

I-074 - INFLUÊNCIA DO FÓSFORO NA ADSORÇÃO DO GLIFOSATO EM LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Priscila Ferreira de Souza⁽¹⁾

Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Pontifícia Universidade Católica de Goiás/ PUC/GO

Julia Thais Bueno Silva

Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Pontifícia Universidade Católica de Goiás/ PUC/GO

Ketley Costa Rocha

Discente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Pontifícia Universidade Católica de Goiás/ PUC/GO

Renata Medici Frayne Cuba

Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Pontifícia Universidade Católica de Goiás/ PUC/GO.

Docente da Escola de Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal de Goiás. Docente do Programa

de Pós-graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária/ UFG.

Endereço⁽¹⁾: Rua 229, 246, Qd 56, Lote 11 – Setor Leste Universitário - Goiânia - Goiás - CEP: 74605-090-Brasil - Tel: +55 (62) 8212-6260 - e-mail: priscilaferreira.14@hotmail.com

RESUMO

O aumento da demanda por alimentos devido ao crescimento populacional influenciou diretamente a intensificação da utilização de agrotóxicos nos diversos tipos de cultura. Tais defensivos agrícolas juntamente com alguns nutrientes como o fósforo, são os principais responsáveis pela alteração da qualidade da água utilizada para abastecimento público, devido ao transporte destes compostos através do escoamento superficial e lixiviação para os recursos hídricos. Por conferir danos à saúde, é necessário que os agrotóxicos sejam removidos durante o processo de tratamento nas Estações de Tratamento de Água, para assim assegurar que a água consumida pela população cumpra os parâmetros de potabilidade relativos à presença de pesticidas. Das técnicas empregadas para a degradação ou remoção de agrotóxicos, como por exemplo, o glifosato, destacam-se na literatura os processos físico-químicos, entre eles a adsorção em diferentes materiais. No entanto, essas técnicas além de exigirem o uso de produtos químicos ainda podem contribuir para a geração de lodo excedente, cujo tratamento e disposição final tem se tornado fonte de preocupação entre os pesquisadores da área de saneamento. Uma solução para tal situação seria a utilização de subprodutos gerados na ETA que possuam características químicas para serem utilizados como adsorventes. Neste caso, o lodo gerado pelo processo de clarificação da água pode apresentar as características adequadas, visto que possui em sua estrutura teores de ferro (Fe^{3+}) e alumínio (Al^{3+}), considerados os sítios ativos para a adsorção do glifosato. No entanto, estudos realizados em matrizes de solo revelaram a interferência de íons fosfatos no processo de adsorção. Dessa forma, o presente artigo analisou a influência do fósforo na adsorção do herbicida glifosato utilizando como adsorvente o lodo de ETA. Foram avaliadas a cinética de adsorção assim como o tipo de isoterma característica do processo. Os resultados das isotermas demonstraram que a adsorção, nas condições estudadas, não foi favorável. Já nos ensaios cinéticos, pode-se verificar a influência do fósforo na adsorção, porém, somente a partir de concentrações acima de $11,5 \text{ mg.L}^{-1}$, enquanto que, para concentrações inferiores a presença deste composto na adsorção do glifosato pelo lodo de ETA foi favorável.

PALAVRAS-CHAVE: Agrotóxicos, Estação de Tratamento de Água, Glifosato, Fósforo, Adsorção

INTRODUÇÃO

A evolução da tecnologia, o desenvolvimento da agricultura e das indústrias influenciou diretamente o crescimento populacional, contudo, o gerenciamento inadequado dos recursos hídricos juntamente com a falta de conscientização ambiental por parte da maioria da população, de alguns empresários e latifundiários faz com que a qualidade das águas da maioria dos mananciais se torne cada vez mais comprometida o que resulta em maiores investimentos no tratamento da água para fins de abastecimento público.

Entre as atividades que contribuem de forma significativa com a degradação dos corpos de água pode-se citar a descarga de esgotos domésticos sem tratamento ou tratamento inadequado, que inserem na água compostos como material orgânico biodegradável, nutrientes e sólidos assim como o deflúvio agrícola que contribui, principalmente, para a presença de nutrientes e agrotóxicos no meio aquático.

Resultados de um estudo sobre a qualidade das águas superficiais no Brasil, realizado em 2013 pela Agência Nacional de Águas (ANA), demonstraram que a concentração de fósforo total foi um dos parâmetros que apresentou maior percentual de desconformidade em relação aos limites estabelecidos para águas de Classe 2, (BRASIL, 2013. p. 80).

