

2 **Influência de fatores físicos edáficos sobre pragas de solo**

Crébio José Ávila

José Roberto Postali Parra

Os insetos que vivem no solo ou que nele se desenvolvem, pelo menos durante uma fase do seu ciclo de vida, necessitam, para sua subsistência, de fontes de alimento, como matéria orgânica em decomposição ou de tecido vegetal vivo. Aqueles que consomem este segundo tipo de alimento podem se tornar pragas de importância econômica nos cultivos. No passado, os prejuízos causados por insetos subterrâneos foram subestimados e atribuídos, em muitas situações, a deficiências nutricionais, a condições climáticas adversas, a baixa qualidade das sementes, dentre outras causas. O homem começou a tomar consciência dos prejuízos causados por insetos de solo a partir do momento em que a agricultura passou da fase de subsistência para uma fase mais técnica e intensiva. Nesta condição, observou-se um aumento de áreas de plantio e, conseqüentemente, maior disponibilidade de alimento para os insetos subterrâneos, em especial nos sistemas conservacionistas, como é o caso do sistema plantio direto, no qual não se faz o preparo do solo, e onde essa oferta de alimento é ainda maior.

Os insetos-praga de solo podem causar perdas de até 100% na produção, dependendo da espécie, da cultura atacada e do nível de infestação em que ocorrem nas lavouras. Dentre os danos causados por esse grupo de pragas, destacam-se aqueles decorrentes do ataque e morte de plantas cultivadas, levando à diminuição do estande da cultura, à redução ou ao excesso de brotações (afilhamento), do acamamento das plantas, que podem afetar tanto a produtividade quanto o valor comercial da produção.

O solo é um sistema constituído de minerais, de poros ocupados por água ou ar e uma parte orgânica, sendo estes componentes composto, basicamente, de três fases (sólida, líquida e gasosa) que interagem de forma complexa, formando o principal substrato para o desenvolvimento das plantas e de animais no planeta (Buckman; Brady, 1976).

Um solo apresenta, em média, 50% do seu volume representado pela parte sólida (minerais e matéria orgânica) e 50% de espaço poroso, o qual é preenchido normalmente por água ou ar (Figura 1). A fase sólida, também denominada de matriz do solo, deriva

do material de origem (rocha ou sedimentos) por intemperismo ou decorrente da ação de microrganismos, sendo composta por partículas de areia, silte, argila e de matéria orgânica. A fase líquida consiste de água, que apresenta substâncias dissolvidas (solução do solo). Já a fase gasosa, também denominada atmosfera do solo, contém os mesmos gases da atmosfera, porém com uma maior concentração de CO₂, proveniente da respiração das raízes e da micro, meso e macrofauna (Brady, 1989). A organização dos componentes da matriz do solo determina as características geométricas dos espaços porosos nos quais a água e o ar são conduzidos e retidos. As proporções de água e de ar do solo variam no tempo e no espaço e são influenciadas pelas condições climáticas, cobertura vegetal e sistema de manejo empregado na área. A complexidade do sistema solo é governada pela interação de suas características físicas, químicas e biológicas, as quais são, muitas vezes, difíceis de serem abordadas separadamente, quando se deseja estudar a influência de fatores edáficos sobre os organismos subterrâneos ou que passam alguma fase do seu ciclo biológico no solo (Kaya, 1990; Villani; Wright, 1990).

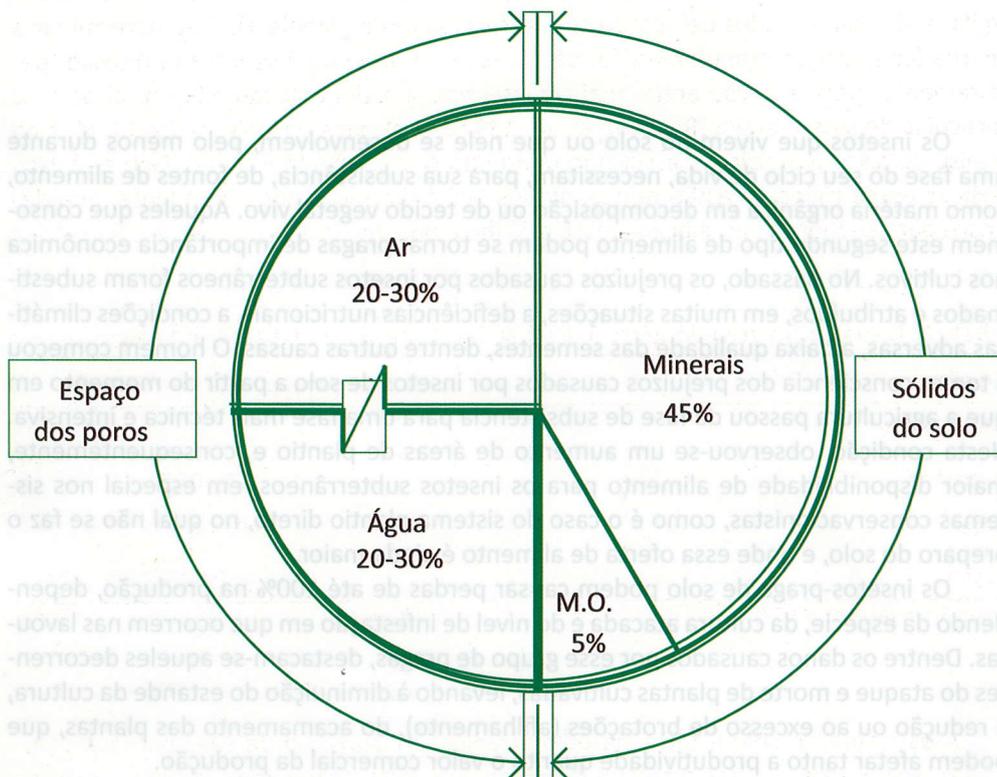


Figura 1. Composição volumétrica de um solo superficial franco-siltoso em condições ideais para o crescimento vegetal.

Fonte: Adaptada de Buckman e Brady (1976).

Os fatores físicos do solo podem interferir tanto no comportamento (postura, distribuição horizontal e vertical no perfil do solo) como no desenvolvimento (sobrevivência e

duração das formas imaturas, peso de adultos, etc.) dos insetos subterrâneos, favorecendo ou desfavorecendo o seu incremento populacional no agroecossistema.

Textura, estrutura, umidade, temperatura, densidade, aeração e coloração do solo, são os principais fatores físicos edáficos que interferem na biologia e no comportamento de insetos subterrâneos. A abordagem dos fatores edáficos sobre o comportamento e desenvolvimento dos insetos de solo será realizada de forma isolada ou em conjunto, apesar de seus efeitos ocorrerem geralmente em conjunto e de forma interativa.

Esse capítulo reúne informações relacionadas à influência de fatores físicos edáficos sobre os insetos subterrâneos, caracterizados aqui como aqueles indivíduos que passam uma fase do seu ciclo no solo, na qual causam danos a partes subterrâneas das plantas.

Textura e estrutura do solo

A textura do solo é determinada pela proporção relativa das frações areia, silte e argila, e são classificados de acordo com o seu tamanho (Tabela 1). Para determinar a textura (composição granulométrica) de um solo, geralmente é usada a tamisação (peneiramento) para a fração areia (mais grosseira) e a sedimentação diferencial para as partículas de silte e argila (Resende et al., 1997). Com base nos resultados obtidos na análise de textura, o solo é classificado utilizando-se o triângulo textural (Figura 2). Nos vértices desse triângulo estão representados 100% da fração correspondente, que decresce paralelamente em relação à base que lhe é oposta.

Tabela 1. Distribuição granulométrica das frações de areia, silte e argila do solo.

Fração	Limite de diâmetro (mm)
Areia grossa	2 - 0,2
Areia fina	0,2 - 0,05
Silte	0,05 - 0,002
Argila	< 0,002

Fonte: Resende et al. (1997).

A estrutura do solo é formada pelo arranjo ou disposição de suas partículas primárias (argila, silte e areia), formando agregados (partículas maiores), entre os quais se encontram os macro e microporos, onde se alojam a água e o ar (Buckman; Brady, 1976).

A textura e a estrutura do solo podem influenciar direta ou indiretamente no desenvolvimento dos insetos subterrâneos. Lumus et al. (1983), avaliando a sobrevivência de larvas de *Diabrotica undecimpunctata howardi* em quatro tipos de solos contendo um mesmo nível de umidade, constataram uma maior sobrevivência das formas imaturas do inseto (larvas e pupas) nos solos com maiores teores de argila (Figura 3).

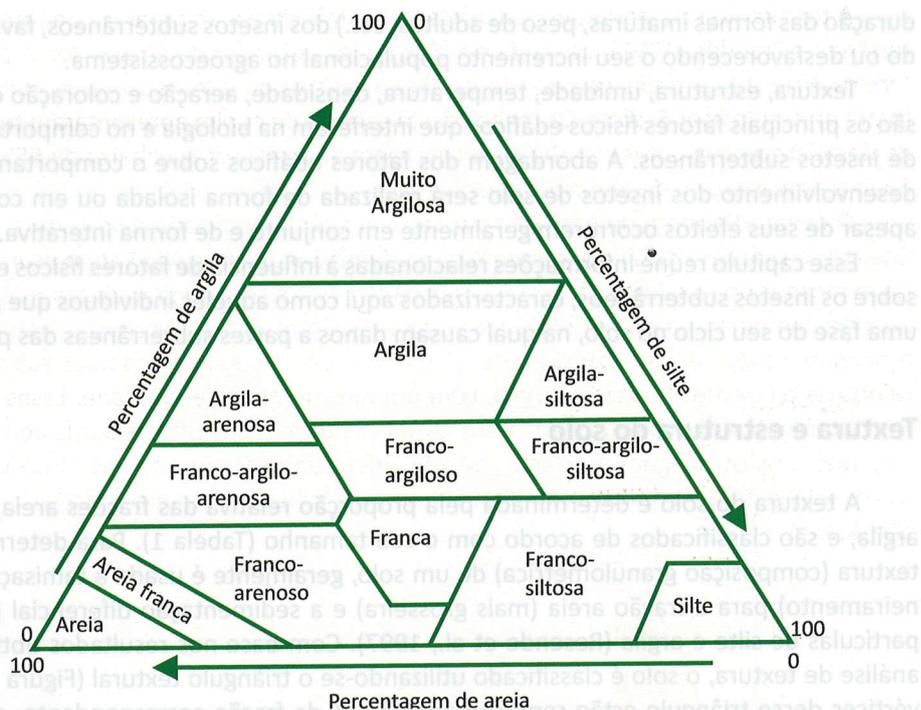


Figura 2. Representação da textura do solo através do triângulo textural.

