

Metais pesados, agrotóxicos e combustíveis: efeito na população de colêmbolos no solo

Heavy metal, pesticides and fuels: effect in the population of collembola in the soil

Zaida Inês Antonioli^I Marciel Redin^{II} Eduardo Lorensi de Souza^{II} Elisandra Pocojeski^{III}

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de colêmbolos no solo com diferentes níveis de metais pesados, combustíveis e agrotóxicos em condição de laboratório. Os tratamentos foram: Cádmio (1, 10 e 100mg kg⁻¹ de solo); Cobre (50, 500 e 5000mg kg⁻¹ de solo); Zinco (100, 1000 e 10000mg kg⁻¹ de solo); fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (1 e 2L ha⁻¹); fungicida epoxiconazol (0,75 e 1,5L ha⁻¹); herbicida glifosato (2 e 4L ha⁻¹); óleo lubrificante queimado (5, 50 e 100mL kg⁻¹ solo) e óleo diesel (5, 50 e 100mL kg⁻¹ solo) e controle. Na dose de 1mg kg⁻¹ de Cd no solo, houve grande aumento na população de colêmbolos e o pH do solo diminuiu à medida que aumentaram as doses de Cd, Zn e Cu no solo. Na presença de combustíveis, os colêmbolos apresentaram incapacidade de reprodução, independente da dose aplicada no solo. O número de colêmbolos apresentou incremento com o aumento da dosagem de glifosato e epoxiconazol. Os metais pesados Cu e Zn têm ação negativa sobre a população de colêmbolos e somente o Cd (1mg kg⁻¹ solo) proporciona aumento na população de colêmbolos no solo. A presença de óleo lubrificante queimado e óleo diesel no solo inibem o desenvolvimento dos colêmbolos no solo. Os agrotóxicos glifosato, epoxiconazol e epoxiconazol + piraclostrobina não influenciam negativamente sobre a população de colêmbolos no solo.

Palavras-chave: fauna do solo, bioindicador, qualidade do solo, contaminantes do solo, colêmbolos.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the collembola development in soils with different levels of heavy metals, fuels and pesticides, in laboratory conditions. Treatments were: Cadmium - 1, 10 and 100mg kg⁻¹ soil; Copper - 50, 500 and 5000mg kg⁻¹ soil; Zinc - 100, 1000 and 10000 mg kg⁻¹ soil; fungicide epoxiconazol + piraclostrobina - 1 and 2L ha⁻¹; fungicide

epoxiconazol - 0,75 and 1,5L ha⁻¹; herbicide glyphosate - 2 and 4L ha⁻¹; burned lubricating oil - 5, 50 and 100mL kg⁻¹ soil and diesel oil - 5, 50 and 100mL kg⁻¹ soil and control. In the 1mg kg⁻¹ dose of Cd there was a great increase of the collembola population and the soil pH decreased as the Cd, Zn and Cu doses in the soil increased. In the presence on fuels the collembola presented incapacity to procreate regardless the dose applied in the soil. The number of collembola showed an increase with increasing glyphosate and epoxiconazole level. The heavy metal Cu and Zn have negative impact over the collembola population and just Cd (1mg kg⁻¹ soil) offers increase on their population in the soil. The presence of burned oil and diesel in the soil inhibit the collembolan development in the soil. The pesticides glyphosate, epoxiconazol and epoxiconazol + piraclostrobina do not negatively influence the collembola population in the soil.

Key words: soil fauna, bioindicator, soil quality, soil contamination, collembola.

INTRODUÇÃO

Os colêmbolos são organismos do solo que se caracterizam pela facilidade de multiplicação e crescimento, constituindo, dessa forma, uma importante fonte de alimento a outros organismos, como ácaros predadores, aranhas e coleópteros. Eles pertencem à classe Insecta, Subclasse Apterygota e Ordem Collembola e representam os insetos apterygotas mais primitivos (COLEMAN & CROSSLEY, 1995). Os colêmbolos, representantes da mesofauna do solo, são decompositores primários e secundários, atuando na fragmentação e diminuição

^IDepartamento de Solos, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Avenida Roraima, 1000, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: zaida@smail.ufsm.br. Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, CCR, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Universidade do Oeste de Santa Catarina (UNOESC), Xanxerê, SC, Brasil.