Em relação aos agrotóxicos, o monitoramento desses compostos em mananciais ainda é precário, principalmente em virtude do custo elevado para sua detecção e da necessidade de pessoal especializado. (BRASIL, 2013). No entanto, estudos isolados em diferentes localidades revelam a contaminação das águas por diferentes compostos, como carbofuran, quinclorac, clomazone e fipronil no Rio Grande do Sul (GRÜTZMACHER *et al.*, 2008), resíduos de endossulfan, flutriafol, metolaclo, atrazina, malation no Mato Grosso (MOREIRA *et al.* 2012), resíduos de Delta-BHC, Endossulfan, Lindano, b-BHC, Heptacloro, Heptacloro epóxi e Aldrin em amostras de peixes em Minas Gerais (GOMES, *et al.* 2010) entre outros trabalhos.

Os efeitos dos agrotóxicos dependerão da sua classe, porém, levando-se em consideração que os mesmos foram desenvolvidos de forma a potencializar a ação biocida estes representam um risco em potencial para todos os organismos vivos (VEIGA, 2007) inclusive à saúde humana. Segundo Peres e Moreira (2007) dependendo da classe do agrotóxico, tempo e tipo de exposição estes podem causar desde dermatites até alguns tipos de cânceres.

Atualmente, o glifosato é o herbicida mais utilizado no mundo, sobretudo em função de sua suposta baixa toxicidade e do preço que se tornou baixo depois que a patente do produto expirou e marcas genéricas passaram a ser comercializadas (ASPTA, 2014).

Esse produto é um herbicida utilizado no controle de plantas daninhas e em diversos tipos de culturas, entre elas a soja e cana-de-açúcar. Segundo Queiroz et al (2011) o composto pode alcançar os recursos hídricos por meio de processos de transporte entre compartimentos ambientais, como a lixiviação e, principalmente, o escoamento superficial que pode ocorrer através do transporte do herbicida adsorvido às partículas do solo erodido ou em solução.

Outra forma do glifosato alcançar os recursos hídricos é por meio da sua aplicação direta em reservatórios com o intuito de controlar plantas aquáticas, porém, apesar de esta prática ser utilizada em diferentes países, como Estados Unidos e Japão, no Brasil ela não é permitida, devido aos possíveis impactos ambientais que o herbicida pode causar (SOUZA, 2013).

Já no ambiente aquático, o glifosato se caracteriza por ser um composto altamente solúvel, apresentando valor de $1,16 \times 10^3$ ppm a 25°C e a permanência do herbicida é influenciada pelos processos de degradação física, química ou biológica da substância. (QUEIROZ et al, 2011).

Estudos realizados por Silva, Peralba e Mattos (2003) demonstraram a presença de glifosato em águas superficiais depois de 30 e, até mesmo, 60 dias após a aplicação do herbicida, o que implicaria em sistemas de tratamento de água capazes de remover essa substância.

Das técnicas empregadas para a degradação ou remoção de agrotóxicos, como por exemplo, o glifosato, destacam-se na literatura os processos físico-químicos, entre eles a adsorção em diferentes materiais (TONI; SANTANA; ZAIA, 2006; MATTOS, 2008; PEREIRA, 2011), principalmente aqueles que contêm teores de ferro (Fe^{3+}) e alumínio (Al^{3+}) (PRATA et al, 2000; TONI; SANTANA; ZAIA, 2006, QUEIROZ et al 2011). Chao (2006) salienta que a adsorção é considerada uma das melhores técnicas para remoção deste composto em rios ou lagoas devido a sua eficiência mesmo para baixas concentrações.

No entanto, cabe ressaltar que essas técnicas além de exigirem o uso de produtos químicos ainda podem contribuir para a geração de lodo excedente, cujo tratamento e disposição final tem se tornado fonte de preocupação entre os pesquisadores da área de saneamento.

Uma alternativa para essa situação seria a utilização de subprodutos provenientes do próprio sistema de tratamento de água. Nesse cenário, destacam-se os lodos de Estações de Tratamento de Água (ETA) que representam cerca de 0,3 a 1,0% do volume de água tratada (HOPPEN, 2005) e cuja composição química é principalmente hidróxidos de sais de alumínio e ferro além de partículas orgânicas e inorgânicas.

Diferentes pesquisadores que analisaram a composição de lodos de ETAs verificaram a predominância de óxidos de alumínio e ferro nesse produto. (WAG, 1996, OLIVEIRA, MACHADO, HOLANDA, 2004; WOLFF et al, 2005; REALI, 1999 apud PAIXÃO, 2008; BOTERO et al. 2009). Porém, poucos são os estudos que avaliaram a capacidade de adsorção desse material para agrotóxicos.

Entre os testes que podem ser realizados para verificar a capacidade de adsorção de um material encontram-se as isotermas de adsorção que são equações matemáticas que descrevem as relações entre a quantidade de determinado elemento químico adsorvido e sua quantidade remanescente na solução de equilíbrio.

Algumas formas mais comuns de isotermas estão apresentadas na Figura 5, em que a concentração de equilíbrio em solução (C_e) é dada em ppm e a quantidade de material retido (q_e) é apresentada em mg/g e são apresentadas na Figura 1.