Fonte: Resende et al. (1997)

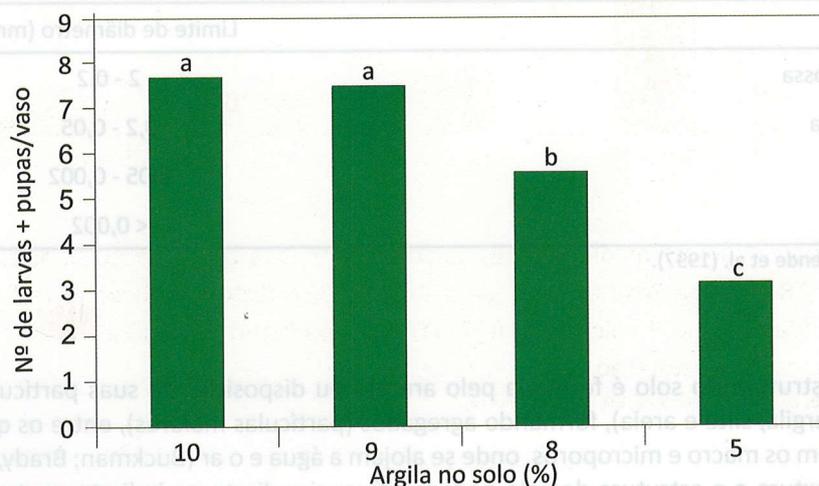


Figura 3. Sobrevivência de larvas de *Diabrotica undecimpunctata howardi* três semanas após a infestação (50 ovos/parcela) em raízes de amendoim cultivados em quatro tipos de solo (diferente teor de argila), com o mesmo nível de umidade (Teste de Duncan, 5%).

Fonte: Adaptada de Lumus et al. (1983).

A textura do solo pode também afetar a ocorrência e a abundância de insetos subterrâneos. Brandão (1991), estudando a distribuição espacial de ninhos dos cupins *Syntermes dirus* e *S. grandis* no cerrado brasileiro, constatou que os solos de textura fina foram preferidos por *S. dirus*. Os ninhos desta espécie de cupim apresentaram tendência de desaparecer nos solos em que a percentagem de argila estava abaixo de 65% ou nos quais a percentagem de areia ultrapassava 25%.

O comportamento de postura pode também ser influenciado pela textura do solo. Chalfant e Mitchel (1967) constataram que *Diabrotica undecimpunctata howardi* preferiu ovipositar no substrato constituído por partículas de solo de granulação mais grossa quando comparado a outro substrato de granulação mais fina. Milanez e Parra (2000) avaliaram a capacidade de postura de *Diabrotica speciosa* em quatro tipos solos constituídos de diferentes teores de argila, com um mesmo nível de umidade. Esses autores constataram maior oviposição em Terra Roxa Estruturada distrófica, classificado como o solo mais argiloso (Figura 4). Neste trabalho, além da textura dos solos, outros fatores físicos edáficos, como a cor, podem ter também influenciado na intensidade de oviposição do inseto.

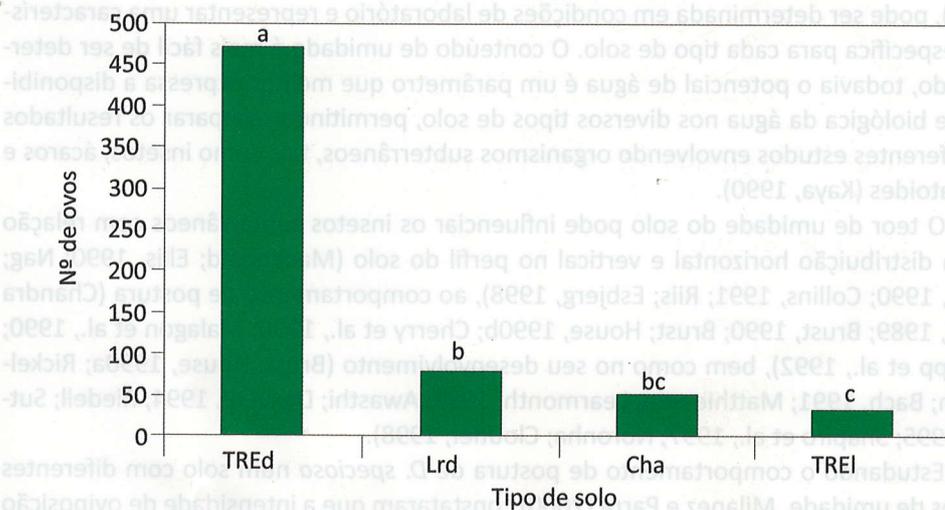


Figura 4. Número médio de ovos colocados por *Diabrotica speciosa* nos solos tipo TREd (Terra Roxa Estruturada distrófica), LRd (Latossolo Roxo distrófico), CHa (Cambissolo Húmico álico) e TREI (Terra Roxa Estruturada latossólica) umedecidos até a saturação (Teste de Tukey, 5%).

Fonte: Adaptada de Milanez e Parra (2000).

Umidade do solo

A água, além de ser um composto essencial para os seres vivos, constitui um meio indispensável para as reações químicas, físicas e biológicas que ocorrem no solo, podendo ser encontrada nos estados sólido, líquido ou gasoso.

A quantidade de água disponível no solo pode ser determinada simplesmente pela pesagem do solo antes e após o seu aquecimento em estufas, para evaporar a água. O conteúdo de umidade é expresso em gramas de água/100 g de solo seco. A disponibilidade de água no solo pode também ser expressa como potencial de água do mesmo, definido como a força com que o solo atrai e retém a água em sua matriz. A adsorção da água nas partículas minerais e orgânicas, as forças capilares e a pressão osmótica dos solutos na solução do solo contribuem para a formação do potencial total de água. As moléculas de água no solo são fortemente atraídas pelas partículas físicas (minerais e orgânicas), nas quais ficam retidas, bem como por outras moléculas e íons presentes na solução do solo. Com isso, o conteúdo total de água no solo consiste de água livre e retida. A água livre participa das reações químicas no solo e está em constante equilíbrio com a água presente na forma de vapor na atmosfera (Dropkin, 1980). Quando um solo começa a secar por evaporação, a proporção de água livre é reduzida e, relativamente, uma maior proporção de água permanece retida. Dessa forma, a energia necessária para retirar uma unidade de água do solo aumenta quando este seca.

A curva de retenção de água no solo, em razão do seu potencial mátrico (tensão de água), pode ser determinada em condições de laboratório e representar uma característica específica para cada tipo de solo. O conteúdo de umidade é mais fácil de ser determinado, todavia o potencial de água é um parâmetro que melhor expressa a disponibilidade biológica da água nos diversos tipos de solo, permitindo comparar os resultados de diferentes estudos envolvendo organismos subterrâneos, tais como insetos, ácaros e nematoides (Kaya, 1990).

O teor de umidade do solo pode influenciar os insetos subterrâneos com relação à sua distribuição horizontal e vertical no perfil do solo (Macdonald; Ellis, 1990; Nag; Nath, 1990; Collins, 1991; Riis; Esbjerg, 1998), ao comportamento de postura (Chandra et al., 1989; Brust, 1990; Brust; House, 1990b; Cherry et al., 1990; Malagon et al., 1990; Allsopp et al., 1992), bem como no seu desenvolvimento (Brust; House, 1990a; Rickelmann; Bach, 1991; Matthiessen; Learmonth, 1992; Awasthi; Dwivedi, 1994; Riedell; Sutter, 1995; Shapiro et al., 1997; Noronha; Cloutier, 1998).

Estudando o comportamento de postura de *D. speciosa* num solo com diferentes teores de umidade, Milanez e Parra (2000) constataram que a intensidade de oviposição desta espécie foi significativamente reduzida com a diminuição do nível de umidade (Figura 5). Viana e Costa (1995) avaliaram o efeito da umidade do solo sobre o dano causado por *Elasmopalpus lignosellus* em milho, determinando o número de plantas atacadas pelas lagartas quando o milho atingiu 30 cm de altura. O aumento da lâmina de água aplicada ao solo reduziu significativamente o número de plantas atacadas pelo inseto (Figura 6). Os autores argumentam que o menor dano observado com os maiores níveis de umidade no solo foi decorrente de uma menor taxa de oviposição do inseto e/ou da reduzida sobrevivência das lagartas eclodidas nesses ambientes.

