

Potenciais contaminantes ambientais e subsídios para produção com qualidade na citricultura

Vera Lúcia Ferracini, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Fernando Carvalho Oliveira e Aderaldo de Souza Silva



Foto da página anterior: Reservatório de água em propriedade de produção de citros (Centro APTA Citros Sylvio Moreira, IAC)

1 Introdução

A citricultura é uma das atividades agrícolas de elevado custo com o tratamento fitossanitário de pomares, em decorrência, principalmente, dos requisitos dos mercados de produção de suco de fruta *in natura*. Estima-se que, no Brasil, os gastos com produtos fitossanitários e fertilizantes representam cerca de 60% do custo total de produção. Os índices de preços pagos pelos produtores para esses agroquímicos permitem a observação do aumento registrado nos últimos 20 anos (Tabela 1).

Acrescenta-se, também, que o cultivo de citros é realizado em diferentes agroecossistemas, em muitos dos quais a própria vulnerabilidade natural evidencia a necessidade de maior acompanhamento dos impactos ambientais negativos do sistema produtivo adotado.

Particularmente no Estado de São Paulo, essa avaliação se torna imprescindível, em decorrência das extensas áreas de monocultivos e condições edafoclimáticas que favorecem a ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas e requerem correção e manutenção da fertilidade do solos.

Diante desse quadro, essas áreas são marcadas com o uso de produtos fitossanitários, corretivos e adubos, elevando o potencial de contaminação ambiente local por esses produtos. Nesse particular, para atender às demandas de produção para o mercado externo (a que se destina seja ao consumo da fruta *in natura*, seja a produção de suco), o produtor necessita estar orientado por procedimentos que assegurem a adoção de Boas Práticas Agrícolas (BPA) ou *Good Agricultural Practices* (GAP) no campo. Esta, base dos programas de certificação de frutas mundialmente reconhecidos, favorecerá a produção com qualidade contribuindo para a proteção ambiental das áreas onde o sistema produtivo se encontra inserido.

2 Proteção ambiental

Para a proteção ambiental dos agroecossistemas de citros, devem-se conciliar as atividades humanas nele realizadas com a manutenção dos recursos naturais e com a melhoria da qualidade de vida da população local. Isso se dá por meio da orientação das atividades produtivas de forma a coibir a predação e da necessidade de adequação da exploração agrícola à capacidade de suporte do ambiente de produção.

Dessa forma, a implantação de processos que favoreçam a adoção de práticas conservacionistas de produção, concomitantemente àqueles relacionados à qualidade intrínseca ao produto, mostram-se prioritários.

Para a geração de produtos de qualidade existe, portanto, a necessidade de prevenção de riscos fortemente relacionados ao conhecimento dos fatores que possam ocasionar perigos e de seus pontos mais críticos. Nesse contexto, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define por perigo as “*causas potenciais de danos inaceitáveis, que possam tornar um alimento impróprio ao consumo e afetar a saúde do consumidor, ocasionar a perda da qualidade e da integridade econômica dos produtos. Genericamente, o perigo é a presença inaceitável de contaminantes biológicos, químicos ou físicos na matéria prima ou nos produtos semi-acabados ou acabados em não conformidade com o Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ) ou Regulamento Técnico estabelecido para cada produto*” (Elementos, 1999). Esse procedimento, portanto, culmina na necessidade de se investir em conhecimento, prevenção e controle dos produtos agropecuários nacionais (Pessoa et al., 2002).

O sistema Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) ou *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP), vem sendo adotado, mundialmente, por difundir a implantação de práticas voltadas à confiabilidade e transparência do processo de controle, segurança alimentar, qualidade aos produtos alimentícios, redução de custos e aumento de lucratividade. A qualidade de produto, segundo a APPCC, baseia-se no conhecimento dos perigos químicos, físicos e biológicos que podem ocorrer no ambiente de produção, além de outros relacionados às exigências do *Codex Alimentarius* (1996), higiene e sanificação, controle de pragas, qualidade dos fornecedores de insumos, controle metrológico, entre outros (Pessoa et al., 2002). Assim, concilia práticas de identificação de perigos e pontos críticos de controle, inseridos no sistema produtivo do produto, visando garantir suas qualidades física, química e biológica.

Uma vez que os produtos agropecuários são insumos de algumas indústrias (como as de alimentos, por exemplo), o sistema APPCC ampliou suas atividades também para esse setor. Assim, a preocupação com os produtos fitossanitários, fertilizantes e corretivos aplicados no processo produti-

Tabela 1 Índice de preços pagos pelos produtores para produtos fitossanitários e fertilizantes no período 1987 a 2003

Ano	Índice de preços pagos pelos produtores (IPP) ^a											
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Produtos fitossanitários												
1987	4,1E-07	4,3E-07	4,9E-07	6,3E-07	7,4E-07	8,8E-07	1,1E-06	1,2E-06	1,4E-06	1,6E-06	1,8E-06	2,0E-06
1992	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,17	0,20	0,26	0,32	0,39
1997	118,21	119,35	119,93	120,33	120,64	120,98	121,99	122,60	123,28	123,76	124,50	125,72
2002	211,55	213,72	215,24	214,29	217,88	223,81	232,92	238,63	246,89	254,17	259,40	263,31
2003	270,22	273,25	276,04	276,83	275,58	274,80	282,66	288,52	294,11	286,61	291,29	290,27
Fertilizantes												
1987	5,0E-07	5,4E-07	6,1E-07	9,1E-07	1,1E-06	1,5E-06	1,7E-06	1,8E-06	2,1E-06	2,3E-06	2,5E-06	2,6E-06
1992	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,18	0,22	0,28	0,33	0,41
1997	138,16	138,38	137,93	137,78	137,26	136,49	136,22	136,43	136,07	135,77	135,62	136,12
2002	212,38	213,51	214,32	211,15	211,30	216,35	226,76	239,23	245,11	266,48	273,38	278,60
2003	286,16	301,41	304,59	315,88	309,59	307,06	308,98	314,06	319,12	318,52	322,98	319,47

^a Índice: agosto/94 = 100

Fonte Índice (<<http://www.conab.gov.br>>) citada em <<http://www.agricultura.gov.br>>

vo (desde o preparo das mudas até o pós-colheita) vem sendo acompanhada como potenciais perigos químicos por esse sistema.

