

# AVALIAÇÃO IN VITRO DA MOBILIDADE VERTICAL DO CARBOFURANO UTILIZANDO COLUNAS DE SOLO E ANÁLISE POR CROMATOGRAFIA LÍQUIDA DE ALTA EFICIÊNCIA

Camila Faria Silva<sup>1</sup> (EG), Simone Machado Goulart<sup>2</sup> (PQ), Adilson Correia Goulart<sup>3</sup> (TA).  
Instituto Federal de Goiás, *Câmpus Itumbiara*.

**Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra.**

## Resumo

O Carbofurano é considerado um agrotóxico perigoso ao meio ambiente e extremamente tóxico aos seres vivos. É amplamente utilizado no controle de insetos e nematoides. Sua aplicação pode ser diretamente no solo ou em sementes. Desta forma, este projeto teve como objetivo principal avaliar o potencial de lixiviação do carbofurano em latossolo vermelho. Foram utilizadas colunas preenchidas com amostras de solo e, após o preenchimento, aplicou-se uma dose do produto comercial Furadan. Foram avaliados três níveis de precipitação 20, 60 e 100 milímetros. Após a precipitação, amostras do solo foram coletadas ao longo do perfil da coluna e submetidas ao método de Extração Sólido-Líquido com Partição a Baixa Temperatura (ESL-PBT) e análise cromatográfica. Segundo os resultados analíticos notou-se que ao simular os volumes de 20 e 60 milímetros de precipitação não houve diferença considerável na lixiviação do carbofurano, ocorrendo somente na camada superficial do solo (0-5 cm). Já com a simulação de 100 milímetros de precipitação foi observada a presença de carbofurano em partes mais profundas no perfil do solo (25-30 cm). O estudo realizado demonstrou que mesmo com volumes menores de precipitação o princípio ativo carbofurano pode lixiviar em camadas superficiais no perfil do solo. Aponta também que com a elevação do volume de precipitação as moléculas deste agrotóxico podem alcançar níveis mais profundos no perfil do solo analisado.

**Palavras-chave:** Carbofurano, Latossolo vermelho, Colunas de solo, Lixiviação

## Introdução

Na aplicação dos agrotóxicos, além de atingir o seu alvo, grande parte das moléculas destes compostos alcança o solo. Dependendo das características físico-químicas do terreno e do princípio ativo estas substâncias podem lixiviar para camadas profundas do solo podendo contaminar os recursos hídricos representando perigo ao meio ambiente (MELO et al., 2010). A contaminação ambiental por agrotóxico acontece em função de sua mobilidade.

O agrotóxico carbofurano, em especial, é amplamente utilizado no controle de insetos, cupins e nematoides, possui nomenclatura química oficial (2,3-dihidro-2,2-dimetilbenzofurano-7-metilcarbamato) e pertence a classe química dos carbamatos. Este princípio ativo é recomendado para as culturas de algodão, arroz, feijão, milho, trigo, tomate, repolho, cana-de-açúcar, banana, batata, café, cenoura e fumo (ANVISA, 2017).

O solo escolhido para este estudo é do tipo latossolo vermelho. Os latossolo vermelho é uma das principais classes escolhida para a agricultura brasileira, ocupando 32% de todo território nacional. Além disso, suas características físicas facilitam o processo de implementação agrícola o que potencializa sua utilização para o cultivo de diferentes tipos de cultura (SOUZA; LOBATO, 2017).

Com base nas informações descritas, objetivou-se neste trabalho investigar a lixiviação do carbofurano utilizando como ferramentas colunas de solo, o método de extração sólido-líquido seguido de partição a baixa temperatura (ESL-PBT) e análise em cromatógrafo a líquido de alta eficiência.

## Material e Métodos

**Preparação das colunas de solo:** Para a confecção das colunas de solo foi seguido o procedimento conforme descrito por Faria (2013) e Inoue et al (2010) com algumas modificações. Foram utilizadas 9 colunas de PVC de 10x60 cm. As colunas foram identificadas como: BRANCO, A0, A1, A2, A3, B1, B2, B3, PADRÃO. Antes do preenchimento, as colunas foram parafinizadas internamente para evitar rotas preferenciais no transporte da água nas paredes da coluna.

A coleta da parcela do solo foi realizada no Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara. Este local foi escolhido por não apresentar histórico de aplicação de agrotóxicos. Foi peneirado e acondicionado nas colunas de PVC.

**Aplicação do Furadan®:** Posteriormente ao preenchimento das colunas aplicou-se o produto comercial Furadan® no topo das colunas, conforme indicado na bula.

