

**SORÇÃO DO INSETICIDA TIAMETOXAM EM  
SOLOS SOB EFEITO DE FOSFATO E VINHAÇA**

**VITÓRIA DE SOUZA DE OLIVEIRA**

**2007**

**VITÓRIA DE SOUZA DE OLIVEIRA**

**SORÇÃO DO INSETICIDA TIAMETOXAM EM SOLOS SOB EFEITO  
DE FOSFATO E VINHAÇA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de "Mestre".

Orientador  
Prof. Dr. José Maria de Lima

Co-orientador  
Dr. Renato Fráguas de Carvalho

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Oliveira, Vitória de Souza de.

Sorção do inseticida Tiametoxam em solos sob efeito de fosfato e  
vinhaça /

Vitória de Souza de Oliveira. -- Lavras : UFLA, 2007.

49 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: José Maria de Lima.

Bibliografia.

1. Isoterma. 2. Tiametoxam. 3. Constante de Freundlich. 4. Solos. I.  
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.41

**VITÓRIA DE SOUZA DE OLIVEIRA**

**SORÇÃO DO INSETICIDA TIAMETOXAM EM  
SOLOS SOB EFEITO DE FOSFATO E VINHAÇA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 8 de novembro de 2007

Prof. Dr. Carlos Alberto Silva

UFLA

Prof. Dr. Renê Luiz de Oliveira Rigitano

UFLA

Prof. Dr. José Maria de Lima

UFLA

(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2007

A DEUS, por me abençoar a cada dia da minha vida,  
OFEREÇO

Aos meus pais, Aureliano e Lídia, meus irmãos Antônio, Aurélio e Andrea,  
minha cunhada Renata e minha sobrinha Ana Luísa, pelo carinho e amor, meus  
alicerces nessa conquista,  
DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do curso, à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e à FAPEMIG, pelo auxílio financeiro à pesquisa.

Ao professor Dr. José Maria de Lima, pela excelente orientação, dedicação, ensinamentos, confiança e incentivo, sempre transmitindo muita tranquilidade e segurança.

Ao Dr. Renato Fráguas de Carvalho, pela co-orientação e apoio indispensável ao longo deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, professores José Maria de Lima, Carlos Alberto Silva e Renê Luiz de Oliveira Rigitano, pela disponibilidade e sugestões apresentadas para o melhoramento deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Ciência do Solo, pelos conhecimentos transmitidos ao longo do curso, em especial ao Prof. Carlos Alberto Silva, pela receptividade e apoio sempre que necessário.

A todos os funcionários do Departamento de Ciência do Solo, pelo convívio e cooperação. As estagiárias do Laboratório de Conservação do Solo e Água/DCS, Daniele, Bethânia e Bárbara pela amizade, convívio e apoio indispensável no laboratório. Aos colegas do programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Ciro, Bruno, Regimeire, Vico e Luiz Gustavo, pela contribuição, apoio e amizade durante todo esse período.

Ao meu namorado, Ignácio Duarte, pelo apoio, carinho, atenção e incentivo, mesmo a distância, indispensável na minha vida.

A todos os amigos e colegas feitos durante o curso e aos eternos amigos da Escola de Agronomia – UFBA.

A todos, muito abrigada!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1 Destino dos pesticidas no ambiente.....	4
2.2 Sorção de pesticidas no solo.....	6
2.2.1 Mecanismos de sorção.....	7
2.2.2 Fatores que interferem na sorção de pesticidas no solo.....	8
2.2.2.1 Características do pesticida.....	8
2.2.2.2 Atributos físico-químicos do solo.....	8
2.2.3 Métodos para avaliação da sorção de pesticidas no solo.....	9
2.2.4 Coeficiente de distribuição do pesticida no solo.....	10
2.2.5 Isotermas de Freundlich.....	11
2.3 Fosfatagem e aplicação de vinhaça em solos.....	12
2.4 Tiametoxam.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1 Amostras de solos.....	16
3.2 Preparo e caracterização das amostras.....	16
3.3 Incubação das amostras com calcário, fosfato e vinhaça.....	19
3.4 Solução estoque do tiametoxam.....	20
3.5 Cinética de sorção do tiametoxam.....	20
3.6 Isotermas de sorção/dessorção.....	21
3.7 Retenção do tiametoxam.....	22
3.8 Condições operacionais do cromatógrafo.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25

4.1 Cinética de sorção do tiametoxam.....	25
4.2 Sorção do tiametoxam nos solos.....	26
4.2.1 Sorção e dessorção do tiametoxam.....	26
4.2.2 Efeito da vinhaça e fosfato na sorção e dessorção do tiametoxam.....	31
4.3 Retenção de tiametoxam nos solos.....	36
5 CONCLUSÕES.....	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40



## RESUMO

OLIVEIRA, Vitória de Souza de. **Sorção do inseticida tiametoxam em solos sob efeito de fosfato e vinhaça.** 2007. 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Há pouca informação disponível na literatura sobre o comportamento do tiametoxam em solos no Brasil. Por outro lado, há muitos estudos focalizando os efeitos de fosfato e vinhaça nestes solos. O objetivo desse estudo foi avaliar a sorção e dessorção do tiametoxam em amostras de horizontes A e B de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), bem como a retenção do tiametoxam em amostras de LVAd e LVdf sob efeito de vinhaça e fosfato. As isotermas de sorção e dessorção foram determinadas em laboratório, utilizando o método de batelada. O estudo do efeito de fosfato e vinhaça sobre a retenção do tiametoxam em amostras do LVAd e LVdf também foi feito em laboratório, usando tubos de centrífuga com dispositivo de filtragem (microcolunas) contendo amostras dos solos. Os resultados de sorção do tiametoxam foram bem ajustados à equação de Freundlich, e representam baixa sorção, com valores de  $k_f$  inferiores a 1  $[(\text{mg kg}^{-1}) (\text{L mg}^{-1})^{1/n}]$ . O LVAd apresentou maior sorção do tiametoxam, seguido por LVdf e PVA. Amostras do horizonte A retiveram maiores quantidades de tiametoxam em comparação com as do horizonte B. O fosfato não afetou a sorção e retenção do composto nos solos, enquanto a vinhaça aumentou a interação dos compostos com as partículas dos solos LVdf e LVAd, reduzindo dessorção para a solução. Os resultados do estudo em microcolunas mostraram que tiametoxam tem um maior potencial de lixiviação em LVAd do que em LVdf.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: José Maria de Lima – DCS/UFLA (Orientador) e Renato Fráguas de Carvalho – DCS/UFLA (Co-orientador).

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Vitória de Souza de. **Sorption of the insecticide thiamethoxam in soils under the effect of both phosphate and vinasse**. 2007. 40 P. Dissertation (Masters in Soil Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.<sup>2</sup>

There is little information available in the literature on the behavior of thiamethoxam in soils in Brazil. On the other hand, there are many studies focusing on the effects of phosphate and vinasse amendments in those soils. The objectives of this study were to evaluate the sorption and desorption of thiamethoxam in samples of both A and B horizons of dystrophic Red-Yellow Latosol (LVAd), distroferric Red Latosol (LVdf), and Red-Yellow Argisol (PVA), as well as to measure the retention of thiamethoxam in vinasse- and phosphate-amended samples of LVAd and LVdf. The sorption and desorption isotherms were determined in laboratory, using the batch method. The study of the effect of phosphate and vinasse on the retention of thiamethoxam in samples of LVAd and LVdf was also carried out in the laboratory, using centrifuge tubes with filtration device (micro column) containing samples of both soils. Data from sorption of thiamethoxam were well adjusted to the Freundlich equation and pointed to low sorption, with  $k_f$  values below 1 [(mg kg<sup>-1</sup>) (L mg<sup>-1</sup>)<sup>1/n</sup>]. The LVAd presented higher sorption of thiamethoxam, followed by LVdf and PVA. Samples of the A horizon retained more thiamethoxam when compared to those of B horizon. The phosphate did not affect the sorption or retention of the compound in the soils, whereas the vinasse increased the interaction of the compound with the soil particles of LVdf and LVAd, thus reducing desorption to the solution. The results of micro-column study show that thiamethoxam has a greater leaching potential in LVAd than in LVdf.

---

<sup>2</sup> Guidance Committee: José Maria de Lima – DCS/UFLA (Major Professor) and Renato Fráguas de Carvalho – DCS/UFLA.

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de pesticidas, defensivos agrícolas ou agrotóxicos, para controle das doenças, pragas e plantas invasoras, tem sido intensificada, como forma de assegurar maior produtividade das culturas. Após a Segunda Guerra Mundial, o número de novas substâncias e o uso extensivo destas na agricultura aumentaram enormemente (Sanches et al. 2003).

De acordo com o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7802/1989, os defensivos agrícolas, ou agrotóxicos, são produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, para uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou plantadas e de outros ecossistemas. A finalidade é alterar a composição da flora ou da fauna, para preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Essa categoria inclui também substâncias empregadas como desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores de crescimento (SINDAG, 2007).

O Brasil é o quarto maior mercado consumidor de pesticidas no mundo e o oitavo em uso por área cultivada (Caldas & Souza, 2000). De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG), a venda total, no ano de 2006, atingiu US\$ 3,920 bilhões, com previsão de 10% de aumento para 2007. Dentre as culturas nas quais os defensivos são mais utilizados, o café ocupa a quarta colocação, com 4,9% das vendas. Entre os estados consumidores, Minas Gerais responde por 9,0% das vendas, ficando atrás apenas de São Paulo, Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul (SINDAG, 2007).

Os benefícios dos pesticidas, no sentido de garantir maiores produções agrícolas a custos menores, são inquestionáveis. Porém, com aumento do uso desses produtos, muitas vezes de forma indiscriminada, aumentaram-se também

as preocupações com a contaminação de solos e águas superficiais e subterrâneas, com efeitos danosos sobre os seres humanos e animais.

Dentre as conseqüências indesejáveis do uso de pesticidas destacam-se a presença de resíduos no solo, na água, no ar e nos tecidos vegetais e animais, os quais podem afetar organismos não-alvo, inclusive os seres humanos (Alencar et al., 1998; Dores & De-Lamonica-Freire, 1999).

Embora haja vasta literatura sobre o comportamento de pesticidas em solos de regiões temperadas, pouco se sabe sobre o destino desses produtos em condições tropicais, como é o caso do Brasil. O tiametoxam, um inseticida pertencente à classe dos neonicotinóides, foi recentemente registrado no Brasil para o controle de pragas em várias culturas, especialmente no cafeeiro, onde é aplicado via solo para o controle do bicho-mineiro. Trata-se de um composto altamente tóxico a insetos e pouco tóxico a mamíferos, apresentando DL 50 para ratos (dose letal a 50% dos indivíduos tratados) em torno de 1500 mg kg<sup>-1</sup> de peso corporal. Entretanto, quando em contato constante, mesmo em pequenas doses, esse inseticida tem grande potencial cancerígeno, sendo seu limite aceitável para impacto na água do solo de 0,94 µg L<sup>-1</sup> (Abbott, 2002). Devido a suas propriedades físico-químicas, o tiametoxam apresenta menor sorção aos colóides do solo, possuindo, portanto, alto potencial de lixiviação. Pouco ainda se sabe sobre o comportamento do tiametoxam em solos tropicais, principalmente com relação a algumas práticas de manejo do solo, como a fosfatagem e a aplicação de vinhaça ao solo.

Acredita-se que adição de fosfato reduzirá a sorção do tiametoxam nos solos, devido ao fato desse ânion competir com a matéria orgânica pelos sítios positivos dos óxidos de ferro e alumínio, aumentando ou liberando sítios negativos na matéria orgânica; essa matéria orgânica liberada possibilita maior solvatação da água, ficando menos disponível para interação hidrofóbica com o tiametoxam. A vinhaça, por ser fonte de carbono, pode aumentar a sorção do

tiametoxam, já que esse composto tem grande afinidade com a matéria orgânica, por ser um composto não iônico.