de detritos vegetais, favorecendo a ação de fungos e bactérias no processo de decomposição de resíduos orgânicos no solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os colêmbolos são considerados como bioindicadores da qualidade do solo, pois a maioria das espécies tem ciclo de vida curto e está presente em densidades altas em vários ecossistemas terrestres (GREENSLADE & VAUGHAN, 2003). Além disso, caracterizam as condições de solo através de suas flutuações populacionais, influenciadas pelos ecossistemas, condições edafoclimáticas (SAUTTER & SANTOS, 1991) e manejo do solo (ALVAREZ et al., 2001). Por exemplo, na Europa, a espécie *Folsomia candida* é muito utilizada em testes padrão ecotoxicológicos, com intuito de avaliar o impacto de produtos químicos no ambiente. No entanto, em outros continentes, a pequena utilização desses organismos como bioindicadores da qualidade do solo está no fato de que a reprodução, principalmente em laboratório, ainda é pouco conhecida (GREENSLADE & VAUGHAN, 2003).

A sensibilidade de desenvolvimento dos colêmbolos é assunto de alguns trabalhos desenvolvidos com metais pesados (SON et al., 2007; SANTORUFO et al., 2012) e agrotóxicos em condição de campo (RENAUD et al., 2004; FOUNTAIN et al., 2007) e em condições de laboratório (KANG et al., 2001; PONGE et al., 2002). No entanto, são poucos os trabalhos envolvendo combustíveis e que avaliam os efeitos sobre a reprodução dos colêmbolos no solo, sejam em condição de campo ou em laboratório.

Estudos envolvendo solos com diferentes concentrações de metais pesados como Zinco (Zn), Cobre (Cu), Chumbo (Pb) e Cádmio (Cd) demonstraram que as maiores populações de organismos foram observadas em solos com as menores concentrações desses metais pesados. Além disso, os organismos do solo são influenciados pelas características do solo, como teor de matéria orgânica e água, além da baixa quantidade de metais pesados no solo (SANTORUFO et al., 2012), além de serem sensíveis às práticas de manejo, aos impactos de origem antrópica, bem como a propriedades inerentes do próprio ecossistema, tais como o clima, o solo e a vegetação (CORREIA, 2002). As intensificações dos sistemas de produção agrícola na busca da maior produtividade utilizam produtos químicos, como fertilizantes, herbicidas, fungicidas, entre outros, que são lançados no ambiente com diferentes graus de toxicidade. Com as modificações impostas pelo uso do solo e em particular pela agricultura, a fauna e os microrganismos do solo, em diferentes graus

de intensidade, podem sofrer influência no seu desenvolvimento e sobrevivência, em função do tipo de práticas agrícolas (BAKER, 1998; ALVAREZ et al., 2001). Além disso, os organismos do solo podem estar sujeitos aos frequentes derramamentos de combustíveis, que, devido à presença de moléculas hidrofóbicas na sua composição, têm grande potencial na contaminação do solo, da água e possivelmente da biota, bem como dos colêmbolos do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de colêmbolos em solos com diferentes níveis de metais pesados: Cd, Zn e Cu; de combustíveis: óleo lubrificante queimado, óleo diesel e agrotóxicos: glifosato, epoxiconazol + piraclostrobina e epoxiconazol, em condição de laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

O solo utilizado no experimento foi coletado na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). As amostras de solo utilizadas no experimento foram coletadas na camada de 0-10cm, de uma área conduzida em sistema de plantio direto há mais de dez anos. Para a coleta das amostras de solo, utilizou-se extrator de 10cm de diâmetro e 10cm de profundidade. Após a coleta, o solo foi peneirado em malha de 2mm e homogeneizado. O solo é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (EMBRAPA, 2006) e apresentava teor de argila 100g kg⁻¹; pH_{H₂O} 6,7; índice SMP 5,8; matéria orgânica 16g kg⁻¹; P (Melich-1) 76mg dm⁻³; K (Melich-1) 560mg dm⁻³; Ca 23,8cmol_c dm⁻³; Mg 5,6cmol_c dm⁻³; e saturação por bases de 85%.