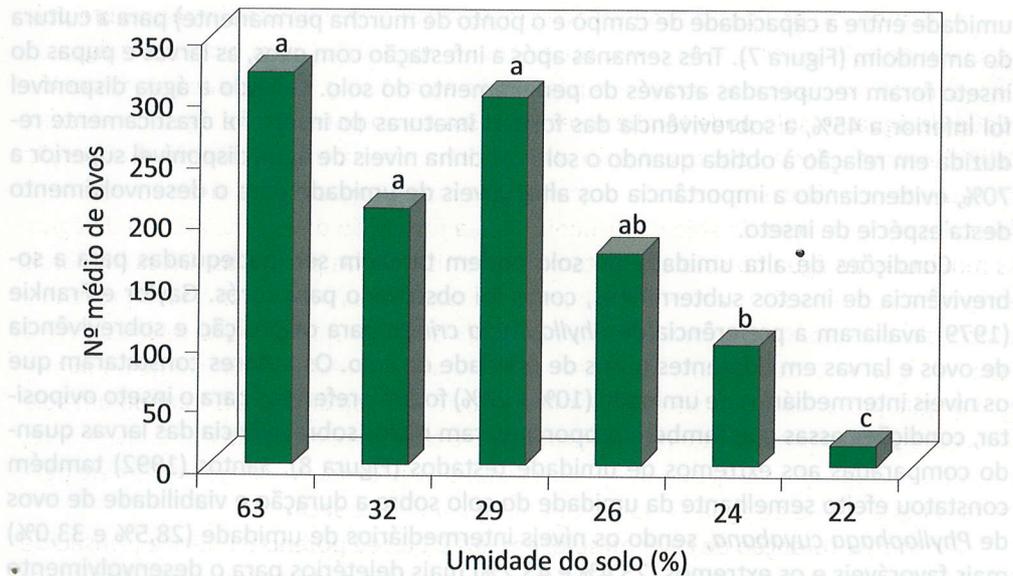


Figura 5. Número médio de ovos colocados por *Diabrotica speciosa* em Terra Roxa Estruturada distrófica, com diferentes teores de umidade (Teste de Tukey, 5%).

Fonte: Adaptada de Milanez e Parra (2000).

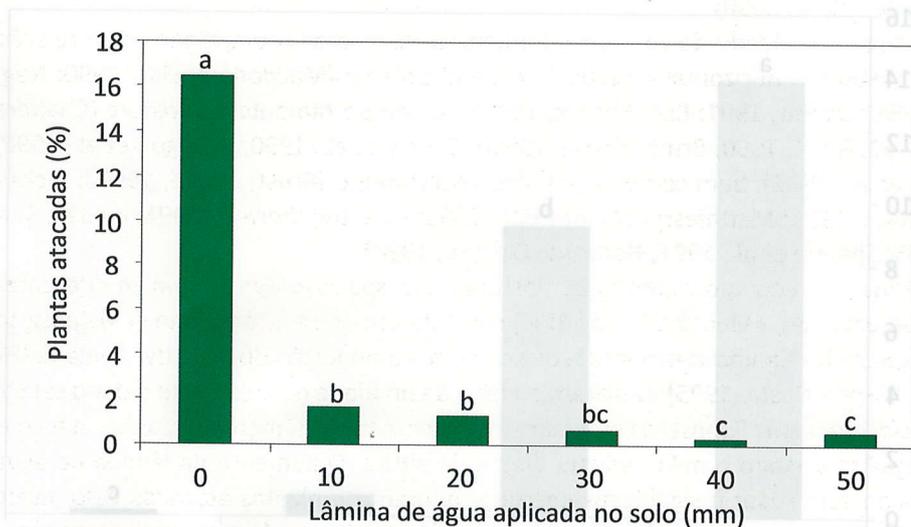


Figura 6. Efeito da umidade do solo sobre o dano de *Elasmopalpus lignosellus* em plantas de milho (Teste de Duncan, 5%).

Fonte: Adaptada de Viana e Costa (1995).

Lumus et al. (1983) avaliaram a sobrevivência de formas imaturas de *Diabrotica undecimpunctata howardi* num solo com diferentes níveis de água disponível (teor de

umidade entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente) para a cultura do amendoim (Figura 7). Três semanas após a infestação com ovos, as larvas e pupas do inseto foram recuperadas através do peneiramento do solo. Quando a água disponível foi inferior a 45%, a sobrevivência das formas imaturas do inseto foi drasticamente reduzida em relação à obtida quando o solo continha níveis de água disponível superior a 70%, evidenciando a importância dos altos níveis de umidade para o desenvolvimento desta espécie de inseto.

Condições de alta umidade do solo podem também ser inadequadas para a sobrevivência de insetos subterrâneos, como foi observado para corós. Gaylor e Frankie (1979) avaliaram a preferência de *Phyllophaga crinita* para oviposição e sobrevivência de ovos e larvas em diferentes níveis de umidade do solo. Os autores constataram que os níveis intermediários de umidade (10% e 20%) foram preferidos para o inseto ovipositar, condições essas que também proporcionaram maior sobrevivência das larvas quando comparadas aos extremos de umidade testados (Figura 8). Santos (1992) também constatou efeito semelhante da umidade do solo sobre a duração e viabilidade de ovos de *Phyllophaga cuyabana*, sendo os níveis intermediários de umidade (28,5% e 33,0%) mais favoráveis e os extremos (23,4% e 43,2%) mais deletérios para o desenvolvimento embrionário desta espécie de coró. Os mesmos níveis de umidade do solo considerados adequados para o desenvolvimento embrionário foram também favoráveis para o desenvolvimento da fase pupal de *P. cuyabana*.

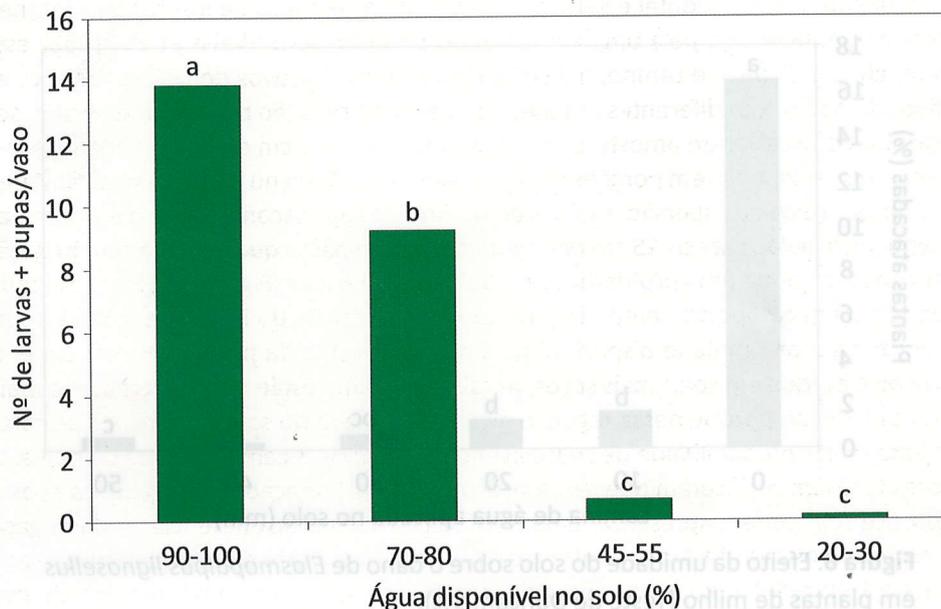


Figura 7. Sobrevivência de *Diabrotica undecimpunctata howardi* três semanas após a infestação (50 ovos/parcela) em função da água disponível no solo para a planta de amendoim (Teste de Duncan, 5%).

Fonte: Adaptada de Lumus et al. (1983).

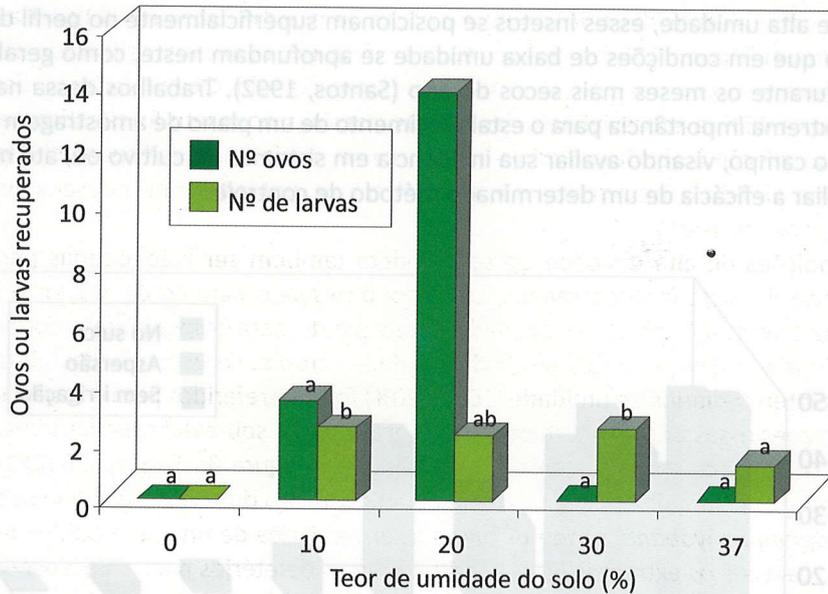


Figura 8. Oviposição e sobrevivência de larvas de *Phyllophaga crinita* em diferentes teores de umidade do solo (Teste de Duncan, 5%).

Fonte: Adaptada de Gaylor e Frankie (1979).

