

ANDRÉ ROCHA DUARTE

**REMOÇÃO DE RESÍDUOS DE FUNGICIDAS POR MEIO DE
CHUVA SIMULADA E DE IRRIGAÇÃO EM BATATEIRA E
TOMATEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitopatologia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

D812r
2008

Duarte, André Rocha, 1980-

Remoção de resíduos de fungicidas por meio de chuva simulada e de irrigação em batateira e tomateiro / André Rocha Duarte. – Viçosa, MG, 2008.
viii, 33f.: il. ; 29cm.

Orientador: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Fungicidas - Controle. 2. Tomate - Efeito de fungicidas. 3. Batata - Efeito de fungicidas. 4. Chuvas - Simulação. 5. Irrigação. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 632.4

ANDRÉ ROCHA DUARTE

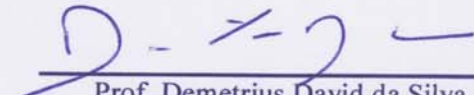
**REMOÇÃO DE RESÍDUOS DE FUNGICIDAS POR MEIO DE
CHUVA SIMULADA E DE IRRIGAÇÃO EM BATATEIRA E
TOMATEIRO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Fitopatologia, para obtenção do
título de *Magister Scientiae*.

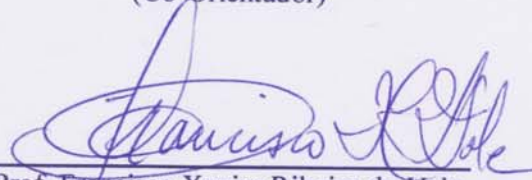
APROVADA: 21 de maio de 2008.



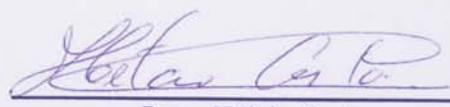
Prof. Luiz Antonio Maffia
(Co-Orientador)



Prof. Demetrius David da Silva
(Co-Orientador)



Prof. Francisco Xavier Ribeiro do Vale



Pesq. Hécio Costa



Prof. Eduardo Seiti Gomide Mizubuti
(Orientador)

*Se alguém feriu a você, perdoe imediatamente, frustrando o mal no
nascido.*
André Luiz

DEDICO

Às minhas avós, Anna Ruza Rocha (*in Memoriam*) e Maria Cabido Duarte!

OFEREÇO

À minha família!

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela saúde e força nas horas em que mais precisei!

À minha família, que sempre me ajudou nos momentos difíceis!

À Renata de Souza Demolinari, por ter suportado os incontáveis dias de solidão me esperando, e compreendeu o meu esforço pelos estudos!

À Universidade Federal de Viçosa, pelas oportunidades!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro!

Ao professor Eduardo Mizubuti, pelos ensinamentos e pela gigantesca paciência em sua orientação desde a iniciação científica!

Ao professor Luiz Antonio Maffia, pela ajuda e ensinamentos!

Ao grande amigo Hécio Costa, que me ajudou nos experimentos de campo e acima de tudo com ensinamentos que levarei por toda a vida!

Aos professores Francisco Xavier e Demetrius David da Silva, pelas dicas, ajuda e valiosos conselhos!

À todos professores do departamento de fitopatologia, que de alguma forma contribuíram para minha formação!

Aos amigos de laboratório e departamento, pela companhia, amizade, ajuda mútua e atenção nos momentos difíceis (Ufa...)!

Aos funcionários do DFP, pela ajuda e companheirismo!

Ao grande amigo Davi Melo, pela divisão das contas da república..., ah! e pela amizade inesgotável..... é claro! Rs!

Ao amigo Ednaldo Miranda, pela amizade e atenção nos momentos em que precisei!

Às amigas: Gisele, Hyana (Ro**RAI**ma), Lila e Jéssica pela incansável paciência comigo!

Ao amigo Alexandre Alonso, pelo incentivo nos momentos difíceis!

Aos amigos e cunhados, Flávio Matos e Eustáquio Amorim, que tantas vezes me incentivaram!

Aos amigos Renato Uliana e Marcos Gusmão pela ajuda nos experimentos de campo!

À todos os outros amigos, familiares, professores passados e pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho!

Muito obrigado, pois, sem vocês não teria conseguido!!

BIOGRAFIA

ANDRÉ ROCHA DUARTE, filho de José Cabido Duarte e Alzira da Rocha Duarte, nasceu em 05 de março de 1980 no município de Teófilo Otoni, Estado de Minas Gerais.

Em 1999, ingressou no curso de Agronomia na Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado (MG), transferindo-se para a Universidade Federal de Viçosa em 2001, onde se graduou em maio de 2006.

Em maio de 2006, iniciou o curso de Mestrado em Fitopatologia na Universidade Federal de Viçosa (MG), defendendo a dissertação em 21 de maio de 2008.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	3
1. Introdução.....	6
2. Material e Métodos.....	7
2.1.Experimentos em condições controladas.....	7
2.1.1 Efeito da intensidade de chuva simulada.....	8
2.1.2 Duração de chuva simulada.....	8
2.1.3Efeito do tempo de secagem na remoção de depósito de fungicidas por chuva simulada.....	9
2.2 Coleta e preparo das amostras e análise foliar.....	9
2.3 Experimento de campo.....	10
2.3.1 Determinação do grupo de compatibilidade de isolado do campo	11
2.3.2 Análise de dados.....	12
3. Resultados.....	12
3.1 Experimentos em condições controladas.....	12
3.1.1 Intensidade de chuva simulada.....	12
3.1.2 Duração de chuva simulada.....	13
3.1.3 Tempo de secagem da calda fungicida.....	14
3.2 Experimento de campo.....	14
4. Discussão.....	16
REFERÊNCIAS.....	20
CONCLUSÕES.....	33

RESUMO

DUARTE, André Rocha, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, maio de 2008. **Remoção de resíduos de fungicidas por meio de chuva simulada e de irrigação em batateira e tomateiro.** Orientador: Eduardo S. G. Mizubuti. Co-Orientadores: Luiz Antonio Maffia e Demetrius David da Silva.

Estudaram-se os resíduos de mancozeb (Mn), mancozeb NT (NT) e hidróxido de cobre (Hc) em batateira e tomateiro em condições controladas, para analisar a influência de diferentes intensidades (0, 30, 40, 60 e 97 mm/h), duração de chuva simulada (5, 10, 20 e 40 min) e tempo de secagem da calda fungicida (1, 2, 4, 6 e 24 h). Em condições de campo, avaliou-se a remoção de resíduos da folhagem de batateira pela irrigação e chuva em dois ensaios. Sob condições controladas, pulverizaram-se plantas com 45 a 60 dias após o plantio com Mn e NT, ambos a 2,4 kg de i.a./ha, e Hc a 1,0 kg de i.a./ha; a seguir, elas foram submetidas aos tratamentos em simulador de chuvas. Com o aumento da intensidade de chuva simulada, houve queda exponencial de Mn e NT; a mesma tendência foi observada para a remoção de resíduos de Hc. Em ambas as hospedeiras, houve redução de resíduos com o aumento do tempo de duração de chuva, inclusive Hc em tomateiro. Não houve diferença significativa entre as perdas de Mn e NT tanto da superfície foliar de batata quanto de tomate. Quanto maior o tempo de secagem, menor a remoção de resíduos de todos os fungicidas. Os ensaios foram realizados em lavoura de batata e com os mesmos fungicidas. No segundo ensaio, a lâmina de água aplicada foi 65 mm maior que no primeiro. Duas amostragens foram realizadas (semanas 1 e 2). O modelo linear descreveu a remoção de todos os fungicidas. Nas semanas 1 e 2 do primeiro ensaio, a taxa de remoção de Mn foi maior que a de NT. A intensidade de requeima foi baixa, porém a testemunha no E1 diferiu dos tratamentos em relação à área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e severidade máxima ($P=0,0001$). Não houve diferença entre os tratamentos quanto à severidade na metade da epidemia (Y_{50}). No segundo ensaio, não houve diferença entre os tratamentos quanto à severidade máxima, tampouco na metade da epidemia, diferindo apenas quanto à AACPD entre a testemunha e os demais tratamentos. Após a aplicação dos fungicidas, chuvas a partir de 30 mm/h podem remover resíduos de fungicidas da superfície foliar. É necessário tempo de secagem mínimo de 6h para assegurar menor remoção desses resíduos da superfície foliar.

ABSTRACT

DUARTE, André Rocha, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, May, 2008. **Removal of fungicides residue by simulated rain and irrigation in potato and tomato.** Adviser: Eduardo Seiti Gomide Mizubuti. Co-advisers: Luiz Antonio Maffia and Demetrius David da Silva.

The aim of this study was to evaluate the removal of mancozeb (Mn), mancozeb NT (NT), and copper hydroxide (Hc) residues from potato and tomato leaflets by rain and/or irrigation. Under controlled conditions different intensities of simulated rain (0, 30, 40, 60, and 97 mm / h), duration (5, 10, 20, and 40 min) and time of drying of the sprayed fungicide suspension (1, 2, 4, 6, and 24 h) were assessed. Greenhouse-grown plants were sprayed with Mn and NT at a rate of 2.4 kg of a.i. / ha and 1.0 kg of Hc a.i. / ha; and let to dry before being taken to the rain simulator. Increasing intensities of simulated rain caused exponential drop of Mn and NT; the same trend was observed for removal of Hc. In both hosts, there was a reduction of residues of all fungicides by increasing the rain duration. No significant difference between the removal of NT and Mn in both potato and tomato leaflets was observed. Increasing dryness time reduced the removal of fungicides residue. After fungicide application, 30 mm / h of rainfall can remove residue from the leaf surface. The deposited fungicide suspension must dry for at least 6h on the leaf surface to avoid the complete removal of fungicide residues by rain or irrigation. Under field conditions, removal of fungicide residues from potato foliage by irrigation and rain was assessed in two trials. The difference between the trials was the amount of water applied in the trial 2: 65mm higher than in the trial 1. The same fungicides and dosages used under controlled conditions were used in the field trials. Two samples were taken at weeks 1 and 2. The linear model described all fungicides removal. In both weeks of the first trial, the removal rate of Mn was higher than that of NT. The late blight severity was low, but in trial 1 all fungicide treatments resulted in less amount of disease than the control when considering the area under the disease progress curve (AUDPC) and maximum severity ($P = 0.0001$). There was no difference among treatments regarding disease severity in the middle of the epidemics duration (Y50). In the second trial, there was no difference between treatments when comparisons were made in the middle of epidemics, or based in the maximum severity. However, based on the AUDPC, treatments differ from control.