Para a realização dos testes bioindicadores, foram utilizados potes plásticos transparentes de 10cm de diâmetro e capacidade de 250mL, com quatro repetições por tratamento. Em cada pote plástico, foram adicionados 120g de solo seco a 60°C. Posteriormente, foram adicionados os tratamentos com Cd (1, 10 e 100mg kg⁻¹ de solo), Cu (50, 500 e 5000mg kg⁻¹ de solo), Zn (100, 1000 e 10000mg kg⁻¹ de solo), óleo lubrificante queimado e óleo diesel (5, 50 e 100mL kg⁻¹ solo), herbicida glifosato (2 e 4L ha⁻¹), fungicida epoxiconazol + piraclostrobina (1 e 2L ha⁻¹) e fungicida epoxiconazol (0,75 e 1,5L ha⁻¹). Outro tratamento composto somente de solo serviu de controle. As quantidades dos metais (Cd, Zn e Cu), do óleo lubrificante queimado e do óleo diesel adicionadas para cada tratamento foram ajustadas pelo peso de solo seco e, posteriormente, homogeneizadas com o solo contido em cada pote. Para o herbicida

e os fungicidas aplicados na superfície do solo, a quantidade adicionada foi de acordo com a área superficial do pote. A partir de reagente padrão analítico, para o Cd, Zn e Cu foram preparadas soluções diluídas com água destilada, num volume de 25mL, equivalente às doses dos tratamentos. Em todos os tratamentos, foi adicionado um total de 80mL de água, proporcionando um ambiente de solo acima da capacidade de campo e, quando necessário, foi adicionada água destilada para manter o solo saturado e não dificultar a sobrevivência dos colêmbolos. Semanalmente, foram adicionados 0,2g de fermento biológico seco como fonte de alimento para os colêmbolos.

Os colêmbolos utilizados no experimento foram provenientes de indivíduos nativos coletados do solo e serrapilheira de um bosque de *Pinus taeda* e já mantidos e reproduzidos em condições de laboratório. Os indivíduos foram classificados como pertencentes ao gênero *Isotomidae* (GALLO, 1988). Em cada pote com os respectivos tratamentos, foram colocados cinco colêmbolos adultos. Os potes foram fechados e mantidos em incubadora com temperatura de $25\pm 1^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas. Após 45 dias de incubação, foram avaliados o número de indivíduos vivos e de ovos. O pH em água do solo também foi avaliado para estudar as suas possíveis variações em função do tratamento adicionado e, conseqüentemente, seus efeitos na reprodução dos colêmbolos no solo.

Os resultados para os parâmetros avaliados foram submetidos à análise da variância e as médias comparadas pelo teste de *Scott-Knott* a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi SISVAR (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A reprodução dos colêmbolos em solo com a dose de 1mg kg^{-1} de Cd teve um aumento na população dos indivíduos (Tabela 1). Esses resultados são similares aos observados por SON et al. (2007), para a espécie de colêmbolo *Paronychiurus kimi*. Esses autores, com base nos resultados obtidos de seu estudo realizado por 28 dias de exposição do metal em condição de laboratório, relatam que o Cd somente afeta a reprodução de colêmbolos na concentração de 50mg kg^{-1} de solo (DL50).

A utilização de Zn e Cu reduziram o número de colêmbolos em relação ao controle, provavelmente, devido à redução do pH, associado ao efeito desses metais no solo. Isso pode estar relacionado ao efeito tóxico que impede a reprodução dos colêmbolos (SANTORUFO et al., 2012). No estudo conduzido por SMIT & VAN GESTEL (1996), em solos artificialmente contaminados, o Zn teve efeito negativo na reprodução de colêmbolos. Em estudo realizado por PAWERT et al. (1996) com a espécie *Tetradontophora bielaniensis*, foram avaliadas as injúrias causadas pelo Zn e Cd às células

Tabela 1 - Dados médios de número de colêmbolos e de ovos e da acidez do solo (pH em água) em solo com diferentes dosagens de Cd, Zn, Cu, em condições de laboratório.

