.º01/2015: **Análise técnica acerca dos riscos associados ao glifosato, agrotóxico com uso autorizado no Brasil**. UFSC, 2015. Disponível em: <<http://noticias.ufsc.br/files/2015/07/parecer-t%C3%A9cnico-N.-01.pdf>> Acesso em: 16 ago. 2021.
- QUEIROZ, G. M. P.; SILVA, M. R. D.; BIANCO, R. J. F.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola. **Química Nova**, v. 34, n. 2, p. 190-195, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000200004>
- SAMSEL, A.; SENEFF, S. Glyphosate's suppression of cytochrome P450 enzymes and amino acid biosynthesis by the gut microbiome: pathways to modern diseases. **Entropy**, v. 15, n. 4, p. 1416-1463, 2013. <https://doi.org/10.3390/e15041416>



- SANTOS, E. S. **O impacto do glifosato na saúde humana: revisão narrativa.** 2020. 25f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2020.
- SÉRALINI, G. E.; CLAIR, E.; MESNAGE, R.; GRESS, S.; DEFARGE, N.; MALATESTA, M.; HENNEQUIN, D.; VENDÔMOIS, J. S. Republished study: long-term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. **Environmental Sciences Europe**, v. 26, n. 1, p. 1-17, 2014. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0014-5>
- SEVERINO, F. N.; RODRIGUES, J. S.; LIMA, P. H. M. **Remoção de glifosato de meio aquoso utilizando biossorvente preparado à partir de sabugo de milho.** 2018. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
- TROMBETTA, L. J.; TURCHETTO, R.; DA ROSA, G. M.; VOLPI, G. B.; BARROS, S.; DA SILVA, V. R. Resíduos orgânicos e suas implicações com o carbono orgânico e microbiota do solo e seus potenciais poderes poluentes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43996-44005, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-134>
- TZASKOS, D. F.; MARCOVICZ, C.; DIAS, N. M. P.; ROSSO, N. D. Development of sampling for quantification of glyphosate in natural waters. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, p. 399-405, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542012000400003>
- WILLS, W. **Modelagem dos efeitos de longo prazo de políticas de mitigação de emissão de gases de efeito estufa na economia do Brasil.** 2013. 236f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.



VANESSA TEIXEIRA DA ROSA

Estudante do Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), técnica em Administração pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Osório. Atuou como bolsista de iniciação científica Júnior nas áreas: ciências agrárias, ciências exatas e da terra e ciências biológicas. Também atuou como bolsista de extensão e ensino, no âmbito das ciências sociais aplicadas e cultural. Ambos os projetos foram desenvolvidos no IFRS. Hoje atua como bolsista de iniciação científica, pelo CNPq, na UFRGS, na área de toxicologia em alimentos.

FLÁVIA SANTOS TWARDOWSKI PINTO

Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Osório. Formada em Engenharia de Alimentos, fez seu mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos e doutorado em Engenharia de produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Há mais de 11 anos, tornou-se professora do IFRS, onde desenvolve projetos de pesquisa com estudantes do Ensino Fundamental, Médio e Superior. Entre suas paixões está o desenvolvimento de projetos de pesquisa com os estudantes do ensino médio como forma de contribuir para uma educação mais significativa.

CLÁUDIUS JARDEL SOARES

Professor e diretor de extensão do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Osório. Graduado em Química Licenciatura pela Universidade Luterana do Brasil (Ulbra), especialização em Educação Ambiental e Mestrado em Educação pela Universidade La Salle (Unilasalle). Tem experiência na área de Educação em Ciências, com ênfase em Didática e Epistemologia das Ciências. Atualmente desenvolve projetos de pesquisa e de extensão com alunos do Ensino Médio.

submetido
31.07.2020

reapresentado
18.08.2021

aprovado
20.09.2021

Contribuição de autoria. Vanessa Teixeira da Rosa: concepção, coleta e análise de dados, elaboração, revisão e redação do manuscrito. Flávia Santos Twardowski Pinto, Cláudius Jardel Soares: orientação, redação e revisão do manuscrito.

Apoio. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.

Licença de uso. Este artigo está licenciado sob a Licença Creative Commons CC-BY. Com essa licença, você pode compartilhar, adaptar, criar para qualquer fim, desde que atribua a autoria da obra.