INTRODUÇÃO GERAL

A batateira e o tomateiro são as principais olerícolas produzidas no Brasil. Em 2006, foram produzidos aproximadamente 3,1 e 3,2 milhões de toneladas de batata e tomate, respectivamente (Agrianual, 2007). Para 2008, a previsão é de 3,5 milhões de toneladas de cada um desses produtos (IBGE, 2008). A requeima ou mela da batateira (*Solanum tuberosum* L.) e do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, é uma das doenças mais destrutivas dessas hortaliças. O patógeno infecta preferencialmente batateira e tomateiro (Erwin & Ribeiro, 1996) e sob condições favoráveis de temperatura e umidade, as epidemias podem causar perdas totais de produção (Mizubuti, 2001). Temperaturas entre 16 e 21°C (Rotem & Cohen, 1974), alta nebulosidade e água livre na superfície foliar favorecem o rápido desenvolvimento de epidemias de requeima (Zwankhuizen *et al.*, 1998). Dada a capacidade destrutiva da doença, o controle depende do uso intensivo de fungicidas (Grunwald *et al.*, 2006; Mizubuti & Fry, 2006; Reis *et al.*, 2005). Em 2000, estima-se que foram empregadas 2.797 e 1.125 t de ingrediente ativo em lavouras de batateira e tomateiro, respectivamente (Campanhola & Bettiol, 2003).

Além das questões ambientais, as socioeconômicas, principalmente as relacionadas à saúde pública, estão em evidência. Um estudo de avaliação da presença de ingredientes ativos que causam efeitos adversos na saúde humana, realizado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no período de 2002 a 2007, constatou uma quantidade excessiva de resíduo de ingredientes ativos nas culturas de batata e tomate (Anvisa., 10/05/2008). É premente buscar maneiras de reduzir a quantidade de fungicidas empregados nessas culturas.

Em curto prazo, a otimização do uso de fungicidas é a alternativa com maior chance de conciliar a proteção das lavouras com a diminuição da quantidade aplicada. Para isso, duas estratégias podem ser estabelecidas: implementar sistemas de suporte à tomada de decisão (sistemas de previsão), para determinar o momento adequado de aplicação; e aumentar a eficiência de fungicidas protetores ou de contato. A primeira estratégia já foi avaliada/estudada. Por meio de experimentação em campo, determinaram-se os sistemas de suporte à tomada de decisão mais adequados para o manejo da requeima nas condições de

Minas Gerais (Batista, 2006; Costa *et al.*, 2002 e 2005). Quanto ao aumento da eficiência de fungicidas protetores, um dos principais fatores que afetam esse processo é a remoção dos depósitos pela água de chuva ou irrigação. É necessário, portanto, quantificar como esses processos de remoção de depósitos transcorrem nas condições de campo.

A dinâmica de depósitos de fungicidas protetores é um dos fatores que determinam a maior ou menor eficiência do controle da doença. A formação de filme com depósitos uniformemente distribuídos na superfície da folha previne o estabelecimento de infecção, porém, por não penetrarem na planta, os fungicidas protetores estão sujeitos à remoção por chuva ou água de irrigação (Hunsche *et al.*, 2007). No caso de batateira e tomateiro, a dinâmica de remoção do fungicida clorotalonil por água foi investigada em condições controladas (Bruhn & Fry, 1982a; Fife & Nokes, 2002). Entretanto, as intensidades de chuva avaliadas nesses estudos não correspondem às registradas nas condições brasileiras. Até o momento não se conhecem estudos dessa natureza para fungicidas protetores empregados no controle da requeima, como o mancozeb e hidróxido de cobre, conduzidos nas condições brasileiras, onde o regime de chuva, principalmente a duração, intensidade e frequência, difere do observado em outros países. Dada a importância da quantificação da dinâmica de depósitos de fungicidas em função de chuva ou irrigação, os objetivos do presente trabalho foram: quantificar, em condições controladas, os efeitos de diferentes intensidades e duração de chuvas simuladas na remoção de fungicidas empregados no controle da requeima; avaliar a influência do tempo de secagem da calda fungicida sobre a remoção de resíduos por chuva simulada; e estudar, em condições de campo, o efeito da remoção de depósitos de fungicidas no progresso da requeima da batateira.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. 2007. *Anuário da agricultura brasileira*. São Paulo: Agra FNP.
- ANVISA. www.anvisa.gov.br. Programa de análise de resíduo de agrotóxicos em alimentos. Acesso em: 10/05/2008.
- BATISTA, D. C. 2006. Dinâmica de inóculo de *Alternaria solani*, efeito da densidade de plantio na intensidade da pinta preta e requeima e previsão dessas doenças em tomateiro e batateira. Doutorado, Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BRUHN, J. A., & W. E. FRY. 1982. A mathematical model of the spatial and temporal dynamics of chlorothalonil residues on potato foliage. *Phytopathology* 72:1306 - 1312.
- CAMPANHOLA, C., & W. BETTIOL. 2003. *Métodos alternativos de controle fitossanitário*. Jaguariúna.
- COSTA, R. V., L. ZAMBOLIM, F. X. R. VALE, & E. S. G. MIZUBUTI. 2002. Previsão da requeima da batateira. *Fitopatologia Brasileira* 27:349 - 354.
- COSTA, R. V., L. ZAMBOLIM, F. X. R. VALE, & E. S. G.; MIZUBUTI. 2005. Prediction system for tomato late blight. *Summa Phytopathologica* 31:14 - 20.
- ERWIN, D. C., & O. K. RIBEIRO. 1996. *Phytophthora diseases worldwide*. Saint Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society Press.
- FIFE, J. P., & S. E. NOKES. 2002. Evaluation of the effect of rainfall intensity and duration on the persistence of chlorothalonil on processing tomato foliage. *Crop Protection* 21:733 - 740.
- GRUNWALD, N. J., A. K. STURBAUM, G. R. MONTES, E. G. SERRANO, LOZOYA-SALDAÑA, & W. E. FRY. 2006. Selection for fungicide resistance within a growing season in field populations of *Phytophthora infestans* at center of origin. *Phytopathology* 96:1397 - 1403.
- HUNSCHE, M., L. DAMEROW, M. SCHMITZ-EIBERGER, & G. NOGA. 2007. Mancozeb wash-off from apple seedlings by simulated rainfall as affected by drying time of fungicide deposit and rain characteristics. *Crop Protection* 26:768 - 774.
- I.B.G.E. "Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística." Acesso: 01/05/2008.

- MIZUBUTI, E. S. G.. 2001. Requeima ou mela da batata e do tomate. In *Doenças causadas por Phytophthora no Brasil.*, Edited by E. D. M. N. LUZ, A. F. D. SANTOS, K. MATSUOKA & J. L. BEZERRA. Campinas: Livraria Editora Rural.
- MIZUBUTI, E.S.G. & FRY, W.E. Potato late blight. pp.445 - 471 In: COOKE, B.M., JONES, D.G. & KAYE, B. (Eds.) *The epidemiology of plant diseases*. Dordrecht: Springer. 2006
- ROTEM, J., & Y. COHEN. 1974. Epidemiological patterns of *Phytophthora infestans* under semi-arid conditions. *Phytopathology* 64:711 - 714.
- ZWANKHUIZEN, M. J., F. GOVERS, & J. C. ZADOKS. 1998. Development of potato late blight epidemics: Disease foci, disease gradients, and infection sources. *Phytopathology* 88:754 - 763.

Remoção de resíduos de fungicidas por meio de chuva simulada e de irrigação em batateira e tomateiro

André R. Duarte¹, Luiz A. Maffia¹, Demetrius David da Silva² e Eduardo S. G. Mizubuti¹

¹Departamento de Fitopatologia; ²Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

Autor para correspondência: Eduardo S. G. Mizubuti; Tel: +55 31 3899-1090; Fax: +55 31 3899-2240. E-mail: mizubuti@ufv.br

Introdução

A requeima, causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, é uma das doenças mais destrutivas nos cultivos de batateira (*Solanum tuberosum* L.) e tomateiro (*S. lycopersicum* L.) no Brasil (Suassuna *et al.*, 2004). Além de as epidemias de requeima se desenvolverem muito rapidamente, não há variedades, de ambas as espécies hospedeiras, resistentes à doença (Mizubuti, 2001). Por essas razões, fungicidas são aplicados intensivamente nas lavouras para evitar as perdas causadas pela requeima. Sob condições ambientais favoráveis (temperaturas amenas e alta umidade), produtores de tomate e batata podem fazer mais de uma aplicação de fungicida por semana. São empregados fungicidas sistêmicos e de contato (Grunwald *et al.*, 2006). Porém, o uso inadequado dos fungicidas sistêmicos pode favorecer a ocorrência de populações de *P. infestans* resistentes aos princípios ativos, conforme já relatado no Brasil (Reis *et al.*, 2005). O uso de fungicidas protetores é interessante, em razão de proteger os tecidos e prevenir o estabelecimento de novas lesões; ser importante no manejo de populações de *P. infestans* resistentes aos produtos sistêmicos; e ser de menor custo (Reis *et al.*, 2005).

Idealmente, a pulverização de fungicidas protetores na parte aérea da planta deve promover boa deposição, distribuição, aderência, cobertura e tenacidade. Contudo, vários fatores afetam a cobertura e a dinâmica de depósitos desses produtos na planta (Hamm *et al.*, 2006). Após aplicados nas plantas, os fungicidas, como qualquer outro composto, estão sujeitos à degradação. Fatores físico-químicos são os principais responsáveis pela degradação de depósitos de fungicidas protetores na superfície vegetal; destacam-se nesse caso o calor (Neely, 1970), vento (Fife & Nokes, 2002), fotólise, hidrólise, vaporização (Andrieu *et al.*, 2000; Morrica *et al.*, 2004; Vicent *et al.*, 2007; Xue *et al.*, 2004) e também a radiação ultravioleta (UV-B) (Bringe *et al.*, 2007). Em períodos chuvosos, se ocorrer precipitação após a aplicação de fungicida, há incerteza quanto à remoção de resíduos de produtos de contato, e os produtores geralmente realizam outra aplicação, pois não querem arriscar o capital investido (Pick *et al.*, 1984).

No caso específico da requeima, a chuva e a irrigação por aspersão foram os principais fatores que afetaram a atividade residual de fungicidas protetores aplicados à folhagem (Schepers, 1996). A intensidade e a duração da chuva são fatores decisivos no momento de avaliar os efeitos sobre os depósitos de fungicidas. Como a intensidade de

chuva varia ao longo de sua duração (Alves Sobrinho, 1997), em estudos de remoção de depósitos de fungicidas por água é necessário considerar ambas as variáveis (Hunsche *et al.*, 2007; Pick *et al.*, 1984).

No Brasil, ainda não se conhecem estudos correlacionando a influência do tempo e de fatores ambientais na remoção de fungicidas aplicados para controle da requeima em batata. Fungicidas protetores foram estudados em diversas partes do mundo quanto à remoção ou persistência na superfície foliar, a fim de verificar a necessidade de reaplicação do princípio ativo e o risco de contaminação ambiental (Bruhn & Fry, 1982a; Dorn *et al.*, 2007; Wightwick *et al.*, 2008).

Considerando os aspectos pertinentes às perdas de fungicidas para prevenção da requeima, delineou-se este trabalho. Especificamente, objetivou-se quantificar, em condições controladas, os efeitos de diferentes intensidades e duração de chuvas simuladas na remoção dos fungicidas; avaliar a influência do tempo de secagem da calda fungicida nas plantas na remoção de resíduos por chuva simulada; e estudar, em condições de campo, o efeito da remoção de depósitos de fungicidas no progresso da requeima da batateira.