Tratamentos	Doses	-----Número-----		Acidez do solo
	mg kg ⁻¹ solo	Colêmbolos	Ovos	pH
Cádmio	0	9,75 B*	0,00 B	5,00 B
	1	272,25 A	82,5 A	5,22 A
	10	5,25 B	0,00 B	4,85 B
	100	5,75 B	0,00 B	4,84 B
Zinco	0	9,75 A	0,00 A	5,00 A
	100	5,00 B	0,00 A	4,87 A
	1000	5,00 B	0,00 A	4,27 B
	10000	5,00 B	0,00 A	4,21 B
Cobre	0	9,75 A	0,00 A	5,00 A
	50	6,00 B	0,00 A	4,84 B
	500	5,00 B	0,00 A	3,82 C
	5000	5,00 B	0,00 A	3,56 D

* Médias na coluna de cada tratamento seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, $\alpha=5\%$.

dos colêmbolos. Os resultados demonstram que o Zn é acumulado nas células epiteliais, enquanto o Cd, no corpo dos colêmbolos, inclusive nas células epiteliais. Os resultados para o efeito do Cu relatados acima diferem dos encontrados por PEDERSEN & VAN GESTEL (2001), que testaram em campo doses de Cu de 0 a 3200mg kg⁻¹ de solo e nenhum efeito foi observado em colêmbolos no solo até concentrações de 2500mg kg⁻¹ de solo. A ausência de efeitos pode ser explicada pela baixa quantidade de Cu extraído com CaCl₂, sendo que a concentração nunca foi superior a um terço da EC50.

Em relação ao número de ovos, apenas foi observada na dose de Cd 1mg kg⁻¹ de solo. Para as doses de Zn e Cu, não se observou a presença de ovos. O pH do solo diminuiu à medida que aumentaram as doses de Cd, Zn e Cu, exceto para o tratamento controle do Cd (Tabela 1). A falta de adaptação dos colêmbolos à nova condição de solo, provavelmente, pode ter influenciado no ciclo de vida dos organismos, com a consequente diminuição da postura de ovos. No trabalho de VAN GESTEL & MOL (2003), na maioria dos casos, o pH diminuiu com o aumento das concentrações de Cd no solo. O pH mais elevado do solo do tratamento de Cd na dose de 1mg kg⁻¹ solo pode ter influenciado positivamente na reprodução dos colêmbolos, pois, de acordo com os mesmos autores, o pH influencia na sorção dos elementos nos sítios do solo, causando maior ou menor toxicidade. Segundo GREENSLADE & VAUGHAN (2003), o pH neutro do solo pode favorecer a reprodução dos colêmbolos.

Na reprodução dos colêmbolos em solo, com diferentes doses de combustíveis, não houve diferença no número de indivíduos entre as doses de 5, 50 e 100mL kg⁻¹ solo (Tabela 2). É importante

ressaltar que, no solo controle, sem a presença do óleo diesel, o número de colêmbolos foi significativamente superior aos com todas as dosagens testadas. Já no solo controle sem óleo lubrificante não houve diferença significativa em comparação às dosagens avaliadas quanto ao número de colêmbolos e ao número de ovos. Diferente dos resultados deste estudo, ADESODUN et al. (2008) constataram que, além da redução da porosidade total, praticamente nenhuma atividade biológica foi encontrada em solos poluídos com 10, 50 e 100Mg ha⁻¹ de óleo lubrificante queimado, indicando diminuição da fauna do solo através desse poluente.

Nos tratamentos com óleo diesel e óleo lubrificante queimado, não se observou a presença de ovos (Tabela 2). Os colêmbolos não foram capazes de se reproduzir, confirmando o efeito danoso de derivados do petróleo na sobrevivência desses organismos no solo. Nos tratamentos com óleo lubrificante queimado e óleo diesel, o pH do solo dos tratamentos aumentou em relação ao pH inicial do solo controle. Os maiores valores de pH para os dois tipos de combustíveis foram observados para a dose com 50mL kg⁻¹ solo. GREENSLADE & VAUGHAN (2003) observaram que, da maioria das espécies de colêmbolos estudadas em seu trabalho, maiores taxas de reprodução (número de jovens e adultos) foram observadas a pH 5,4 do solo e menores taxas a pH mais ácidos. Embora, no presente estudo, a adição dos derivados de petróleo tenha elevado o pH do solo, não favoreceu a reprodução dos colêmbolos, indicando o efeito danoso do petróleo na reprodução dos colêmbolos.

Aumento considerável na população dos colêmbolos foi observado na reprodução dos

Tabela 2 - Dados médios de número de colêmbolos, ovos e da acidez do solo (pH em água) em solo com diferentes dosagens de óleo diesel e óleo lubrificante queimado em condições de laboratório.