A distribuição horizontal e vertical de ovos, larvas e pupas de insetos subterrâneos é também influenciada pela umidade atual no perfil do solo. Weiss et al. (1983) estudaram, em condições de campo, a distribuição vertical dos ovos de *Diabrotica* spp. em cultivos de milho com diferentes regimes de irrigação (irrigação por sulco, aspersão, sem irrigação). Os ovos foram amostrados com sondas até a 40 cm de profundidade, sendo as amostras seccionadas em porções com intervalos de 5,0 cm no perfil do solo. Nas áreas irrigadas por sulco ou aspersão, os ovos de *Diabrotica* spp. encontravam-se predominantemente distribuídos até os 15 cm de profundidade, ao passo que, na área sem irrigação, foram encontrados a uma profundidade relativamente maior (Figura 9). Esses resultados evidenciam um comportamento diferenciado de oviposição do inseto na cultura do milho em função da umidade disponível no solo por ocasião da postura. Provavelmente, isso ocorre porque em solos mais secos, as raízes do milho estão disponíveis a uma maior profundidade, ou porque nessa região o nível de umidade do solo é maior, o que garantiria uma maior probabilidade de sobrevivência das larvas recém-eclodidas da praga. Os autores também verificaram que, em função do tipo de irrigação empregado, os ovos de *Diabrotica* spp. podem apresentar uma distribuição horizontal diferenciada: na irrigação por aspersão, os ovos foram encontrados mais uniformemente distribuídos com relação à linha e à entrelinha, ao passo que, na irrigação por sulco, um maior número de ovos foi encontrado na entrelinha. Isso, provavelmente, aconteceu porque os altos níveis de umidade geralmente observados na região do sulco podem ser deletérios para o desenvolvimento embrionário ou para a sobrevivência das larvas recém-eclodidas.

A movimentação vertical de larvas de escarabeídeos e de espécies de percevejo-castanho no perfil solo em função da umidade tem sido observada, no Brasil. Em con-

dições de alta umidade, esses insetos se posicionam superficialmente no perfil do solo, ao passo que em condições de baixa umidade se aprofundam neste, como geralmente ocorre durante os meses mais secos do ano (Santos, 1992). Trabalhos dessa natureza são de extrema importância para o estabelecimento de um plano de amostragem dessas pragas no campo, visando avaliar sua incidência em sistemas de cultivo ou, até mesmo, para avaliar a eficácia de um determinado método de controle.

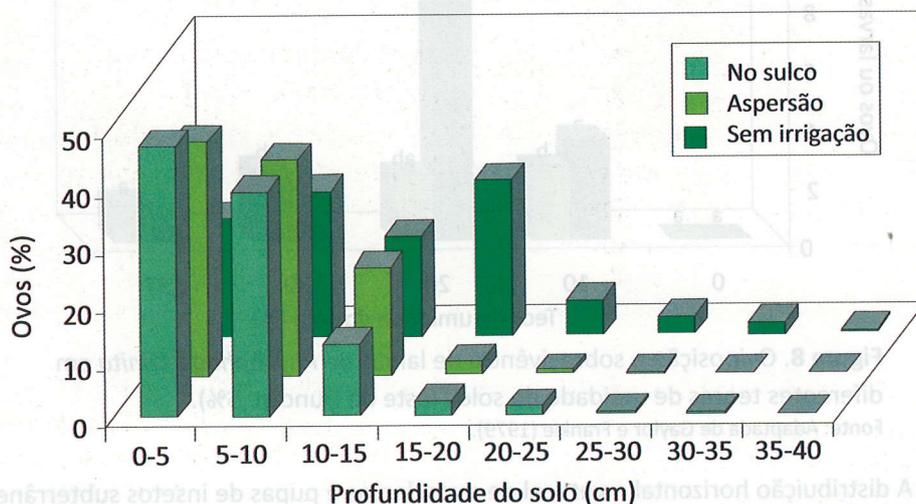


Figura 9. Influência do tipo de irrigação na distribuição vertical de ovos de *Diabrotica* spp. (% do total de ovos encontrados no perfil do solo).

Fonte: Adaptada de Weiss et al. (1983).

A umidade do solo pode afetar diferentemente os estádios de desenvolvimento dos insetos subterrâneos. Viana e Costa (1992) avaliaram o efeito da umidade do solo sobre o dano causado pela lagarta-elasmô, *Elasmopalpus lignosellus*, com diferentes idades de desenvolvimento (Figura 10). O aumento do teor de umidade no solo reduziu o dano causado pelo inseto no milho, independentemente da idade da lagarta utilizada na infestação. Entretanto, o efeito sobre o inseto sob condições de alta umidade (lâmina de 50 mm) foi mais drástico para as lagartas jovens (4 dias) do que para aquelas mais desenvolvidas (15 dias).

Como a umidade e a textura do solo são dois fatores muito relacionados, vários estudos têm sido conduzidos avaliando conjuntamente os seus efeitos sobre o desenvolvimento de insetos subterrâneos. Turpin e Peters (1971) avaliaram a sobrevivência de larvas de *Diabrotica undecimpunctata howardi* em função do teor de argila no solo e de dois níveis de água disponível para as plantas de milho (Figura 11). Os autores constataram que os efeitos do teor de argila na sobrevivência de larvas foram diferenciados em função do nível de água disponível no solo, ou seja, os efeitos da umidade e da textura do solo não foram aditivos, mas interativos, ao nível de 99% de probabilidade. Esses re-

sultados evidenciam a dificuldade de serem conduzidos estudos visando avaliar o efeito de apenas um desses fatores, como também a complexidade para interpretá-los conjuntamente em razão da sua interação.

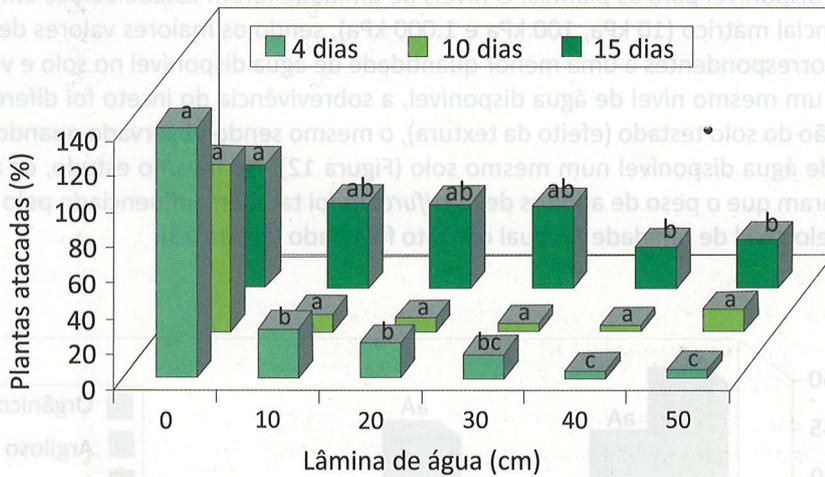


Figura 10. Efeito da umidade do solo sobre o dano causado por *Elasmopalpus lignosellus* em milho infestado por lagartas com idade de 4, 10 e 15 dias (Teste de Duncan, 5%).
Fonte: Adaptada de Viana e Costa (1992).

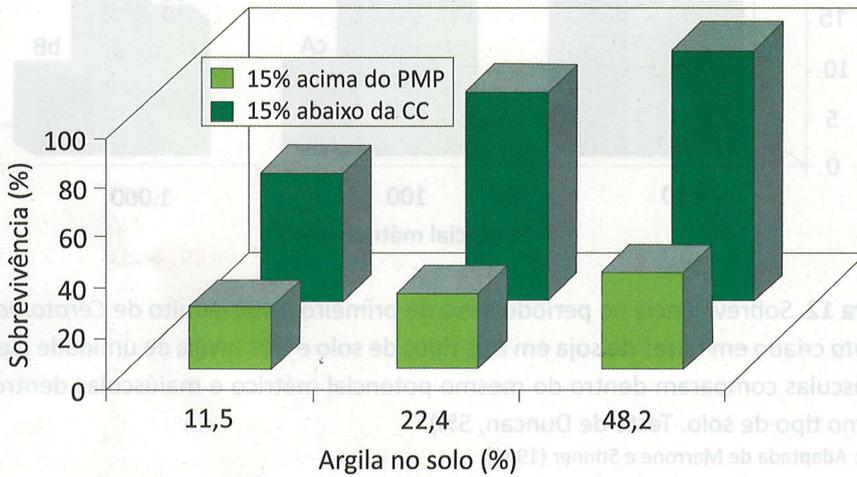


Figura 11. Sobrevivência de larvas de *Diabrotica undecimpunctata howardi* no solo em relação à sua percentagem de argila e aos níveis de umidade de 15% abaixo da capacidade de campo (CC) e 15% acima do ponto de murcha permanente (PMP).
Fonte: Adaptada de Turpin e Peters (1971).

Em outro estudo envolvendo os fatores umidade e textura do solo, Marrone e Stinner (1984) avaliaram a sobrevivência de formas imaturas de *Cerotoma trifurcata* quando criadas em soja, utilizando três tipos de solo (orgânico, argiloso e arenoso) e três regimes de água disponível para as plantas. Os níveis de umidade foram estabelecidos em função do potencial mátrico (10 kPa, 100 kPa e 1.000 kPa), sendo os maiores valores desse potencial correspondentes a uma menor quantidade de água disponível no solo e vice-versa. Para um mesmo nível de água disponível, a sobrevivência do inseto foi diferenciada em função do solo testado (efeito da textura), o mesmo sendo observado quando variou o nível de água disponível num mesmo solo (Figura 12). No mesmo estudo, os autores constataram que o peso de adultos de *C. trifurcata* foi também influenciado pelo tipo de solo e pelo nível de umidade no qual o inseto foi criado (Figura 13).