2. Material e métodos

2.1 Experimentos em condições controladas

Plantas de batata ‘Agata’ e de tomate ‘Santa Clara’ com 45 a 60 dias de idade foram cultivadas em casa de vegetação, em vasos de 1,5 a 2,0 L, contendo mistura de solo, esterco e areia, na proporção de 3:1:1 v/v. As plantas foram tutoradas com hastes de bambu de 1 m de comprimento. Empregaram-se práticas adequadas de manejo de fertilização e controle de pragas e patógenos, exceto a aplicação de fungicidas para controle da requeima.

Avaliou-se a remoção de depósitos de três fungicidas protetores utilizados nas culturas de batateira e tomateiro: mancozeb (80% de i.a.), mancozeb NT (80% de i.a.) (uma nova formulação com adjuvante, para aumentar a tenacidade e resistir à remoção por chuva) e hidróxido de cobre (53,8% de i.a.), pela exposição de plantas à chuva simulada. Antes de serem tratadas com fungicidas, as plantas foram transferidas da casa de vegetação

para um abrigo, com as laterais abertas, onde permaneceram por 24 h. Os fungicidas foram aplicados por pulverizador manual, de volume máximo de 5 L, com bico com ponta de jato cônico vazio e com pressão entre 510 e 1.360 kPa, nas dosagens recomendadas pelo fabricante, para cada cultura (Tabela 1). O volume de calda necessário para pulverizar 1 ha foi estimado em 1.000 L, e a dose correspondente de cada fungicida foi ajustada para esse volume. Durante a aplicação, o bico foi mantido entre 45 e 50 cm acima do dossel das plantas (Hunsche *et al.*, 2006 e 2007; Santos *et al.*, 2002). Após a aplicação, as plantas foram submetidas a diferentes condições de chuva simulada.

Os testes com simulador de chuvas ocorreram no Centro de Referência em Recursos Hídricos da UFV. Usou-se um simulador estacionário, que aplica chuvas simuladas com valores de energia cinética próximos aos encontrados em chuvas naturais (Alves Sobrinho *et al.*, 2002). Devido à alta correlação encontrada, superior a 82%, entre as energias cinéticas das chuvas simuladas produzidas pelo equipamento e a natural, o aparato foi utilizado no presente estudo. Em todos os experimentos, as plantas de batata ou de tomate foram dispostas sob o simulador, de modo a minimizar os respingos e a interceptação por uma planta de resíduos removidos de plantas vizinhas.

2.1.1 Efeito da intensidade de chuva simulada na remoção de fungicidas

Comparou-se o efeito de quatro níveis de intensidade de chuva (30, 40, 60 e 97 mm/h), que foram definidos com base na lâmina média aplicada na cultura da batateira e levando-se em conta os valores de intensidades mais usuais para as condições climáticas brasileiras. Para cada fungicida, duas plantas de batata e duas de tomate tratadas foram submetidas a cada intensidade de chuva. O tempo de exposição à chuva simulada (CS) foi de 10 min, para cada unidade experimental. O conjunto de duas plantas formou a unidade experimental, e cada tratamento foi repetido em três conjuntos (três repetições).

O tempo de secagem dos depósitos de fungicidas nas plantas antes de submetidas à CS foi de 24 h (Andrieu *et al.*, 2000; Troiano & Butterfield, 1984) em temperatura ambiente. Após a aplicação de CS, as plantas foram mantidas à sombra para secagem das folhas, antes de se retirarem as amostras. Empregaram-se dois tratamentos testemunha: T1-

plantas tratadas com fungicida e não expostas à CS (positivo) e T2-plantas não tratadas com fungicidas e expostas à CS (negativo).

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com 5 tratamentos x 4 intensidades de chuva.

2.1.2 Efeito da duração de chuva simulada na remoção de fungicidas

Fixou-se a intensidade de chuva simulada em 30 mm/h e foram avaliados quatro períodos de duração: 5, 10, 20 e 40 min. A intensidade da chuva para este experimento foi de 30 mm/h. A intensidade foi determinada de modo a permitir, com base nos tempos de duração, a aplicação de lâminas de água similares às registradas nos campos de produção. Os controles positivo e negativo foram feitos conforme descrito em 2.1.1, respeitando-se o mesmo período de secagem do depósito de fungicida. Duas plantas de batata e duas de tomate, tratadas com cada um dos fungicidas, foram submetidas a cada tempo de duração de chuva, respeitando-se o mesmo número de repetições do experimento anterior (2.1.1).

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com 5 tratamentos x 4 períodos de duração de chuva.

2.1.3 Efeito do tempo de secagem na remoção do depósito de fungicidas por chuva simulada

Os fungicidas foram aplicados como descrito no item 2.1, e os tempos antes da exposição das plantas à CS foram de 1, 2, 4, 6 e 24 h (Hunsche *et al.*, 2007; Santos *et al.*, 2002). A intensidade da chuva foi padronizada em 40 mm/h.

2.2 Coleta e preparo das amostras e análise foliar

As amostras foram retiradas do terço superior das plantas e consistiram de um conjunto de 12 discos de 1,5 cm de diâmetro cada, que foram extraídos dos folíolos intermediários e do ápice da folha. Os discos foliares foram acondicionados em sacos de papel opaco de 12 x 8 cm (comprimento x largura), devidamente identificados.

As amostras foram levadas ao Laboratório de Solos Florestais do Departamento de Solos da UFV, onde se procedeu à secagem em estufa, a 68-72° C. Após 72 h, as amostras foram pesadas, moídas e acondicionadas em frascos de vidro. Todos os recipientes utilizados nas análises foram descontaminados com lavagem em água e sabão, mergulhando-se, em seguida, os recipientes em bandeja com solução de HCL 2% por 15 min.

Realizou-se digestão nítrico-perclórica das amostras, a partir da adição de 5 ml da mistura de ácido nítrico e ácido perclórico, na proporção de 3:2. Para cada amostra, completou-se o volume para 10 ml com água desmineralizada. O resíduo dos fungicidas à base de mancozeb foi determinado pela concentração de átomos de manganês (Hunsche *et al.*, 2007), e os do fungicida à base de cobre, pela concentração dos átomos deste elemento. Foram realizadas análises por espectrometria de absorção atômica (Spectr AA Mod 220 FS[®]), e as curvas-padrão de calibração para cobre e manganês foram ajustadas para 5 e 10 mg de cada elemento/L, respectivamente.

2.3 Experimento de campo

Foi instalado um experimento de campo com a cultura da batata em lavoura comercial no município de Domingos Martins, ES (20°21'48''S e 40°39'33''W), durante o período compreendido entre 22 de setembro e 29 de outubro de 2007. A remoção de depósitos dos fungicidas mancozeb, mancozeb NT e hidróxido de cobre, aplicados em folhas de batateira, foi analisada ao longo do tempo. Concomitantemente, quantificou-se a severidade da epidemia de requeima nas diferentes parcelas, a cada três dias, com o auxílio de escala diagramática modificada de James (1971).

A área experimental foi dividida em duas subáreas nas quais a lâmina de água aplicada por irrigação por aspersão foi diferente. Entre as subáreas havia um canhão (KS 1500) e em cada subárea havia um aspersor rotativo com bocal tipo braço oscilante. Na subárea 1, a irrigação era realizada durante duas horas, enquanto na subárea 2, o sistema operava durante três horas. O turno de rega em ambas as áreas foi de dois dias.

Além dos fungicidas listados na Tabela 1, dois outros tratamentos foram avaliados: fungicida sistêmico: famoxadone (0,1 g i.a./ha) e testemunha – no qual se aplicou apenas

água. Os fungicidas foram aplicados conforme o calendário utilizado pelo produtor. No total, foram cinco aplicações de fungicidas, realizadas aos 46, 55, 62, 69 e 76 dias após o plantio (DAP). Utilizou-se um pulverizador costal de 20 L para aplicação de cada fungicida, o qual era lavado entre uma aplicação e outra. Dois esquemas de coleta de amostras durante o período de aplicações de fungicida foram adotados: 1- em período de ocorrência de irrigação ou chuva e 2- em período sem irrigação ou chuva, o que ocorreu na primeira e na última semana do experimento, respectivamente. Em ambos os esquemas de amostragem, após a aplicação de cada fungicida, amostras do terço superior de três plantas de cada parcela foram coletadas para determinação da concentração de resíduos de fungicidas. Foram coletados nove discos de folhas, de 1,5 cm de diâmetro cada, os quais foram acondicionados em pacote de papel opaco e devidamente identificados quanto ao tratamento correspondente.

Em cada subárea, o experimento foi instalado em delineamento em blocos ao acaso com seis repetições. Cada parcela apresentava 2,1 x 1,6 m (largura x comprimento), com três linhas de plantas. Entre os blocos havia uma linha de plantio como bordadura. Entre um experimento e outro, as subáreas estavam localizadas a aproximadamente 10 m de distância, porém havia continuidade de linhas de plantio de batata. As plantas entre subáreas não receberam tratamento contra fitopatógenos ou pragas.

Na área experimental, as variáveis meteorológicas temperaturas máxima, média e mínima e umidade relativa (UR) foram mensuradas e armazenadas em coletor automático de dados (BoxCar[®] Pro4), e o número de horas em que a umidade permaneceu acima de 90% (NHRH_90) foi calculado a partir do registro de UR. A precipitação pluvial e a precipitação produzida pelo sistema de irrigação foram quantificadas por seis pluviômetros distribuídos no interior da área experimental (Figura 1). A medição das variáveis meteorológicas foi feita diariamente. O sensor foi programado para registrar valores a cada 15 min, estando localizado próximo à lavoura e protegido contra a incidência direta de raios solares e da água proveniente de irrigação ou de chuvas.

2.3.1 Determinação do grupo de compatibilidade do isolado coletado no campo

Dada a diferença de agressividade entre populações brasileiras de *P. infestans* (Suassuna *et al.*, 2004), um isolado do patógeno foi coletado na propriedade onde o

experimento foi instalado, para caracterização do grupo de compatibilidade (GC: A1 ou A2), com base em cruzamentos com isolados testadores, previamente definidos. Para isso, o isolado de GC desconhecido foi pareado com os testadores em meio V8 clarificado (V8c) (Shattock *et al.*, 1990). Tiras de meio de cultura (3,0 x 0,5 cm) contendo micélio de cada isolado foram colocadas paralelamente na superfície do meio, sendo cada cruzamento efetuado em uma placa distinta. As tiras de micélio eram colocadas a uma distância de 3 a 4 cm uma da outra, na superfície do meio. As placas foram mantidas a 18° C no escuro por cinco semanas, antes de sua visualização em microscópio de luz, para verificação de produção ou não de oósporos.

Após este período, verificou-se que o isolado coletado no campo era pertencente ao grupo de compatibilidade A1, pois, houve formação de oósporos com isolado do GC A2.