A Embrapa, no contexto do Projeto Alimento Seguro (PAS), antes denominado de Programa APPCC, vem coordenando as atividades do segmento campo no âmbito do Projeto PAS-campo (Convênio Sebrae/Senai/Embrapa). Por meio dele, vem incentivando a adoção de fundamentos do processo APPCC, inicialmente centrada em alguns produtos agropecuários (Pessoa et al., 2002).

Concomitantemente à difusão dos preceitos da APPCC, surgem as Boas Práticas Agrícolas que fomentam, junto ao produtor rural, a difusão de práticas que o auxiliem a efetivamente incorporar métodos de produção aliados à proteção ambiental visando a adoção de sistemas agrícolas sustentáveis. A *Food and Agriculture Organization* (FAO), órgão das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, no âmbito do *Integrated Production Systems* (PRODS-PAIA, 2004), fomenta procedimentos de BPA como base para ações governamentais internacional e nacional, para desenvolvimento de sistemas de produção agrícolas sustentáveis e, conseqüentemente, para que "possam oferecer produtos que atendam a requisitos de qualidade e sustentabilidade de exploração" (Workshop FAO/Embrapa-BPA, 12-15/8/2002). Nesse contexto, a FAO e a Embrapa estão, desde 2000 (Convênio FAO/Embrapa), compatibilizando BPA para as principais culturas brasileiras de exportação com as ações do PRODS-PAIA, integrando as atividades de BPA às do Projeto APPCC-campo.

Assim, as BPA descrevem procedimentos, quais sejam: *i*) escolha de variedades para implantação de novos pomares, levando em consideração a qualidade de sementes/mudas e garantia de procedência, tolerância a pragas, sanidade e restrições ao uso de organismos geneticamente modificados, *ii*) histórico e manejo local, *iii*) manejo de solo e substratos com mapeamento de tipos de solo e erosão, *iv*) uso de fertilizantes, tendo como requisitos a quantidade e a qualidade dos componentes nutricionais, registros de aplicações, níveis de nitrato e fosfato na água subsuperficial, armazenamento dos produtos, indicações de áreas de perigo e risco e restrições ao uso de esterco orgânico, *v*) utilização da irrigação mediante métodos apropriados, observando a qualidade e fontes de suprimentos de água, *vi*) proteção da cultura contra pragas, doenças e plantas daninhas, com a adoção do manejo

integrado de pragas (MIP), utilização de produtos fitossanitários registrados, observando as recomendações de aplicação com conhecimento dos procedimentos operacionais por parte dos encarregados e demais funcionários, com o intuito de orientá-los no emprego de equipamentos de proteção individual (EPI), equipamentos de pulverização e calibração, descarte de embalagens e calda, análise de resíduos de produtos fitossanitários, armazenamento de pesticidas, *vii*) colheita (higiene e armazenamento), *viii*) tratamento pós-colheita (uso de químicos e lavagem), *ix*) manejo de lixo e poluentes, reciclagem e reuso (plano de ação e identificação), *x*) saúde, segurança e bem-estar do trabalhador (treinamento, procedimentos de emergência, equipamentos, manuseio de produtos fitossanitários, higiene e bem estar), e *xi*) aspectos ambientais (impacto da propriedade no ambiente, política de conservação e vida selvagem, estabelecimento de áreas impróprias ao cultivo e aspectos legais).

As vantagens das BPA são as seguintes: *i*) contribuir para minimizar os custos de produção, *ii*) aumentar a aceitação de seu produto pelos mercados mais exigentes (principalmente junto às questões relativas à qualidade ambiental do produto e segurança do alimento), *iii*) fomentar a competência de técnicos e trabalhadores da propriedade, *iv*) auxiliar na identificação de perigos e pontos críticos de controle do sistema produtivo e implicações ambientais dos mesmos, e *v*) favorecer a organização da propriedade, para posterior inserção em processos de certificação de qualidade de produto e de gestão ambiental na mesma, entre outros.

Entre as certificações mais aceitas para frutas, no mercado europeu, por incorporarem práticas voltadas para a proteção ambiental do agroecossistema, estão as associadas ao protocolo Eurep-GAP, que tratam das Boas Práticas Agrícolas fomentadas pelo *Euro-Retailer Produce* (Eurep) e as normas de Produção Integrada de Frutas (PIF). A certificação do Eurep-GAP pode ser dada a um produtor individualmente ou a um grupo de produtores, pertencentes ou não a uma associação ou cooperativa. O protocolo define elementos essenciais para o desenvolvimento de boas práticas para a produção global de produtos hortifrutis. Essas diretrizes definem o padrão mínimo aceitável para conduzir grupos de produtores, que podem, contudo, também exceder o exigido pelo protocolo. Este não estabelece métodos a utilizar para as ações obrigatórias nem para as ações recomendadas.

Para a obtenção de certificação Eurep-GAP são realizadas inspeções na propriedade para verificar se está de acordo com todos os pontos críticos e critérios de controle estabelecidos em uma lista de controle ou checagem. As regras que conduzem as inspeções estão de acordo com a Norma Européia EM45004 (2004).

A Organização Internacional para Controle Biológico e Integrado de Animais e Plantas Nocivas (OILB) propôs o Sistema de Produção Integrada (PI). Segundo a definição da OILB, trata-se de *"um sistema de exploração agrária que produz alimentos e outros produtos de alta qualidade mediante o uso dos recursos naturais e de mecanismos reguladores para minimizar o uso de insumos e contaminantes e para assegurar uma produção agrária sustentável"*. Surgiu a partir de demandas da sociedade como um todo, no que se refere à produção de alimentos e insumos industriais como fibras, couro, entre outros, gerados pela produção agropecuária. Também veio para gerar empregos no campo para população de baixa renda e escolaridade e reduzir o êxodo rural para as grandes cidades. Inicialmente, visava otimizar o MIP nas fruteiras de clima temperado da Europa, técnica essa que vislumbra a redução do uso de produtos fitossanitários baseando-se em controles culturais, químicos e biológicos.

Na PI, faz-se especial ênfase ao enfoque holístico do sistema, que inclui a totalidade da exploração agrária como a unidade básica, no papel dos agroecossistemas, nos ciclos de nutrientes equilibrados e no bem-estar de todas as espécies de produção animal. A conservação e melhoria da fertilidade do solo e da diversidade do meio ambiente são componentes essenciais do sistema de produção. Equilibra-se, cuidadosamente, o uso de métodos biológicos, químicos e técnicos considerando o meio ambiente, a rentabilidade e as demandas sociais (Titi et al., 1995).