**Simulação da precipitação e coleta das amostras:** Foram simulados diferentes volumes de precipitação (0, 20, 60, e 100 mm) e foram coletadas as amostras nas seguintes profundidades: 0-5, 25-30 e 45-50 cm. E, foram submetidas à extração sólido-líquido com partição a baixa temperatura

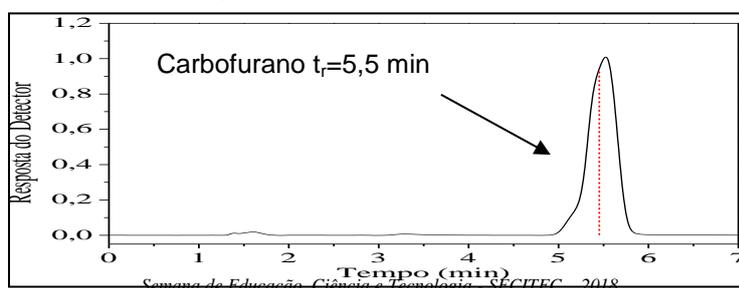
**ESL-PBT e análise cromatográfica:** Para a extração e quantificação do carbofurano nas matrizes analisadas, foi utilizada a metodologia de Goulart (2017). Desta forma foi pesado 1,0000 grama do material seco em frascos de vidro com capacidade 22 mL. Em seguida foram adicionados 1,5 mL de água deionizada, 4 mL do solvente acetonitrila. Logo depois o sistema foi agitado em agitador do tipo vortex e finalmente deixado em freezer por 2 horas a uma temperatura de aproximadamente -20 °C para a partição a baixa temperatura. Após a partição foi retirada uma alíquota de 1 mL do sobrenadante, fase orgânica, para análise em cromatógrafo a líquido de alta eficiência. As análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório Multiusuário do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia.

**Preparo da Curva analítica:** A quantificação foi obtida pelo método da padronização externa. Para isso, foi construída uma curva analítica com diferentes concentrações do padrão carbofurano: 5, 10, 30, 50, 70, 100, 150, 170 e 200 mg L<sup>-1</sup> para obtenção da equação da reta, a qual permitiu a verificação da concentração do carbofurano nas amostras analisadas. Deve ser concisa, mas suficientemente clara, de modo que o leitor possa compreender e reproduzir os procedimentos utilizados. Deverá conter as referências da metodologia de estudo e/ou das análises laboratoriais empregadas.

## Resultados e Discussão ou Relato de Caso

**Identificação e tempo de retenção do carbofurano:** A identificação do carbofurano foi realizada por meio do seu tempo de retenção no cromatograma. Desta forma foi injetada uma solução do padrão carbofurano em acetonitrila com concentração de 100 mg L<sup>-1</sup>. Na Figura 1 é apresentado o cromatograma. No cromatograma é possível observar que as condições cromatográficas estabelecidas foram excelentes na identificação do carbofurano. O tempo de retenção do mesmo foi de 5,5 minutos.

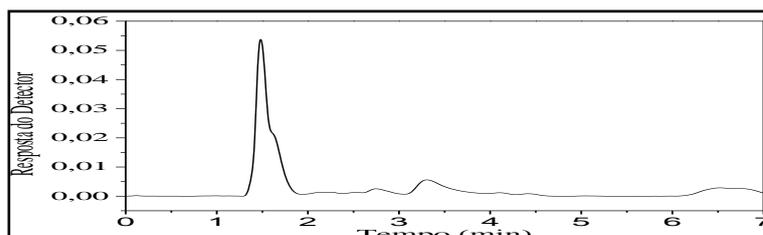
**Figura 1** - Cromatograma de uma solução do padrão carbofurano em acetonitrila a 100 mg L<sup>-1</sup>



Fonte: Autoria própria.

**Cromatograma do branco da amostra:** Com o objetivo de verificar possíveis interferentes e também certificar a não contaminação do solo utilizado no preenchimento das colunas foi retirada uma amostra da parcela do solo a qual foi submetida ao processo de ESL-PBT (Extração sólido-líquido e partição a baixa temperatura) e análise cromatográfica. Na Figura 2 é apresentado o cromatograma resultante da injeção do extrato obtido no processo.

**Figura 2** - Cromatograma do branco da amostra do solo utilizado no estudo da lixiviação do carbofurano

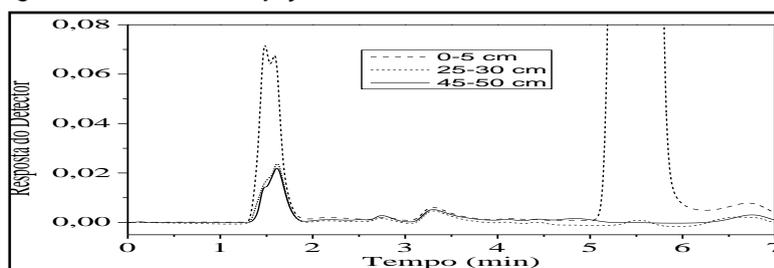


Fonte: Autoria própria.