Tratamentos	Doses mL kg ⁻¹ solo	-----Número-----		Acidez do solo pH
		Colêmbolos	Ovos	
Óleo diesel	0	9,75 A*	0,00 A	5,00 B
	5	5,00 B	0,00 A	5,24 A
	50	5,00 B	0,00 A	5,27 A
	100	5,00 B	0,00 A	5,06 B
Óleo queimado	0	9,75 B	0,00 A	5,00 A
	5	5,00 B	0,00 A	5,21 A
	50	5,00 B	0,00 A	5,39 A
	100	5,00 B	0,00 A	5,13 A

* Médias na coluna de cada tratamento seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, $\alpha=5\%$.

colêmbolos em solo com uso de diferentes agrotóxicos (herbicida e fungicida) e doses (0, 2 e 4L ha⁻¹), e com uso de glifosato na dose de 2L ha⁻¹. Para as dose de 4L ha⁻¹ de glifosato, houve um maior aumento no número de indivíduos em relação ao tratamento 2L ha⁻¹ (Tabela 3). Resultados diferentes, porém com trabalho realizado em condições de campo, foram observados por RENAUD et al. (2004), em que a aplicação, associada de herbicida pós-emergente (Glifosato) e pré-emergentes (Terbutylazine, Diuron e Oryzalin) ao solo, reduziu os valores de abundância total, diversidade e riqueza de colêmbolos. Nenhum efeito em condição de laboratório do herbicida Phenylurea (Isoproturon) foi exibido pela população de colêmbolos do solo (PONGE et al., 2002). KANG et al. (2001) estudaram o efeito do glufosinato de amônio e as influências foram significativas na sobrevivência de adultos, mesmo em baixas concentrações desse produto no solo.

A adição de epoxiconazol + piraclostrobina e somente epoxiconazol aumentou o número de indivíduos no solo. O maior aumento na população de colêmbolos no solo para epoxiconazol + piraclostrobina e epoxiconazol foi observado com as doses de 1L ha⁻¹ e 1,5L ha⁻¹, respectivamente (Tabela 3). Em trabalho de FRAMPTON & WRATTEN (2000) nenhum efeito na redução do número de colêmbolos após aplicação de fungicida em condição de campo foi observado, revelando que os possíveis efeitos negativos são passageiros, devido à diminuição de uma das fontes de alimento para os colêmbolos, os fungos. No estudo de FOUNTAIN et al. (2007), foi observado aumento no número total de colêmbolos do solo, usando

inseticida organofosforado (Chlorpyrifos), apesar da abundância de algumas espécies terem reduzido. Em relação à postura de ovos, esta foi observada na dose de 0,75 e 1,5L ha⁻¹ de epoxiconazol como provável consequência do elevado número de indivíduos presentes nesses tratamentos, o que poderia ter levado a um *stress* populacional, estimulando a reprodução (Tabela 3). Para os tratamentos com doses de glifosato e epoxiconazol + piraclostrobina, não foram observadas postura de ovos.

De acordo com os resultados obtidos deste estudo, os colêmbolos são susceptíveis as mudanças de ambiente, causadas pela ação humana aos solos. A presença de metais pesados diminuem o pH do solo e, conseqüentemente, dificulta o desenvolvimento dos colêmbolos no solo. No entanto, novos trabalhos em condições de campo e de laboratório devem ser realizados, devido à carência de informações para avaliar os efeitos de combustíveis e fungicidas na população de colêmbolos no solo.

CONCLUSÃO

Os metais pesados Cu e Zn têm ação negativa sobre a população de colêmbolos no solo. O Cd, na concentração de 1mg kg⁻¹ de solo, proporciona aumento na população de colêmbolos no solo, enquanto que a presença de óleo lubrificante queimado e óleo diesel inibem o desenvolvimento dos colêmbolos no solo. O herbicida glifosato e os fungicidas epoxiconazol e epoxiconazol + piraclostrobina não têm influência negativa sobre a população de colêmbolos no solo.

Tabela 3 - Dados médios de número de colêmbolos, ovos e da acidez do solo (pH em água) em solo com diferentes dosagens de glifosato, epoxiconazol + piraclostrobina e epoxiconazol, em condições de laboratório.