Desse modo, os produtos elaborados conforme as normas de Produção Integrada de Frutas (PIF), ou seja, o Sistema de Produção Integrada para Frutas, elegem um sistema de produção que elenca as melhores alternativas existentes para a exploração do sistema agrário. Também lista os instrumentos e técnicas para monitoramento ambiental e controle da cadeia produtiva e do pós-colheita, assegurando, assim, um menor risco de contaminação ambiental direta e indireta, e proporcionando uma diminuição gradativa dos custos de produção.

O processo de implementação de um sistema de produção integrada tem como pré-requisito a sua regulamentação, onde são estabelecidas as normas e os critérios a serem seguidos, bem como definidas as instituições responsáveis pela fiscalização do processo e emissão do atestado de qualidade.

A utilização da marca (ou selo) de produção integrada também deve ser direcionada por meio da publicação de normas oficiais, uma vez que existe a necessidade de diferenciar as produções agrícolas obtidas de sistemas de produção tradicionais daqueles garantidos pela produção integrada.

Na União Européia, a padronização dos requisitos e dos critérios para empresas certificadoras é editada e oficializada nas normas européias; a implementação prática de cada país, entretanto, é orientada pelas diretrizes estabelecidas pelos respectivos ministérios ou departamentos da agricultura dos países componentes, por meio das portarias editadas em meios oficiais.

No Brasil, as Diretrizes Gerais para a Produção Integrada de Frutas (DGPIF) e os Regulamentos Técnicos para a Produção Integrada de Manga e de Uvas Finas de Mesa do Brasil foram publicadas pelo MAPA (Diário Oficial da União, 2001). Os regulamentos para a Produção Integrada de Citros estão em fase final de elaboração pela Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro e pela Embrapa Meio Ambiente e serão enviados ao MAPA, em breve, para publicação.

Embora, muitas vezes, esses processos sejam onerosos na implantação, conferem ao produto selos de certificação, facilmente visíveis ao consumidor, que se tem tornado cada vez mais exigente em questões como segurança ambiental e alimentar.

Em particular, a preocupação com os agroquímicos utilizados, em especial atenção aos produtos fitossanitários vêm sendo alvo de atenção em todos os programas. A priorização desses produtos é resultante das consequências de seu uso no Brasil, que vêm sendo observadas desde a década dos setentas, especialmente para com o potencial de contaminação dos gêneros alimentícios por produtos fitossanitários (Rodrigues, 1998, citado por Pessoa et al., 2002).

3 Metais pesados

O crescimento populacional, sua concentração nos centros urbanos e as facilidades proporcionadas pela chamada "vida moderna" têm incrementado, sobremaneira, o consumo de alimentos

e de produtos industrializados. Em conseqüência, crescem cada vez mais as quantidades geradas de resíduos urbanos e industriais a uma taxa de produção maior do que aquela que exprime a capacidade do ambiente degradar, ocasionando os inúmeros problemas decorrentes de seu acúmulo.

Entre os meios convencionalmente utilizados para a disposição final desses resíduos estão os aterros sanitários, industriais ou mistos, a incineração e o bombeamento para oceanos. Esses meios, porém, já não são considerados suficientes ou adequados diante das quantidades produzidas e do reduzido número de tratamentos antes da disposição final.

Uma das alternativas mais promissoras para atenuar o problema é a possibilidade de uso agrícola de alguns resíduos como condicionadores de solo e/ou fonte alternativa de nutrientes. No entanto, além das características potencialmente benéficas desses resíduos, é comum a presença de metais em sua composição em vista do uso intensivo desses elementos nas atividades industriais.

Os metais de maior ocorrência em resíduos decorrentes da atividade antrópica são os seguintes: cádmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), chumbo (Pb) e zinco (Zn), que, juntamente com o mercúrio (Hg), têm recebido maior atenção quanto ao potencial para acúmulo em solos, absorção pelas plantas e contaminação de águas subterrâneas. Esses metais são conhecidos como metais pesados, assim chamados em virtude do peso específico maior que 5,0. Alguns são nutrientes de plantas como Cu e Zn, enquanto outros, como Cd, Pb e Hg tem associado a seu nome uma toxicidade potencial (Adriano, 1986; Alloway, 1990).

Resíduos provenientes de atividades agrícolas tais como palhas e esterco, têm sido utilizados desde os primórdios da agricultura como forma de aumentar a fertilidade dos solos. Atualmente, um novo aspecto deve ser considerado nesse uso, uma vez que, esterco de suínos, por exemplo, podem conter elevados teores de Cu e Zn em função do sistema de manejo dos animais.

O uso agrícola pode ter alguma restrição para resíduos produzidos em atividades industriais que adotam matéria-prima agrícola e onde, devido ao processamento industrial, são anexados elementos estranhos a ela. Como exemplo, podem-se citar os resíduos da indústria de papel e celulose, que utiliza sódio (Na) no processamento industrial, e resíduos de curtumes que faz uso do metal pesado Cr.

Ainda maior deve ser o grau de restrição para os chamados resíduos urbanos (lodo de esgoto e composto de lixo), já que, por via de regra, apresentam em sua composição concentrações apreciáveis de praticamente todos os metais potencialmente tóxicos ao ambiente.

3.1 Fatores que interferem no comportamento dos metais pesados no solo

Conhecer o comportamento dos metais pesados no solo é essencial para avaliar o impacto ambiental provocado pela disposição em solos agrícolas de resíduos, contendo esses elementos (Sposito et al., 1982). A extensão desse impacto está diretamente relacionada com a habilidade do solo em reter esses metais (Elliott et al., 1986).

O movimento vertical e descendente de contaminantes pelo perfil dos solos agrícolas pode significar um grande problema para a sociedade contemporânea. Em decorrência do crescente interesse pela utilização de determinados resíduos urbanos na agricultura, esse tema vem recebendo, nos últimos anos, maior atenção de pesquisadores, principalmente em relação a mobilidade de metais pesados (McBride et al., 1997).