Com base nesses aspectos, os objetivos nesse trabalho foram: i) investigar a sorção do tiametoxam em amostras dos horizontes A e B de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), em condições de laboratório; ii) investigar o efeito da fosfatagem e aplicação de vinhaça na sorção e dessorção de tiametoxam, bem como sua retenção em amostras de Latossolos do município de Lavras, MG.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Destino dos pesticidas no ambiente**

Quando um pesticida é introduzido no ambiente, seu destino final, na maioria das vezes, é o solo, seja por aplicação direta, por processos de deriva, durante a aplicação sobre as plantas, ou pelos resíduos das culturas (Moraes & Rezende, 1998). Uma vez no solo, as moléculas do pesticida podem ser adsorvidas aos colóides minerais e orgânicos do solo; permanecer dissolvida na água do solo; ser absorvidas pelas raízes das plantas e outros organismos vivos; sofrer degradação química, biológica ou fotodegradação; essas moléculas ainda podem ser volatilizadas, lixiviadas pelas águas das chuvas ou irrigação, ou transportadas superficialmente, quando dissolvidas na água de enxurrada ou adsorvidas em sedimentos de erosão (Figura 2.1). Esses processos ocorrem simultaneamente e a intensidade de cada um depende de alguns fatores como as propriedades químicas do pesticida e atributos físicos, químicos e biológicos do solo.

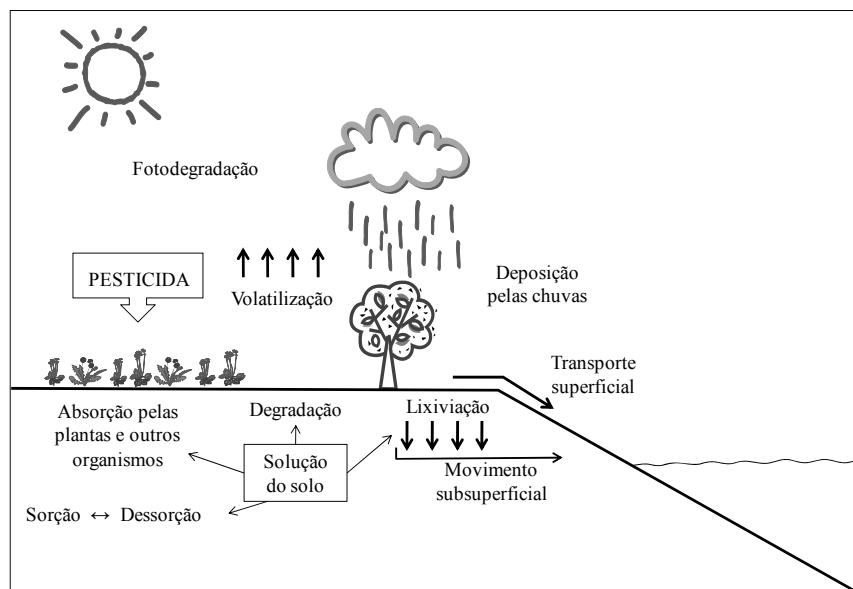


FIGURA 2.1 Comportamento de pesticidas no solo.  
Adaptado de Tomita & Beyruth, 2002.

Sorção é um termo genérico para designar um conjunto de possíveis mecanismos de interação das moléculas de pesticidas com a fase sólida na interface entre a solução e as partículas coloidais do solo. Entre esses mecanismos, destacam-se adsorção, absorção, precipitação e partição hidrofóbica, que podem ser reversíveis ou parcialmente irreversíveis (Lavorenti et al., 2003). Da sorção depende, em parte, a retenção de moléculas de um determinado pesticida no solo, que se constitui em importante fator que regula os processos de degradação e transporte (Lavorenti et al., 2003; Souza et al., 2000), exercendo grande influência na distribuição, biodisponibilidade e persistência de pesticidas no ambiente (Spadotto et al., 2003).

Os processos de degradação ou transformação dos pesticidas consistem na alteração da sua estrutura molecular. Esses processos são divididos em

bióticos e abióticos. Os processos abióticos, sem participação dos microrganismos e suas enzimas, são subdivididos em transformações químicas e fotodegradação, enquanto os bióticos, também conhecidos como biodegradação, consistem em processos bioquímicos mediados, direta ou indiretamente, pelos microrganismos. Os processos bióticos são os mais importantes na transformação de pesticidas no solo (Lavorenti et al., 2003; Moreira & Siqueira, 2006).

O transporte de pesticidas do solo para outros compartimentos do ambiente pode ocorrer por meio do movimento vertical no solo, conhecido como lixiviação, da volatilização ou do transporte superficial. A lixiviação é responsável pela contaminação das águas subterrâneas, sendo a combinação entre mobilidade e persistência do pesticida, característica fundamental para se prever o potencial de lixiviação do mesmo (Spadotto et al., 2001). O processo de volatilização distribui o pesticida da superfície do solo, da planta ou da água na atmosfera (Lavorenti et al., 2003), podendo, por deposição da poeira ou precipitação, contaminar outros locais, geralmente, distantes do ponto de aplicação (Dores & De-Lamonica-Freire, 1999).

O transporte superficial é o maior responsável pela contaminação dos cursos d'água; nesse transporte, as moléculas do pesticida podem estar presentes na solução do solo ou adsorvidas aos sedimentos em suspensão. Quanto menor o tamanho das partículas ou agregados de sedimentos, maior é a capacidade de transporte, em razão da maior superfície disponível para a sorção das moléculas (Pinho et al., 2004).

## **2.2 Sorção de pesticidas no solo**

A sorção de pesticidas no solo é um processo-chave na determinação do destino de pesticidas no ambiente, podendo ser reversível ou parcialmente irreversível. Nesse processo estão envolvidas: a adsorção, caracterizada pela



interação entre as moléculas e a superfície das partículas do solo; a absorção, que se refere à penetração das moléculas nos organismos do solo e a precipitação, que está relacionada à formação de uma fase sólida do composto no solo, resultante do acúmulo em camadas de moléculas na superfície de partículas (Castro, 2005). Depois de sorvidas, parte das moléculas do composto pode retornar à solução do solo; esse processo é denominado de dessorção (Lavorenti et al., 2003).

Uma vez sorvida às partículas do solo, a fração não dessorvida das moléculas torna-se imóvel no perfil do solo, perdendo, em alguns casos, a capacidade de desempenhar a ação para a qual o pesticida foi aplicado (Lavorenti et al., 2003).

### **2.2.1 Mecanismos de sorção**

Os mecanismos de sorção são caracterizados pelos diversos tipos de ligação que ocorrem entre as moléculas do adsorbato e o adsorvente; cada tipo de ligação ocorre em uma faixa de energia correspondente, podendo ser classificadas como ligações químicas, físicas e interações hidrofóbicas (Castro, 2005).

As ligações químicas caracterizam-se por envolver altas energias, variando de 209,2 a 460,2 kJ mol<sup>-1</sup>, dependendo dos elementos e radicais envolvidos; os mecanismos dominantes nesse caso são as ligações covalentes e as interações por transferência de elétrons. As ligações físicas envolvem ligações fracas, com energia de sorção igual ou inferior a 83,7 kJ mol<sup>-1</sup>. Esse tipo de ligação é bastante comum entre os pesticidas, sendo as forças de van der Waals, as trocas iônicas e as pontes de hidrogênio os principais mecanismos envolvidos (Lavorenti et al., 2003).

A interação hidrofóbica, também denominada de partição hidrofóbica, refere-se à afinidade de uma molécula orgânica para com a fração orgânica do

solo, devido à sua baixa solubilidade na solução do solo. Esse mecanismo de ligação é de fundamental importância para a sorção de pesticidas hidrofóbicos, não-iônicos (Koskinen & Harper, 1990).

### **2.2.2 Fatores que interferem na sorção de pesticidas no solo**

Os processos de sorção e dessorção são de fundamental importância para se determinar a eficiência agrônômica de pesticidas e o potencial de contaminação de outros compartimentos do ecossistema (Prata et al., 2002). A sorção de pesticidas no solo é controlada pelas propriedades químicas das moléculas e pelas propriedades de superfície dos colóides do solo.

#### **2.2.2.1 Características do pesticida**

As principais propriedades físico-químicas do pesticida relacionadas ao seu comportamento no ambiente são: solubilidade em água ( $S_w$ ), coeficiente de partição n-octanol-água ( $K_{ow}$ ), pressão de vapor ( $P$ ), constante de Henry ( $K_H$ ) e a constante de ionização ácido ( $pK_a$ ) ou base ( $pK_b$ ) (Lavorenti et al., 2003). Estas propriedades determinam a solubilidade da molécula em água, sua lipofilicidade, sua volatilidade e o grau de ionização para aqueles compostos ionizáveis.

A solubilidade em água e o coeficiente de partição n-octanol-água determinam a solubilidade da molécula em água, sua lipofilicidade e, conseqüentemente, a tendência de ficar adsorvida na superfície das partículas do solo.

#### **2.2.2.2 Atributos físico-químicos do solo**

As características do solo interferem direta e indiretamente no comportamento dos pesticidas no mesmo (Filizola et al., 2002). O teor e o tipo de argila, teor de matéria orgânica, o pH e a capacidade de troca de cátions de

partículas orgânicas e minerais dos solos são atributos que afetam a retenção dos pesticidas no solo. Dentre estes, a matéria orgânica é o componente isolado mais importante na sorção de pesticidas (Dores & De-Lamonica-Freire, 1999; Spadotto et al., 2001), devido à forte afinidade que as moléculas dos compostos têm com a matéria orgânica. Essa afinidade pode, no entanto, ser menor, quando a matéria orgânica apresentar maior quantidade de cargas negativas em função de valores de pH mais elevados. Essa maior disponibilidade de sítios negativos da matéria orgânica aumenta a solvatação com a água, tornando-a menos disponível para interação hidrofóbica com moléculas de tiametoxam (Urzedo, 2004).

Inúmeros trabalhos mostram a estreita relação de moléculas de pesticidas, principalmente não-polares, com o teor de matéria orgânica do solo. Regitano et al. (2002), por exemplo, observaram essa relação na sorção do fungicida clorotalonil. Moraes & Rezende (1998) observaram que s-triazinas também apresentaram forte adsorção pelos ácidos húmicos. Por outro lado, o mesmo não foi observado para o glifosato, sendo a sorção desse composto associada à fração mineral do solo (Prata et al., 2000).

### **2.2.3 Métodos para avaliação da sorção de pesticidas no solo**

Dentre os métodos experimentais utilizados para se avaliar a distribuição de um soluto entre a solução do solo e as superfícies adsorventes, destacam-se o método da percolação por meio de colunas de solo, para avaliação do comportamento sortivo dos pesticidas em condições de não-equilíbrio. Esse método é bastante utilizado para avaliar o potencial de lixiviação e redistribuição dos compostos no solo (Barizon, 2006; Boeira & Souza, 2005). Entretanto, por ser simples e razoavelmente rápido, o método “batch” ou de batelada é o mais utilizado. Este consiste na determinação da quantidade sorvida por meio da diferença entre a concentração de uma solução inicial do pesticida e a

concentração do mesmo na solução, após um período de equilíbrio dessa solução com o solo; esse período de equilíbrio é predeterminado a partir de um estudo da cinética de sorção (Barizon et al., 2006; Lavorenti et al., 2003).