2.3.2 Análise de dados

Além da taxa de progresso (r), estimaram-se os seguintes descritores de epidemias: severidade na metade da duração da epidemia (Y_{50}), severidade máxima final ($Y_{\text{máx}}$) e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os descritores de epidemias em parcelas tratadas com os fungicidas foram comparados por meio de análise de variância e teste de médias (Y_{50} , $Y_{\text{máx}}$ e AACPD), com o uso do SAS ver. 9. A comparação da diferença entre os parâmetros de inclinação das retas obtidas para remoção dos fungicidas foi obtida a partir de intervalo de confiança a 95% (IC_{95}).

3 Resultados

3.1 Experimentos em condições controladas

3.1.1 Efeito da intensidade de chuva simulada na remoção de fungicidas

Com o aumento da intensidade de chuva simulada, houve remoção de resíduos de cobre de folíolos de tomateiro (Figura 2A), não sendo possível, no entanto, detectar essa correlação entre esses fatores em folíolos de batateira (Figura 2B). Em tomateiro, a remoção de depósitos de hidróxido de cobre decresceu exponencialmente com o aumento

da intensidade de chuva e houve redução substancial com 30 mm/h (Figura 2A). Tanto em tomateiro (Figura 2C) quanto em batateira (Figura 2D), observou-se remoção de resíduos de mancozeb e mancozeb NT com o aumento de intensidade de chuva simulada. Quanto à perda de depósito de mancozeb, independentemente da formulação, este foi lavado da superfície foliar do tomateiro.

Em relação à remoção de mancozeb de folíolos de batateira, observou-se diminuição linear de resíduo do fungicida com o aumento da intensidade de chuva (Figura 2D). Nas plantas que não foram expostas à chuva simulada (0,0 mm/h), a concentração de mancozeb NT foi menor do que a de mancozeb.

Os valores da intensidade de chuva que reduziram o depósito de fungicida em 50% (I_{50}), para as plantas de tomate, foram 51,5, 19,5 e 30,2 mm/h, para cobre, mancozeb e mancozeb NT, respectivamente (Figura 3A). Para as plantas de batata, o valor de I_{50} de mancozeb foi de 44,3 mm/h, ao passo que para mancozeb NT as intensidades avaliadas não promoveram a remoção de 50% do depósito total aplicado (Figura 3B).

Nos experimentos de remoção de mancozeb em plantas de batata e tomate, não houve diferença significativa entre as curvas que descrevem o comportamento desse elemento com o aumento da intensidade de chuva simulada, pelo teste de intervalo de confiança da diferença ($IC_{95\%}$).

3.1.2 Duração de chuva simulada

Em tomateiro, houve redução de resíduos de hidróxido de cobre na superfície dos folíolos com o aumento da duração da chuva simulada (Figura 4A). Resíduos de cobre nos folíolos foram negativa e linearmente relacionados com o tempo da chuva. A taxa de remoção de resíduos de fungicidas pelo tempo de duração das chuvas foi estimada em 8,1 μg de cobre/mg de folhas por minuto de duração da chuva (Figura 4A). Semelhantemente ao experimento de intensidade de chuva simulada, nenhum modelo se ajustou à remoção de hidróxido de cobre da superfície foliar de batateira com o aumento da duração de chuva (Figura 4B).

Quanto às formulações à base de mancozeb, houve redução exponencial dos resíduos nas superfícies de folíolos de tomateiro em função da duração da chuva simulada

(Figura 4C). As concentrações iniciais de Mn nos controles positivos (plantas tratadas, não expostas à CS) e nas plantas tratadas com mancozeb e mancozeb NT foram diferentes (Figura 4C). A lavagem dos depósitos de mancozeb NT foi acentuada, porém não é possível realizar comparações apropriadas com mancozeb, pelo fato de haver diferenças entre os valores de concentração no tempo 0 (Figura 4C).

Nos testes feitos com batateira para análise de remoção de mancozeb, verificou-se redução linear com a duração da chuva, em ambas as formulações (Figura 4D). No entanto, para todas as curvas obtidas, tanto em tomate quanto em batata, não se observou diferença pelo IC_{95%}.

Os valores de duração de chuva que reduziram os depósitos de fungicidas à base de mancozeb a 50% da concentração inicial (D_{50}) nas plantas de tomate foram: 11,4 e 1,10 min (Figura 5A), para mancozeb e mancozeb NT, respectivamente, e nas de batata, 11,24 e 8,1 min (Figura 5B).

3.1.3 Tempo de secagem da calda fungicida

Em plantas de tomate, a remoção de hidróxido de cobre seguiu modelo exponencial ascendente (Figura 6A). Com o aumento do tempo de secagem, verificou-se menor remoção de resíduo; no entanto, entre os tempos de 4 e 24 h, não houve diferença significativa no teor de resíduo de cobre na superfície foliar das plantas de tomate analisadas.

Para batateira, verificou-se que tanto a remoção de hidróxido de cobre quanto a das formulações à base de mancozeb seguiram modelo do tipo monomolecular (Figura 6B e D). Quanto maior o tempo de secagem, maior a quantidade de resíduos de cobre e manganês retidos na superfície foliar; ou seja, menor a remoção pela chuva simulada. Para ambos os fungicidas, a assíntota foi alcançada próxima a 6 h de secagem (Figura 6D). Não houve diferenças quanto à quantidade de resíduos removidos após diferentes tempos de secagem para o mancozeb NT e o mancozeb.

3.2 Experimento de campo

Nos experimentos de campo, observou-se remoção dos fungicidas da superfície foliar de batateira, semelhante à encontrada nos experimentos em condições controladas,

tanto para hidróxido de cobre quanto para os produtos à base de mancozeb. A quantidade de resíduos em folíolos de batateira, de todos os fungicidas, reduziu com o tempo após aplicação dos produtos (Figuras 7 e 8). Houve tendência de redução linear da quantidade de resíduos com o tempo.

Na primeira semana do experimento 1, houve diferença quanto à taxa de remoção do mancozeb e do mancozeb NT, pois as curvas de remoção dos fungicidas na superfície foliar da batateira foram estatisticamente diferentes pelo intervalo de confiança a 95% (IC_{95%}). No último dia do período analisado, valores semelhantes de concentração de Mn foram obtidos nas amostras de plantas tratadas com mancozeb e mancozeb NT (Figura 7A).

Na segunda semana de amostragem do experimento 1, os valores iniciais estimados de concentração de Cu e Mn foram similares. Os modelos lineares descreveram acentuada redução da concentração de resíduo de Mn com o tempo. Nessa semana, houve maior redução de resíduos de mancozeb do que de mancozeb NT ($P < 0,05$) (Figura 7B).

No experimento 2, observou-se tendência similar à do experimento 1, quanto à remoção dos depósitos de fungicidas à base de cobre e mancozeb, nas duas semanas de análise (Figuras 7 e 8). Embora tenha chovido no quinto dia da segunda semana, o que impossibilitou a coleta de amostras, observa-se que a concentração final de Cu e Mn foi semelhante nos dois experimentos. No que se refere à remoção de hidróxido de cobre, houve redução linear do resíduo ao longo do tempo (Figura 8), semelhante ao ocorrido no experimento 1.

Nas duas semanas do experimento 2, a remoção dos fungicidas à base de mancozeb foi semelhante (Figura 7C e D).

Dentre todas as análises, os dados obtidos para remoção entre mancozeb e mancozeb NT, nas duas semanas do E1, diferiram no parâmetro inclinação da reta pelo IC_{95%}.

Não houve diferenças nos valores dos descritores de epidemia entre os tratamentos. Apenas houve diferença significativa entre as testemunhas e os respectivos tratamentos para os valores de AACPD (Tabela 3) e $Y_{\max}$ ($P = 0,0001$). No segundo experimento, não houve diferença entre os tratamentos e os descritores de epidemia Y_{50} ($P = 0,47$), $Y_{\max}$ ($P = 0,64$) e AACPD ($P = 0,18$) (Tabela 3).

4 Discussão

Os fungicidas à base de cobre e de mancozeb foram removidos com a aplicação de água, como já relatado em outros trabalhos (Bringe *et al.*, 2007; Hunsche *et al.*, 2006 & 2007). Os fungicidas à base de cobre são aplicados para controle de patógenos em diversas culturas e, inicialmente, seu uso se deu pela aplicação de caldas que apresentavam boa aderência (Wightwick *et al.*, 2008). No entanto, nos experimentos em condições controladas, o hidróxido de cobre foi prontamente removido da superfície foliar pelos diferentes tratamentos. A associação de hidróxido de cobre a agentes molhantes e aderentes promove menor remoção por água (Azevedo, 2003). Assim, a aplicação de hidróxido de cobre deve ser acompanhada de adjuvante para aumentar a aderência na superfície foliar e resultar em proteção adequada à cultura.

Os fungicidas à base de mancozeb são reconhecidamente removidos por água (Andrieu *et al.*, 2000; Bringe *et al.*, 2007). Embora mais solúvel em água que o hidróxido de cobre, o mancozeb foi tão resistente à remoção quanto o fungicida cúprico. Comparações quantitativas e mais detalhadas não podem ser realizadas, pois não se conhece, até o momento, estudos correlacionando perdas de fungicidas à base de mancozeb e fungicidas cúpricos.

Tanto para o hidróxido de cobre quanto para os fungicidas à base de mancozeb, a intensidade de chuva reduziu os depósitos na superfície foliar de batateira e de tomateiro. Embora não tenha sido feito nenhum teste quanto à diferença de remoção em função da superfície foliar de plantas, sabe-se que as características morfológicas e fisiológicas das plantas podem interferir no processo de remoção (Bringe *et al.*, 2007; Ebeling, 1963; Hunsche *et al.*, 2006; Neely, 1971). Por exemplo, a exposição de plantas à radiação ultravioleta (UV-B) pode alterar as características químicas da cera epicuticular, bem como sua micromorfologia, de modo a permitir maior retenção de mancozeb na folha (Bringe *et al.*, 2007). Como as plantas utilizadas no presente trabalho foram cultivadas em casa de vegetação e, portanto, pouco expostas à alta intensidade de UV-B, acredita-se não ter havido influência considerável de UV-B na dinâmica de remoção de mancozeb das plantas de tomate e batata avaliadas.

Os impactos das gotas provenientes de irrigação ou associados à precipitação pluvial são os mais relevantes para a remoção dos fungicidas avaliados. O efeito mecânico

do impacto das gotas de água advindas tanto da irrigação por aspersão quanto da precipitação pluvial é um fator importante de remoção dos depósitos de fungicidas. No entanto, a solubilidade do composto tanto em água quanto em lipídeos presente nas camadas de cera epicuticular das folhas pode determinar sua maior ou menor remoção (Andrieu *et al.*, 2000); inclusive, a composição desta camada da folha pode influenciar a adaptabilidade à chuva entre as diferentes espécies de plantas (Hunsche *et al.*, 2006).

Além da cera, outras características morfofisiológicas de plantas podem aumentar ou diminuir a persistência de fungicidas na superfície foliar, como a pubescência (Neely, 1971). Contudo, pouco se sabe quanto à influência de pêlos sobre as folhas de batateira e tomateiro para se determinar a melhor dosagem do produto.