Embora seja o solo uma barreira natural de proteção aos aquíferos subterrâneos, os fatores que governam sua capacidade em reter metais pesados são extremamente complexos, o que dificulta sobremaneira o seu entendimento e as possibilidades de previsões acerca do comportamento desses elementos, principalmente a longo prazo. Sabe-se que a maior ou menor mobilidade dos metais pesados através do solo será determinada por seus atributos como teores e tipos de argila, pH, capacidade de troca catiônica, matéria orgânica, entre outros, influenciados por reações de adsorção/desorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução.

Na maioria dos casos, a mobilidade de metais pesados, em solos tratados com lodo de esgoto, tem sido apontada como nula ou muito baixa (Emmerich et al., 1982; Chang et al., 1984; Williams et al., 1987). A persistência da capacidade do solo, no entanto, em reter tais elementos, em função do tempo e dos níveis de ocorrência da contaminação, dos fatores climáticos envolvidos e das taxas de degradação da carga orgânica dos diferentes resíduos contaminantes, vem sendo muito questionada (McBride et al., 1995, 1997; Camobreco et al., 1996).

De maneira geral, as pesquisas têm demonstrado que os metais Cr, Cu, Ni e Pb apresentam baixa mobilidade (Williams et al., 1987); enquanto Zn e principalmente o Cd são relativamente móveis (Lamy et al., 1993; Oliveira & Mattiazzo, 2001) e, portanto, apresentam maior potencial para contaminar o subsolo e as águas subterrâneas.

3.2 Acúmulo de metais pesados no solo

Os metais pesados podem expressar seu potencial poluente diretamente sobre os organismos dos solos, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar por meio das próprias plantas ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície (Logan & Chaney, 1983; Chang et al., 1987; Levine et al., 1989).

O acúmulo desses elementos no solo, em decorrência da disposição de lodo de esgoto ou composto de lixo, vem sendo apontado nos EUA desde a década de 70 (King & Morris, 1972; Chang et al., 1984; Williams et al., 1987).

No Brasil, esse potencial de acúmulo foi verificado nos trabalhos de Oliveira (1995) e Marques (1996) entre outros. No entanto, devido aos vários fatores que influenciam o comportamento desses elementos nos ecossistemas, existem grandes dificuldades na interpretação e na reprodução ou aplicação dos resultados de pesquisa (Singh & Keefer, 1989), principalmente no que diz respeito à intensidade de absorção dos metais pesados pelas plantas e as possibilidades de tais elementos alcançarem concentrações fitotóxicas avaliadas nos solos e/ou nas plantas.

McBride (1995) argumentou que a lenta degradação da matéria orgânica do lodo poderia liberar metais em formas mais solúveis, atribuindo a esse fenômeno a chamada "hipótese da bomba-relógio". Essa hipótese postula que a capacidade do solo em adsorver metais pesados é aumentada pela matéria orgânica adicionada via lodo de esgoto. No entanto, com o tempo seguido da interrupção das aplicações, essa capacidade tende a voltar a seu valor original, liberando metais pesados para a solução do solo.

A contaminação causada por metais pesados em solos tratados com resíduos urbanos é verificada, freqüentemente, pelos teores totais desses elementos no solo. Já, para avaliar a extensão dessa contaminação, no que se refere aos efeitos

causados nas plantas e na cadeia alimentar, são necessários conhecimentos acerca das concentrações disponíveis às plantas (Leschber et al., 1985).

Em solos contaminados com metais pesados, principalmente naqueles casos em que essa contaminação é devida à aplicação de resíduos orgânicos, diversos trabalhos têm demonstrado que a absorção desses elementos, com freqüência, não se comporta linearmente com as quantidades de metais aplicadas ou presentes nos solos (Barbarick et al., 1995; Logan et al., 1997). Esse comportamento, além dos fatores ligados às espécies vegetais, são provavelmente devidos a uma série de reações no solo que indisponibilizam tais elementos às plantas.

Esse fenômeno natural constitui mais um extrator artificial, o que, sem dúvida, apresenta outra dificuldade para as pesquisas. Dessa forma, fica clara a necessidade de trabalhos nessa área do conhecimento, principalmente nas condições brasileiras onde estudos desta natureza, em solos contaminados, são incipientes.

4 Resíduos de agrotóxicos

A definição mais aceitável para resíduos de agrotóxicos (termo utilizado na Legislação Brasileira para pesticidas) é a do *Codex Alimentarius* (FAO/OMS, 1987), que entende como resíduo "toda a substância presente em um produto alimentício destinado ao homem ou a animais como consequência de um pesticida". O conceito de resíduos engloba não somente os restos de uma molécula de um agrotóxico em sua forma original, mas também todos os produtos de reação, conversão, assim como todos os seus metabólitos com significância toxicológica (Coscolla, 1993).

Do ponto de vista analítico pode-se diferenciar três tipos de resíduos: *i*) substância ativa e seus metabólitos primários (metabólitos próximos à molécula original), que, geralmente, têm caráter lipofílico e são extraíveis por solventes específicos, normalmente apolares, *ii*) produtos conjugados, oriundos da matéria-prima ou de seus metabólitos, que são normalmente hidrossolúveis e podem ser extraídos por água ou solventes polares, e *iii*) metabólitos ligados covalentemente, que são insolúveis e não extraíveis.

Os resíduos de agrotóxicos são expressos normalmente em proporção de pesos, isto é, em

miligramas de resíduo por quilograma do produto (mg kg^{-1}), que é equivalente a "parte por milhão" (ppm) (Coscolla, 1993).

Deve-se considerar que nem todo agrotóxico aplicado atinge o alvo, ou seja, a planta, pois parte vai para o solo, podendo ser lixiviado para os rios, contaminando assim as águas superficiais e subterrâneas, parte sofre os efeitos de deriva, outra se evapora no momento da aplicação. Existem muitos fatores que influenciam na quantidade de agrotóxico que atinge a planta: natureza do agrotóxico, formulação, características da aplicação, condições meteorológicas e conformação da copa, entre outros.

Quando o agrotóxico é aplicado sobre o vegetal, os resíduos vão diminuindo progressivamente, a partir do momento da aplicação, por influência de diversos fatores como a natureza da cultura, velocidade de desenvolvimento da planta, características da molécula do agrotóxico, tipo de formulação aplicada, fatores climáticos (temperatura, vento, pluviosidade, umidade relativa, insolação), entre outros. Esse conjunto de fatores determina o modelo e a velocidade de dissipação do agrotóxico e, conseqüentemente, a quantidade de resíduo desse produto em um dado momento de tempo e local (Coscolla, 1993).