#### **2.2.4 Coeficiente de distribuição do pesticida no solo**

A sorção de pesticidas em solos é expressa pelo coeficiente de distribuição ( $K_d$ ) do composto entre as fases sólida e aquosa do solo.

$$K_d = \frac{\text{Concentração do composto sorvido ao solo}}{\text{Concentração do composto na solução de equilíbrio}} \quad (1)$$

Esse coeficiente pode ser determinado em laboratório, a partir de misturas solo/solução aquosa do pesticida submetidas à agitação por tempo suficiente para atingir o equilíbrio e subsequente centrifugação. A concentração do composto na fase sólida é calculada pela diferenças entre as concentrações na fase aquosa antes e após agitação.

Quanto menor o valor de  $K_d$ , maior a proporção do pesticida na solução do solo, representando maior disponibilidade para os processos de degradação, lixiviação ou absorção por plantas e outros organismos.

A sorção da maioria dos pesticidas, principalmente os não-iônicos, está estreitamente relacionado com o conteúdo de carbono orgânico do solo ( $C_{org}$ ), dessa forma convencionou-se normalizar a constante de sorção ( $K_d$ ) em função do teor de  $C_{org}$  do solo (em  $dag\ kg^{-1}$ ).

$$K_{oc} = \frac{K_d \times 100}{C_{org}} \quad (2)$$

Quanto maior o valor de  $K_{oc}$  da molécula, maior será o valor de  $K_{ow}$ , portanto, maior será sua lipofilicidade e conseqüente retenção, acarretando numa menor mobilidade no solo (Lavorenti et al., 2003).

### 2.2.5 Isotermas de sorção

Outra forma de expressar a sorção de pesticidas em solos é por meio de isotermas de sorção. As isotermas representam a relação entre a quantidade de moléculas adsorvidas a partir de soluções de diferentes concentrações e a quantidade remanescente dessas moléculas nas soluções, após determinado período de equilíbrio com o material sólido, em temperatura constante (Moraes & Rezende, 1998).

Diversos modelos matemáticos têm sido usados para relacionar os parâmetros das isotermas de sorção, porém, o mais utilizado no caso de moléculas orgânicas é a equação de Freundlich.

$$S = K_f C_e^{1/n} \quad (3)$$

Trata-se de um modelo que melhor tem se adequado às isotermas de sorção de vários pesticidas (Lavonreti et al., 2003; Souza et al., 2000). Nessa equação,  $S$  representa a concentração de equilíbrio do pesticida na fase sólida do solo ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ ),  $C_e$  a concentração de equilíbrio do pesticida na solução do solo ( $\text{mg L}^{-1}$ ),  $K_f$  a constante de equilíbrio de Freundlich [ $(\text{mg kg}^{-1})(\text{L mg}^{-1})^{1/n}$ ] e  $1/n$  o grau de linearidade da isoterma (Green & Karickhoff, 1990). Em baixas concentrações, o valor de  $1/n$  aproxima-se de 1 e a curva tem forma linear; nesse caso, o valor de  $K_f$  equivale ao de  $K_d$ , podendo ser utilizado para comparar a sorção de diferentes pesticidas em diferentes solos (Lavorenti et al., 2003). Dessa forma, a equação de Freundlich pode ser assim representada:

$$S = K_d C_e \quad (4)$$

## **2.5 Fosfatagem e aplicação de vinhaça em solos**

Algumas práticas de manejo da fertilidade do solo são de fundamental importância em solos tropicais, como a adubação fosfatada e a adição de matéria orgânica. Essas práticas objetivam, principalmente, aumentar a quantidade de nutrientes do solo e o conteúdo de matéria orgânica, favorecendo a um aumento da capacidade de troca de cátions do solo. A vinhaça é um resíduo do processo de destilação do álcool e consiste numa fonte de carbono solúvel, sendo o glicerol seu principal constituinte (Rodella et al., 1983). Essas práticas exercem efeitos sobre alguns atributos físico-químicos do solo (Albuquerque et al., 2003; Freire & Cortez, 2000) e, conseqüentemente, podem exercer influência na dinâmica de moléculas de pesticidas em solos.

A fosfatagem altera a dispersão de partículas, o balanço de cargas (Lima et al., 2000), além do conteúdo e a dissolução da matéria orgânica no solo (Myers & Thien, 1991) e a liberação de matéria orgânica adsorvida à superfície de partículas minerais do solo (Afif, 1995).

A adição de vinhaça ao solo modifica, temporariamente, alguns atributos do solo como pH, quantidade de C orgânico e atividade e biomassa microbiana (Camargo et al., 1987; Prata & Lavorenti, 2000; Silva et al., 2007).

Devido a alterações em atributos químicos, em razão da fosfatagem e aplicação de vinhaça, essas práticas podem proporcionar menor sorção do inseticida tiametoxam no solo, aumentando a sua proporção na solução do solo e, conseqüentemente, propiciando maior lixiviação para as camadas mais profundas.

## **2.6 Tiametoxam**

O inseticida tiametoxam, composto químico da classe dos neonicotinóides, foi introduzido no Brasil em 1999, para uso em várias culturas. O produto é comercializado como Actara®, empregado para aplicação no solo e

pulverização foliar, e como Cruiser®, para tratamento de sementes. É um inseticida sistêmico, capaz de penetrar nas raízes das plantas e de ser translocado até as folhas através do xilema, junto com a corrente transpiratória. Essa característica do tiametoxam foi confirmada por Diez-Rodríguez (2006) em cafeeiro, que observou a presença do inseticida nas folhas dos terços inferior, médio e superior, 240 dias após aplicação do produto.

A estrutura química da molécula do tiametoxam (3-(2-cloro-tiazol-5-ilmetil-[1,3,5]oxadiazinan-4-ilideno-N-nitroamina) está apresentada na Figura 2.2.

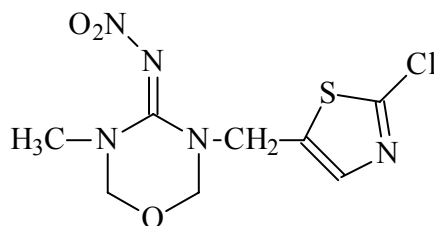


FIGURA 2.2 Estrutura química do tiametoxam (C<sub>8</sub> H<sub>10</sub> Cl N<sub>5</sub> O<sub>3</sub> S).

Algumas propriedades químicas do tiametoxam estão apresentadas na Tabela 2.1 (Maienfisch et al., 2001; NOVARTIS, [1998]).

TABELA 2.1 Propriedades físicas e químicas do tiametoxam.

<b>Propriedade</b>	<b>Tiametoxam</b>
Massa molar	291,7 g/mole
Estado físico	Cristalino
Ponto de fusão	139,1 °C
Solubilidade em água a 25°C	4,1 g/L
Log Kow	-0,13
Koc (pH 5 a 10)	5,6
pKa	0,79±0,5

Essas propriedades indicam, relativamente, baixa sorção do composto aos colóides do solo e, conseqüentemente, elevado potencial de lixiviação em solos, uma vez que, na partição octanol/água, maior quantidade de tiametoxam permanece na água, como evidencia o valor de Kow, bem como o baixo valor de sua distribuição entre carbono orgânico e água (Koc).

O tiametoxam é muito estável à hidrólise a pH 5,0, (meia-vida maior que um ano), estável a pH 7,0 (meia-vida estimada de 200 a 300 dias), sendo mais instável a pH 9,0 (meia-vida de poucos dias) (Maienfisch et al., 2001). O composto é moderadamente persistente no solo sob condições de fotodegradação, com meia-vida de 47 dias; já em condições aeróbias e na ausência de luz, o composto torna-se persistente, com meia-vida de 385 dias (Antunes-Kenyon & Kennedy, 2001).

Em trabalho realizado por Urzedo et al. (2006), com o objetivo de avaliar a sorção do tiametoxam em solos representativos do Brasil, os autores observaram que o composto possui alto potencial de lixiviação, com baixos valores de Kd obtidos para a maioria dos solos estudados, eles também afirmam



que a sorção do composto nos solos depende do teor e natureza da matéria orgânica. A baixa sorção do tiametoxam em solos também foi observada por Castro (2005), avaliando a sorção do composto no perfil do solo, o autor constatou que houve maior sorção no horizonte A do que do horizonte B, o que foi atribuído ao maior teor de matéria orgânica nesse horizonte.

O potencial de lixiviação do tiametoxam foi confirmado por Castro (2005), em trabalho realizado com objetivo de investigar a lixiviação do composto em macrolisímetro, o tiametoxam lixiviado variou de aproximadamente, 18-57%, 5-45% e 0,2-12% da dose aplicada, nas profundidades de 0,45, 0,90 e 1,80 m, respectivamente, nas duas classes de solos estudadas, revelando-se altamente lixiviável nessas condições. Em outra etapa do trabalho, em que o autor avaliou a degradação do tiametoxam nos solos estudados, o composto apresentou taxas de degradação lentas, com valores de meia-vida superiores a 173 dias. Este fato evidencia a persistência do produto nesses solos e, associado a aplicações anuais, que constitui prática comum na região, o produto pode apresentar considerável risco de lixiviação.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Amostras de solos**

Foram utilizadas amostras de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico-LVAd, Latossolo Vermelho distroférico-LVdf e Argissolo Vermelho Amarelo-PVA, coletadas em duas profundidades, 0–10 cm (horizonte A), para os três solos, 40-60 cm para os LVAd e LVdf e 30-40 para o PVA (horizonte B). Os solos LVAd e LVdf foram amostrados no Campus da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG, sob área de pastagem, enquanto o PVA foi amostrado em área de cafezal, localizado na Área de Preservação Ambiental (APA) Coqueiral, no município de Coqueiral, MG, onde o tiametoxam vem sendo empregado pelos produtores para controle do bicho-mineiro do café.

#### **3.2 Preparo e caracterização das amostras**

Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de malha, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA). A partir dessas amostras, derivaram subamostras (quatro repetições) para cada solo.

Para caracterização física dos solos, foi determinada a granulometria, pelo método da pipeta (Day, 1965). Para caracterização química, foram medidos os teores de cátions do complexo sortivo, fósforo disponível, matéria orgânica e óxidos do extrato sulfúrico ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), segundo Embrapa (1997). Os resultados das análises físicas e químicas encontram-se nas Tabelas 3.1 a 3.3.

TABELA 3.1 Caracterização física das amostras do horizonte A de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVA<sub>d</sub>), Latossolo Vermelho distroférico (LV<sub>df</sub>) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), da região Sul de Minas Gerais.

Solo		Argila	Silte	Areia
Horizonte		g kg <sup>-1</sup>		
LVAd	A	481,1	156,5	362,4
	B	645	185	170
LVdf	A	594,3	221,4	184,3
	B	660	170	170
PVA	A	312,1	148,2	539,7
	B	472,4	83,5	444,1

TABELA 3.2 Teores de óxidos no extrato sulfúrico e índice de intemperismo (Ki e Kr) das amostras do horizonte B de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVA<sub>d</sub>), Latossolo Vermelho distroférico (LV<sub>df</sub>) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), da região Sul de Minas Gerais.

Solo	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>3</sub>	Ki	Kr
g kg <sup>-1</sup>					
LVAd	141,0	282,1	95,2	0,85	0,70
LVdf	156,6	265	207,7	1,01	0,67
PVA	180,7	206,9	36,4	1,49	1,33

TABELA 3.3 Caracterização química das amostras do horizonte A de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVA<sub>d</sub>), Latossolo Vermelho distroférico (LV<sub>df</sub>) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA), da região Sul de Minas Gerais.