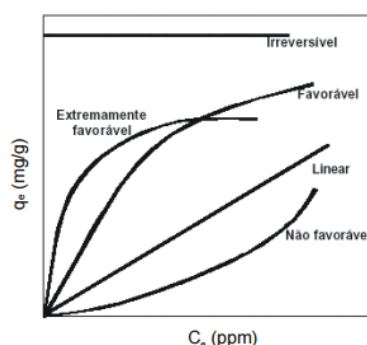


Figura 1. Tipos de isotermas: q_e é quantidade máxima de soluto retida no adsorvente no equilíbrio e C_e é a concentração de equilíbrio.

Fonte: McCABE et al., 1993 (apud OLIVEIRA, 2011).

Entre os modelos mais utilizados tem-se o modelo de Langmuir que prevê uma representação simples do mecanismo do processo de adsorção e baseia-se nas seguintes suposições: a superfície contém um número fixo de sítios de adsorção, todas as espécies adsorvidas interagem somente com um sítio e não entre si, a adsorção é limitada à monocamada e é reversível. A Equação 1 representa o modelo de Langmuir

$$q_e = \frac{q_0 \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad \text{equação. (1)}$$

Onde

q_e - concentração de contaminante sorvido por massa de adsorvente (mg g^{-1});

q_0 - capacidade máxima de adsorção (mg g^{-1});

K_L - constante relacionada à energia de ligação adsorbato/adsorvente (mg L^{-1});

C_e - concentração de equilíbrio no tempo t (mg L^{-1});

A resolução do modelo fornece uma curva côncava representando uma isoterma favorável.

No entanto, levando-se em consideração que durante o processo de adsorção tanto o glifosato quanto o fósforo podem ser adsorvidos em materiais com teores de ferro (Fe^{3+}) e alumínio (Al^{3+}) (TONI; SANTANA; ZAIA, 2006, QUEIROZ et al. 2011; CHAO, 2006), a remoção do glifosato poderia ser prejudicada. Nesse sentido, o

presente trabalho apresenta os resultados da influência da presença de fósforo durante a remoção de glifosato via adsorção utilizando lodo de estação de Tratamento de Água (ETA).

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparo do material adsorvente

O material adsorvente utilizado nos ensaios foi preparado a partir do lodo proveniente do decantador 1 da Estação de Tratamento de Água Jaime Câmara da SANEAGO (Saneamento de Goiás S.A.), município de Goiânia – Go. Logo após a coleta o lodo foi submetido à secagem em estufa microprocessada modelo Q314M242 – Quimis sob a temperatura de 100°C durante o período de 24 horas.

De acordo com estudo realizado por Machado, Carmo e Siqueira (2009) a concentração média de alumínio no lodo da ETA Jaime Câmara foi de 455 mg.L⁻¹ e ferro 2,71 mg.L⁻¹.

Em seguida, o lodo foi destorroado e peneirado para obtenção de material com granulometria de 75-150 µm.

Ensaio de adsorção

Os ensaios de adsorção foram realizados em escala de bancada utilizando equipamento de jar test JT102.3 Milan. Foram utilizados três jarros com capacidade volumétrica 2L. Em cada ensaio foram utilizados 5g de lodo como material adsorvente e 2L de solução de glifosato preparada a partir de produto comercial à base de sal de Di-amônio de Glifosato 445 g.L⁻¹ (370 g.L⁻¹ equivalente ácido) e água destilada. As concentrações de glifosato testadas foram: 1,5 mg.L⁻¹, 3,0 mg.L⁻¹, 5,0 mg.L⁻¹, 6,0 mg.L⁻¹, 7,5 mg.L⁻¹ e 9,0 mg.L⁻¹ e os ensaios realizados por um período médio de 7h cada.

As análises de glifosato foram realizadas de acordo com método espectrofotométrico proposto por Bhaskara e Nagaraja (2006) que consiste na formação de um composto cor púrpura com máximo de absorção em 570nm, quando glifosato reage com Ninhidrina (C₉H₆O₄) na presença de Molibdato de Sódio Dihidratado (Na₂MoO₄ – 2H₂O) como catalizador à temperatura de 90°C. Para remover possíveis interferências de material orgânico proveniente do lodo, as amostras foram previamente filtradas em membranas de celulose com poros de 0,45µm. As amostras foram aquecidas no equipamento banho maria modelo TE-056 MAG Tecnal.

Nos ensaios com a presença de fósforo foram adicionadas à solução de glifosato fosfato de potássio monobásico (KH₂PO₄). O suficiente para obter a relação glifosato/fósforo total (P-PO₄³⁻) = 0,65. Essa relação foi escolhida levando-se em consideração as máximas concentrações permitidas para esses compostos em águas doces classe 2.