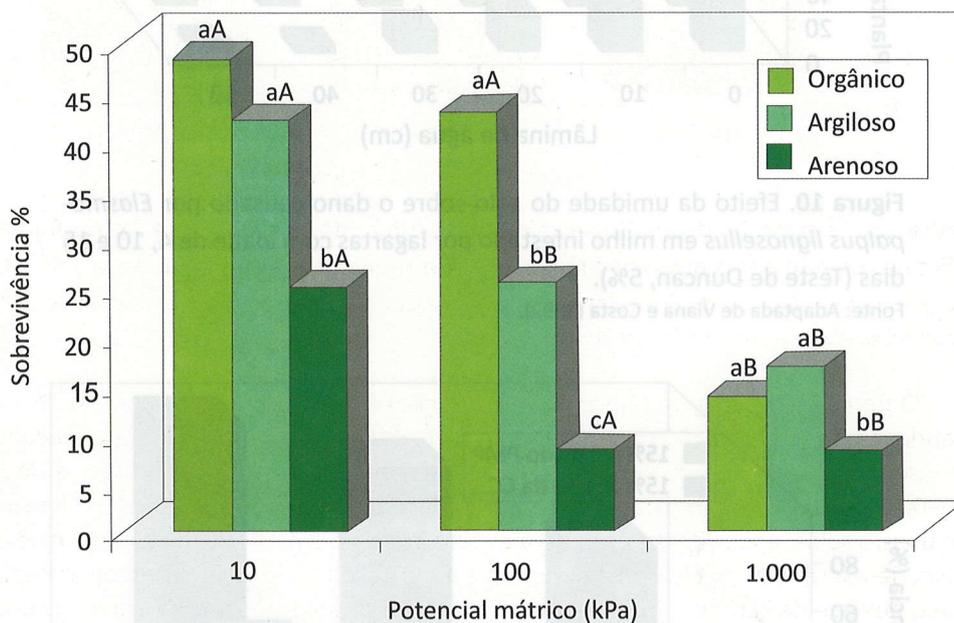


Figura 12. Sobrevivência no período larva de primeiro ínstar-adulto de *Cerotoma trifurcata* criado em raízes de soja em três tipos de solo e três níveis de umidade (Letras minúsculas comparam dentro do mesmo potencial mátrico e maiúsculas dentro do mesmo tipo de solo. Teste de Duncan, 5%).

Fonte: Adaptada de Marrone e Stinner (1984).

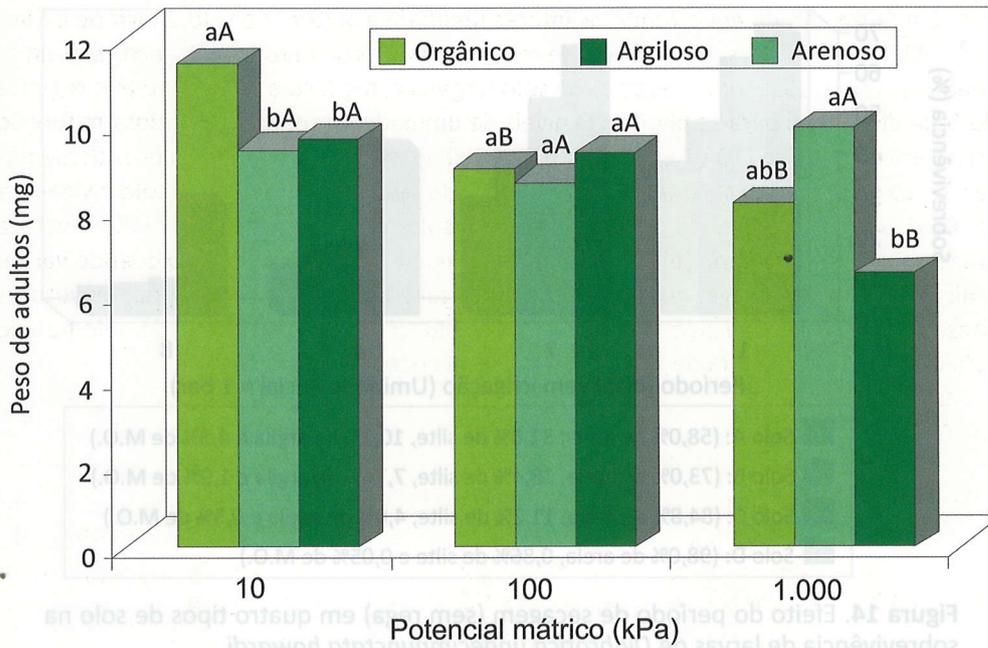


Figura 13. Peso médio de adultos de *Cerotoma trifurcata* criados em raízes de soja em três tipos de solo e três níveis de umidade (Letras minúsculas comparam dentro do mesmo potencial mátrico e maiúsculas dentro do mesmo tipo de solo. Teste de Duncan, 5%).
Fonte: Adaptada de Marrone e Stinner (1984).

O período de secagem (ausência de irrigação) a que um determinado solo é submetido, após uma irrigação ou uma chuva, pode afetar diferentemente a sobrevivência de insetos subterrâneos conforme o solo no qual eles se desenvolvem. Brust e House (1990a), avaliando a sobrevivência de larvas de *Diabrotica undecimpunctata howardi* em quatro solos, após diferentes intervalos sem irrigação a partir de um mesmo nível de umidade inicial (Figura 14), constataram que a mortalidade do inseto cresceu à medida que o período de secagem foi aumentado em todos os solos testados. Para um mesmo intervalo de rega, a sobrevivência do inseto também variou com o tipo de solo, sendo superior naqueles com maior teor de argila, o que evidencia o efeito da textura. Essa diferença na sobrevivência do inseto nos diferentes solos dentro de um mesmo período sem irrigação foi determinada pela capacidade do solo em perder mais ou menos água para o ambiente, cuja característica está associada ao seu teor de argila. De uma maneira geral, solos com maior capacidade de manutenção de água favorecem a sobrevivência dos insetos subterrâneos em condições de estiagens. Em um solo arenoso, que tem baixo poder de retenção de água, espera-se que a taxa de perda de água seja maior do que em solo argiloso, o qual tem alto poder de retenção de água. Esse padrão diferencial de retenção de água entre os solos pode explicar, em parte, os resultados de sobrevivência de *Diabrotica undecimpunctata howardi* obtidos por Brust e House (1990a), embora outras variáveis, como granulometria, aeração e temperatura do solo, possam também ter interagido afetando assim os resultados (Villani; Wright, 1990).

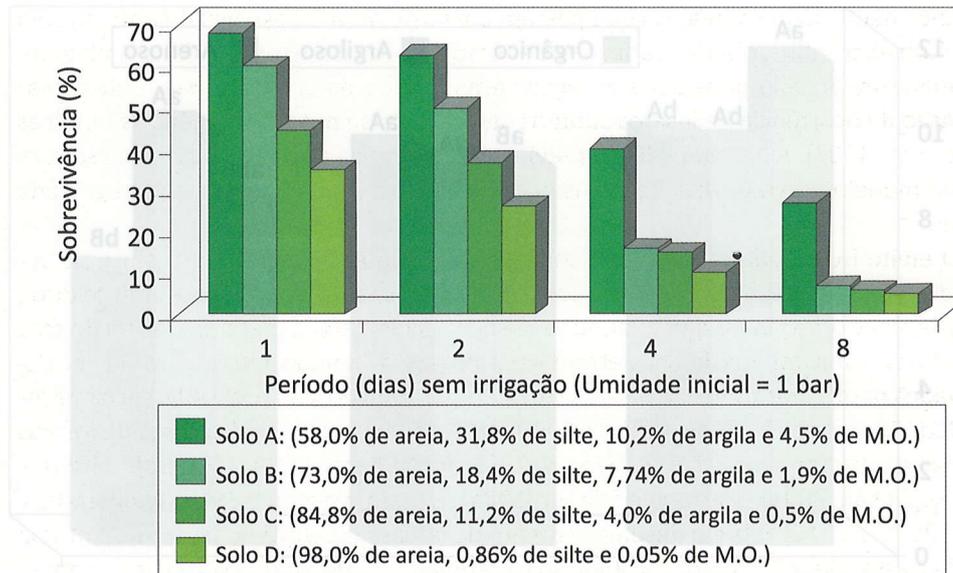


Figura 14. Efeito do período de secagem (sem rega) em quatro tipos de solo na sobrevivência de larvas de *Diabrotica undecimpunctata howardi*.

Fonte: Adaptada de Brust e House (1990a).

Temperatura do solo

Em condições naturais, a temperatura do solo é governada pelos fatores que controlam a transferência de calor que entra e sai do mesmo. O solo tem a capacidade de absorver a energia solar, cuja quantidade absorvida depende da intensidade da irradiação e das suas características e propriedades químicas, físicas e biológicas (Buckman; Brady, 1976). Solos úmidos apresentam maior condutância e menor incremento de temperatura do que solos secos, quando uma mesma quantidade de calor atinge a sua superfície. Assim, a energia solar penetra mais profundamente em solos úmidos, porém proporciona um menor aquecimento do que em solos secos (Kaya, 1990). As camadas mais profundas do solo sofrem menores variações de temperatura do que aquelas próximas à superfície, as quais tendem a se aquecer e se resfriar rapidamente em correspondência com os eventos climáticos relacionados à transferência de calor que ocorrem na atmosfera, tais como insolação, precipitação pluviométrica, geadas etc. Durante o dia, especialmente em condições de insolação, o fluxo de calor no solo ocorre das camadas mais superficiais para as mais profundas, invertendo-se durante a noite, quando a superfície do solo esfria.

Os insetos são considerados animais peclotérmicos, em que a temperatura do seu corpo varia de acordo com a do meio ambiente em que vivem até determinados limites.

Quando está calor a temperatura corporal dos insetos sobe, e desce quando a temperatura ambiental cai. A temperatura é um dos fatores ambientais que mais afeta a biologia e o comportamento dos insetos, sendo a curva de seu desenvolvimento função da temperatura que é uma característica específica do seu ciclo. Dessa forma, as espé-

cies tipicamente subterrâneas ou que passam uma fase do seu desenvolvimento no solo podem receber influência das variações de temperatura que ocorrem neste ambiente. A temperatura do solo pode ser empregada em modelos de graus-dia para determinar a previsão de ocorrência de insetos subterrâneos com base nas suas exigências térmicas (Mack et al., 1987). Ávila et al. (2002) previram a ocorrência de *Diabrotica speciosa* com base no modelo de graus dias deste inseto, tendo como base a temperatura registrada no solo.