Solo		pH <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>2+</sup>	SB <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	T <sup>5</sup>	V <sup>6</sup>	m <sup>7</sup>	MO <sup>8</sup>
	Horizonte	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				--- % ---		g kg <sup>-1</sup>	
LVAd	A	5,8	3,5	65	2,8	0,4	0,1	3,4	3,5	8,2	41,6	2,3	30
	B	5,2	0,4	6,25	0,4	0,1	0,5	0,5	1,0	4,8	10,6	41	13
LVdf	A	5,7	4,1	84,3	2,0	0,6	0,1	2,7	2,8	6,6	41,1	4,5	26
	B	5,5	0,4	14,5	1,0	0,2	0,1	1,2	1,3	4,5	25,8	7,3	1,8
PVA	A	6,8	15,9	114	5,8	2,4	0,0	8,5	8,5	9,7	87,6	0,0	29
	B	4,7	1	27	0,5	0,2	1,0	0,8	1,8	3,97	19,4	56,5	9,4

<sup>1</sup>pH em água: relação (1:2,5); <sup>2</sup>P extraído por Mehlich-1; <sup>3</sup>SB, soma de bases trocáveis; <sup>4</sup>t, capacidade de troca catiônica efetiva; <sup>5</sup>T, capacidade de troca de cátions a pH 7,0; <sup>6</sup>V, índice de saturação por bases; <sup>7</sup>m, índice de saturação por alumínio; <sup>8</sup>MO, matéria orgânica.

### 3.3 Incubação das amostras com calcário, fosfato e vinhaça

Amostras do LVAd e LVdf, da camada de 0-10 cm de profundidade, foram incubadas com calcário (PRNT 100%), em vasos plásticos com 2 litros de volume, durante um mês, tendo a dose do corretivo sido determinada pelo método SMP para elevar o pH a 6,0. Após esse período, um terço das amostras foi incubada com fosfato suficiente para se manter  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  de P na solução do solo, um terço com fosfato suficiente para se atingir 50% da capacidade máxima de adsorção de fósforo –  $c_{\text{max}}$  dos solos e um terço das amostras não recebeu fosfato. O fosfato foi aplicado na forma de fosfato de potássio monobásico ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ); durante o tempo de incubação com calcário e fosfato (dois meses), a umidade das amostras foi mantida a 60% da capacidade de campo. Em seguida, as amostras receberam três doses de vinhaça, zero, 50% e 70% do Volume Total de Poros (VP) (calculados a partir do volume do vaso no qual as amostras foram mantidas incubadas, densidade de partículas e massa do solo). As amostras permaneceram incubadas com vinhaça durante 15 dias, com umidade do solo mantida em torno de 70% do volume total de poros.

As incubações resultaram em nove condições de amostra para cada solo:

- .V1P1 (controle - sem vinhaça e sem fosfato);
- .V1P2 (sem vinhaça e com  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  de fosfato);
- .V1P3 (sem vinhaça e com 50% da  $c_{\text{max}}$ );
- .V2P1 (50 % VP com vinhaça e sem fosfato);
- .V2P2 (50 % VP com vinhaça e  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  de fosfato);
- .V2P3 (50 % VP com vinhaça e 50 % da  $c_{\text{max}}$ );
- .V3P1 (70 % VP com vinhaça e sem fosfato);
- .V3P2 (70 % VP com vinhaça e  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  de fosfato);
- .V3P3 (70 % VP com vinhaça e 50% da  $c_{\text{max}}$ ).

Os tratamentos constituíram um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 x 3, correspondente a duas classes de solo, três doses de fosfato e três doses de vinhaça, com quatro repetições, totalizando 72 parcelas experimentais. Essas amostras foram utilizadas para os ensaios de sorção/dessorção e retenção do tiametoxam.

### **3.4 Solução estoque do tiametoxam**

A solução estoque de tiametoxam, utilizada nos ensaios de sorção e retenção, foi obtida a partir da purificação do produto comercial ACTARA<sup>®</sup>, contendo 25% do composto.

Diluíram-se 100 mg do ACTARA<sup>®</sup> em acetona; a solução foi filtrada em algodão para um balão volumétrico de 100 mL. Em seguida, a acetona foi evaporada por meio de rotavapor. Colocou-se, aproximadamente, 1 mL de acetona no balão e, em seguida, essa solução foi transferida para duas placas de TLC (sílica gel 60GF<sub>254</sub> MERCK), com auxílio de uma pipeta Pasteur. A fase móvel utilizada foi diclorometano:acetona, na proporção 100:150. A faixa contendo o tiametoxam foi identificada com luz UV e eluída em acetona. A concentração de tiametoxam foi determinada em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), conforme descrito mais adiante.

### **3.5 Cinética de sorção do tiametoxam**

A cinética de sorção do tiametoxam foi avaliada em amostras da camada superficial (0-10 cm) do Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho distroférico e Argissolo Vermelho Amarelo, medindo-se a concentração do composto em solução aquosa após 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 6; 12 e 24 horas de agitação. Para cada tempo de agitação, 4 tubos de vidro com 8,5 cm de comprimento, 2,0 cm de diâmetro e volume de 20 mL, com tampa

rosqueável receberam 3 g de solo (TFSA) e 10 mL de solução aquosa, contendo tiametoxam na concentração de  $2 \mu\text{g mL}^{-1}$ , preparada em  $\text{CaCl}_2$  0,01M.

Os tubos permaneceram em mesa agitadora horizontal de movimento recíproco, sob agitação constante em 120 movimentos por minuto, sendo retiradas quatro repetições, de cada solo, para cada um dos tempos especificados. Em seguida, foram centrifugados a 710 g, por 30 minutos, retirando-se uma alíquota da fase aquosa de 2 mL, que foi filtrada em membrana de  $0,45 \mu\text{m}$  de PTFE, com auxílio de uma seringa de vidro e armazenada em geladeira para posterior análise em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). A concentração do tiametoxam presente no solo foi calculada pela diferença entre a concentração inicial e a concentração do composto encontrada na fase aquosa após o respectivo tempo de agitação, multiplicada pelo volume de solução e dividida pela massa de solo.

### **3.6 Isotermas de sorção/dessorção**

Foram determinadas isotermas de sorção e dessorção do tiametoxam em amostras do horizonte A e B do LVAd, LVdf e PVA. Foram determinadas isotermas de sorção e dessorção do tiametoxam em amostras do horizonte A do LVAd e LVdf para as nove condições de manejo descritas no item 3.3. O método utilizado foi em batelada (“batch”). Em tubos de vidro (descritos no item anterior), foram pesados 3 g de amostra de cada solo (TFSA), com precisão de 1 mg. Em seguida, foram adicionados 10 mL da solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01M contendo tiametoxam nas concentrações 0,1; 0,5; 1,0; 5,0 e  $10,0 \mu\text{g mL}^{-1}$ , preparadas a partir da solução estoque do tiametoxam. Foram feitas quatro repetições por concentração por condição de tratamento dos solos. Os tubos foram agitados durante 4 horas, tempo suficiente para a solução entrar em equilíbrio com o solo; em seguida, foram centrifugados a 710 g, por 30 minutos. Foi retirada uma alíquota de 2 mL da solução aquosa, que foi filtrada em

membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  (PTFE) e armazenada em geladeira para posterior análise em CLAE. A concentração do tiametoxam no solo foi calculada como no estudo de cinética.

Para o estudo da dessorção, logo após a centrifugação foi retirada a fase aquosa, com auxílio de uma pipeta Pasteur; os tubos foram pesados, para se determinar a solução oclusa e, em seguida, foram adicionados 10 mL da solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01M, retornando os tubos à mesa agitadora, na qual permaneceram por mais quatro horas. Após esse tempo, os tubos foram centrifugados a 710 g, por 30 minutos, retirando-se 2 mL da solução aquosa, que foram filtrados e armazenados em geladeira para posterior análise em CLAE, como descrito para sorção. A quantidade dessorvida do tiametoxam foi analisada na concentração de equilíbrio, deduzindo a quantidade retida no solo pela diferença entre a quantidade sorvida e a dessorvida.

### **3.7 Retenção do tiametoxam**

Para esse ensaio, que fornece uma relação entre a retenção e a lixiviação do tiametoxam, foram utilizadas as amostras de LVAd e LVdf, com os tratamentos apresentados no item 3.3.

Após o período de incubação, 20 g de cada amostra foram colocados em microcolunas de centrífuga com sistema de filtragem (Figura 3.1), sendo saturadas com água destilada por capilaridade antes da aplicação do produto. Em seguida, foi feita a aplicação de 1 mL de uma solução de acetonitrila, contendo 100  $\mu\text{g}$  do produto, sobre a superfície do solo no tubo. Essa dose, considerada a área do tubo em questão representa cerca de 200 vezes àquela recomendada para campo, caso a aplicação seja por pulverização. A solução utilizada foi preparada a partir da solução estoque descrita no item 3.4.



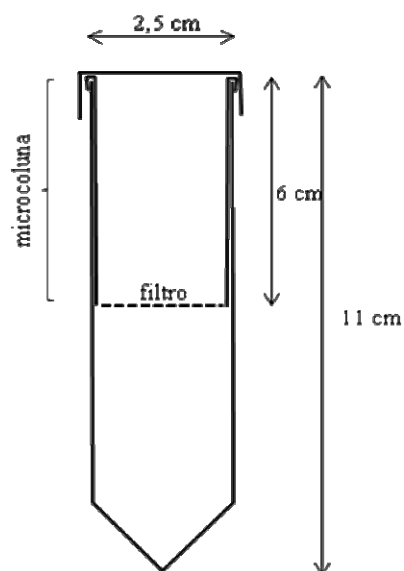


FIGURA 3.1 Esquema da microcoluna de centrífuga, com sistema de filtragem, utilizada nos ensaios de retenção.

Após uma hora da aplicação do produto, os tubos foram submetidos à centrifugação a 710 g, por 10 minutos. Posteriormente, a parte inferior do tubo foi pesada para a determinação da massa de efluente que foi filtrado em membrana de 0,45  $\mu\text{m}$  (PTFE), com auxílio de uma seringa de vidro e armazenado em geladeira para posterior análise em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE).

Antes da realização do ensaio, foi feito um teste para se verificar a quantidade de tiametoxan retido nas paredes da microcoluna. Dois tubos (microcolunas) de centrífuga com filtro receberam cada um 50 mL, sua capacidade máxima, de uma solução de água destilada contendo 2  $\mu\text{g mL}^{-1}$  de tiametoxam. A solução permaneceu em contato com o tubo durante uma hora. Após esse período, foi retirada uma alíquota de 2 mL para determinação da

concentração do tiametoxam presente na solução. Após análise em CLAE, observou-se que apenas 1% do composto foi retido no tubo + filtro.

Os resultados obtidos, quantidade de tiametoxam retido no solo e no efluente da coluna, foram submetidos à análise de variância para verificação da significância da diferença entre as variáveis, com aplicação do teste de média Scott-Knott, empregando-se o programa Sisvar (Ferreira, 2000).

### **3.8 Condições operacionais do cromatógrafo**

Para determinação quantitativa do tiametoxam, foi utilizado um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), HP série 1100, operando com detector de ultravioleta, com comprimento de onda de 255 nm. A coluna utilizada foi uma Waters Spherisorb ODS-2, 5  $\mu\text{m}$ , 150x3,2 mm. A fase móvel utilizada foi acetonitrila/água milli-Q, na proporção 20/80 com fluxo de 0,3 mL  $\text{min}^{-1}$  e volume de injeção de 20  $\mu\text{L}$ . Nessas condições, o tempo de retenção do tiametoxam ficou em torno de 8,20 minutos. A quantificação da concentração do tiametoxam foi realizada por comparação da área dos picos das amostras com a curva padrão de calibração. O padrão analítico utilizado foi obtido junto à Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., tendo especificação de pureza acima de 99%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Cinética de sorção do tiametoxam

O estudo de cinética do tiametoxam em materiais do horizonte A do Latossolo Vermelho Amarelo distrófico-LVAd, Latossolo Vermelho distroférico-LVdf e do Argissolo Vermelho Amarelo-PVA estão apresentados na Figura 4.1. O LAVd e LVdf apresentaram comportamentos semelhantes entre si, com relação à capacidade de sorção do tiametoxam, enquanto o PVA apresentou menor capacidade de sorção. Entretanto, com relação ao tempo de equilíbrio, os três solos apresentaram-se semelhantes; após uma hora sob agitação, a concentração de tiametoxam no conjunto solo-solução já havia atingido o equilíbrio. Resultados semelhantes foram encontrados por Urzedo (2004), em amostras de um Latossolo Vermelho Amarelo distroférico. Por motivo de segurança, no tocante a se estabelecer o equilíbrio entre solo e solução, o tempo utilizado nos ensaios de adsorção e de dessorção foi de quatro horas.