Os ensaios foram realizados no intervalo de pH de 6,70 – 7,30, adicionando-se solução de ácido sulfúrico (0,1M) ou de hidróxido de sódio (0,1M) e temperatura ambiente de 22°C ± 1 °C. Os valores de pH, foram escolhidos por serem os mesmos estudados por Hu, Zhao e Sorohan (2011) em seus estudos sobre a adsorção do glifosato em lodo de estação de tratamento de água. As análises de pH, foram realizadas com pHmetro de bancada marca Digimed.

Cinética e Isotermas de adsorção

Para avaliar a capacidade de adsorção do glifosato no material adsorvente produzido a partir do lodo foi utilizado o modelo de Langmuir com dados obtidos nos ensaios tanto na ausência quanto na presença de fósforo. Também foram construídos gráficos com o perfil da quantidade de massa adsorvida/massa de adsorvente (q_e) em função do tempo de ensaio para ambas as condições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Isotermas de adsorção.

Para a análise do modelo de Langmuir foram calculados os valores de q_e (concentração de contaminante adsorvido por massa de adsorvente (mg g⁻¹) e C_e (concentração de equilíbrio no tempo t em mgL⁻¹) para as condições com e sem fósforo, cujos resultados se encontram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de q_e e C_e para os ensaios de isotermas de adsorção

Concentração glifosato (mg.L^{-1})	Ensaio na ausência de fósforo (P)		Ensaio na presença de fósforo (P)	
	q_e (mg.g^{-1})	C_e (mg.L^{-1})	q_e (mg.g^{-1})	C_e (mg.L^{-1})
1,5	0	1,5	0,19	0,68
3,0	0	3,0	0,45	1,72
5,0	0,16	4,35	0,72	2,21
6,0	0,45	4,35	0,86	2,55
7,5	1,0	6,99	0,08	7,50
9,0	-	-	0	9,0

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os gráficos com as isotermas de equilíbrio para as condições na ausência e presença de fósforo, respectivamente.

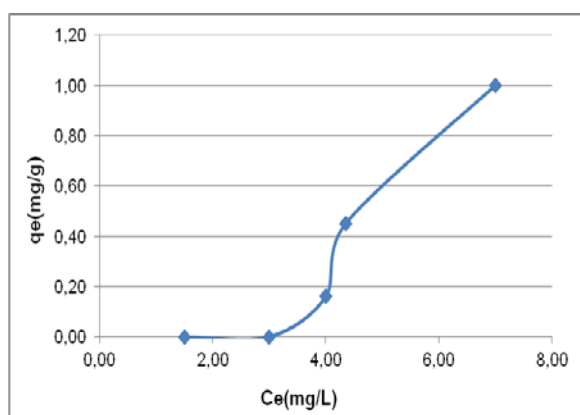


Figura 2. Isoterma de equilíbrio para o glifosato na ausência de fósforo.

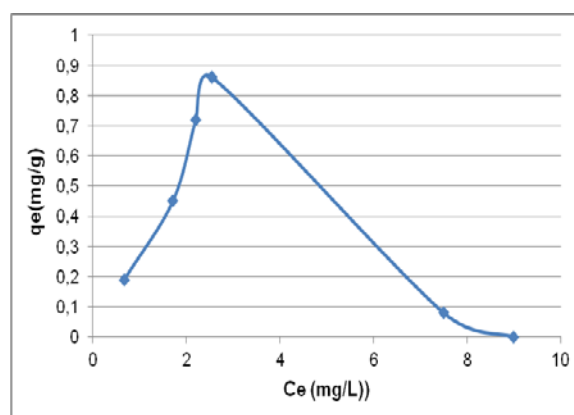


Figura 3. Isoterma de equilíbrio para o glifosato na presença de fósforo.

De acordo com os resultados apresentados nas Figuras 2 e 3 pode-se verificar que em nenhuma das condições os resultados se adaptaram ao modelo proposto por Langmuir, curva extremamente favorável representa na Figura 1, anteriormente. A isoterma obtida a partir dos resultados do ensaio com glifosato na ausência de fósforo (Figura 2) se assemelha a uma curva convexa segundo classificação apresentada em McCABE (2001). Esse tipo de isoterma é considerada desfavorável devido à sua baixa capacidade de remoção em baixas concentrações. Segundo Amgarten (2006) elas se originam sob condições nas quais as moléculas de adsorbato têm maior afinidade umas pelas outras do que pela superfície do adsorvente. Já na Figura 3 não é possível avaliar o tipo de adsorção mais adequado para os resultados obtidos.