Tratamentos	Doses L ha ⁻¹	-----Número-----		Acidez do solo
		Colêmbolos	Ovos	pH
Glifosato	0	9,75 C*	0,00 A	5,00 A
	2	18,00 B	0,00 A	4,99 A
	4	38,00 A	0,00 A	4,98 A
Epoxiconazol + piraclostrobina	0	9,75 C	0,00 A	5,00 A
	1	71,25 A	0,00 A	4,96 A
	2	59,75 B	0,00 A	5,04 A
Epoxiconazol	0	9,75 C	0,00 A	5,00 B
	0,75	45,25 B	2,50 B	4,95 A
	1,5	165,50 A	63,00 A	4,96 A

* Médias na coluna de cada tratamento seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott, $\alpha = 5\%$.

REFERÊNCIAS

- ADESODUN, J.K. et al. Soil faunal activity of an oil polluted alfisol amended with organic wastes as determined by micromorphological observations. **Applied Soil Ecology**, v.39, p.46-57, 2008. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S092913930700162X/1-s2.0-S092913930700162X-main.pdf?_tid=ac3cb7ae-4bc7-11e2-98af-00000aacb35f&acdnat=1356133353_1c7de9e84e82533c9ccc866f74241956>. Acesso em: 21 dez. 2012. doi: 10.1016/j.apsoil.2007.11.006.
- ALVAREZ, T. et al. Epigeic *Collembola* in winter wheat under organic, integrated and conventional farm management regimes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.83, p.95-110, 2001. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S016788090000195X/1-s2.0-S016788090000195X-main.pdf?_tid=a25255f8-4bc9-11e2-98af-00000aacb35f&acdnat=1356134195_446ffde6af75eca1b4c80c8ccfc3c9>. Acesso em: 21 dez. 2012.
- BAKER, G.H. Recognizing and responding to the influences of agriculture and other land-use practices on soil fauna in Australian. **Applied Soil Ecology**, v.9, p.303-310, 1998. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S092913939800081X/1-s2.0-S092913939800081X-main.pdf?_tid=7e3d7118-4bc7-11e2-8342-00000aacb35f&acdnat=1356133276_db5c7a41e3a419cb6fdb6daaa84997>. Acesso em: 21 dez. 2012.
- COLEMAN, D.C.; CROSSLEY, D.A.J. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego: Academic, 1995. 205p.
- CORREIA, M.E.F. **Relações entre a diversidade da fauna do solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 33p. (Embrapa agrobiologia. Documento, 156).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FERREIRA, D.F. **Sistemas de análises estatística para dados balanceados**. Lavras: UFLA/DEX/SISVAR, 2000. 145p.
- FOUNTAIN, M.T. et al. The effects of the insecticide chlorpyrifos on spider and Collembola communities. **Pedobiologia**, v.51, p.147-158, 2007. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0031405607000194/1-s2.0-S0031405607000194-main.pdf?_tid=ad64fbb2-4bc4-11e2-a7c6-00000aacb362&acdnat=1356132067_f588f013bdfc431af1377ee045a84c5c>. Acesso em: 21 dez. 2012. doi:10.1016/j.pedobi.2007.03.001.
- FRAMPTON, G.K; WRATTEN, S.D. Effects of Benzimidazole and Triazole fungicide use on epigeic species of Collembola in wheat. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.46, p.64-72, 2000. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0147651399918742/1-s2.0-S0147651399918742-main.pdf?_tid=0a1fa0c8-4bca-11e2-9d3c-00000aacb360&acdnat=1356134370_1eee585a3031850db26088648ac13583>. Acesso em: 21 dez. 2012. doi: 10.1006/eesa.1999.1874.
- GALLO, D. **Manual de entomologia agrícola**. 2.ed. São Paulo: Agronômica CERES, 1998. 645p.
- GREENSLADE, P.; VAUGHAN, G.T. A comparison of Collembola species for toxicity testing of Australian soils. **Pedobiologia**, v.47, p.171-179, 2003. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0031405604701900/1-s2.0-S0031405604701900-main.pdf?_tid=30537e68-4bc5-11e2-865e-00000aacb35f&acdnat=1356132286_d17ddf455445fd94cea384727cc5e7f8>. Acesso em: 21 dez. 2012.