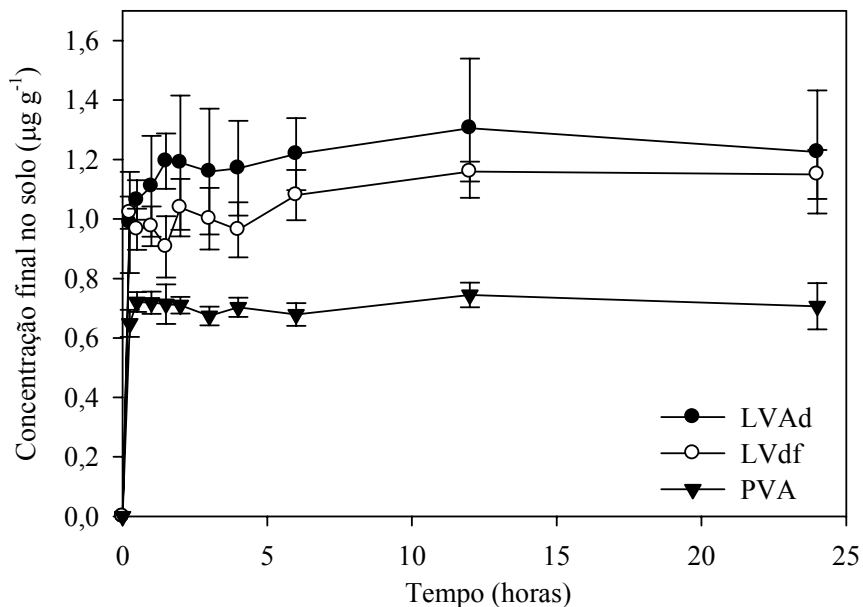


FIGURA 4.1 Efeito do tempo sobre a sorção do tiametoxam em amostras do horizonte A de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e um Argissolo Vermelho Amarelo (PVA).

## 4.2 Sorção do tiametoxam nos solos

### 4.2.1 Sorção e dessorção do tiametoxam

As isotermas de sorção e dessorção, ajustadas ao modelo de Freundlich, obtidas para o tiametoxam em amostras do horizonte A e B dos solos LVAd, LVdf e PVA, encontram-se na Figura 4.2.

Os resultados obtidos para a sorção e dessorção dos três solos se ajustaram bem à equação de Freundlich. Esses valores, assim como os valores de Kf e os coeficientes de linearidade (1/n), calculados a partir da equação  $\log S = \log Kf + (1/n) \log Ce$ , encontram-se na Tabela 4.2.

Embora a sorção do tiametoxam tenha sido baixa em todas as amostras, houve maior sorção nas amostras do horizonte A relativamente à sorção nas

amostras do horizonte B, evidenciado pelos valores de  $K_f$ , o que é atribuído ao maior teor de matéria orgânica no horizonte superficial (Tabela 3.3). A interação de pesticidas não-iônicos com a matéria orgânica do solo representa importante mecanismo de sorção dessas moléculas no solo. Urzedo et al. (2006) observaram significativa correlação linear ( $r^2=0,92$ ) entre os valores de  $K_d$  e os teores de matéria orgânica de doze solos, mostrando que a interação do tiametoxam com a matéria orgânica do solo constitui um importante mecanismo de sorção do composto no solo. Os autores também afirmam que a natureza da matéria orgânica, tal como polaridade, também afeta a sorção do tiametoxam nos solos. O mesmo comportamento foi observado por Regitano et al. (2002) para o fungicida Clorotalonil, obtendo-se estreita correlação linear ( $r^2=0,91$ ) entre os valores de  $K_d$  e o teor de carbono orgânico dos solos.

Essas diferenças nos valores de  $K_f$ , entre os horizontes também foram observados por Castro (2005), que avaliou a sorção do tiametoxam em Latossolo Vermelho Acriférico típico e um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico.

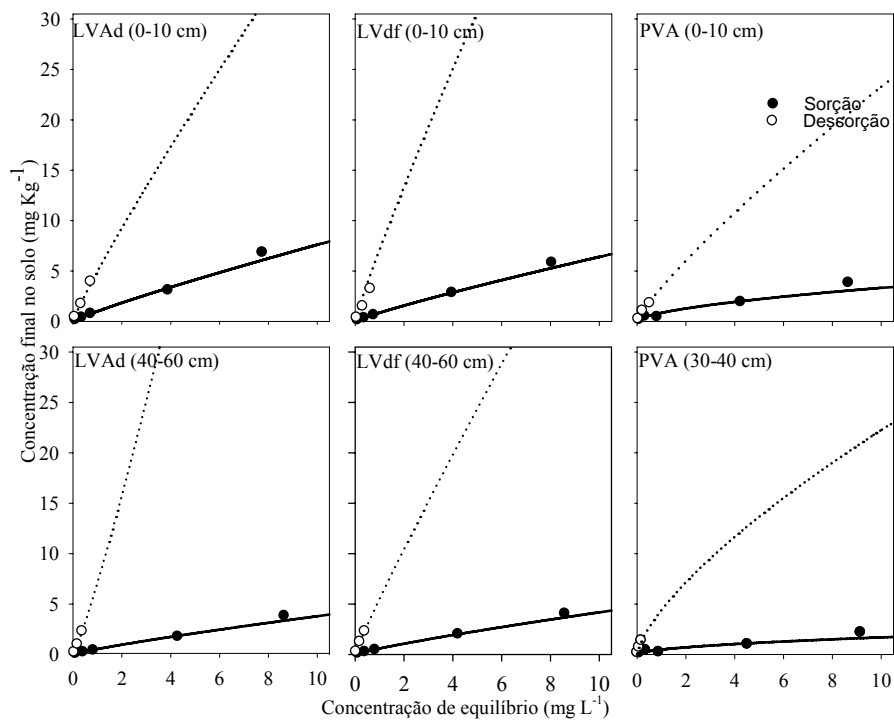


FIGURA 4.2 Isothermas de sorção e dessorção de amostras do horizonte A e B de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA).

TABELA 4.2 Valores da constante de Freundlich (Kf), coeficiente de linearidade (1/n), coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) e coeficiente de distribuição normalizado para carbono orgânico (Koc) para a sorção e dessorção de tiametoxam em amostras dos horizontes A e B de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distrófico (LVdf) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA).

Horizonte	Isoterma de sorção			Isoterma de dessorção			Sorção*	Dessorção*
	Kf	1/n	r <sup>2</sup>	Kf	1/n	r <sup>2</sup>	Koc <sub>sor</sub>	Koc <sub>des</sub>
	mg <sup>(1-1/n)</sup> L <sup>1/n</sup> kg <sup>-1</sup>			mg <sup>(1-1/n)</sup> L <sup>1/n</sup> kg <sup>-1</sup>			L kg <sup>-1</sup>	
<b>LVAd</b>								
A	0,998 ±0,031	0,882±0,019	0,99	4,964±0,346	0,903±0,041	0,98	49,2±4,5 (1,69)	251,8±28,5 (2,40)
B	0,536±0,018	0,850±0,021	0,99	7,178±1,141	1,151 ±0,077	0,96	58,6±6,6 (1,77)	1176,5±268,2 (3,07)
<b>LVdf</b>								
A	0,854±0,021	0,874±0,015	0,99	4,561±0,218	0,910±0,027	0,99	48,1±4,5 (1,68)	269,1±23,5 (2,43)
B	0,593±0,019	0,849±0,020	0,99	5,505±0,444	0,926±0,038	0,98	46,7±5,3 (1,67)	479,3±53,0 (2,68)
<b>PVA</b>								
A	0,852±0,087	0,595±0,060	0,84	3,363±0,259	0,842±0,039	0,98	30,8±10,0 (1,49)	163,3±23,7 (2,21)
B	0,486±0,045	0,544±0,056	0,84	4,451±0,773	0,706±0,056	0,94	53,5±19,2 (1,73)	590,6±168,9 (2,77)

\*Estimativas, a partir das isotermas. Números entre parêntesis representam o Log koc).

Com relação aos solos, o LVAd apresentaram sorção do tiametoxam ligeiramente superior, resultando em um menor potencial de lixiviação do produto neste solo. Os resultados dos dois latossolos, com valores semelhantes de pH (Tabela 3.3), evidenciam a importância da matéria orgânica que, ligeiramente maior no LVAd, contribuiu para maior valor de Kf nesse solo. Já o PVA, cujo pH é mais elevado e que possui maior quantidade de bases trocáveis, apresentou maior capacidade de troca de cátions, com maior quantidade de cargas negativas. Isso possibilitou maior solvatação dessa matéria orgânica com a água, tornando-a menos interativa com as moléculas do tiametoxam, resultando em menor sorção, mesmo com teor de matéria orgânica semelhante aos outros dois solos estudado.

O tiametoxam interage com a matéria orgânica, principalmente por pontes de hidrogênio, agindo como uma base fraca através da nuvem de elétrons dos átomos de N da molécula. Em condições de pH mais elevado, os ácidos carboxílicos da matéria orgânica se dissociam, aumentando o número de cargas negativas do solo e diminuindo a interação/sorção do tiametoxam. Esta condição é evidenciada quando se compara a sorção (Kf) do LVAd, horizonte A, com aquela do PVA, horizonte A. Ambos possuem os mesmos teores de matéria orgânica (aproximadamente 3%) mas o PVA apresenta uma menor sorção e maior pH em relação ao LVAd.

Os resultados parecem expressar que a sorção de tiametoxam em solos é influenciada por forças eletrostáticas e por interações hidrofóbicas do produto com a matriz do solo.

A sorção do tiametoxam foi parcialmente reversível para os três solos nos dois horizontes. Porém, os valores de Kf da dessorção foram maiores que os valores de Kf da sorção (Tabela 4.2), principalmente por se tratar de um único ciclo de extração para se determinar a dessorção. Essa diferença indica que o solo apresenta maior retenção do produto durante a dessorção do que durante a



sorção. Esse fenômeno, conhecido como histerese indica que diferentes forças de interação estão envolvidas nos processos, sendo a energia de ligação maior na dessorção do que na sorção do tiametoxam nos solos estudados. Tal fenômeno de histerese tem sido freqüentemente observado na sorção de pesticidas em solos (Felsot & Dahm, 1979; Gao et al., 1998; Ding et al., 2002; Barison et al., 2005), incluindo o tiametoxam (Urzedo, 2004; Castro, 2005).

Comparando-se os valores de Koc, principalmente entre o LVdf e PVA que apresentam semelhantes valores de Kf, parece evidenciar que as interações com a fração mineral do solo tem maior influência na sorção de tiametoxam no PVA, que apresentou menor valor de Koc. Neste sentido, maiores valores de Koc no horizonte B, principalmente do LVAd, indicam que nesse horizonte a interação hidrofóbica do composto com a matéria orgânica foi a principal forma de sorção do produto.