No entanto, pode-se verificar nos 4 primeiros pontos correspondentes às concentrações de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ até 6 mg.L^{-1} que a curva obedece um comportamento mais linear, ou seja, a quantidade adsorvida é proporcional a concentração do fluido, porém, essa condição muda para concentrações maiores de glifosato. Na realidade, acredita-se que o comportamento não favorável para a adsorção do glifosato nas duas últimas concentrações, possa estar relacionado com a concentração de fósforo em solução que também aumentou com o aumento da concentração de glifosato.

De acordo com a literatura o fósforo pode influenciar na adsorção do glifosato devido à competição existente entre o fosfato inorgânico e o glifosato pelos sítios de adsorção, devido que o mecanismo de adsorção proposto para a interação glifosato-adsorbato é similar ao mecanismo de ligação do fosfato inorgânico. (TONI; SANTANA; ZAIA, 2006).

Apesar da verificação da competição entre fosfatos e glifosato há estudos que argumentam que a interferência do fosfato somente ocorre a partir de uma certa concentração de fósforo no meio. Prata et al (2003) ao estudarem a adsorção do glifosato em solos com diferentes concentrações de fósforo concluíram que a

competição somente foi importante quando os níveis de fósforo nos solos atingiram valores muito elevados, naquele estudo cerca de $1000 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Cinética de adsorção

Nos gráficos apresentados nas Figuras de 4 a 7 são apresentados os perfis temporais de acúmulo de massa adsorvida/massa de adsorvente para as diferentes concentrações de glifosato.

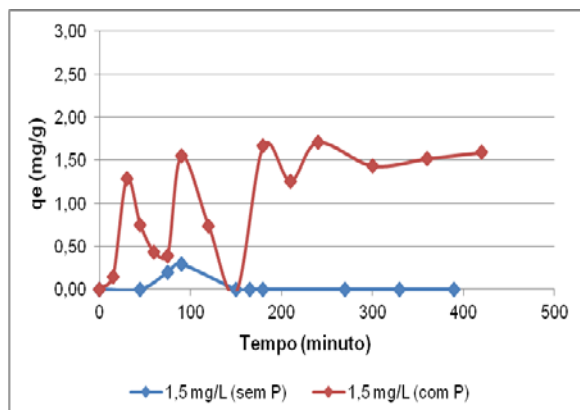


Figura 4: Perfil temporal do acúmulo de massa adsorvida/massa de adsorvente para concentração de glifosato de $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na ausência e presença de fósforo (P).

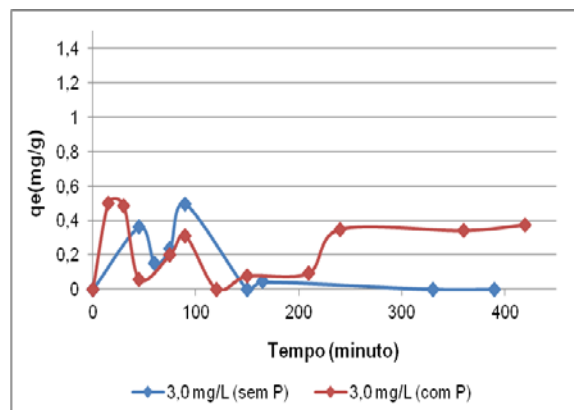


Figura 5: Perfil temporal do acúmulo de massa adsorvida/massa de adsorvente para concentração de glifosato de $3,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na ausência e presença de fósforo (P).

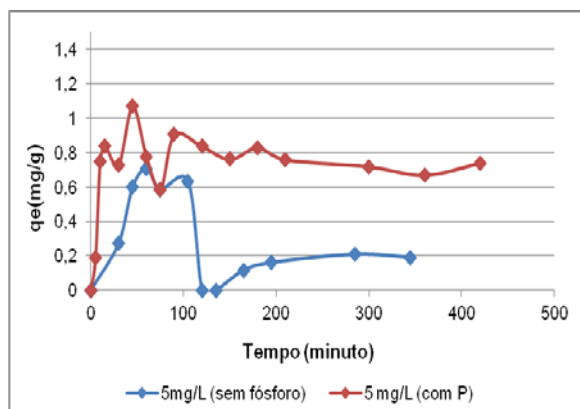


Figura 6: Perfil temporal do acúmulo de massa adsorvida/massa de adsorvente para concentração de glifosato de $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na ausência e presença de fósforo (P).

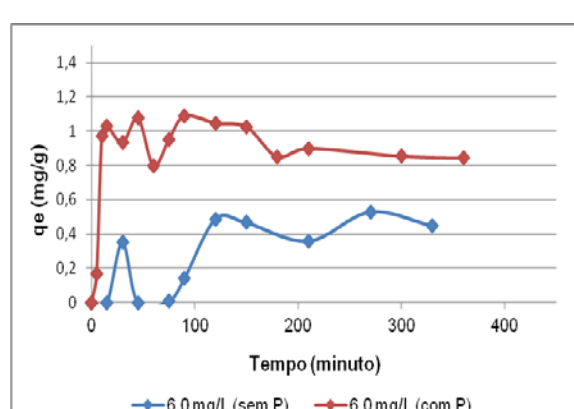


Figura 7: Perfil temporal do acúmulo de massa adsorvida/massa de adsorvente para concentração de glifosato de $6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ na ausência e presença de fósforo (P).