A preocupação em se utilizar um simulador de chuvas nos experimentos em condições controladas que atendesse, entre outras, à característica de similaridade com a energia cinética de chuvas naturais, se deve ao fato de que esse fator é importante para a remoção de depósitos de fungicidas. Além da hidrólise do composto, a ação mecânica do impacto da gota de chuva ou irrigação, associada com ventos e outras intempéries, é responsável pela remoção de depósitos de fungicidas (Hunsche *et al.*, 2007; Vicent *et al.*, 2007). O arraste por gotas de água também pode retirar os depósitos de fungicidas da superfície foliar (Fife & Nokes, 2002). Os valores de chuva simulada deste estudo tiveram como referência as intensidades, o período de retorno e a frequência com que se caracterizam as chuvas na região de Viçosa (Pinto, 1995).

Mancozeb é amplamente utilizado para controle de doenças em várias culturas, daí a importância de estudos relacionados ao conhecimento da sua dinâmica no ambiente. Em videiras, esse composto é aplicado no controle do míldio (*Plasmopara viticola*), e a incidência de chuvas simuladas de até 45 mm promoveu reduções de até 38% do total aplicado (Cabras *et al.*, 2001), sugerindo a necessidade de reaplicação do composto. Independentemente do tipo de formulação aplicada, mancozeb ou mancozeb NT tiveram parte de seus depósitos removidos, porém, houve maior remoção de mancozeb (95%) que de mancozeb NT (82%) em chuvas simuladas de intensidade de 97 mm/h. Em se tratando de custo, não há diferença significativa de preços desses produtos que comprometa a compra da formulação NT.

Normalmente, epidemias de requeima se caracterizam pela elevada severidade em condições de temperaturas amenas e alta umidade relativa (Erwin & Ribeiro, 1996; Mizubuti, 2001). No decorrer do experimento de campo, em vista de temperaturas elevadas e da ausência de chuvas, a epidemia não progrediu, e os fungicidas aplicados controlaram a requeima efetivamente. Com exceção do tratamento testemunha, todos os outros impediram uma alta taxa de progresso da doença, embora a fonte de inóculo ocorresse nas plantas presentes entre as duas subáreas onde foram instalados os experimentos, que não receberam nenhum tipo de tratamento e onde se detectaram lesões esporulantes, semelhantes às aquelas presentes nas parcelas testemunhas. Embora tenha havido remoção de parte dos depósitos de fungicidas aplicados, os resíduos remanescentes dos fungicidas promoveram boa proteção à cultura, logicamente levando-se em conta a não favorabilidade das condições climáticas para o desenvolvimento da epidemia.

A remoção de depósitos de fungicidas protetores da superfície foliar não é relevante apenas para a perda da eficiência do controle de doenças, estando também relacionada à contaminação ambiental. A contaminação do meio ambiente por fungicidas é grave em várias partes do mundo (Wightwick *et al.*, 2008), e fungicidas amplamente usados, como aqueles à base de cobre, se tornaram um problema de difícil solução. O cobre é um metal que promove, por exemplo, a complexação de fungicidas ditiocarbamatos, e estes passam a ser mais persistentes no ambiente, uma vez que a hidrólise desse composto é inibida (Weissmahr & Sedlak, 2000). Com isso, a permanência de cobre na solução do solo em níveis acima dos considerados normais (≈ 20 mg/kg de solo) pode influenciar a decomposição de fungicidas ditiocarbamatos, aumentando assim sua meia-vida nesse ambiente, levando a uma possível contaminação de águas subterrâneas. Embora a presença do cobre na solução do solo tenha influência sobre os microrganismos desse ambiente, parece ser a atividade microbiana a maior responsável pela degradação de cobre no solo (Wightwick *et al.*, 2008); assim, um favorecimento da vida microbiológica dos solos muito cultivados e que recebem anualmente elevadas quantidades de compostos químicos parece ser uma alternativa viável de descontaminação.

Chuvas com intensidade a partir de 30 mm/h reduzem significativamente os depósitos de ambos os princípios ativos estudados (hidróxido de cobre e mancozeb). No entanto, apesar de eles terem se comportado de forma semelhante, mancozeb NT

apresentou redução menos acentuada e demonstrou que mesmo após chuva mais intensa (97 mm/h) teve menor porcentagem de perda em relação à formulação sem adjuvante. Embora não tenha sido feito um bioensaio com amostras de folhas tratadas com os fungicidas e expostas à chuva simulada, percebeu-se que resíduos permaneceram na superfície dos folíolos após aplicação de pequena lâmina de água (2,5 mm de água com intensidade de 30 mm/h), possivelmente em concentração suficiente para proteção contra o patógeno. Contudo, é necessário proceder a estudos para determinação da quantidade mínima efetiva. Caso uma chuva, maior ou igual a 40 mm/h, ocorra em um período menor que uma hora após a aplicação dos fungicidas, os depósitos serão lavados da superfície foliar. É notável, porém, que, mesmo na ausência de chuvas, houve redução de depósitos dos fungicidas na superfície foliar, o que comprova a influência de outros fatores externos na sua remoção; entretanto, acredita-se que a água tenha sido o fator abiótico mais importante nesse processo.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Agra FNP. 515p. 2007.
- ALVES SOBRINHO, T., FERREIRA, P.A. & PRUSKY, F.F. Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 6:337 - 344. 2002.
- ANDRIEU, N., GENET, J.L., JAWORSKA, G. & BOMPEIX, G. Behaviour of famoxadone deposits on grape leaves. Pest Management Science 56:1036 - 1042. 2000.
- ANVISA. Programa de análise de resíduo de agrotóxicos em alimentos. www.anvisa.gov.br: Acesso: 10/05/2008.
- AZEVEDO, L.A.S. Fungicidas protetores: Fundamentos para o uso racional. São Paulo: LASA. 319p. 2003.
- BATISTA, D.C. Dinâmica de inóculo de *Alternaria solani*, efeito da densidade de plantio na intensidade da pinta preta e requeima e previsão dessas doenças em tomateiro e batateira. Doutorado, Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006.
- BRINGE, K., HUNSCHE, M., SCHMITZ-EIBERGER, M. & NOGA, G. Retention and rainfastness of mancozeb as affected by physicochemical characteristics of adaxial apple leaf surface after enhanced UV-B radiation. Journal of Environmental Science and Health Part B 42:133 - 141. 2007.
- BRUHN, J.A. & FRY, W.E. A mathematical model of the spatial and temporal dynamics of chlorothalonil residues on potato foliage. Phytopathology 72:1306 - 1312. 1982a.
- CABRAS, P., ANGIONI, A., GARAU, V.L., MELIS, M., PIRISI, F.M., CABITIZA, F. & PALA, M. The effect of simulated rain on folpet and mancozeb residues on grapes and on vine leaves. Journal of Environmental Science and Health 5:609 - 618. 2001.
- CAMPANHOLA, C. & BETTIOL, W. Métodos alternativos de controle fitossanitário. Jaguariúna: 279p. 2003.
- COSTA, R.V., ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R. & MIZUBUTI, E.S.G. Previsão da requeima da batateira. Fitopatologia Brasileira 27:349 - 354. 2002.
- COSTA, R.V., ZAMBOLIM, L., VALE, F.X.R. & MIZUBUTI, E.S.G. Prediction system for tomato late blight. Summa Phytopathologica 31:14 - 20. 2005.
- DORN, B., MUSA, T., KREBS, H., MEN FRIEND, P. & FORRER, H.R. Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth

- chamber and laboratory conditions. *European Journal of Plant Pathology* 119:217 - 240. 2007.
- EBELING, W. Analysis of the basic processes involved in the deposition, degradation, persistence, and effectiveness of pesticides. pp.35 - 163 In: *Residues of Pesticides and Other Foreign Chemicals in Foods and Feeds* Berlin: 1963.
- ERWIN, D.C. & RIBEIRO, O.K. *Phytophthora diseases worldwide*. Saint Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society Press. 562p. 1996.
- FIFE, J.P. & NOKES, S.E. Evaluation of the effect of rainfall intensity and duration on the persistence of chlorothalonil on processing tomato foliage. *Crop Protection* 21:733 - 740. 2002.
- GRUNWALD, N.J., STURBAUM, A.K., MONTES, G.R., SERRANO, E.G., LOZOYA-SALDAÑA & FRY, W.E. Selection for fungicide resistance within a growing season in field populations of *Phytophthora infestans* at center of origin. *Phytopathology* 96:1397 - 1403. 2006.
- HAMM, P.B., CUMMINGS, T.F. & JOHNSON, D.A. Comparison of deposition patterns in two programs for applying protectant fungicides to potato stems and leaves for control of late blight (*Phytophthora infestans*). *American Journal of Potato Research* 83:473 - 484. 2006.
- HUNSCHE, M., BRINGE, K., SCHMITZ-EIBERGER, M. & NOGA, G. Leaf surface characteristics of apple seedlings, bean seedlings and kohlrabi plants and their impact on the retention and rainfastness of mancozeb. *Pest Management Science* 62:839 - 847. 2006.
- HUNSCHE, M., DAMEROW, L., SCHMITZ-EIBERGER, M. & NOGA, G. Mancozeb wash-off from apple seedlings by simulated rainfall as affected by drying time of fungicide deposit and rain characteristics. *Crop Protection* 26:768 - 774. 2007.
- JAMES, W.C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases their preparation and usage. *Canadian Plant Disease Survey* 51:39 - 65. 1971.
- MIZUBUTI, E.S.G. Requeima ou mela da batata e do tomate. In: LUZ, E.D.M.N., SANTOS, A.F.D., MATSUOKA, K. & BEZERRA, J.L. (Eds.) *Doenças causadas por Phytophthora no Brasil*. Campinas: Livraria Editora Rural. 2001.
- MIZUBUTI, E.S.G. & FRY, W.E. Potato late blight. pp.445 - 471 In: KAYE, B. (Ed.) *The epidemiology of plant diseases*. 2006.
- MORRICA, P., TRABUE, S., ANDERSON, J.J., LAWLER, S., SECCIA, S., FIDENTE, P., SWAIN, R.S. & MATTSON, S.L. Kinetics and mechanism of cymoxanil degradation in buffer solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:99 - 104. 2004.
- NEELY, D. Persistence of foliar protective fungicides. *Phytopathology* 60:1583 - 1586. 1970.