O efeito isolado da temperatura sobre insetos subterrâneos é muito difícil de ser avaliado em razão da interação deste fator com outros fatores edáficos, como textura, umidade, cor e aeração. Assim, quando se deseja avaliar o efeito da temperatura do solo sobre o desenvolvimento de um determinado inseto, os demais fatores devem ser padronizados para evitar confusão na análise. A temperatura do solo pode influenciar na intensidade de oviposição (Keller; Miller, 1990), bem como no desenvolvimento de formas imaturas de insetos subterrâneos (Santos, 1992; Hall; Cherry, 1993; Woodson; Ellsbury, 1994; Sujii et al., 2001). Marrone e Stinner (1984) avaliaram o efeito de três temperatura (20 °C, 25 °C e 30 °C) sobre o desenvolvimento de larvas de *Cerotoma trifurcata* em soja em três classes de solos (orgânico, argiloso e arenoso) com um mesmo nível de umidade. Estes autores constataram que a sobrevivência do inseto variou em função da temperatura, sendo maior a 25 °C no solo orgânico; nos solos argiloso e arenoso, a sobrevivência foi maior a 20 °C, enquanto a temperatura de 30 °C foi a mais prejudicial para o inseto, independentemente do tipo de solo considerado (Figura 15).

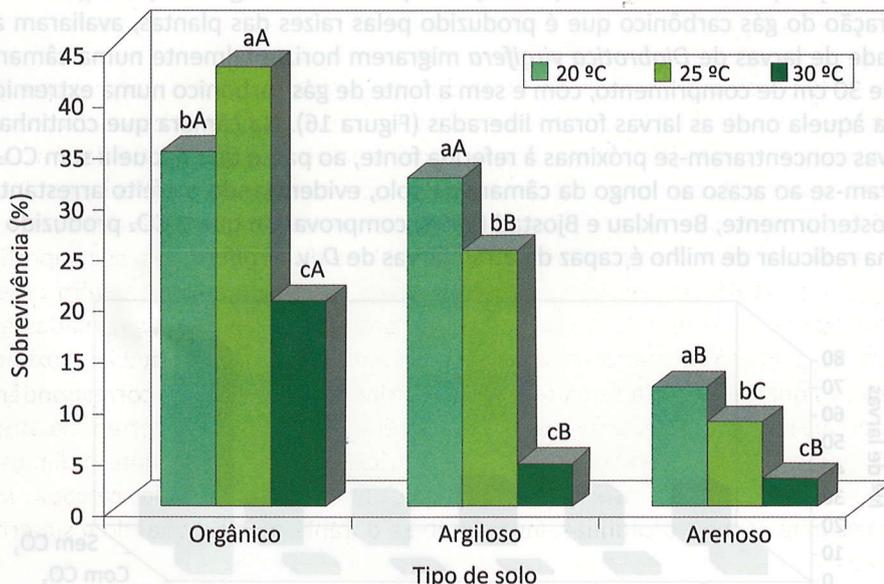


Figura 15. Sobrevivência de larvas de *Cerotoma trifurcata* alimentadas com soja sob três temperaturas e em três tipos de solo num mesmo nível de umidade (100 kPa) (Letras minúsculas comparam dentro do mesmo tipo de solo e maiúsculas dentro da mesma temperatura do solo. Teste de Duncan, 5%).

Fonte: Adaptada de Marrone e Stinner (1984).

Naranjo e Sawyer (1987), avaliando o desenvolvimento reprodutivo e a sobrevivência de *Diabrotica barberi* em sete temperaturas constantes (15,0 °C; 17,5 °C; 20,0 °C; 22,5 °C; 25,0 °C; 27,5 °C e 30,0 °C) em condições de laboratório, e verificaram que o regime de temperatura afetou significativamente os períodos de pré-oviposição, de oviposição e de pós-oviposição bem como a fecundidade e a longevidade dos insetos. A temperatura, em associação com a umidade, pode também afetar a atividade biológica de inseticidas (químicos e biológicos) no solo e, conseqüentemente, influenciar indiretamente no desenvolvimento dos insetos subterrâneos (Monke; Mayo, 1990).

Aeração do solo

A aeração do solo, especialmente no que se refere ao oxigênio (O₂) e gás carbônico (CO₂), é bastante dinâmica e influenciada pela umidade, textura, estrutura e compactação edáfica (Buckman; Brady, 1976). O oxigênio é encontrado tanto nos poros quanto na solução do solo e chega até este por difusão a partir da atmosfera (Kaya, 1990). As concentrações de oxigênio, de gás carbônico e de vapor de água no solo são frequentemente diferentes daquelas encontradas na atmosfera (Villani; Wright, 1990). O oxigênio tem importância tanto para o metabolismo e desenvolvimento dos insetos subterrâneos como para as sementes, raízes e tubérculos e substratos vegetais dos quais se alimentam.

O gás carbônico liberado pelas raízes das plantas pode atuar como uma substância arrestante para algumas larvas subterrâneas, orientando-se em direção à raiz para a alimentação (Strnad et al., 1986, Nardi, 2010). Strnad e Bergaman (1987), simulando a liberação do gás carbônico que é produzido pelas raízes das plantas, avaliaram a capacidade de larvas de *Diabrotica virgifera* migrarem horizontalmente numa câmara de solo de 30 cm de comprimento, com e sem a fonte de gás carbônico numa extremidade oposta àquela onde as larvas foram liberadas (Figura 16). Na câmara que continha CO₂ as larvas concentraram-se próximas à referida fonte, ao passo que naquela sem CO₂ distribuíram-se ao acaso ao longo da câmara de solo, evidenciando o efeito arrestante do gás. Posteriormente, Bernklau e Bjostad (1998) comprovaram que o CO₂ produzido pelo sistema radicular de milho é capaz de atrair larvas de *D. v. virgifera*.

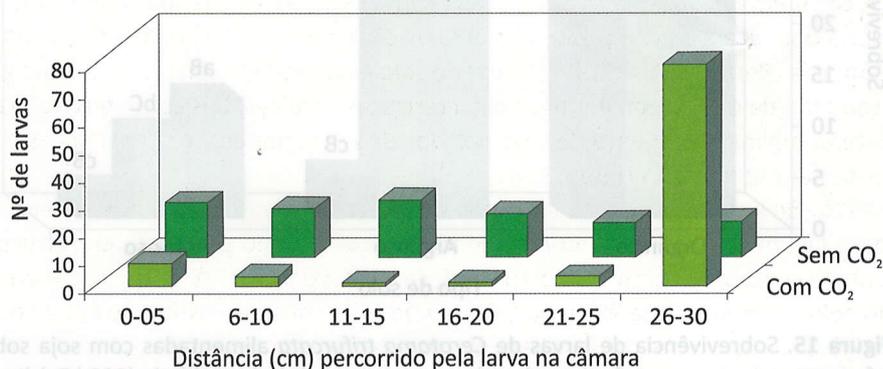


Figura 16. Distribuição horizontal de larvas de *Diabrotica virgifera virgifera* seis horas após a liberação na câmara de solo, com e sem o fornecimento de CO₂ numa das extremidades de câmara.

Fonte: Adaptada de Strnad e Bergaman (1987).

Densidade do solo

O tráfego excessivo de máquinas agrícolas na lavoura e/ou a utilização inadequada de implementos agrícolas durante o preparo do solo podem provocar um adensamento de suas partículas, acarretando um aumento na sua densidade, fenômeno denominado como compactação do solo (Buckman; Brady, 1976). Esse adensamento do horizonte agrícola, além de interferir diretamente no crescimento e no desenvolvimento das plantas, pode também afetar o desenvolvimento de macro e de microrganismos presentes no solo, bem como outros fatores intrínsecos do mesmo, tais como o diâmetro dos poros e a disponibilidade de água e de oxigênio.

O efeito da compactação do solo sobre os insetos subterrâneos pode ser analisado como consequência de práticas de manejo nos sistemas agrícolas ou até mesmo como tática de controle quando rolos compressores são utilizados especialmente em gramados e pastagens (Stewart et al., 1988). Ellsbury et al. (1994) avaliaram o efeito da compactação do solo na sobrevivência e no dano de *D. v. virgifera* em raízes de milho. Os autores, realizando infestações de larvas em solos com entrelinhas compactadas (por rodas de implementos agrícolas) e não compactadas, constataram que os danos às raízes do milho e a emergência de adultos foram reduzidos em parcelas que tinham o solo compactado. Isso, provavelmente, ocorreu em razão do efeito direto da compactação sobre o inseto ou, indiretamente, por algum outro fator edáfico que tenha proporcionado condições inadequadas para o desenvolvimento do inseto. Gustin e Schumacher (1989) verificaram que larvas de *D. v. virgifera* foram incapazes de se movimentar em solos com diâmetro de poros inferior a 0,15 mm e que, na densidade superior a 1,1 g/cm³, as larvas não se movimentaram no perfil do solo, embora MacDonald e Ellis (1990) tenham relatado que larvas de *Diabrotica* podem se movimentar em solos com densidade superior a esse nível.

Cor do solo

A cor é uma das características mais fáceis de serem percebidas nos solos, sendo a matéria orgânica e os compostos de ferro os principais agentes responsáveis por essa pigmentação (Resende et al., 1997). A cor do solo está também relacionada à sua gênese e ao seu grau de drenagem. Algumas características edáficas, tais como fertilidade, teor de matéria orgânica, presença de sesquióxidos de ferro, podem ser previstas baseando-se neste parâmetro físico (Jorge, 1985).