Como pode ser observado nas Figuras 4 a 7, a presença do fósforo no meio favoreceu a adsorção do glifosato no equilíbrio nas concentrações de $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ até $6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$. A explicação para esse comportamento pode estar associada ao fato de as moléculas de glifosato poderem formar complexos com metais em solução, neste caso o potássio, contra íon do sal de fosfatado utilizado nos ensaios.

De acordo com Coutinho e Mazo (2005) o grupo fosfonato $\text{R-PO}(\text{OH})_2$ do composto tem a habilidade de formar complexos fortes com metais levando à modificação nos processos de adsorção. Essa condição foi verificada por Morillo et al (2002) ao estudarem a adsorção do glifosato na presença de íons cobre (Cu^{2+}).

No entanto, esses resultados estão bem abaixo dos obtidos por Hu, Zhao e Sorohan (2011) que utilizaram lodo desidratado de estação de tratamento de água e obtiveram valores de q_e de $85,9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ além de verificarem que a adsorção se adequou aos modelos de Langmuir. Porém, cabe ressaltar que a faixa de pH no ensaio foi de 5,2 a 5,6, o que poderia justificar as maiores adsorções observadas.

Cruz et al (2007) verificaram que a adsorção do glifosato, em diferentes tipos de solo também foi afetada pelo pH, sendo que em pH 4 foram observadas as maiores porcentagens de adsorção de glifosato.

A influência do pH na adsorção do glifosato em a argila foi observada e explicada por McConnell et al. (apud MATTOS, 2008) que propuseram que a adsorção do glifosato diminuiu ao se aumentar o pH devido ao aparecimento de cargas negativas em sua molécula.

Entretanto, conforme observado nas Figuras 8 e 9, esse comportamento foi revertido para maiores concentrações de glifosato, que estão associadas a maiores concentrações de fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4) na proporção de glifosato/fósforo total (P-PO_4^{3-}) = 0,65.

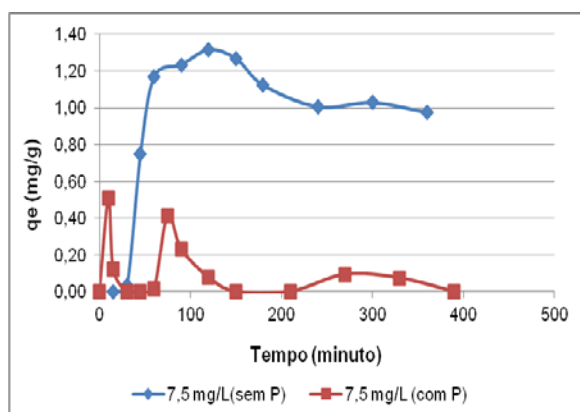


Figura 7: Perfil temporal do acúmulo de massa adsorvida/massa de adsorvente para concentração de glifosato de 7,5 mg. L⁻¹ na ausência e presença de fósforo (P).

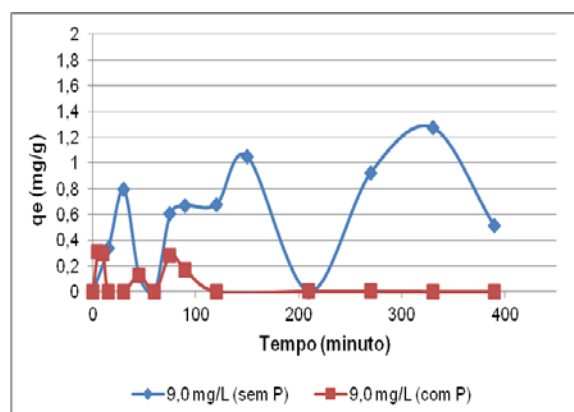


Figura 8: Perfil temporal do acúmulo de massa adsorvida/massa de adsorvente para concentração de glifosato de 9 mg. L⁻¹ na ausência e presença de fósforo (P).

Como pode ser verificado nas Figuras 7 e 8, ao se trabalhar com concentração de glifosato de 7,5 mg.L⁻¹ e 9,0 mg.L⁻¹ e concentrações de fósforo na ordem de 11,5 mg.L⁻¹ e 13,85 mg.L⁻¹, respectivamente, o comportamento da adsorção do glifosato na presença de fósforo foi modificada, sendo nesses casos, influenciada de forma negativa.