- NEELY, D. Deposition and tenacity of foliage protectant fungicides. *Plant Disease Reporter* 55:898 - 902. 1971.
- PICK, F.E., VAN DYK, L.P. & BEER, P.R. The effect of simulated rain on deposits of some cotton pesticides. *Pesticide of Science* 15:616 - 623. 1984.
- PINTO, F.A. Chuvas intensas no estado de Minas Gerais: Análises e modelos. Doutorado, Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1995.
- REIS, A., RIBEIRO, F.H.S., MAFFIA, L.A. & MIZUBUTI, E.S.G. Sensitivity of Brazilian isolates of *Phytophthora infestans* to commonly used fungicides in tomato and potato crops. *Plant Disease* 89:1279 - 1284. 2005.
- ROTEM, J. & COHEN, Y. Epidemiological patterns of *Phytophthora infestans* under semi-arid conditions. *Phytopathology* 64:711 - 714. 1974.
- SANTOS, J.M.F., OLIVEIRA, S.H.F., DOMINGUES, R.J. & GUZZO, S.D. Avaliação da eficácia de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix* L.) do cafeeiro, sob chuva simulada. *Arquivos do Instituto Biológico* 69:45 - 49. 2002.
- SCHEPERS, H.T.A.M. Effect of rain on efficacy of fungicide deposits on potato against *Phytophthora infestans*. *Potato Research* 39:541 - 550. 1996.
- SHATTOCK, R.C., SHAWS, D.S., FYFE, A.M., DUNN, J.R., LONEY, K.H. & SHATTOCK, J.A. Phenotypes of *Phytophthora infestans* collected in England and Wales from 1985 to 1988: mating type, response to metalaxyl and isoenzyme analysis. *Plant Pathology* 39:242 - 248. 1990.
- SUASSUNA, N.D., MAFFIA, L.A. & MIZUBUTI, E.S.G. Aggressiveness and host specificity of Brazilian isolates of *Phytophthora infestans*. *Plant Pathology* 53:405 - 413. 2004.
- TROIANO, J. & BUTTERFIELD, E.J. Effects of simulated acidic rain on retention of pesticides on leaf surfaces. *Phytopathology* 74:1377 - 1380. 1984.
- VAN BRUGGEN, A.H.C., OSMELOSKI, J.C. & JACOBSON, J.S. Effects of simulated acidic rain on wash-off of fungicides and control of late blight on potato leaves. *Phytopathology* 76:800 - 804. 1986.
- VICENT, A., ARMENGOL, J. & GARCIA-JIMÉNEZ, J. Rain fastness and persistence of fungicides for control of *Alternaria* brown spot of citrus. *Plant Disease* 91:393 - 399. 2007.
- WEISSMAHR, K.W. & SEDLAK, D.L. Effect of metal complexation on the degradation of dithiocarbamate fungicides. *Environmental Toxicology and Chemistry (Abstract)* 19:820 - 826. 2000.

- WIGHTWICK, A.M., MOLLAH, M.R., PARTINGTON, D.L. & ALLINSON, G. Copper fungicide residues in Australian vineyard soils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56:2457 - 2464. 2008.
- XUE, L.D., MAO, H.R., YUE, Y.D., ZHAO, C., TANG, F. & WANG, H.Z. Study on factors influencing the hydrolysis of chlorothalonil. *Journal of Anhui Agricultural University (Abstract)* 31:131 - 134. 2004.
- ZWANKHUIZEN, M.J., GOVERS, F. & ZADOKS, J.C. Development of potato late blight epidemics: Disease foci, disease gradients, and infection sources. *Phytopathology* 88:754 - 763. 1998.

Tabelas:

Tabela 1- Fungicidas avaliados quanto à remoção de resíduos da superfície foliar de batateira e tomateiro, em condições controladas, e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) em batateiras submetidas a diferentes tratamentos, em dois experimentos conduzidos em condições de campo em Domingos Martins, ES.

Tratamento	Dose (Kg i.a./ha)	Experimento 1	Experimento 2
Testemunha	-	102,80	19,75
Mancozeb	2,4	0,81	0,08
Mancozeb NT	2,4	4,02	0,58
Famoxadone	0,1	3,01	0,08
Hidróxido de cobre	1,0	5,09	0,05

Figuras:

Figura 1- Valores diários de temperatura média (° C), água acumulada nos experimentos 1 e 2 advinda de chuva ou irrigação (Chuva + irrigação 1 e 2), umidade relativa (%) e número de horas com umidade relativa acima de 90% (h), em ambos os experimentos.

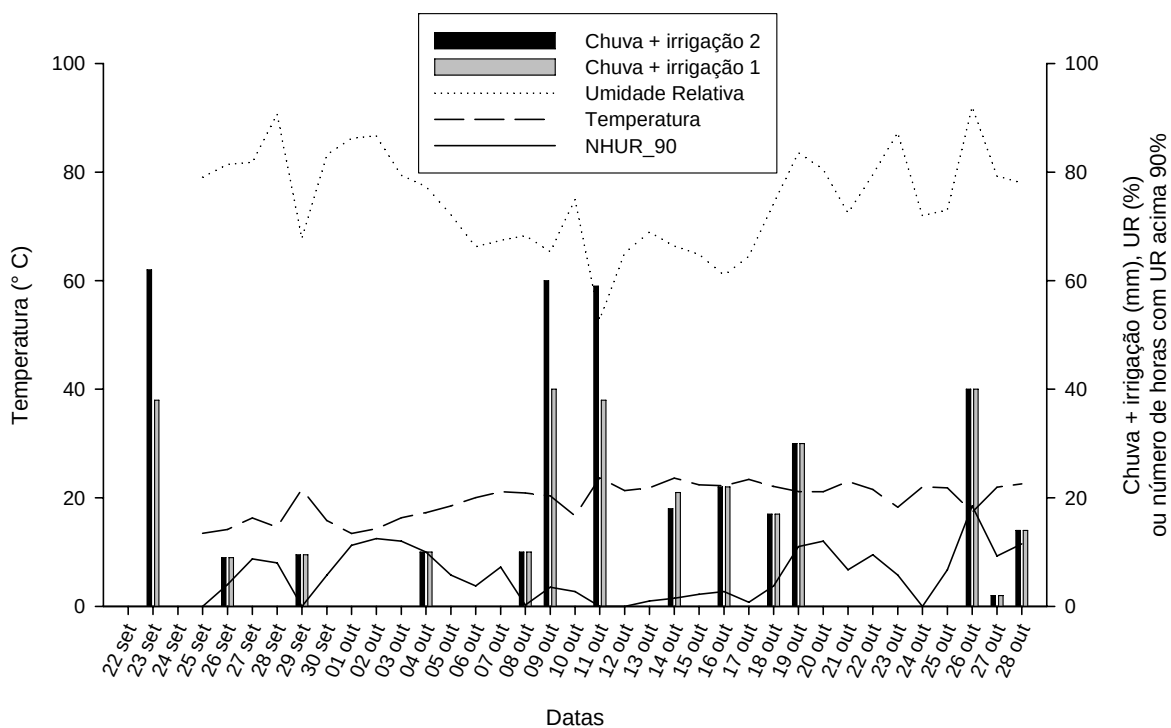


Figura 2- Remoção de depósitos de hidróxido de cobre (A e B) e mancozeb (C e D) de folhas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) (A e C) e batateira (*Solanum tuberosum* L.) (B e D) devido à chuva simulada em quatro intensidades (30, 40, 60 e 97 mm h⁻¹). Barras verticais representam o erro-padrão (n= 3).

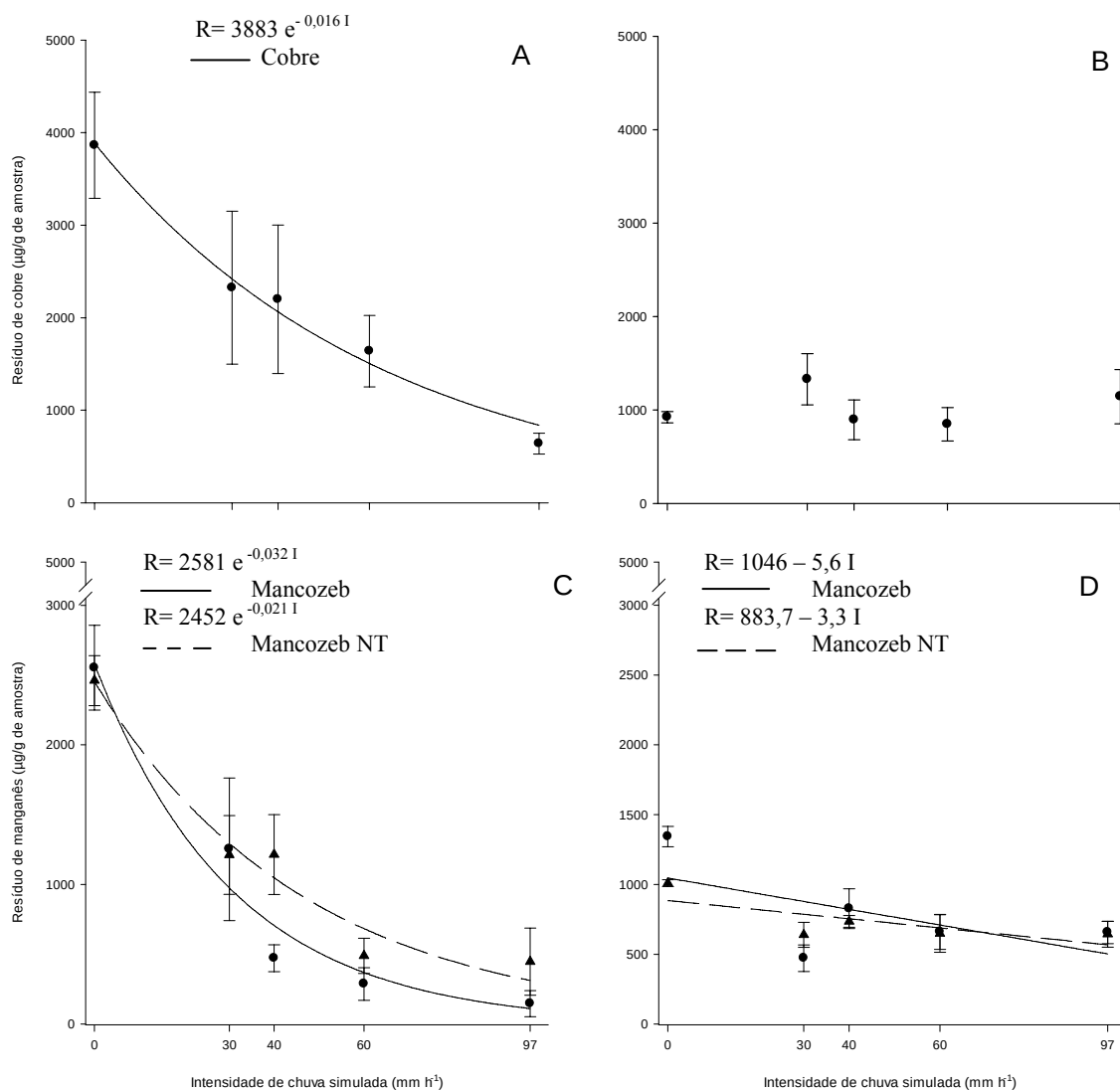


Figura 3- Influência da intensidade de chuva simulada (0, 30, 40, 60 e 97 mm h⁻¹) na remoção de hidróxido de cobre, mancozeb e mancozeb NT em tomateiro (A); e mancozeb e mancozeb NT em batateira (B). Barras verticais representam o erro-padrão (n=3).