Segundo Coscolla (1993), no caso particular dos frutos cítricos, que possuem glândulas de óleos essenciais na casca ou epicarpo, uma parte importante dos agrotóxicos aplicados são retidos tanto nas glândulas como na camada lipofílica da epiderme do fruto, pois a maioria dos agrotóxicos são compostos apolares. Isto é uma vantagem para o consumidor já que o agrotóxico não penetra na polpa, que é a parte que se consome, porém, é um inconveniente para o produtor e comerciante porque aumenta a persistência dos resíduos podendo assim acarretar problemas legais. Cita-se, como exemplo, a vida média residual do inseticida malation, aplicado em diversos produtos, que é maior nos cítricos que nos demais frutos (Tabela 2) (Coscolla, 1993).

Como descrito, a penetração do agrotóxico não é determinada somente pela natureza do cultivo/produto mas, depende também de várias propriedades do agrotóxico. Dessa forma, os dados sobre resíduos de agrotóxicos não podem ser extrapolados facilmente de determinados cultivos para outros.

Tabela 2 Valores de meia vida residual de malation em produtos cítricos e em outros frutos

Produto	Meia vida residual de malation	
	dias	
Limão	8-32	
Laranja	7	
Maçã	2-3	
Pêssego	4-6	
Tomate	3	

4.1 Fatores que determinam a periculosidade dos resíduos de agrotóxicos

Os agrotóxicos são biocidas, isto é, atuam contra seres vivos e, portanto, sua utilização pode apresentar riscos para o aplicador, para o meio ambiente e para o consumidor. Existem grandes diferenças no modo de ação, penetração no organismo, metabolismo, eliminação e toxicidade para os seres humanos, o que torna difícil as generalizações sobre sua periculosidade. A periculosidade dos resíduos de um agrotóxico é determinada por fatores como: toxicidade da molécula, características do produto e sua formulação, transformações metabólicas, acumulação através da cadeia alimentícia e grau de exposição do ser humano aos resíduos (Coscolla, 1993).

A toxicidade é a característica que possui uma substância ou metabólito, em determinada dose, de ocasionar prejuízos à saúde por ações químicas ou físico-químicas. Ela pode ser aguda ou crônica. A aguda é classificada de acordo com as vias pelas quais o agrotóxico pode penetrar no ser humano: oral, dérmica e por inalação.

Com relação à toxicidade crônica, o objeto de interesse é conhecer os aspectos relacionados às possibilidades cancerígenas, efeitos mutagênicos, teratogênicos ou alterações na reprodução, neurotoxicidade, possíveis efeitos retardados e efeito sobre a reação imunológica. O conhecimento de todos esses parâmetros toxicológicos requer laboriosos estudos, cujos resultados podem estar sujeitos a críticas e discussões, especialmente na extrapolação dos resultados para o homem. A Organização Mundial de Saúde (WHO, 1990) considera que muitos dos efeitos da toxicidade aguda são facilmente reconhecidos.

Antes do seu registro, vários estudos toxicológicos são realizados, para garantir o máximo de informa-

ções sobre o produto e prever suas conseqüências antes de aprovar sua liberação para uso comercial.

Particularmente, os órgãos mais exigentes em termos de registros de agrotóxicos são a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - *Environmental Protection Agency* (EPA), e as autoridades da Europa, a partir da entrada em vigor da Diretiva 91/414/CEE, que trata do registro e comercialização de produtos fitossanitários na União Européia.

Além da toxicidade do produto, a maioria dos protocolos de certificação também são exigentes quanto à forma de utilização dos agrotóxicos, no que se refere ao uso de equipamentos e máquinas adequados e avaliação da eficiência da aplicação, visando diminuir problemas de contaminações indesejáveis de áreas não alvo ou do aplicador. Essa também é uma das prioridades da PIF, por exemplo, que exige que os equipamentos de aplicação sejam empregados com toda a segurança para o aplicador, a cultura e os recursos naturais do ambiente de produção, e que a eficiência da aplicação seja realizada de forma periódica, orientada por calibração e controle dos pulverizadores. Esse protocolo também alerta sobre a necessidade de atenção para com treinamentos do operador e para com a utilização de equipamento de proteção individual, entre outros (Fachinello & Herter, 2000).

4.1.2 Proibição do uso de determinados agrotóxicos

Em muitos casos, o uso de determinados agrotóxicos é proibido em função do longo período de persistência de seus resíduos. Por exemplo, na União Européia, o emprego de inseticidas clorados de alta persistência, como aldrin, dieldrin, endrin, heptacloro, clordano, DDT e HCH, entre outros, está proibido.

Quando se compara a persistência dos agrotóxicos clorados com os fosforados e carbamatos, verifica-se que o tempo para degradação de 80% dos clorados no solo varia cerca de 25 a 60 meses; dos fosforados três meses, e dos carbamatos, de um a três meses (Coscolla, 1993).

Os frutos cítricos podem ser transformados em sucos, óleos essenciais, farelo de polpa etc. Como a maior parte dos agrotóxicos não penetra na polpa ou, pelo monitoramento, comprova-se que está presente em quantidade insignificante nesses produtos, espera-se que o suco se encontre geralmente livre de resíduos.

Entretanto, quando os óleos essenciais são obtidos prensados a frio, seguido por clarificação e centrifugação, julga-se que não ocorra a degradação do agrotóxico; assim, pode haver a presença de resíduos. Como exemplo, foi verificada a ocorrência da distribuição de resíduos de pesticida em diversas frações do fruto da laranja, que foram coletados após 60 dias de tratamento com metidation. Pelos resultados verificou-se que as concentrações de metidation na pele, no fruto inteiro, na polpa e no óleo essencial foram de 4,0, 0,61, 0,05 e 65,0 mg kg⁻¹ respectivamente (Coscolla, 1993).

Em geral, qualquer agrotóxico poderá ser utilizado em determinadas culturas desde que legalmente autorizados.

4.1.3 Limites máximos de resíduos

O "Limite Máximo de Resíduos" (LMR), ou tolerância, é a quantidade máxima permitida por lei, de resíduo de determinado agrotóxico sobre um produto agrícola. Em outras palavras, é o maior nível de resíduo que poderia haver em um alimento, decorrente da aplicação de um agrotóxico, aceito para consumo humano ou animal. É expresso em miligramas de agrotóxico por quilograma de peso do alimento fresco (mg kg⁻¹).