A relação entre cor do solo e insetos subterrâneos é muito pouco estudada. Todavia, para algumas espécies de Chrysomelidae, a cor do solo pode influenciar expressivamente o comportamento de postura. Marrone e Stinner (1983) argumentam que a cor do solo é um fator que influencia *Cerotoma trifurcata* na escolha do substrato para oviposição. Estes autores constataram que esta espécie preferiu ovipositar em solos orgânicos, de coloração mais escura, em relação a solos arenosos barrentos, de coloração mais clara. Milanez e Parra (2000) também verificaram que adultos de *Diabrotica speciosa* colocaram maior número de ovos em solos de coloração mais escura do que nos de

coloração mais clara. Avaliando o efeito da cor do tecido (gaze) utilizado como substrato artificial para oviposição de *D. speciosa* em laboratório, os mesmos autores constataram que as cores preta ou verde foram preferidas em relação à vermelha, amarela ou branca (Figura 17), comprovando a influência da coloração do substrato sobre a oviposição desta espécie.

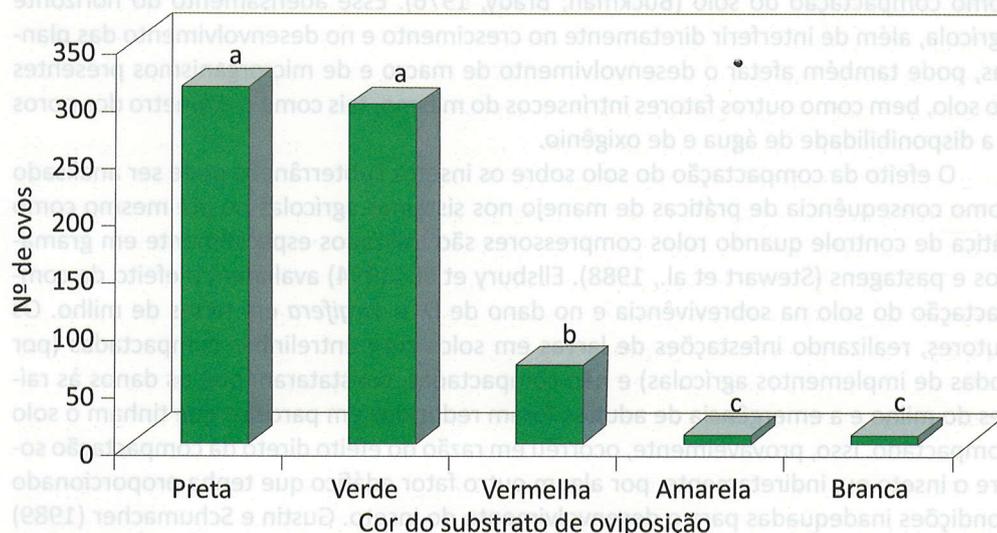


Figura 17. Número médio de ovos colocados por *Diabrotica speciosa* em diferentes cores de substrato (gaze umedecida em água) (Teste de Tukey, 5%).

Fonte: Adaptada de Milanez e Parra (2000).

Considerações finais

Os fatores físicos do solo podem interferir tanto no comportamento (incidência, postura, distribuição horizontal e vertical no perfil do solo) bem como no desenvolvimento (mortalidade de formas imaturas, peso de adultos etc.) dos insetos subterrâneos, favorecendo ou desfavorecendo a sua sobrevivência neste ambiente.

A textura tem influência direta sobre os insetos subterrâneos, observando-se que os solos argilosos, de um modo geral, favorecem o seu desenvolvimento em relação àqueles de textura mais arenosa. Já a temperatura no solo pode afetar a sobrevivência de insetos subterrâneos, efeito que está associado à textura, à cor e ao teor de umidade do mesmo. Todavia, a umidade é o principal fator edáfico que influencia no desenvolvimento dos insetos subterrâneos, podendo interferir no comportamento de postura, na sobrevivência e na distribuição horizontal e vertical dos insetos no perfil do solo. Os solos mais úmidos, geralmente, favorecem os insetos subterrâneos. A aeração do solo é influenciada pelo teor de umidade, já que a água e o ar concorrem pelo mesmo espaço físico (poros). O oxigênio contido na matriz do solo tem importância tanto para o metabolismo e desenvolvimento dos insetos subterrâneos como para o crescimento dos substratos vegetais dos quais eles se alimentam, ao passo que o gás carbônico pode atuar

como fator arrestante para alguns insetos, conduzindo-os em direção às raízes das plantas. A compactação do solo, caracterizada pelo aumento da sua densidade, pode reduzir a sua porosidade e, por sua vez, alterar a aeração e a capacidade de retenção de água, podendo assim refletir negativamente no desenvolvimento dos insetos subterrâneos.

A cor do solo está associada, sobretudo, à sua gênese e ao teor de matéria orgânica. De um modo geral, os insetos subterrâneos preferem ovipositar em solos mais escuros, os quais apresentam, geralmente, maior teor de matéria orgânica, melhor fertilidade e maior capacidade de retenção de água, condições que também são favoráveis à sobrevivência das plantas e, por consequência, dos insetos.

Além dos insetos tipicamente subterrâneos, os fatores físicos edáficos podem afetar o desenvolvimento de outros grupos de insetos que causam danos à parte aérea das plantas, mas que passam uma das fases de seu ciclo no solo (Azevedo; Parra, 1989; Eskafi; Fernandez, 1990; Salles et al., 1995; Sujii et al., 1995; Pires et al., 2000).

Em adição, os fatores físicos do solo podem, indiretamente, afetar os insetos subterrâneos alterando a bioatividade de inseticidas químicos no solo (Monke; Mayo, 1990) ou a eficácia de agentes de controle biológico, interferindo na atividade especialmente de fungos (Krueger et al., 1991; Raid; Cherry, 1992; Quintela; McCoy, 1998; Bento et al., 2004) e de nematoides entomopatogênicos (Kung et al., 1991; Ghally, 1995; Ebssa et al., 2001).

Finalmente, convém ressaltar que um dos maiores entraves para a condução dos ensaios com insetos no solo é a dificuldade em se separar os efeitos dos fatores físicos, químicos e biológicos que atuam nesse ambiente de forma aditiva ou interativa. Um melhor entendimento dos efeitos e dessas interações é de fundamental importância para o desenvolvimento de programas de manejo dos insetos-praga subterrâneos para uma cultura específica e uma dada região.

Referências

- ALLSOPP, P. G.; KLEIN, M. G.; MCCOY, E. L. Effect of soil moisture and soil texture on oviposition by Japanese beetle and rose chafer (Coleoptera: Scarabaeidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 85, n. 6, p. 2194-2200, 1992.
- ÁVILA, C. J.; MILANEZ, M. J.; PARRA, J. R. P. Previsão de ocorrência de *Diabrotica speciosa* utilizando o modelo de graus-dia de laboratório. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 4, p. 427-432, 2002.
- AWASTHI, C. J.; DWIVEDI, S. C. Preference of *Maladera insanabilis* Brsk. (Coleoptera: Scarabaeidae) beetles to different soil moisture conditions. **Pest Management and Economic Zoology**, v. 2, n. 1, p. 93-94, 1994.
- AZEVEDO, E. M. V. M.; PARRA, J. R. P. Influência da umidade em dois tipos de solo, na emergência de *Ceratitidis capitata*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 321-327, 1989.
- BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P.; MUCHOVEJ, R. M. C.; ARAÚJO, M. S.; DELLA LUCIA, T. M. C. Interações entre microrganismos edáficos e pragas de solo. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Ed.). **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Dourados: Embrapa

- Agropecuária Oeste; Cruz Alta: Fundacep Fecotrigo 2004. Cap. 3, p. 99-132.
- BERNKLAU, E. J.; BJOSTAD, L. B. Reinvestigation of host location by western corn rootworm larvae (Coleoptera: Chrysomelidae): CO₂ is the only volatile attractant. **Journal of Economic Entomology**, v. 91, p. 1331-1340, 1998.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.
- BRANDÃO, D. Relações espaciais de duas espécies de *Syntermes* (Isoptera, Termitidae) nos cerrados da Região de Brasília. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 35, n. 4, p. 745-754, 1991.
- BRUST, G. E. Effects of below-ground predator-weed interactions on damage to peanut by southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, v. 19, n. 6, p. 1837-1844, 1990.
- BRUST, G. E.; HOUSE, C. J. Effects of soil moisture, texture, and rate of soil drying on egg and larval survival of the southern corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, v. 19, p. 697-703, 1990a.
- BRUST, G. E.; HOUSE, C. J. Effects of soil texture, moisture soil, and weeds on oviposition preference of southern corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, v. 19, n. 4, p. 966-971, 1990b.
- BUCKMAN, H. O.; BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 594 p.
- CHALFANT, R. B.; MITCHEL, E. R. Some effects of food and substrate on oviposition of the spotted cucumber beetle. **Journal of Economic Entomology**, v. 60, n. 4, p. 1010-1012, 1967.
- CHANDRA, A.; SINGH, K. M.; BHATI, D. P. S. Egg laying behaviour of gravid females of mango mealy bug, *Drosicha mangiferae* Green, as influenced by soil moisture regimes. **Indian Journal of Entomology**, v. 51, n. 1, p. 101-104, 1989.
- CHERRY, R. H.; COALE, F. J.; PORTER, P. S. Oviposition and survivorship of sugarcane grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) at different soil moistures. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 4, p. 1355-1359, 1990.
- COLLINS, M. S. Physical factors affected termite distribution. **Sociobiology**, v. 19, n. 1, p. 283-286, 1991.
- DROPKIN, V. H. **Introduction to plant nematology**. New York: J. Wiley, 1980. 293 p.
- EBSSA, L.; BORGEMEISTER, C.; BERNDT, O.; POEHLING, H. M. Efficacy of entomopathogenic nematodes against soil-dwelling life stages of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 78, n. 3, p. 119-127, 2001.
- ELLSBURY, M. M.; SCHUMACHER, T. E.; GUSTIN, R. D.; WOODSON, W. D. Soil compaction on corn rootworm population in maize artificially infested with eggs of western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, v. 23, n. 4, p. 943-948, 1994.
- ESKAFI, F. M.; FERNANDEZ, A. Larval-pupal mortality of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) from interaction of soil, moisture, and temperature. **Environmental Entomology**, v. 19, n. 6, p. 1666-1670, 1990.