#### **4.2.2 Efeito da vinhaça e fosfato na sorção e dessorção do tiametoxam**

As isotermas de sorção e dessorção, ajustadas ao modelo de Freundlich, obtidas para o tiametoxam, em amostras de LVAd e LVdf sob efeito da vinhaça e fosfato, apresentadas nas figuras 4.3 e 4.4, se ajustaram bem à equação de Freundlich, com coeficientes de determinação ( $r^2$ ) variando de 0,79 a 0,99. Os valores das constantes de Freundlich (Kf) e dos coeficientes de linearidade (1/n) do LVAd e LVdf sob efeito da vinhaça e fosfato se encontram na Tabela 4.3. A sorção do tiametoxam no LVAd, em todos os tratamentos, foram superiores a sorção no LVdf, apresentando, o primeiro solo, maiores valores de Kf.

As doses de fosfato não influenciaram os processos de sorção e dessorção do tiametoxam dos solos estudados. Quanto à vinhaça, no LVAd, apenas a maior dose de vinhaça, 70% VP, causou pequeno acréscimo na sorção do tiametoxam. Já para o LVdf as doses de vinhaça não afetaram o processo de sorção do tiametoxam. Entretanto, as doses de vinhaça contribuíram para

aumentar as forças de interação na dessorção, propiciando maior retenção do inseticida no solo, após alcançar o equilíbrio na dessorção. Os valores de  $K_f$  da dessorção foram maiores nos dois solos, em função da presença de vinhaça, sendo que os maiores valores foram observados nas amostras tratadas com a dose correspondente a 70% VP. A maior diferença entre os valores de  $K_f$  de sorção e dessorção foram observadas para o LVAd, indicando que, embora a vinhaça não tenha propiciado aumento na sorção, quando presente no solo ela dificulta a dessorção do produto para a solução.

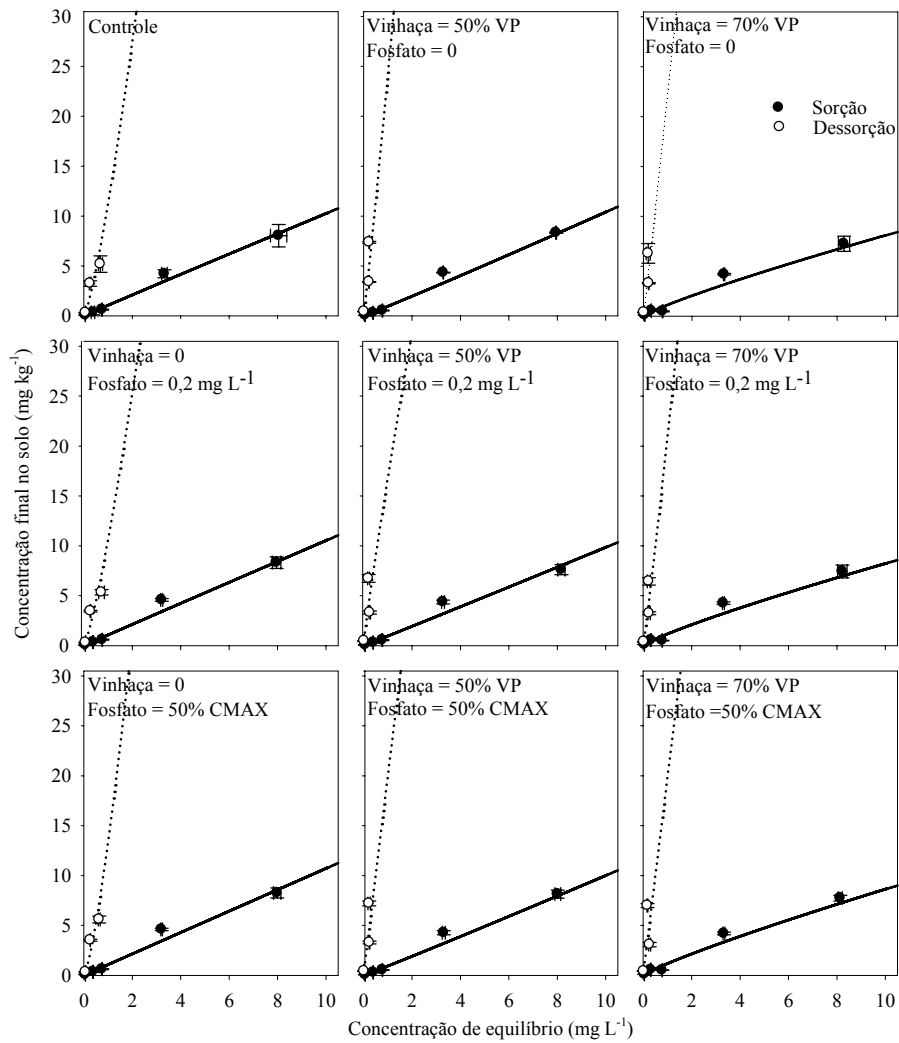


FIGURA 4.3 Isothermas de sorção e dessorção de tiametoxam em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob efeito de vinhaça e fosfato.

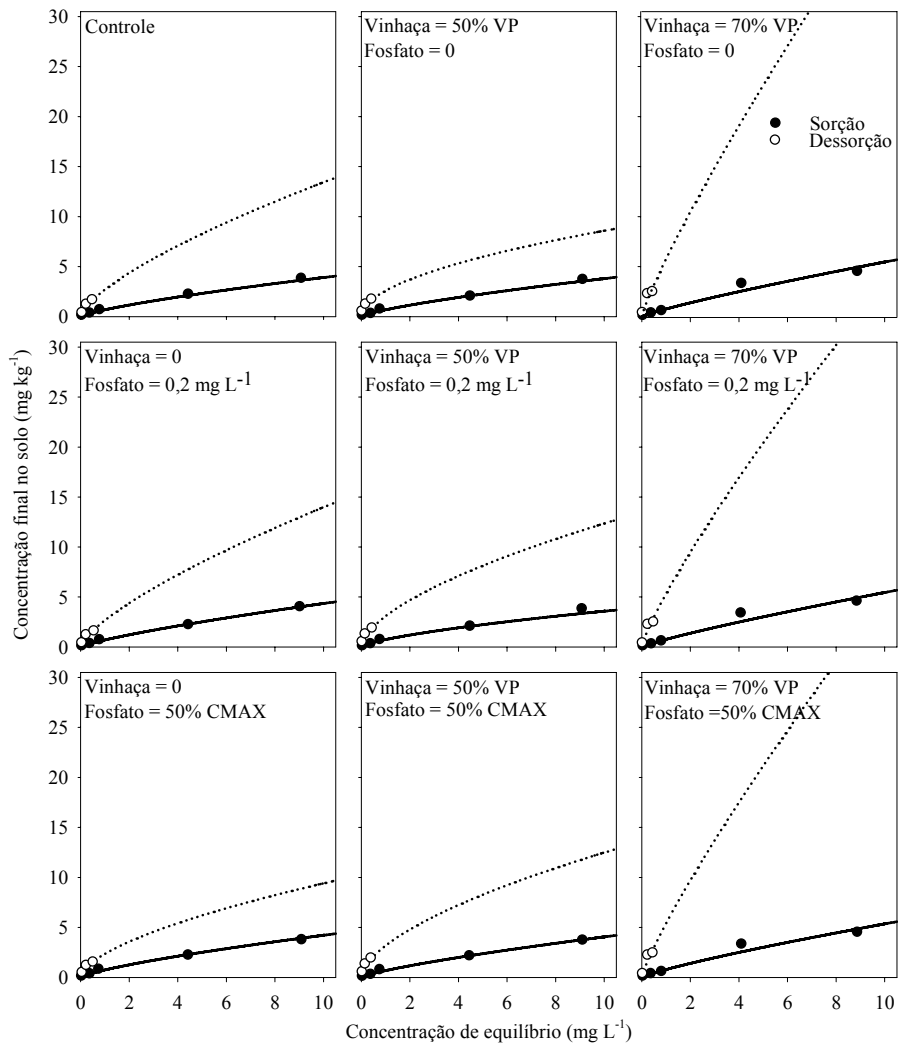


FIGURA 4.4 Isothermas de sorção e retenção de tiametoxam em amostras de Latossolo Vermelho distroférico sob efeito de vinhaça e fosfato.

TABELA 4.3 Valores da constante de Freundlich (Kf), coeficiente de linearidade (1/n) e coeficiente de determinação (r<sup>2</sup>) para a sorção e dessorção do tiametoxam em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho distroférico sob o efeito da vinhaça e fosfatagem.

Dose de P	Isoterma de sorção			Isoterma de dessorção		
	Kf*	1/n	r <sup>2</sup>	Kf*	1/n	r <sup>2</sup>
<b>LVAd</b>						
<b>Vinhaça = 0</b>						
<b>0</b>	1,07±0,09	0,99±0,05	0,96	11,51±2,49	1,29±0,13	0,91
<b>0,2 mg L<sup>-1</sup></b>	1,07±0,06	0,99±0,03	0,98	10,85±2,35	1,26±0,13	0,90
<b>50% CMAX</b>	1,08±0,06	0,99±0,03	0,98	13,55±2,55	1,34±0,11	0,94
<b>Vinhaça 50% VP</b>						
<b>0</b>	0,96±0,05	1,03±0,03	0,98	24,72±5,69	1,08±0,09	0,93
<b>0,2 mg L<sup>-1</sup></b>	0,96±0,05	1,01±0,03	0,98	17,73±5,81	0,90±0,13	0,82
<b>50% CMAX</b>	0,93±0,06	1,03±0,04	0,98	20,57±5,23	0,98±0,10	0,90
<b>Vinhaça 70% VP</b>						
<b>0</b>	1,13±0,09	0,86±0,05	0,95	24,00±8,94	1,04±0,15	0,82
<b>0,2 mg L<sup>-1</sup></b>	1,17±0,09	0,85±0,04	0,95	21,59±5,74	1,09±0,11	0,90
<b>50% CMAX</b>	1,18±0,09	0,87±0,05	0,95	21,32±8,13	1,00±0,16	0,79
<b>LVdf</b>						
<b>Vinhaça = 0</b>						
<b>0</b>	0,69±0,04	0,99±0,06	0,96	2,72±0,35	1,29±0,13	0,91
<b>0,2 mg L<sup>-1</sup></b>	0,71±0,02	0,99±0,03	0,98	2,67±0,35	1,26±0,13	0,90
<b>50% CMAX</b>	0,75±0,02	0,99±0,03	0,98	2,36±0,17	1,34±0,11	0,94
<b>Vinhaça 50% VP</b>						
<b>0</b>	0,68±0,03	1,03±0,03	0,98	2,60±0,25	1,08±0,09	0,93
<b>0,2 mg L<sup>-1</sup></b>	0,75±0,06	1,01±0,03	0,98	3,10±0,29	0,90±0,13	0,82
<b>50% CMAX</b>	0,68±0,03	1,03±0,04	0,98	3,20±0,43	0,98±0,10	0,90
<b>Vinhaça 70% VP</b>						
<b>0</b>	0,76±0,03	0,86±0,05	0,95	5,82±0,83	1,04±0,15	0,82
<b>0,2 mg L<sup>-1</sup></b>	0,77±0,04	0,85±0,04	0,95	5,37±0,68	1,09±0,11	0,90
<b>50% CMAX</b>	0,79±0,03	0,87±0,05	0,95	5,45±0,76	1,00±0,16	0,79

Kf (mg<sup>1-1/n</sup> L<sup>1/n</sup> kg<sup>-1</sup>)

A pouca interferência da adição da vinhaça na sorção do tiametoxam pode ser explicada pelo fato de a matéria orgânica desse resíduo ser constituída, principalmente, de glicerol, que é prontamente disponível aos microrganismos quimiorganotróficos do solo. Alguns autores afirmam que, após quatro dias da adição da vinhaça no solo, grande parte da matéria orgânica do resíduo é mineralizada (Prata et al., 2000; Prata et al., 2001).