A preocupação em estabelecer os LMR permitidos para agrotóxicos em alimentos é proteger a saúde do consumidor. Nesste sentido, diversos organismos nacionais e internacionais estão encarregados de estabelecer tais limites. Em 1962, foi criada a Codex Alimentarius Commission, um organismo internacional da ONU, subsidiário da FAO e da OMS, encarregado de proteger a saúde dos consumidores, e que consta, hoje, com mais de 150 nações participantes. A contribuição do Codex é o estabelecimento dos valores de LMR, que podem ser aceitos livremente pelos países membros.

Em geral, o assessoramento desses organismos tem sido efetuado pelo *Joint Meeting on Pesticides Residues* (JMPR), que consiste num grupo de peritos em resíduos de agrotóxicos da OMS e de um painel de especialistas sobre resíduos em alimentos e no meio ambiente da FAO: seus peritos estimam os valores de LMR em diversos grupos de alimentos, para os agrotóxicos cujos valores de "Ingestão Diária Aceitável" (IDA) já tenham sido fixados pelo grupo da OMS. Nos Estados Unidos, a EPA é o organismo responsável pelo estabelecimento das tolerâncias e o *Food and Drug Administration* (FDA), o responsá-

vel pelo cumprimento dos limites. Na União Européia, existem diretrizes que estabelecem os LMR, e as quais devem ser adotadas por todos os estados membros. Tais diretrizes variam conforme a classe dos agrotóxicos e os tipos de alimentos estudados.

Em princípio, para a determinação dos LMRs em vegetais e/ou produtos de origem vegetal são realizados ensaios desenvolvidos no campo e no laboratório, no conceito de "Boas Práticas Agrícolas e Boas Práticas de Laboratório". Os ensaios no Brasil são regidos pelas Diretrizes da Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa) e pelos requisitos do Comitê do Codex sobre Resíduos de Pesticidas (CCPR) (GARP, 2002).

A importância dos LMR do Codex para o comércio internacional adquiriu dimensão maior desde a entrada em vigor, em 1995, do acordo sobre a aplicação de medidas sanitárias e fitossanitárias da Organização Mundial do Comércio (OMC). Os LMR estabelecidos pelo Codex devem ser aceitos pelos estados membros, e para que um governo rejeite a entrada de um alimento com esses valores deverá ser justificado tecnicamente porque existe a restrição para proteger seus consumidores. O Brasil, como membro da ONU, a princípio segue as orientações do Codex, sendo casos específicos estabelecidos por meio de portarias da Anvisa.

Os estados membros do Codex enfrentam, atualmente, obstáculos que os impedem de harmonizar os seus limites com os do Codex. Para tal, foi criada a *International Conference on Harmonisation (ICH)*, uma organização composta por representantes de órgãos fiscalizadores da Europa, do Japão e dos Estados Unidos, a qual tem por objetivo harmonizar as diferentes legislações existentes na área de alimentos e fármacos, indicar e recomendar práticas a serem adotadas (Krull & Swartz, 1999).

Os critérios utilizados para a determinação dos LMR têm recebido algumas críticas, pois, em certos casos, têm sido obstáculo no comércio internacional, muitas vezes injustificado. São considerados dois critérios básicos: um toxicológico e outro agrônomo. Por uma parte, a ingestão diária de resíduos de agrotóxicos deve ser tal que se tenha segurança de que não provocará efeitos nocivos (critério toxicológico) e, por outra, o agrotóxico tem que possuir uma eficácia adequada sobre a praga que se deseja combater com a menor quantidade possível (critério agrônomo).

As BPA exigem o uso de agrotóxicos registrados para a cultura. O controle de uma mesma praga pode ser efetuado mediante o uso de agrotóxicos

menos agressivos em determinados países que utilizam LMR mais rígidos, quando comparados aos aceitos por outros países. Ressalta-se, também, que no momento de efetuar um tratamento fitossanitário, o agricultor não sabe, normalmente, o país de destino da fruta ou hortaliça e, conseqüentemente, os agrotóxicos permitidos.

As discrepâncias podem ser variadas e atingir diversos aspectos. Em alguns países, é considerado como resíduo somente o oriundo do composto original, enquanto, em outros, incluem-se o composto de origem e mais algum metabólito ou até mesmo o composto original com diversos metabólitos. Podem ocorrer, também, diferenças nas legislações relacionadas a que partes do produto agrícola são aplicados os LMR. Em alguns casos, considera-se somente a parte comestível do produto; em outros, o produto inteiro, tal como circula no comércio.

Atualmente, estão sendo realizados esforços para harmonização, tanto ao nível europeu como mundial. No mundial, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial de Saúde (OMS), através da Comissão *Codex Alimentarius*, vem se preocupando com os resíduos de agrotóxicos, publicando periodicamente uma lista de LMR internacionalmente recomendados. Esses limites são indicados e não são obrigados nas legislações dos países, como ocorre com as diretivas da CEE em escala européia. As causas da não aceitação dos LMR propostos pelo Codex em diferentes países são variadas, mas são úteis para muitos países que tomam como ponto de partida a comparação para fixação de seus LMR e isso se torna um estímulo para a harmonização.

5 Grade de agrotóxicos utilizadas na PIF-Citros

A grade de agrotóxicos, definida para a PIF-Citros no Brasil, com os LMR em diversos países (Boletim de Avisos, 2001) é apresentada na Tabela 3.

5.1 Potencial de transporte de agrotóxicos da grade da PIC

O uso de modelos matemáticos do tipo *screening* vem auxiliando vários órgãos internacionais de fiscalização fitossanitária na priorização de compostos menos agressivos ao ambiente para sua utilização e para o estabelecimento de prioridades para monitoramento local (Pessoa et al., 1997).