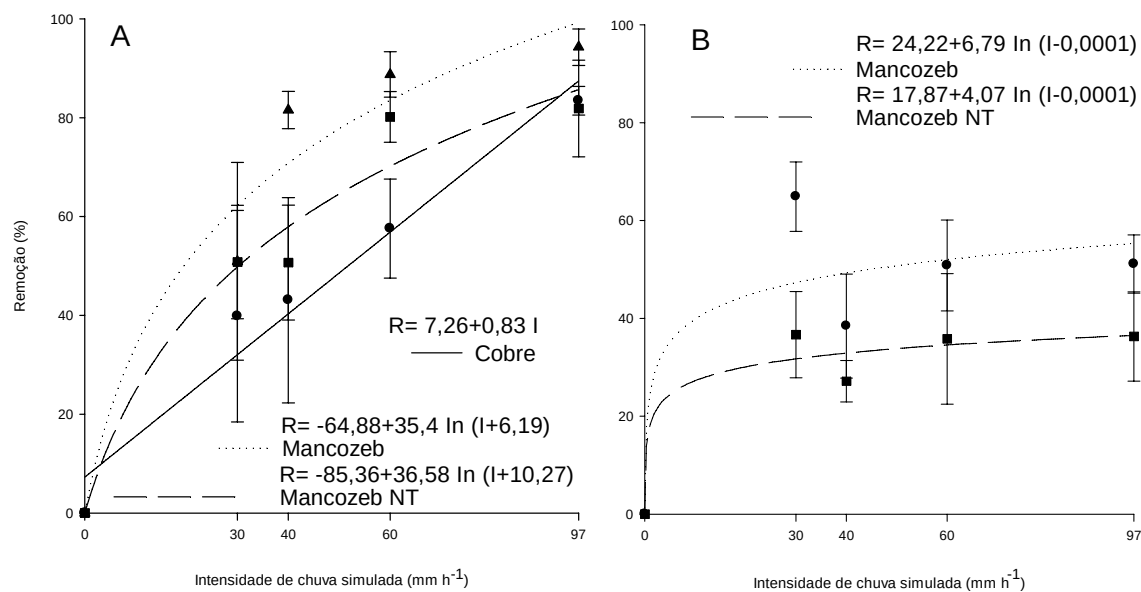


Figura 4- Remoção de depósitos de hidróxido de cobre (A e B) e mancozeb (C e D) de folhas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) (A e C) e batateira (*Solanum tuberosum* L.) (B e D) devido a diferentes durações de chuva simulada (5, 10, 20 e 40 min). Barras verticais representam o erro padrão (n= 3).

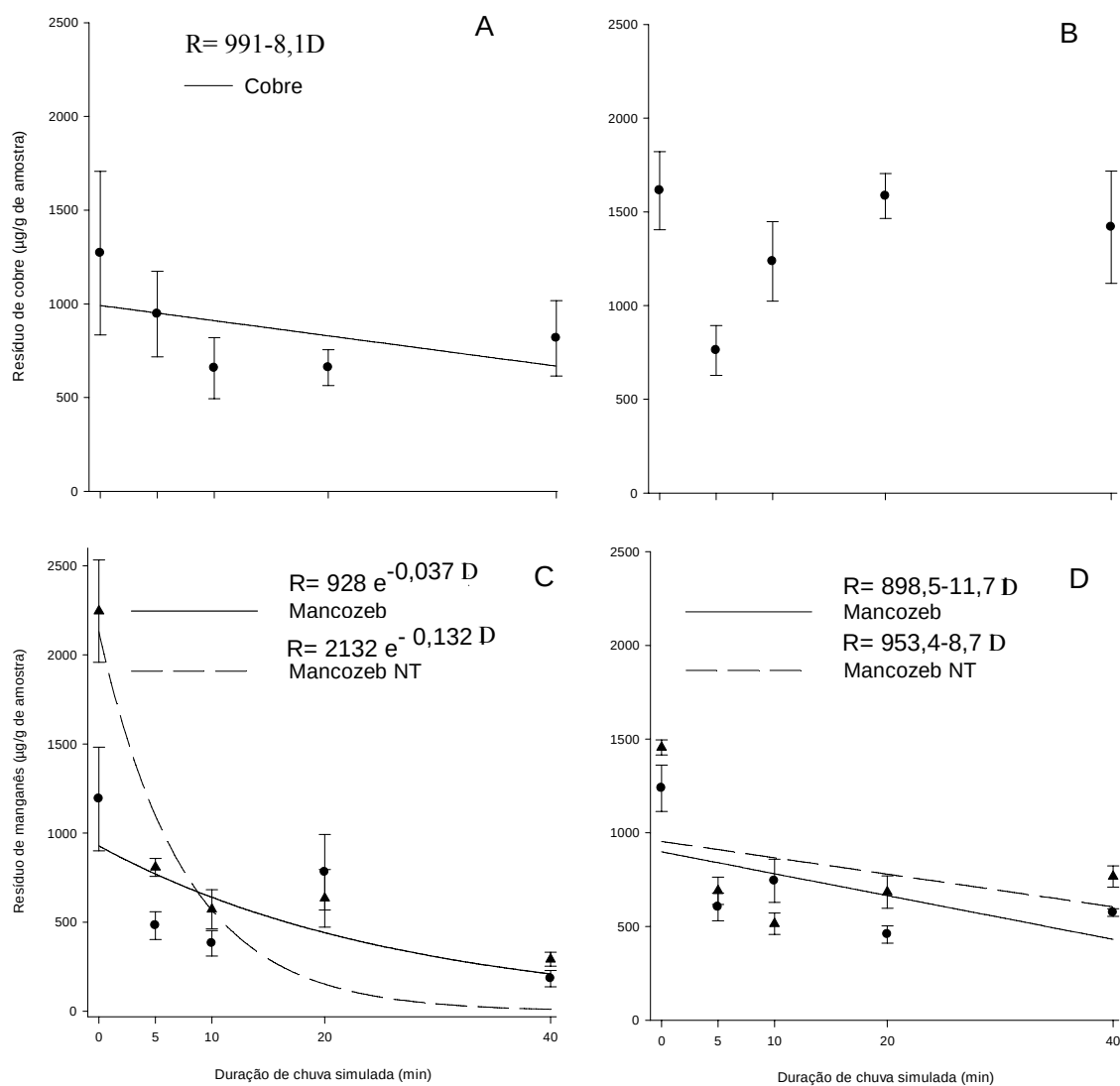


Figura 5- Influência da duração de chuva simulada (1, 2, 4, 6 e 24 h) na remoção (%) de hidróxido de cobre, mancozeb e mancozeb NT em tomateiro (A); e mancozeb e mancozeb NT em batateira (B). Barras verticais representam o erro padrão (n= 3).

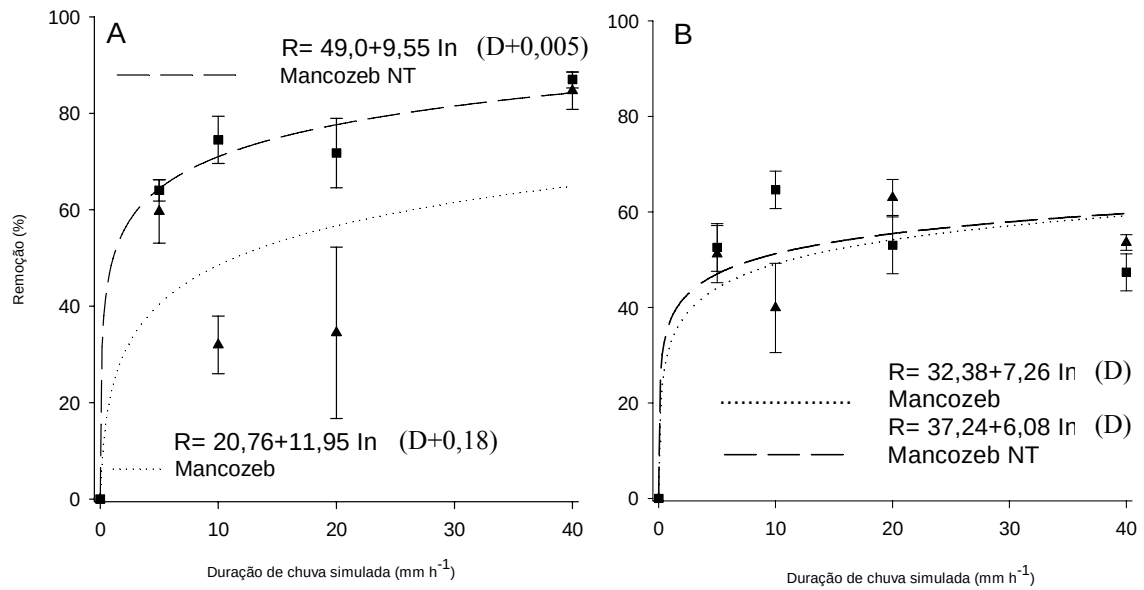


Figura 6- Efeito do tempo de secagem da calda fungicida (1, 2, 4, 6 e 24 h) na remoção de depósitos de hidróxido de cobre (A e C) e mancozeb (B e D) de folhas de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) (A e C) e de batateira (*Solanum tuberosum* L.) (B e D). Barras verticais representam o erro-padrão (n= 3).