- KANG, S. et al. Demography of *Paronychiurus kimi* (Lee) (Collembola: **Onychiuridae**) under the influence of glufosinate-ammonium on plaster charcoal substrate and in artificial soil. **Applied Soil Ecology**, v.18, p.39-45, 2001. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0929139301001500/1-s2.0-S0929139301001500-main.pdf?_tid=792e6226-4bc8-11e2-9596-00000aacb361&acdnat=1356133697_2df1336810fcfd1ccea9a7b1dfaf44b>. Acesso em: 21 dez. 2012.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2006. 729p.
- PAWERT, M. et al. Cellular alterations in collembolan midgut cells as a marker of heavy metal exposure: Ultrastructure and intracellular metal distribution. **Science of the Total Environment**, v.181, p.187-200, 1996. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/0048969795050094/1-s2.0-0048969795050094-main.pdf?_tid=8198df9c-4bcb-11e2-b1a8-00000aacb35f&acdnat=1356135000_e76a274c30c43bb58e6454d722460de>. Acesso em: 21 dez. 2012.
- PEDERSEN, M.B.; VAN GESTEL, C.A.M. Toxicity of copper to the Collembolan *Folsomia fimetaria* in relation to the age of soil contamination. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.49, p.54-59, 2001. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0147651301920433/1-s2.0-S0147651301920433-main.pdf?_tid=6aec09e6-4bca-11e2-8900-00000aacb35d&acdnat=1356134532_331b8e41170819300f17a6d5ce9be7b1>. Acesso em: 21 dez. 2012. doi:10.1006/eesa.2001.2043.
- PONGE, J.F. et al. Interaction between humus form and herbicide toxicity to Collembola (Hexapoda). **Applied Soil Ecology**, v.20, p.239-253, 2002. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0929139302000264/1-s2.0-S0929139302000264-main.pdf?_tid=b0eda636-4bc8-11e2-a80d-00000aacb361&acdnat=1356133790_72c92ea75875406f2d2b3bc52aee95c9>. Acesso em: 21 dez. 2012.
- RENAUD, A. et al. Influence of four soil maintenance practices on Collembola communities in a Mediterranean vineyard. **Pedobiologia**, v.48, p.623-630, 2004. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0031405604000848/1-s2.0-S0031405604000848-main.pdf?_tid=b8cb2c50-4bc5-11e2-8192-00000aacb361&acdnat=1356132515_fd568e0fc30e01857_fcfdca379e3e2>. Acesso em: 21 dez. 2012. doi:10.1016/j.pedobi.2004.07.002.
- SANTORUFO, L. et al. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. **Environmental Pollution**, v.161, p.57-63, 2012. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0269749111005719/1-s2.0-S0269749111005719-main.pdf?_tid=074990f4-4bcd-11e2-8aa2-00000aacb360&acdnat=1356135653_526af4dc776c5c2b6e4442c99fc8215e>. Acesso em: 21 dez. 2012. doi: 10.1016/j.envpol.2011.09.042.
- SAUTTER, K.D.; SANTOS, H.R. Insetos bioindicadores na recuperação de solos. **Ciência Hoje**, v.12, p.20-21, 1991.
- SMIT, C.E.; VAN GESTEL, C.A.M. Comparison of the toxicity of zinc for the springtail *Folsomia candida* in artificially contaminated and polluted field soils. **Applied Soil Ecology**, v.3, p.127-136, 1996. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/092913939500078X/1-s2.0-092913939500078X-main.pdf?_tid=f253d7bc-4bc8-11e2-bff0-00000aacb0f6b&acdnat=1356133900_3c08bc49b81c75c5f29e2e0bf7d92>. Acesso em: 21 dez. 2012.

SON, J. et al. Effects of cadmium, mercury and lead on the survival and instantaneous rate of increase of *Paronychiurus kimi* (Lee) (Collembola). **Applied Soil Ecology**, v.35, p.404-411, 2007. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0929139306001648/1-s2.0-S0929139306001648-main.pdf?_tid=35ae484e-4bc9-11e2-a588-00000aab0f6b&acdnat=1356134013_b013b5897adad076e8cc3f1f9db18d09>. Acesso em: 21 dez. 2012. doi: 10.1016/j.apsoil.2006.07.002.

VAN GESTEL, C.A.M.; MOL, S. The influence of soil characteristics on cadmium toxicity for *Folsomia candida* (Collembola: *Isotomidae*). **Pedobiologia**, v.47, p.387-395, 2003. Disponível em: <http://ac.els-cdn.com/S0031405604702115/1-s2.0-S0031405604702115-main.pdf?_tid=582b0aea-4bc6-11e2-ba4f-00000aacb360&acdnat=1356132783_239aeb3799de72dc9f47a26c8035c1>. Acesso em: 21 dez. 2012.