- GAYLOR, J. M.; FRANKIE, G. W. The relationship of rainfall to adult flight activity, and of soil moisture to oviposition behavior and first instar survival in *Phyllophaga crinita*. **Environmental Entomology**, v. 8, p. 591-594, 1979.
- GHALLY, S. E. Some factors affecting the activity and pathogenicity of *Heterohabditis heliothidis* and *Steinernema carpocapsae* nematodes. **Journal of the Egyptian Society of Parasitology**, v. 25, n. 1, p. 125-135, 1995.
- GUSTIN, R. D.; SCHUMACHER, T. E. Relationship of some soil pore parameters to movement of first-instar western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, v. 18, p. 343-346, 1989.
- HALL, D. G.; CHERRY, R. H. Effect of temperature in flooding to control the wireworm *Melonotus communis* (Coleoptera: Elateridae). **Florida Entomologist**, v. 76, n. 1, p. 155-160, 1993.
- JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 328 p.
- KAYA, H. K. Soil ecology. In: GAUGLER, R.; KAYA, H. K. (Ed.). **Entomopathogenic nematodes in biological control**. Boca Raton: CRC Press, 1990. Cap. 5, p. 93-115.
- KELLER, J. E.; MILLER, J. R. Onion fly oviposition as influenced by soil temperature. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 54, n. 1, p. 37-42, 1990.
- KRUEGER, S. R.; LILLANI, M. G.; NYROP, J. P.; ROBERTS, D. W. Effect of soil environment on the efficacy of fungal pathogens against scarab grubs in laboratory bioassays. **Biological Control**, v. 1, n. 3, p. 203-209, 1991.
- KUNG, S. P.; GAUGLER, R.; KAYA, H. K. Effects of soil temperature, moisture, and relative humidity on entomopathogenic nematode persistence. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 57, n. 2, p. 242-249, 1991.
- LUMUS, P. F.; SMITH, J. C.; POWELL, N. L. Soil moisture and texture effects on survival of immature southern corn rootworm *Diabrotica undecimpunctata howardi* Barber (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, v. 12, p. 1529-1531, 1983.
- MacDONALD, P. J.; ELLIS, C. R. Survival time of unfed, first-instar western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) and the effects of soil type, moisture, and compaction on their mobility in soil. **Environmental Entomology**, v. 19, n. 3, p. 666-671, 1990.
- MACK, T. P.; SMITH Jr., J. W.; REED, R. B. A mathematical model of the population dynamic of the lesser cornstalk borer, *Elasmopalpus lignosellus*. **Ecological Modelling**, v. 39, n. 3/4, p. 269-286, 1987.
- MALAGON, J.; GARRIDO, A.; BUSTO, T.; CASTANER, M. Influencia de algunos factores abióticos en la oviposición de *Capnodis tenebrionis* (L.) Coleoptera, Buprestidae. **Investigacion Agraria, Produccion y Proteccion Vegetales**, v. 5, n. 3, p. 441-446, 1990.
- MARRONE, P. G.; STINNER, R. E. Influence of soil moisture and texture on oviposition preference of the bean leaf beetle, *Cerotoma trifurcata* (Foster) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Environmental Entomology**, v. 12, n. 2, p. 426-428, 1983.
- MARRONE, P. G.; STINNER, R. E. Influence of soil physical factors on survival and development of the larvae and pupae of the bean leaf beetle, *Cerotoma trifurcata* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Canadian Entomologist**, v. 116, p. 1015-1023, 1984.

- MATTHIESSEN, J. N.; LEARMONTH, S. E. Enhanced survival and reproduction of whitefringed beetle (Coleoptera: Curculionidae) with irrigation of pasture in a dry summer environment. **Journal of Economic Entomology**, v. 85, n. 6, p. 2228-2233, 1992.
- MILANEZ, J. M.; PARRA, J. R. P. Preferência de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae) para oviposição em diferentes tipos e umidade de solo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 155-158, 2000.
- MONKE, B. J.; MAYO, Z. B. Influence of edaphological factors on residual activity of selected insecticides in laboratory studies with emphasis on soil moisture and temperature. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 1, p. 226-233, 1990.
- NAG, A.; NATH, P. Spatial distribution behaviour of cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufn.) (Lepidoptera: Noctuidae) in gram, *Cicer arietinum* L. (Leguminosae) field. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 33, n. 2, p. 457-468, 1990.
- NARANJO, S. E.; SAWYER, A. J. Reproductive biology and survival of *Diabrotica barberi* (Coleoptera: Chrysomelidae): effect of temperature, food, and seasonal time of emergence. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 80, n. 6, p. 841-848, 1987.
- NARDI, C. **Estímulos olfativos envolvidos no comportamento sexual e na seleção hospedeira de *Diabrotica speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae)**. 2010. 105 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- NORONHA, C.; CLOUTIER, C. Effect of soil conditions and body size on digging by prediapause Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 76, n. 9, p. 1705-1713, 1998.
- PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R.; FONTES, E. M. G.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Dry-season embryonic dormancy in *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae): roles of temperature and moisture in nature. **Environmental Entomology**, v. 29, n. 4, p. 714-720, 2000.
- QUINTELA, E. D.; MCCOY, C. W. Synergistic effect of imidacloprid and two entomopathogenic fungi on the behavior and survival of larvae of *Diapreps abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in soil. **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n. 1, p. 110-122, 1998.
- RAID, R. N.; CHERRY, R. H. Effect of soil parameters on pathogenicity of the fungus *Metarhizium anisopliae* to the sugarcane grub *Ligrus subtropicus* (Coleoptera: Scarabaeidae). **Florida Entomologist**, v. 75, n. 2, p. 179-184, 1992.
- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 2. ed. Viçosa: NEPUT, 1997. 367 p.
- RICKELMANN, K. M.; BACH, C. E. Effect of the soil moisture on the pupation behaviour of *Altica subplicata* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Great Lakes Entomologist**, v. 24, n. 4, p. 231-237, 1991.
- RIEDEL, W. E.; SUTTER, G. R. Soil moisture and survival of western corn rootworm larvae in field plots. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 68, n. 1, p. 80-84, 1995.
- RIIS, L.; ESBJERG, P. Season and soil moisture effect on movement, survival, and distribution of *Cyrtoneurus bergi* (Hemiptera: Cydnidae) within the soil profile. **Environmental Entomology**, v. 27, n. 5, p. 1182-1189, 1998.
- SALLES, L. A. B.; CARVALHO, F. L. C.; JUNIOR, C. R. Efeito da temperatura e umidade do solo sobre pupas e emergência de *Anastrepha fraterculus* (Wied). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 1, p. 147-152, 1995.

- SANTOS, B. **Bioecologia de *Phyllophaga cuyabana* (Moser, 1918) (Coleoptera: Scarabaeidae), praga do sistema radicular da soja (*Glycine max* (L.) Merrill, 1917)**. 1992. 111f. Tese (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SHAPIRO, J. P.; HALL, D. G.; NIEDZ, R. P. Mortality of the larval root weevil *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in simulated flooding. **Florida Entomologist**, v. 80, n. 2, p. 277-285, 1997.
- STEWART, K. M.; TOOR, R. F. van; CROSBIE, S. F. Control of grass grub (Coleoptera: Scarabaeidae) with rollers of different design. **New Zealand Journal of Experimental Agricultural**, v. 16, n. 2, p. 141-150, 1988.
- STRNAD, S. P.; BERGAMAN, M. K. Movement of first-instar western corn rootworms (Coleoptera: Chrysomelidae) in soil. **Environmental Entomology**, v. 16, p. 975-978, 1987.
- STRNAD, S. P.; BERGAMAN, M. K.; FULTON, W. C. First-instar western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) response to carbon dioxide. **Environmental Entomology**, v. 15, p. 839-842, 1986.
- SUJII, E. R.; GARCIA, M. A.; FONTES, E. M. G.; CARVALHO, V. Efeito da temperatura e da umidade sobre o término da diapausa de ovos e densidade populacional da cigarrinha-das-pastagens, *Deois flavopicta* (Stal) (Homoptera: Cercopidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 3, p. 465-478, 1995.
- SUJII, E. R.; GARCIA, M. A.; FONTES, E. M. G.; SILVA, S. M. B.; MEYER, J. F. C. A. Soil temperature and diapause maintenance in eggs of the spittlebug, *Deois flavopicta* (Homoptera: Cercopidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 61, n. 4, p. 605-613, 2001.
- TURPIN, F. T.; PETERS, D. C. Survival of southern and western rootworm larvae in relation to soil texture. **Journal of Economic Entomology**, v. 64, p. 1448-1451, 1971.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. Efeito da umidade do solo sobre a seleção do local de postura pela mariposa de *Elasmopalpus lignosellus*. In: REUNIÃO SOBRE PRAGAS SUBTERRÂNEAS DOS PAÍSES DO CONE SUL, 2., 1992, Sete Lagoas, MG. **Anais... Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS**, 1992. p. 184.
- VIANA, P. A.; COSTA, E. F. Efeito da umidade do solo sobre o dano da lagarta elasma, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) na cultura do milho. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, n. 2, p. 209-214, 1995.
- VILLANI, M. G.; WRIGHT, R. J. Environmental influences on soil macroarthropod behavior in agriculture systems. **Annual Review of Entomology**, v. 35, p. 249-269, 1990.
- WEISS, M. J.; MAYO, Z. B.; NEWTON, J. P. Influence of irrigation practices on the spatial distribution of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae), eggs in the soil. **Environmental Entomology**, v. 12, p. 1293-1295, 1983.
- WOODSON, W. D.; ELLSBURY, M. M. Low temperature effects on hatch of northern corn rootworm eggs (Coleoptera: Chrysomelidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 67, n. 1, p. 102-106, 1994.