Como observado no cromatograma acima não existe nenhum pico no tempo de retenção do carbofurano. Isso indica que a amostra de solo escolhida para o preenchimento das colunas esta isenta do princípio ativo carbofurano. Por conseguinte, fica evidente a isenção de concentrações do princípio ativo no branco da matriz utilizada na ESL-PBT.

**Cromatogramas dos três perfis da coluna A2:** As maiores concentrações encontradas de carbofurano foram nos perfis iniciais das colunas 0-5 cm de todas as colunas analisadas, com exceção do branco. Na figura 3 demonstra os cromatogramas obtidos na análise dos extratos obtidos dos três perfis, 0-5, 25-30 e 45-50, da coluna A2.

**Figura 3** - Cromatogramas obtidos da injeção dos extratos da coluna A2.

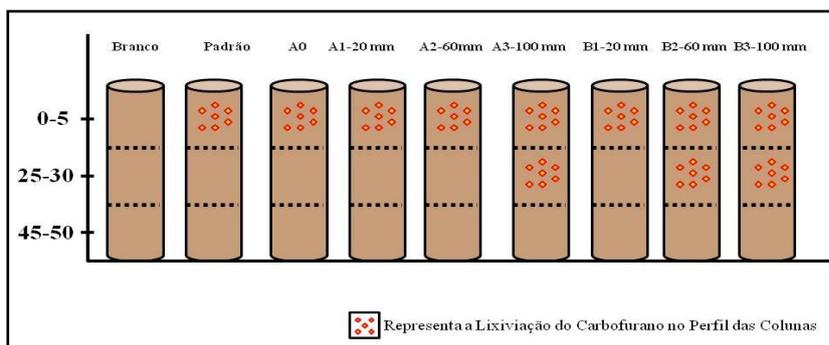


Fonte: Autoria própria.

Como visto na legenda dos cromatogramas apresentados na Figura 3 o maior pico é verificado no perfil de 0-5 cm. É possível observar também que existe um pico bem menor correspondente à extração realizada no perfil 25-30 demonstrando a diferença de área do primeiro pico. Confirmando a baixa concentração lixiviada em relação à encontrada no topo da coluna. Nota-se também que não existe pico na linha correspondente ao perfil 45-50 cm o que denota a ausência de concentração do carbofurano na parte mais profunda da coluna.

**Curva Analítica:** Para a elaboração da curva analítica foram preparadas soluções com o padrão Carbofurano em acetonitrila nas concentrações de 5, 10, 30, 50, 70, 100, 150, 170 e 200 mg L<sup>-1</sup>. A curva analítica obtida apresentou bom coeficiente de determinação, ou seja, maior que 0,99 conforme recomenda a Resolução 899/2003 (BRASIL, 2003). A equação da reta resultante foi utilizada para calcular as concentrações de carbofurano nas amostras.

**Figura 5** - Esquema do sistema montado para o estudo da lixiviação do carbofurano em colunas de solo



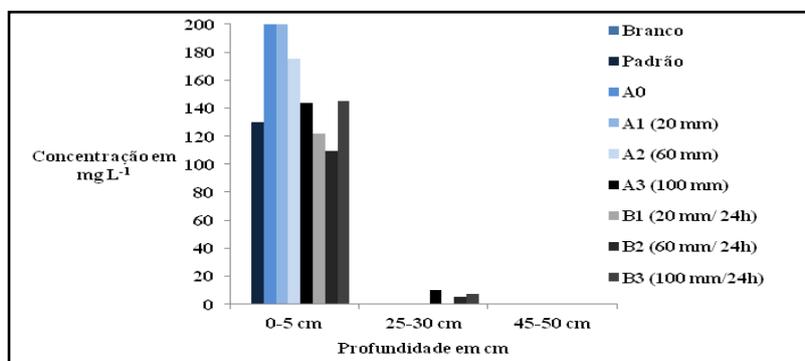
Fonte: Autoria própria.

Como visto na figura acima, observa-se que em todas as colunas, com exceção do Branco, o Carbofurano lixivia na primeira camada de profundidade 0-5 cm do perfil do solo. Esse fato ocorreu independente do volume de precipitação, isso porque o deslocamento é observado mesmo quando não há precipitação, como verificado na Coluna A0. A atividade decorre, tanto para o produto comercial, quanto para o Padrão.