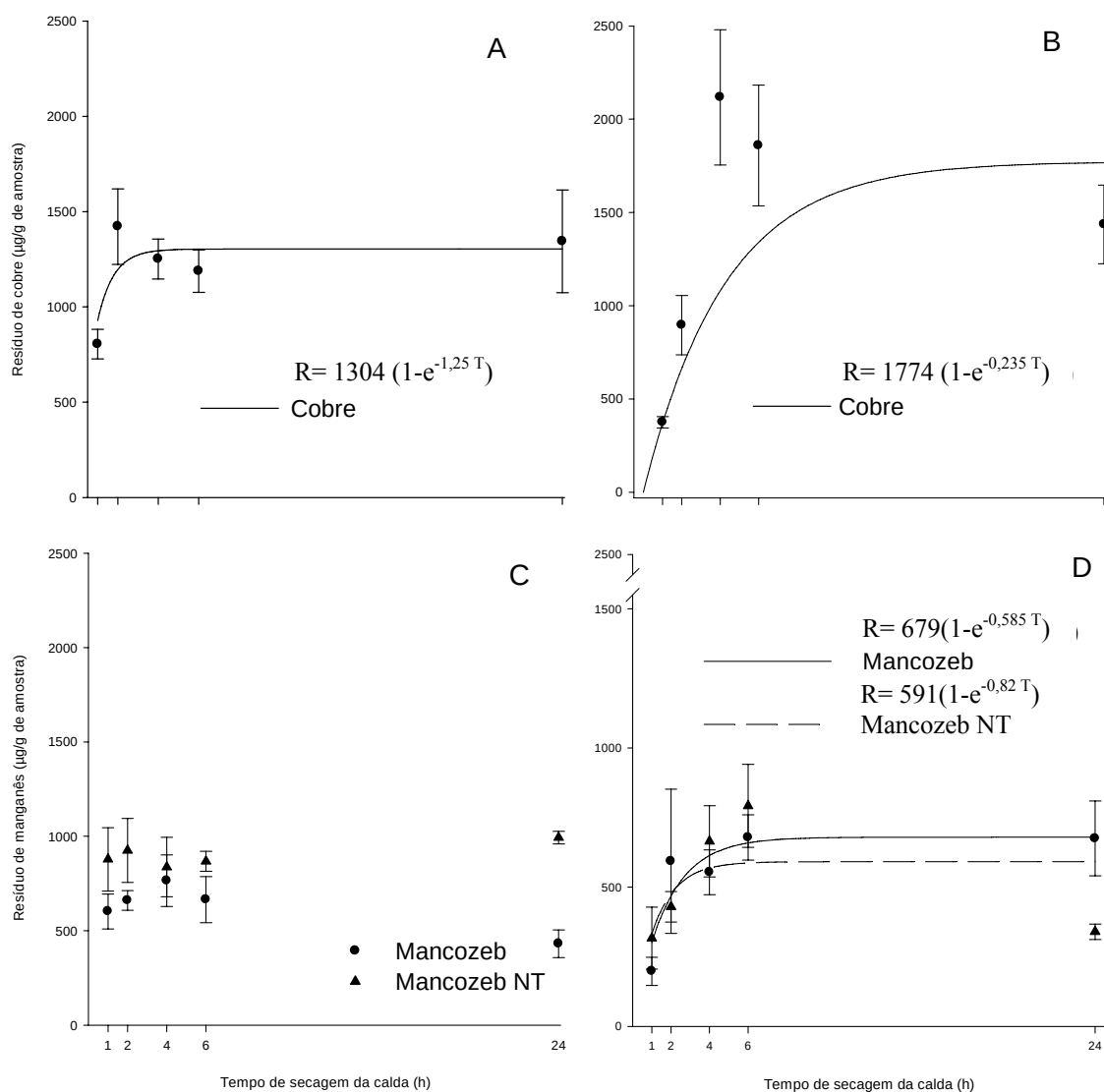


Figura 7- Resíduo de mancozeb e mancozeb NT encontrado no dossel de batateira no experimento 1, semanas 1 e 2 (A e B), e experimento 2, semanas 1 e 2 (C e D), após uma aplicação da calda fungicida no primeiro dia de cada semana, em Domingos Martins (ES).

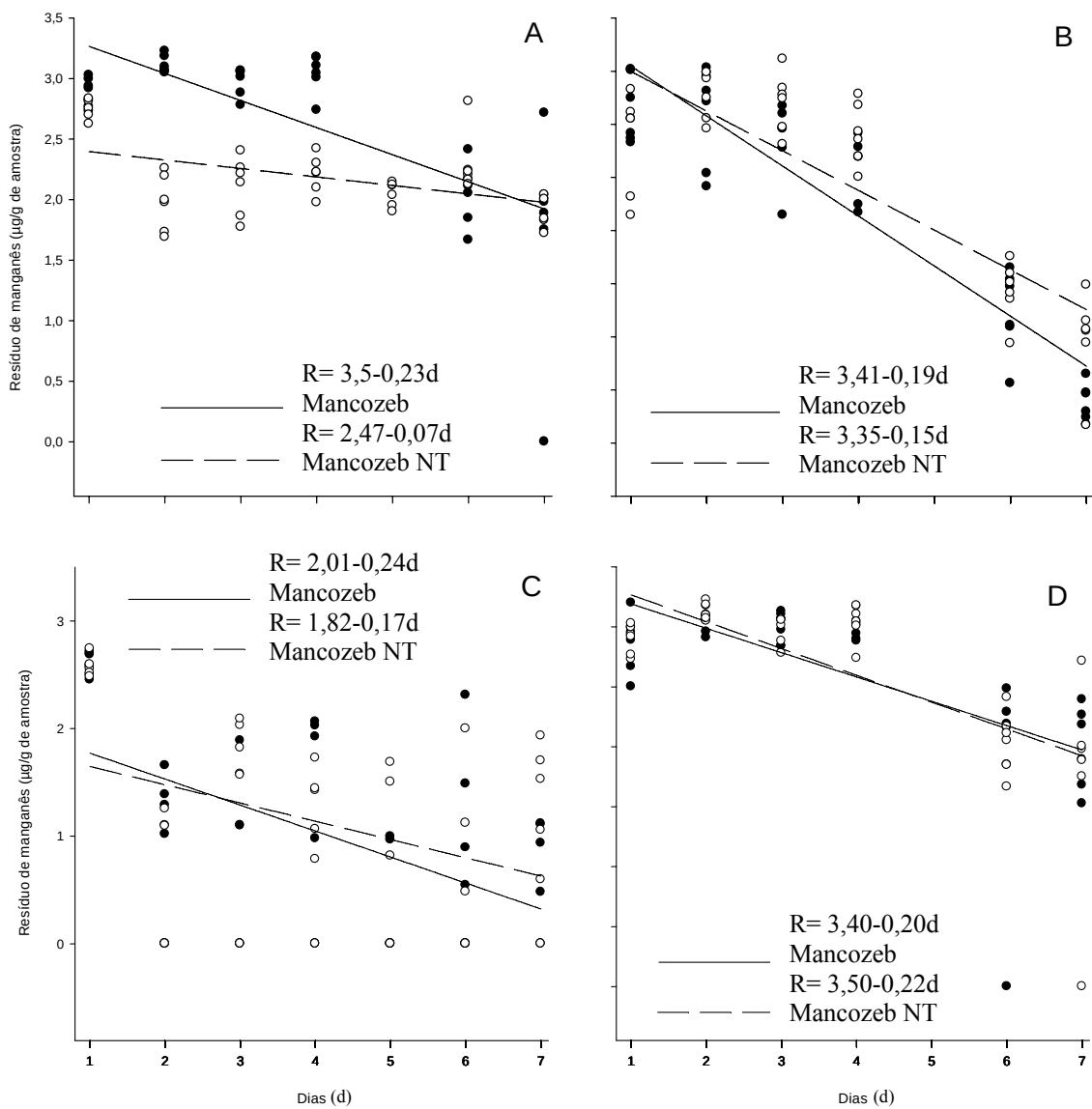
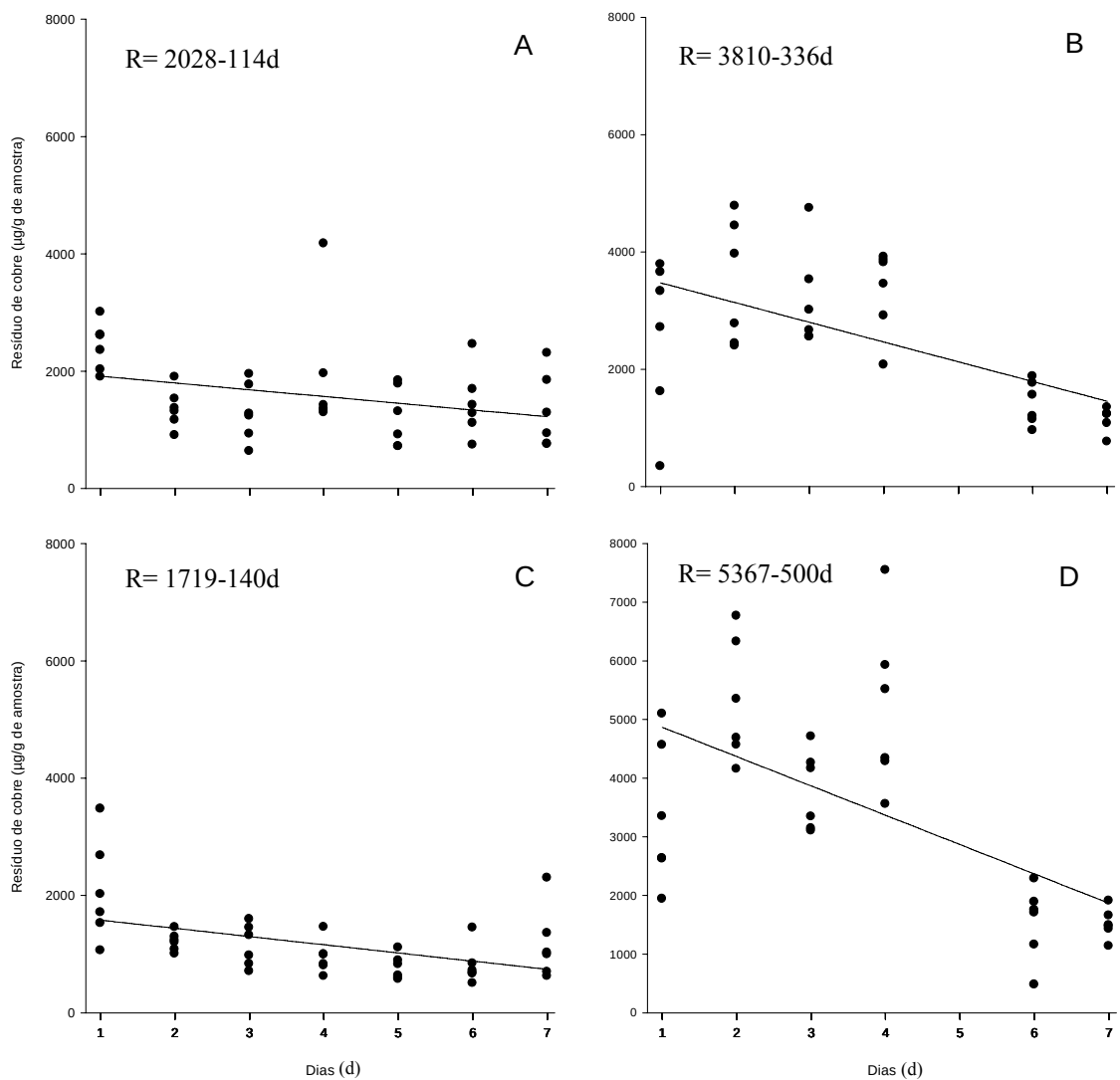


Figura 8- Resíduo de hidróxido de cobre encontrado no dossel de batateira no experimento 1, semanas 1 e 2 (A e B), e experimento 2, semanas 1 e 2 (C e D), após uma aplicação da calda fungicida no primeiro dia de cada semana, em Domingos Martins (ES).



CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- O fungicida hidróxido de cobre é removido de forma semelhante da superfície de ambas as hospedeiras.
- O aumento da intensidade de chuva promove a redução dos depósitos do fungicida à base de hidróxido de cobre na superfície foliar, tanto de batateira quanto de tomateiro.
- Independentemente da formulação do fungicida mancozeb, nos experimentos de intensidade de chuva e duração de chuva simulada, ambos são removidos de forma semelhante.
- Em plantas de batata, o aumento do tempo de secagem favorece a retenção dos depósitos dos fungicidas testados, na superfície foliar.
- Em condições de campo foi verificado, em plantas de batata, que os fungicidas à base de mancozeb, independentemente da formulação, se comportaram de maneira semelhante; logo, pode-se afirmar que eles não apresentaram diferença no nível de proteção à cultura com o passar do tempo.