Tabela 3 Grade de agrotóxicos para a PIF citros do Brasil (PIC) e máximo limite de resíduos (LMR) para países importadores

Produto	Local							
	UE/CEE	Espanha	Alemanha	França	Holanda	Reino Unido	EUA	Canadá
mg kg ⁻¹								
Abamectim	- ^a	0,01	0,01	-	0,01	S ^b	0,02	0,02
Captana	-	0,50	-	-	-	-	-	-
Diuron	-	0,30	-	-	-	-	-	-
Folpete	-	0,50	-	-	-	-	-	-
Glifosato	-	0,10	-	-	-	-	-	-
Fosetil-Al	-	6,00	0,2	5	0,2	S	0,5	S
Imazalil	-	5,00	-	-	-	-	-	-
Mancozebe	5	-	-	-	-	-	S	S
Oxifluorfen	-	0,05	-	-	-	-	-	-
Paraquat	-	0,05	-	-	-	-	-	-
Procloraz	10	-	-	-	-	-	-	-
Sulfosate	-	-	-	-	-	-	-	-
Tebuconazole	-	0,05	-	-	-	-	-	-
Tiabendazole	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Tiofanato metil	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Triflumuron	-	0,05	-	-	-	-	-	-
Trifluralina	-	0,05	-	-	-	-	-	-

^a Não disponível

^b S = Sem LMR

O índice de Gus (Gustafson, 1989), um desses modelos, vem sendo bem difundido ao longo dos últimos 20 anos, sendo incorporado também a rotinas de simuladores computacionais de análise de dinâmica de agrotóxicos no ambiente. O método de Goss (Goss, 1992) também possibilita avaliar o potencial de transporte dos agrotóxicos, tanto associado a sedimentos (SED) quanto dissolvido em água (DIS). Assim, dá um indicativo do potencial de transporte por escoamento superficial (erodido) ou por lixiviação (associado à água).

A seguir são apresentados os resultados das análises dos índices de Gus e do Método de Goss para alguns dos produtos presentes na grade da PIC (Tabela 4).

Ressalta-se, contudo, que o potencial de transporte, resultante desses modelos, dá apenas indicativos de tendências da dinâmica do produto, levando em consideração somente as propriedades principais do agrotóxico e não suas interações com outras variáveis ambientes locais. Assim, essa avaliação isolada não é própria para justificar a exclusão de uso de determinados princípios ativos,

mas para auxiliar na priorização daqueles que devam ser monitorados.

Dos produtos pertencentes à grade da PIC, em uma avaliação utilizando dados médios de literatura de seus principais parâmetros, verifica-se que, apesar de não apresentarem tendência à lixiviação, dois produtos permanecem na faixa de transição - diuron e procloraz - ambos foram classificados como de alto potencial de transporte dissolvido em água, portanto, devem ter lixiviação monitorada localmente, sobretudo em casos da existência de lençóis subsuperficiais ou presença de aquíferos nas áreas de cultivo.

Glifosato, mancozebe, tebuconazole e tiabendazole foram classificados como de altos potenciais associados a sedimento e dissolvido em água, e, assim, as águas superficiais devem ser monitoradas localmente, pois os produtos apresentam alta tendência de serem transportados em solos carregados pelas águas das chuvas. Cuidado deve ser dado também a trifluralina, em especial para monitoramentos do produto associado a sedimento (solo) em função do alto potencial registrado pelo método de Goss.

Tabela 4 Potencial de transporte dos agrotóxicos da grade da PIC pelos índice de Gus e pelo método de Goss

Produto	Classificação ^a	Índice de Gus ^b		
		GUS	Método de Goss ^c	
			Goss-SED	Goss-DIS
Abamectim	I, A	NL	M	M
Captana	F	NL	B	M
Diuron	H	FT	M	A
Folpete	F	NL	M	M
Glifosato	H	NL	A	A
Fosetil-Al	F	NL	B	M
Imazalil	- ^d	-	-	-
Mancozebe	F	NL	A	A
Oxifluorfen	-	-	-	-
Paraquat	H	NL	A	B
Procloraz	F	FT	M	A
Sulfosate	-	-	-	-
Tebuconazole	F	NL	A	A
Tiabendazole	F	NL	A	A
Tiofanato metil	F	NL	M	M
Triflumuron	-	-	-	-
Trifluralina	H	NL	A	M

^a A = Acaricida; I = inseticida; H = herbicida; F = fungicida

^b NL = Não lixivia; FT = faixa de transição; B = baixo potencial; M = médio potencial; A = alto potencial

^c Indicativo de transporte: SED = sedimento e DIS = dissolvido em água

^d Não avaliados por falta de informações

6 Considerações finais

A questão de ocorrência de resíduos em produtos vegetais não é simples, pois, além de ter implicações na proteção das culturas, também incide sobre a saúde pública, dos recursos naturais e comercial.

Cada vez mais, a população em geral, consumidores desses produtos, vem sendo esclarecida quanto a problemas ambientais e de contaminação de alimentos, tornando-se mais exigente quanto ao processo de produção de produtos agropecuários. O impacto da mídia e da pressão da população vem deflagrando, em todo o mundo, a busca por selos que atestem a qualidade do produto e, nos mercados mais exigentes, a garantia de qualidade ambiental do processo de produção.

Desse modo, a adoção de Boas Práticas Agrícolas no campo, concomitante à proposição de processos de produção de alimentos seguros do campo à mesa (PAS-campo) vem sendo fomentada no Brasil e incorporada aos Programas de certificação de frutas em curso no País (como o protocolo Eurep-GAP e a PIF). Em todos eles, entretanto,

constata-se a preocupação com o potencial de contaminação de agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos), tanto para os recursos naturais quanto para a segurança do alimento a ser consumido.

Em particular, a Produção Integrada de Citros teve seu início fundamentado nesses processos e programas e, portanto, contempla ações específicas para com o uso de agroquímicos, bem como para a tecnologia de aplicação, educação ambiental e descartes.

A grade de agrotóxicos da PIC é uma prova de que esses programas e protocolos de certificação vêm incentivando, cada vez mais, a adoção de produtos menos agressivos ao meio ambiente.

Neste capítulo, foram apresentadas considerações sobre esses temas, de modo a sensibilizar o leitor para a necessidade de conciliar as demandas de produção à segurança alimentar e à qualidade ambiental do sistema de produção. Espera-se, dessa forma, contribuir para a adoção de práticas que, verdadeiramente, vão ao encontro da sustentabilidade da agricultura.