No ensaio com 7,5 mg.L⁻¹ de glifosato, a quantidade desse composto adsorvida por massa de adsorvente (q_e) no equilíbrio foi de aproximadamente 1mg.g⁻¹ enquanto que nos ensaios com fósforo foi de 0,08 mg.g⁻¹.

A explicação para tal comportamento pode estar associada a competição entre fósforo e o glifosato pelos sítios de adsorção, segundo Prata et al (2003), Toni, Santana e Zaia, (2006). Como pode ser observado, para ambas as condições a adsorção do glifosato foi praticamente nula quando no equilíbrio.

Nos ensaios com 9mg.L⁻¹ de glifosato, a influência do fósforo ficou mais evidente, visto que os resultados obtidos demonstram que no tempo de ensaio não houve adsorção significativa no lodo. No teste sem fósforo, foi possível verificar adsorção no lodo, porém no tempo de ensaio não foi possível verificar a condição de equilíbrio.

CONCLUSÕES

O lodo utilizado como material adsorvente para remoção de glifosato foi satisfatório, porém, a presença de fósforo influenciou, tanto de forma positiva quanto de forma negativa na adsorção do glifosato. Para concentrações de fósforo da ordem de 2,31 mg.L⁻¹ a 9,23 mg.L⁻¹ a presença de fósforo favoreceu a adsorção do glifosato no lodo, já para concentrações de fósforo de 11,5 mg.L⁻¹ e 13,85 mg.L⁻¹ a adsorção foi reduzida a ponto de que não fosse possível verificar adsorção significativa no ensaio com a maior concentração de fósforo.

AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem à SANEAGO (Saneamento de Goiás S.A.) por disponibilizarem o lodo utilizado nos ensaios e ao CNPQ pela bolsa de iniciação científica concedida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMGARTEN, D. R. Determinação do volume específico de poros de sílicas cromatográficas por dessorção de líquidos em excesso. Dissertação – Mestrado- Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química. Campinas/SP. 66p. 2006.
2. ASPTA – Agricultura Familiar e Agroecológica. (Rio de Janeiro/RJ) Boletim 668. Março de 2014. Disponível em: <http://aspta.org.br/quem-somos/>. Acesso em: 15 mar. 2016.
3. BHASKARA, Besagarahally L.; NAGARAJA, Padmarajaiah. Direct sensitive spectrophotometric determination of glyphosate by using ninhydrin as a chromogenic reagent in formulations and environmental water samples. *Helvetica chimica acta*, v. 89, n. 11, p. 2686-2693, 2006. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hlca.200690240/abstract>>. Acesso em: 07 abr. 2016.
4. BOTERO, W. G.; dos SANTOS, A.; de OLIVEIRA, L. C.; ROCHA, J. C. Caracterização de lodo gerado em estações de tratamento de água: perspectivas de aplicação agrícola. *Química Nova. Sociedade Brasileira de Química*, v. 32, n. 8, p. 2018-2022, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/27617>>. Acesso em: 07 abr. 2016.
5. BRASIL. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, 2013. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/PDFs%20agregados/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_capitulos_.pdf. Acesso em: 26 mar. 2016.
6. COUTINHO, Cláudia FB; MAZO, Luiz Henrique. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: Revisão. *Química Nova*, v. 28, n. 6, p. 1038, 2005. Disponível em: <<http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2005/vol28n6/18-RV04313.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2016.
7. CHAO, I. R. S. Remoção de fósforo de efluentes de estações de tratamento biológico de esgotos utilizando lodo de estação de tratamento de água, 2006. Disponível em: [file:///C:/Users/DellFran/Downloads/IARA_RS_CHAO DISSERT_MESTRADO_28_11_06%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/DellFran/Downloads/IARA_RS_CHAO DISSERT_MESTRADO_28_11_06%20(3).pdf). Acesso em: 27 mar. 2016.
8. CRUZ, L.H et al. Adsorption of Glyphosate on Clays and Soils from Paraná State: Effect of pH and Competitive Adsorption of Phosphate. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. v.50, n. 3 : p.385-394. 2007
9. GOMES, A.P.D. et al. Análise da carga contaminante de agrotóxicos e bactérias em peixes da represa de Furnas. *Revista Brasileira de Medicina*. v. 67. n. 11. 2010. Disponível em: http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?id_materia=4471&fase=imprime. Acesso em: 26 mar. 2016.
10. GRÜTZMACHER, D. D et al. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.12, n.6, p.632–637, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n6/v12n06a10.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2016.
11. HOPPEN, CYNTHIA et al. Uso de lodo de estação de tratamento de água centrifugado em matriz de concreto de cimento Portland para reduzir o impacto ambiental, Curitiba. *Química nova* v.29, n.1, p. 79-84, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n1/27861.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.
12. HU, Y. S.; ZHAO, Y. Q.; SOROHAN, B. Removal of glyphosate from aqueous environment by adsorption using water industrial residual. *Desalination*, v. 271, n. 1, p. 150-156, 2011. Disponível em: <<http://researchrepository.ucd.ie/handle/10197/3113>>. Acesso em: 07 abr. 2016.
13. MACHADO, L.S.M.; CARMO, W.G.S; SIQUEIRA, E.Q. Características do lodo de ETA. Caso: estação de tratamento de água Jaime Câmara em Goiânia, Goiás. In. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recife/Pe. 2009.
14. McCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOT, P. Unit Operations of Chemical Engineering. McGraw Hill International Ed., 6th ed., 2001.
15. MATTOS, R. A. de. Estudo das interações do herbicida glifosato com argila natural brasileira monoiónica. Dissertação (Mestrado em Química na área de Físico-Química) 67 f. Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas. 2008. Disponível em: <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtls000439962.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