#### **4.3 Retenção de tiametoxam nos solos**

Na Figura 4.5 é mostrado o efeito dos tratamentos com vinhaça e fosfato na concentração de tiametoxam encontrada na solução proveniente de microcolunas com amostras de LVAd e LVdf.

A concentração do tiametoxam no efluente foi maior para o LVAd do que o LVdf, indicando um maior potencial de lixiviação no primeiro solo. Esse resultado, contrastante ao obtido no estudo de sorção e dessorção do composto nos solos, pode ser atribuído ao fato de as amostras do LVdf, após peneiramento, apresentarem agregados menores, quando comparado ao LVAd e, conseqüentemente, maior contato com a solução, resultando em maior retenção do produto na coluna de solo. Como se trata de uma condição de não-equilíbrio, o maior contato com a solução propiciou maior retenção. Os tratamentos, doses de fosfato e vinhaça, não afetaram na concentração do tiametoxam presente no efluente proveniente das microcolunas de solo.

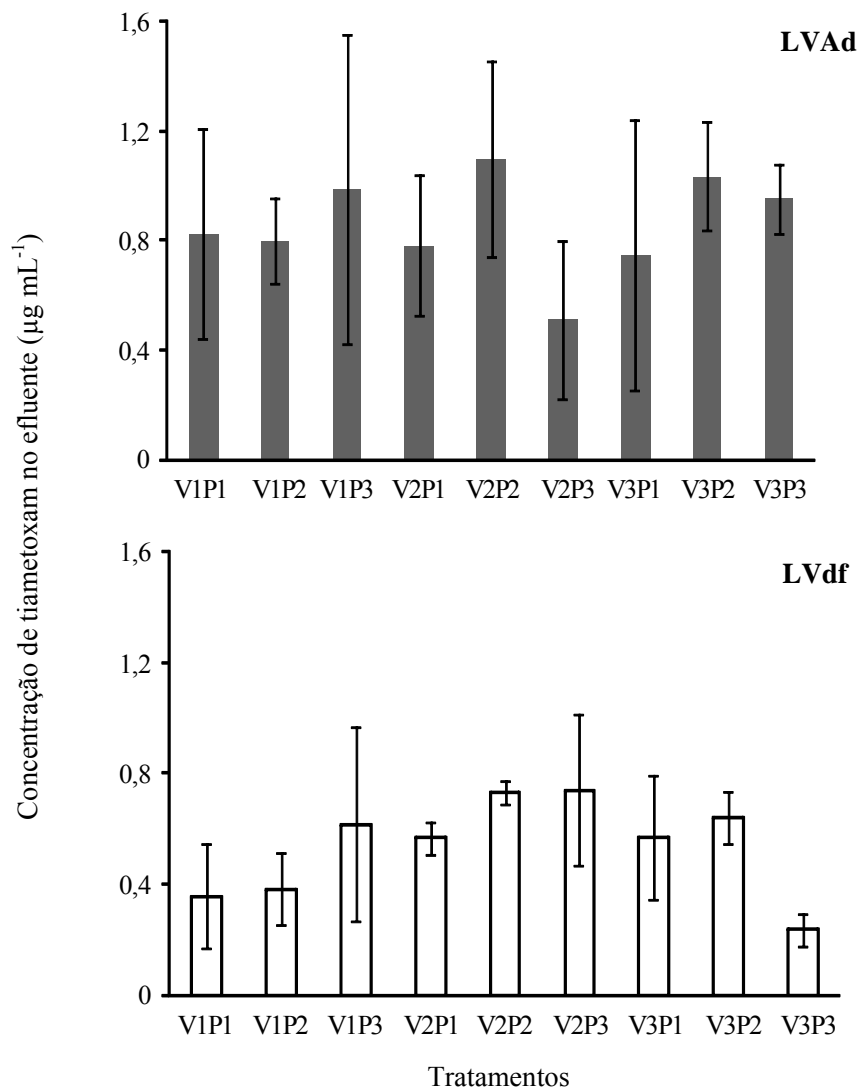


FIGURA 4.5 Concentração de thiametoxam no efluente de microcolunas de solo, com amostras de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) e Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) sob efeito de vinhaça e fosfato (Solo\*\*: 5% significância; vinhaça e fosfato: ns).

## 5 CONCLUSÕES

O tiametoxam revelou-se um inseticida com baixa sorção e parcialmente reversível em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distrófico (LVdf) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA).

A sorção foi menor nas amostras do Argissolo Vermelho Amarelo, relativamente aos dois outros solos.

A sorção do composto foi maior em materiais do horizonte A quando comparado ao horizonte B dos solos estudados.

A fosfatagem não afetou os processos de sorção e dessorção do tiametoxam em amostras do LVAd e LVdf.

A vinhaça contribuiu de forma diferente na sorção do tiametoxam nos solos. O LVAd apresentou maior sorção na maior dose de vinhaça (70% VP), porém, para o LVdf, a vinhaça não influenciou no processo de sorção do tiametoxam. Entretanto, sua adição aumentou a retenção do composto nos solos, após a dessorção.

O efluente das amostras do LVAd apresentou maior concentração de tiametoxam em condição de não-equilíbrio, do que o efluente do LVdf.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Argissolo Vermelho Amarelo, utilizado neste estudo, foi coletado na Área de Preservação Ambiental (APA) Coqueiral, localizada no município de Coqueiral, MG. Essa área é cultivada com lavoura de café, com uso freqüente do tiametoxam pelos produtores para o controle do bicho-mineiro. Trata-se de uma área de terço superior de encosta, com lençol freático a, aproximadamente, 3 metros de profundidade com fluxo lateral de água dirigido para parte mais baixa da área.

A menor retenção de tiametoxam nesse solo denota o mais elevado potencial de lixiviação e contaminação do solo a maiores profundidades, onde a sorção/dessorção é ainda menor e, principalmente, da água do lençol freático que surge em nascente logo abaixo da área cultivada.

A próxima fase dessa pesquisa será para análise de água e solo em diferentes profundidades, até o nível do lençol freático, para um diagnóstico do potencial de contaminação de água e solo pelo produto. Na eventualidade de detecção de contaminação de água e solo, práticas de manejo envolvendo a aplicação de vinhaça serão aplicadas na área como forma de se atenuar tal contaminação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOU, J.D. **NYS DEC Letter** – thiamethoxam registration of SLN for new active ingredient 6/02. Disponível em:

<<http://www.dec.state.ny.us/website/dshh/pesticid/pesticid.htm>>. Acesso em: 25 out. 2007.

AFIF, E.; BARRÓN, V.; TORRENT, J. Organic matter delays but does not prevent phosphate sorption by cerrado soils from Brazil. **Soil Science**, v.159, p.207–211, 1995.

ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; MAFRA, A.L.; FONTANA, E.C. Aplicação de calcário e fósforo e estabilidade da estrutura de um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p.799-806, 2003.

ALENCAR, J.A.; LIMA, M.F.; CARVALHO, G.A.; OLIVEIRA, C.M. Descarte de embalagens de agrotóxicos. **Pesticidas - Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.9, p.9-26, jan./dez. 1998.

ANTUNES-KENYON, S. E.; KENNEDY, G. **Tiametoxam**: a new active ingredient review. Massachusetts: Massachusetts Pesticide Bureau, 2001.

BARIZON, R.R.M.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J.B.; PRATA, F.; TORNISIELO, L. Simulação do transporte e da sorção de imazaquin em colunas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, p.615-623, 2006.

BARISON, R.R.M.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Sorção e dessorção do imazaquin em solos com diferentes características granulométricas, químicas e mineralógicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.29, p.695-703, 2005.

BASTOS, C.J. ; REGITANO, R.L.O. ; LIMA, J.M.; CASTRO, N.R.A. Lixiviação do fungicida triadimenol em macrolisímetros de latossolos da região de Lavras -MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.4, p.767-774, 2005.

BOEIRA, R.C.; SOUZA, M.D. **Movimento do herbicida tebutiurô no perfil de três tipos de solo através de colunas de lixiviação.** Jaguariúna, SP, Embrapa, 2005. (Comunicado Técnico, 25).

CALDAS, E.D.; SOUZA, L.C.K.R. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, v.34, n.5, p.529-537, 2000.

CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M. A.; BERTON, R. S.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; MENK, J.R.F.A. **Alteração de características químicas de um latossolo vermelho-escuro distrófico pela aplicação de vinhaça.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 23p. (IAC. Boletim Científico, 9).

CASTRO, N.R. A. **Sorção, degradação e lixiviação do inseticida tiametoxam em Latossolo e Argissolo.** 2005. 161 p. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed). Methods of soil analysis. **American Society of Agronomy**, Madison, v.1, p.545-566, 1965.

DING, G.W.; NOVAK, J. M.; HERBERT, S.; BAOSHAN, X. Long-term tillage effects on soil metolachlor sorption and desorption behavior. **Chemosphere**, Oxford, v.48, n.9, p.897-904, 2002.

DORES, E.F.G.C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E.M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas: vias de contaminação e dinâmica dos pesticidas no ambiente aquático. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 9, p. 1-18, jan./dez. 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo.** 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

FELSOT, A.; DAHM, P. A. Sorption of organophosphorus and carbamate insecticides by soil. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washinton, v.27, n.3, p.557-563, 1979.

FILIZOLA, H.; FERRACINI, V.L.; SANS, L.M.A.; GOMES, M.A.F.; FERREIRA, C.J.A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por esticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.659-667, maio 2002.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2000. p.255-258.

GAO, J.P.; MAGUHN, J.; SPITZAUER, P.; KETRUP, A. Sorption of pesticides in the sediment of the teufelsweisher pond (Southern Germany). I: equilibrium assessments, effect of organic carbon content and pH. **Water Research**, London, v.32, n.5, p.1622-1672, 1998.

GREEN, R.E.; KARICKHOFF, S.W. Sorption estimates for modeling. In: CHENG, H.H. **Pesticides in the soil environment: processes, impacts, and modeling**. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.79-101.

KOSKINEN, W.C.; HARPER, S.S. The retention process: mechanisms. In: CHENG, H.H. **Pesticides in the soil environment: process, impacts, and modeling**. Madison: SSSA, 1990. p.51-78.

LAVORENTI, A.; PRATA, F.; REGITANO, J.B. Comportamento de pesticidas em solos - fundamentos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v. 3. 430 p.

LIMA, J.M.; ANDERSON, S.J.; CURI, N. Phosphate-induced clay dispersion as related to aggregate size and composition in Hapludoxs. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, p.892-897, 2000.

MAIENFISCH, P.; ANGST, M.; BRANDL, F.; FISCHER, W.; HOFER, D.; KAYSER, H.; KOBEL, W.; RINDLISBACHER, A.; SENN, R.; STEINEMANN, A.; WIDMER, H. Chemistry and biology of tiametoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Management Science**, Sussex, v.57, p.906-913, 2001.

MORAES, S.L.; REZENDE, M.O.O. Comportamento sortivo dos herbicidas s-triazinas em solo e em ácidos húmicos. **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.8, p.157-170, 1998.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MYERS, R.; THIEN, S.J. Soil permeability in an ammonium and phosphorus application zone. **Soil Science Society of America Journal**, v.55, p.866-871, 1991.

NOVARTIS. **Tiametoxam 250WG**. São Paulo, [1998?].