7 Referências bibliográficas

- ADRIANO, D.C. *Trace elements in the terrestrial environment*. New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.
- ALLOWAY, B.J. *Heavy metals in soils*. New York: John Wiley & Sons, 1990. 339p.
- BARBARICK, K.A.; IPPOLITO, J.A.; WESTFALL, D.G. Biosolids effect on phosphorus, copper, zinc, nickel, and molybdenum concentrations in dryland wheat. *J. Env. Quality*, v.24, p.608-611, 1995.
- BOLETIM DE AVISOS. Espanha. n.5, p.18-19, abr. 2001.
- CAMOBRECO, V.J. et al. Movement of heavy metals through undisturbed and homogenized soil columns. *Soil Sci.*, v.161, p.740-750, 1996.
- COSCOLLA, R. *Resíduos de plaguicidas en alimentos vegetales*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1993. 205p.
- CHANG, A.C. et al. Accumulation of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *J. Env. Quality*, v.13, p.87-91, 1984.
- CHANG, A.C. et al. Effects of long term sludge application on accumulation of trace elements by crops. In: PAGE, A.L.; LOGAN, T.J.; RYAN, J.A. *Land application of sludge - food chain implications*. Chelsea: Lewis Publishers, 1987. p.53-66.
- CODEX ALIMENTARIUS. Organização Mundial da Saúde: Roma, 1996.
- DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. *Instrução Normativa Nº 20, de 27 de setembro de 2001*. diretrizes gerais para a produção integrada de frutas - DGPIF e os regulamentos técnicos para a produção integrada em manga e em uvas finas de mesa. Número 197, Segunda-feira, 15 de outubro de 2001.
- ELEMENTOS de apoio para o sistema APPCC. Projeto APPCC. Convênio CNI/Senai/Sebrae. Brasília: Senai/DN, 1999. 371p. (Série Qualidade e Segurança Alimentar).
- ELLIOTT, H.A.; LIBERATI, M.R.; HUANG, C.P. Competitive adsorption of heavy metals by soils. *J. Env. Quality*, v.15, p.214-217, 1986.
- EMMERICH, W.E. et al. Movement of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *J. Env. Quality*, v.11, p.174-178, 1982.
- NORMA EUROPÉIA EM45004. Disponível em: <<http://www.eurep.org>>. Acesso em 5 ago. 2004.
- FACHINELLO, J.C.; HERTER, F. G. (Ed.). *Normas de produção integrada de frutas de caroço (PIFC)*. Palotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. 46p. (Circular Técnica, 19).
- FAO/OMS. Estúdio FAO. *Producción y protección vegetales*. Roma, n.84, 1987.
- GARP. *Critérios mínimos para a condução de estudos de resíduos*. 2002. p.117. (Manual).
- GOSS, D.W. Screening procedure for soils and pesticides for potential water quality impacts. *Weed Technology*, v.6, p.701-708, 1992.
- GUSTAFSON, D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v.8, p.339-357, 1989.
- ÍNDICE de preços pagos pelos produtores (IPP) - agrotóxicos. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>, citada em: <<http://www/agricultura.gov.br>>. Acesso em 4 ago. 2004.
- INTEGRATED *Production Systems (PRODS-PAIA)*. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 4 ago. 2004.
- KING, L.D.; MORRIS, H.D. Land disposal of liquid sewage sludge II. The effect on soil pH, manganese, zinc, and growth and chemical composition of rye (*Cecale cereale* L.). *J. Env. Quality*, v.1, p.425-429, 1972.

- KRULL, I.; SWARTZ, M. *The international Conference on Harmonization*. LC-GC N. Am., v.17, p.857, 1999.
- LAMY, I.; BOURGEOIS, S.; BERMOND, A. Soil cadmium mobility as a consequence of sewage sludge disposal. *J. Env. Quality*, v.22, p.731-737, 1993.
- LESCHBER, R.; DAVIES, R.D.; L'HERMITE, P. *Chemical methods for assessing bioavailability metals in sludge and soils*. London: Elsevier, 1985. 96p.
- LEVINE, M.B. et al. Heavy metal concentrations during ten years of sludge treatment to an old-field community. *J. Env. Quality*, v.18, p.411-418, 1989.
- LOGAN, T.J.; CHANEY, R.L. Metals. In: WORKSHOP ON UTILIZATION OF MUNICIPAL WASTEWATER AND SLUDGE ON LAND, 1983, *Proceedings...* Riverside: University of California, 1983. p.235-323.
- LOGAN, T.J. et al. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. *J. Env. Quality*, v.26, p.534-550, 1997.
- McBRIDE, M.B. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? *J. Env. Quality*, v.24, p.5-18, 1995.
- McBRIDE, M.B. et al. Mobility and solubility of toxic metals and nutrients in soil fifteen years after sludge application. *Soil Sci.*, v.162, p.487-500, 1997.
- MARQUES, M.O. *Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar*. 1996. 111p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciência Agrárias e veterinárias, Unesp, Jaboticabal.
- OLIVEIRA, F.C. *Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto*. 1995. 106p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.
- OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E. Mobilidade de metais pesados em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. *Sci. Agric.*, v.58, p.807-812, 2001.
- PESSOA, M.C.P. et al. *Principais modelos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas*. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. 83p. (Documentos, 8).
- PESSOA, M.C.P.; SILVA, S.A.; CAMARGO, C.P. *Qualidade e certificação de produtos agropecuários*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 188p. (Texto para Discussão 14).
- RODRIGUES, G.S. Contaminação ambiental por pesticidas e resíduos no Cone Sur. In: PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR. *Racionalización del uso de pesticidas em el Cono Sur/IICA-PROCISUR*. Montevideo: PROCISUR, 1998. 90p. (Diálogo - IICA/PROCISUR, 50).
- SINGH, R.N.; KEEFER, R.F. Uptake of nickel and cadmium by vegetables grown on soil amended with different sewage sludges. *Agric. Eco. Env.*, v.25, p.27-38, 1989.
- SPOSITO, G.; LUND, L.J.; CHANG, A.C. Trace metal chemistry in arid-zone field soil amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in solid phases. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, v.46, p.260-264, 1982.
- TITI, A.; BOLLER, E.F.; GENDRIER, J.P. (Ed.). *Producción integrada: principios y directrices técnicas*. IOBC/WPRS Bulletin, 1995. v.18, 22p.
- WHO (Organização Mundial de Saúde). *Public health impact of pesticides used in agriculture*. Geneve: Ed. WHO, 1990, 178p.
- WILLIAMS, D.E. et al. Metal movement in sludge-amended soils: a nine-year study. *Soil Sci.*, v.143, p.124-131, 1987.