16. MOREIRA, J. C. et al. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(6):1557-1568, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.org/pdf/csc/v17n6/v17n6a19.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2016.
17. MORILLO, E.; UNDABEYTIA, T.; MAQUEDA, C.; RAMOS, A.; The effect of dissolved glyphosate upon the sorption of copper by three selected soils. *Chemosphere*, n. 47, p. 747. 2002. Disponível em: http://ac.els-cdn.com.ez49.periodicos.capes.gov.br/S0045653501003381/1-s2.0-S0045653501003381-main.pdf?_tid=51dc3276-fec0-11e5-ab1800000aacb360&acdnat=1460253946_24b8aea2456fd4f9916e24d99bbeca20: Acesso em: 09 abr. 2016.
18. OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha. *Cerâmica*, n.50 p. 324-330, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/ce/v50n316/a0750316.pdf>. Acesso em: 09/04/2016.
19. OLIVEIRA S.A. Estudo de adsorção de metais pesados em zeólitas para fins de uso em barreira reativa. Dissertação Mestrado. Engenharia Civil. COOPE. Universidade Federal do rio de Janeiro. Rio de Janeiro/RJ. 220p. 2011.
20. PAIXÃO, L. et al. Efeito da incorporação de lodo de ETA contendo alto teor de ferro em cerâmica argilosa (Effect of addition of high iron content sludge from water treatment plant on a clay-based ceramic). *Cerâmica*, v. 54, p. 63-76, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Humberto_Yoshimura/publication/262504864_Effect_of_addition_of_high_iron_content_sludge_from_water_treatment_plant_on_a_clay-based_ceramic/links/0a85e53b18c3b5aa07000000.pdf. Acesso em: 07 abr. 2016.
21. PEREIRA, J. Remoção de pesticidas em água utilizando adsorventes a base de borra de café. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/1040/1/Dissertacao%20Juliao%20Pereira.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.
22. PERES, F., MOREIRA, J. C. Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 23 Sup 4:S612-S621, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.org/pdf/csp/v23s4/13.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2016.
23. PRATA, F.; CARDINALI, V. C. B.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V. L.; REGITANO, J. B. Glyphosate sorption and desorption in soils with different phosphorus levels. *Scientia Agricola*, v. 60, n. 1, p. 175-180, 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162003000100026&script=sci_arttext&tlng=es. Acesso em: 09 abr. 2016.
24. PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glifosato em solos com diferentes atributos mineralógicos. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Viçosa, v. 24, pp. 947-51, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v24n4/26.pdf>. Acesso em: 08/04/2016
25. QUEIROZ, G. M. P.; SILVA, M. R. da; BIANCO, R. J. F. PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola. *Quim. Nova*, v. 34, n. 2, p.190-195, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v34n2/04.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2016.
26. SILVA, M. D. da; PERALBA, M. do C. R.; MATTOS, M. L. T. Determinação de glifosato e ácido aminometilfosfônico em águas superficiais do arroio Passo do Pilão. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 13, p. 19-28, jan. /dez. 2003. Disponível em: <file:///c:/users/dellfran/downloads/3161-6277-1-pb.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2015.
27. SOUZA, E. L. C. de. Impacto ambiental do uso do glyphosate no controle de aguapé (*Eichhornia crassipes*). 2013. 95 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola - Área de concentração em Água e Solo). Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP.
28. TONI, L. R. M.; DE SANTANA, H.; ZAIA, D. A. M. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 829, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v29n4/30266.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2016.
29. VEIGA, M. M. Agrotóxicos: Eficiência econômica e injustiça socioambiental, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232007000100017. Acesso em: 06 abr. 2016.
30. WAG, Yuzhu. Condicionamento de Lodo de Estação de Tratamento de Água: Estudo de caso. Escola Politécnica USP-São Paulo, p. 1, 1996.



31. WOLFF, E.; SCHWABE, W.K; LANDIM, A.B; VITORINO, M.D., Caracterização do lodo gerado na estação de tratamento de água da Cenibra. In. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande/MS. 2005