Desta forma, pode-se observar que não houve diferença no movimento do Carbofurano independente de ser o produto comercial ou princípio ativo puro. Degryse e Smolders (2006) analisaram a mobilidade de agrotóxicos em solos no norte da Bélgica, afirmam que solos acidificados apresentam maior vulnerabilidade à lixiviação. Articulada a esta avaliação do risco potencial de lixiviação do produto Carbofurano no solo, as colunas possibilitam também estudos do movimento de agrotóxicos ao longo do tempo, assim como sugere BOEIRA; SOUZA; FERRACINI, 2003.

Verificou-se que nas colunas A3 e B3, nas quais a precipitação foi de 100 mm, em ambas o produto lixiviou para camadas mais profundas do perfil do solo. Nota-se então, que nestas condições, em um volume maior de precipitação, há o favorecimento da movimentação do carbofurano. Uma possível explicação para esta observação pode ser as propriedades físico-químicas do carbofurano, especialmente a alta solubilidade em água ( $351 \text{ mg L}^{-1}$ ) e baixo coeficiente de adsorção a matéria orgânica ( $K_{oc} = 22 \text{ mL g}^{-1}$ ) (IUPAC, 2018). Outra observação relevante foi acerca das colunas A2 e B2, como visto no esquema o atraso da precipitação, de 24 horas, favoreceu a movimentação do carbofurano para o perfil intermediário da coluna de 25-30.

**Figura 6** - Gráfico das concentrações de Carbofurano encontradas nas amostras de latossolo vermelho



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 6 é apresentado o gráfico contendo as concentrações encontradas do Carbofurano ao longo do perfil do solo em cada coluna. Como observado, as concentrações no topo das colunas (0-5 cm) são superiores a 100 mg L<sup>-1</sup>. Já no perfil de profundidades maiores (25-30 cm), as concentrações ficaram abaixo de 10 mg L<sup>-1</sup>.

Possivelmente devido ao tempo de coleta estabelecido no perfil de 45-50 cm não foram encontradas concentrações, como mostra no gráfico. Matallo et al. (2003) avaliaram a lixiviação de agrotóxicos em colunas com Latossolo Vermelho, o qual foi detectado em 50 cm de solo em concentrações muito baixas e por vezes nem foi detectado. Segundo os resultados encontrados por Vivian et al. (2007), em seu experimento utilizando lâminas de 60 a 100 mm de água, observou-se a lixiviação para camadas mais profundas, chegando até 15-20 cm de profundidade em lâminas de 100 mm de água. Nas camadas de 0 a 10 cm de profundidade no solo, em amostras do solo analisado, percebeu-se a persistência do agrotóxico. Sabe-se ainda que, dentre o grupo dos agrotóxicos, alguns apresentam maior mobilidade, persistência, solubilidade em água e adsorção relativamente fraca ao solo (GFRERER et al.,2002).

### Conclusões

A partir da metodologia adotada e critérios determinados, o estudo experimental da lixiviação do carbofurano em solo propiciou a verificação do agrotóxico no perfil das colunas confeccionadas em função da quantidade de precipitação. De fato, é possível compreender que ainda que com volumes baixos de precipitação, o princípio ativo carbofurano é capaz de lixiviar em camadas superficiais do solo.

As pesquisas e análises evidenciaram também que com a elevação do volume de precipitação, as moléculas do agrotóxico ora analisado, podem alcançar níveis mais profundos no perfil do solo explorado.

### Agradecimentos

Ao Laboratório Multiusuário do Pontal da Universidade Federal de Uberlândia por fornecer o equipamento e suporte técnico para os experimentos envolvendo a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.

### Referências Bibliográficas

BRASIL: ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). Programa de Análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA). Relatório de atividades de 2013 a 2015. Brasília, 2016. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br/programa-de-analise-de-registrode-agrotoxicos-para> >. Acesso em: 22 mar. 2017.

GOULART, A. C. **Otimização e aplicação da extração sólido líquido com partição a baixa temperatura para determinação de carbofurano em solo**. 2017. 99 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

INOUE, M.H.; SANTANA, D.C.; OLIVEIRA JR. R.S.; CLEMENTE, R.A.; DALLACORT, R.; POSSAMAI, A.C.S.; SANTANA, C.T.C.; PEREIRA, K.M. Potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cultura do algodão em colunas de solo. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 825-833, 2010.

MATALLO, M. B. et al. **Lixiviação dos herbicidas tebutiuron e diurom em colunas de solo**. Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, v. 13, p. 83-90, 2003.