PINHO, A. P.; MATOS, A. T.; COSTA, L. M.; MORRIS, L. A.; JACKSON, R. C.; WHITE, W.; MARTINEZ, M. A. Retenção de atrazina, picloram e caulinita em zona ripária localizada em área de silvicultura. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.4, 260-270, out./dez. 2004.

PRATA, F. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina**. 2002. 149p. Tese (Doutorado)–Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Degradação e adsorção de diuron em solos tratados com vinhaça. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.1, p.217-223, jan./mar. 2000.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V.L. Degradação e sorção de ametrina em dois solos com aplicação de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.5, p.975-981, maio 2001.

REGITANO, J.B.; PRATA, F.; DIAS, N.M.; LAVORENTI, A.; TORNISIELO, V.L. Sorção-dessorção do fungicida clorotalonil em solos com diferentes teores de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.267-274, 2002.

RODELLA, A.A.; ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J. Effects of vinasse added to soil on pH and exchangeable aluminum content. In:

CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 18., 1983, Havana. **Proceedings...** Havana: Universidad de La Habana, 1983. p.189-214.

SANCHES, S.M.; SILVA, C.H.T.P.; CAMPOS, S.X.; VIEIRA, E.M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v.13, p.53-58, 2003.

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.11, n.1, p.108-114, 2007.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA. Defensivo agrícola. O que é? Disponível em: <<http://www.sindag.com.br/upload/defencivo-agricola.rtf>>. Acesso em: 20 out. 2007.

SOUZA, M.D.; BOEIRA, R.C.; GOMES, M.A.F. Adsorção e dessorção de diuron em solos tropicais. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.10, p.113-124, jan./dez. 2000.

SPADOTTO, C.A.; FILIZOLA, H.; GOMES, M.A.F. Avaliação do potencial de lixiviação de pesticidas em latossolo da região de Guaíra, SP. **Pesticidas: Revista ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v.11, p.127-136, jan./dez. 2001.

SPADOTTO, C.A.; MATALLO, M.D.; GOMES, M.A.F. Sorção do herbicida 2,4-D em solos brasileiros. **Pesticidas - Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.13, p.103-110, jan./dez. 2003.

TOMITA, R.Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. **Biológico**, São Paulo, v.64, n.2, p.135-142, jul./dez. 2002.

URZEDO, A.P.F.M. **Sorção e degradação do inseticida tiametoxam em amostras de solos da região de Lavras-MG**. 2004. 50p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

URZEDO, A.P.F.M.; RIGITANO, R.L.O.; LIMA, J.M.; CASTRO, N.R.A.  
Sorção do inseticida do tiametoxam em amostras de solos da região de Lavras-  
MG. **Pesticidas: Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.16,  
p.71-80, jan./dez. 2006.

## ANEXOS

### ANEXO A

FIGURA 1A	Isotermas de sorção e dessorção de tiametoxam em amostras do horizonte A e B de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA) - escala logarítmica.....	1
FIGURA 2A	Isotermas de sorção e dessorção de tiametoxam em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob efeito de vinhaça e fósforo - escala logarítmica.....	2
FIGURA 3A	Isotermas de sorção e dessorção de tiametoxam em amostras de Latossolo Vermelho distroférico sob efeito de vinhaça e fósforo - escala logarítmica.....	3



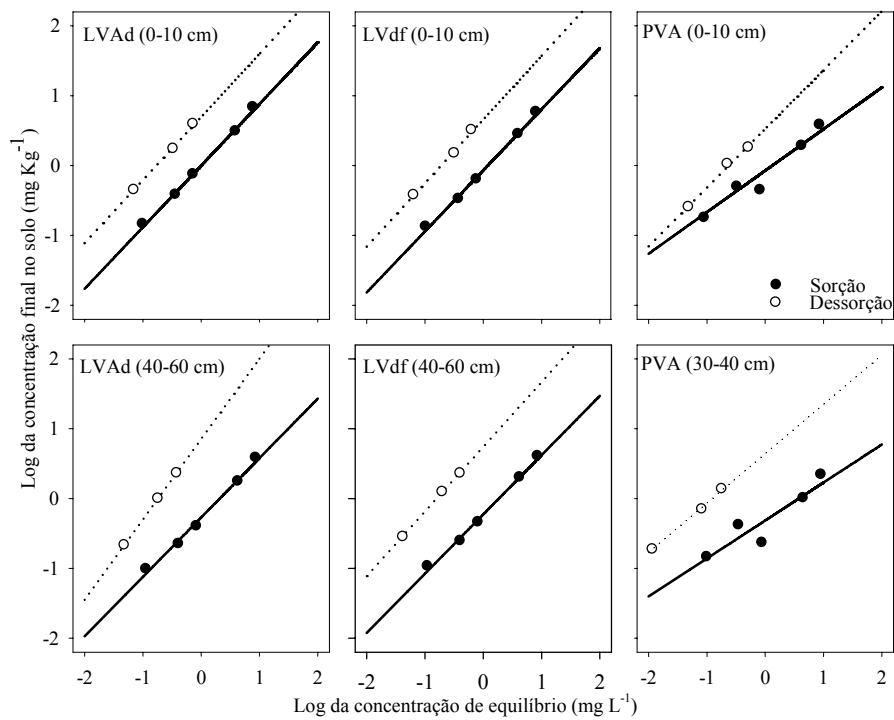


FIGURA 1A Isothermas de sorção e dessorção de tiametoxam em amostras do horizonte A e B de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd), Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) e Argissolo Vermelho Amarelo (PVA).

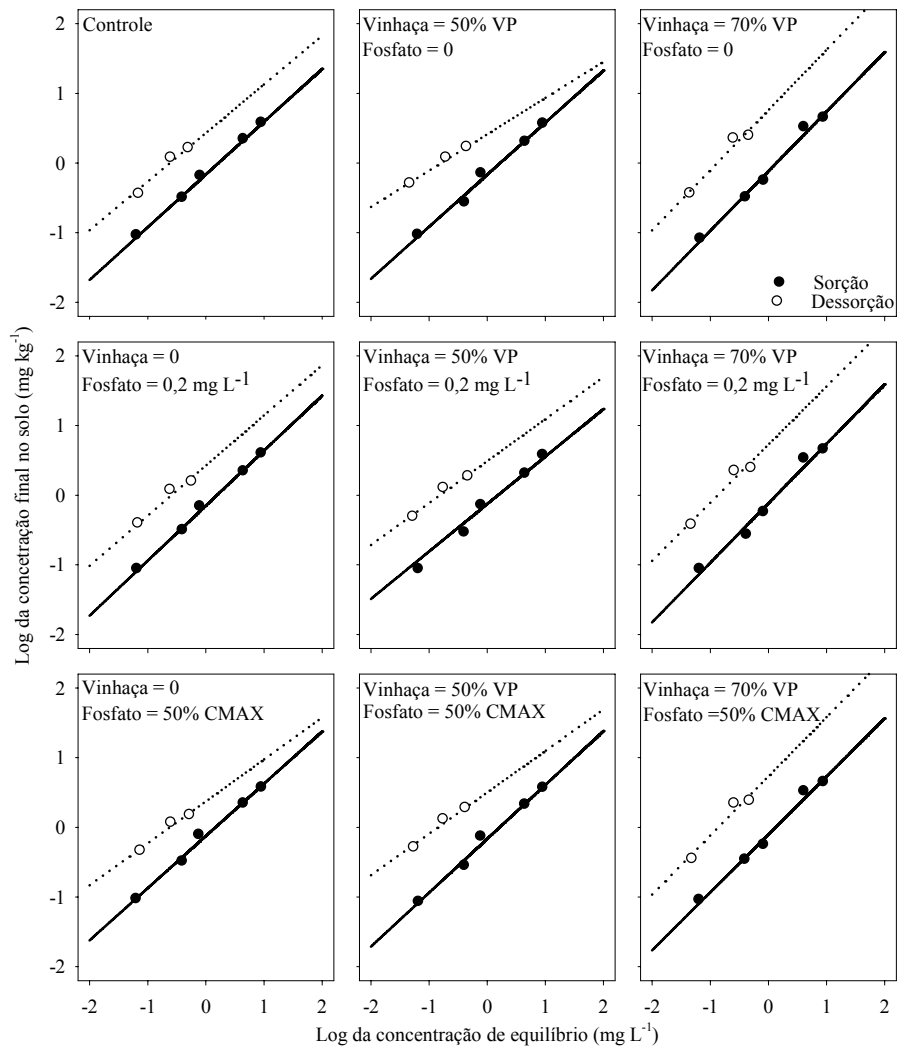


FIGURA 2A Isothermas de sorção e dessorção de tiametoxam em amostras de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico sob efeito de vinhaça e fosfato.

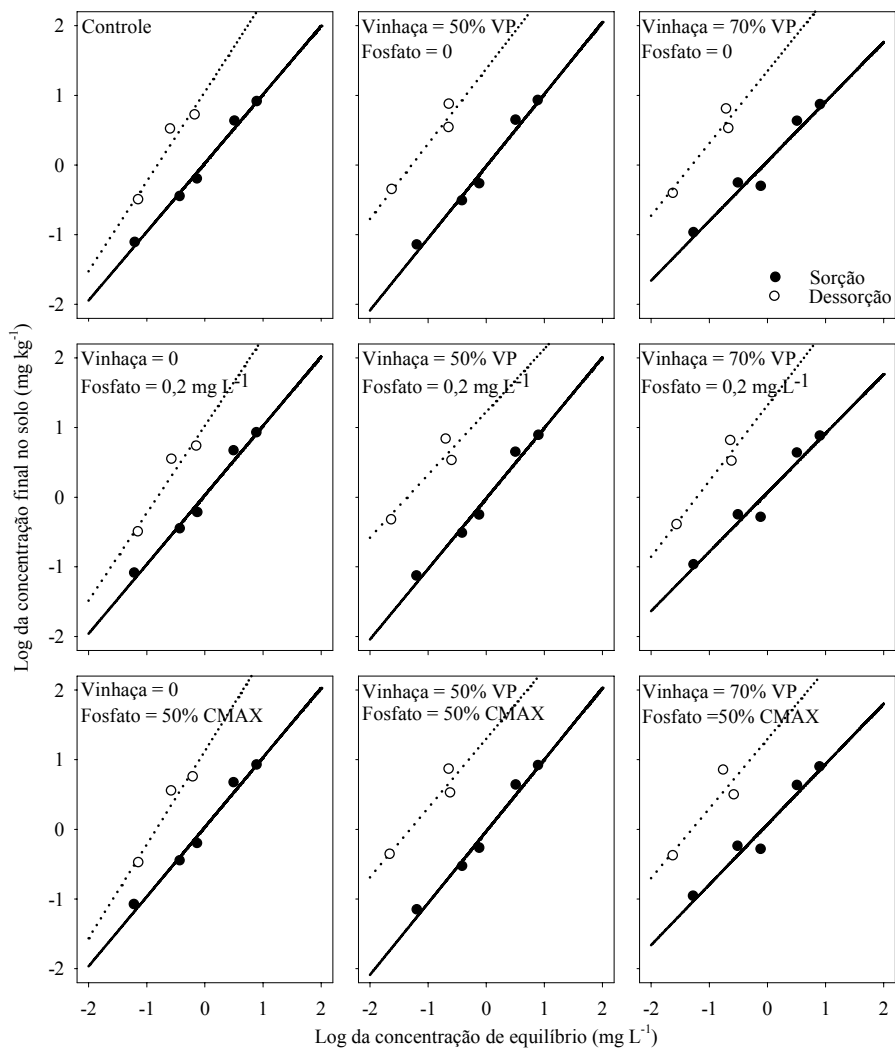


FIGURA 3A Isothermas de sorção e dessorção de tiametoxam em amostras de Latossolo Vermelho distroférrico sob efeito de vinhaça e fosfato.