



Meio Ambiente

A irrigação é fundamental para a segurança alimentar, tanto nas regiões secas, ao permitir a agropecuária que de outra forma seria inviável, como nas áreas férteis, onde essa atividade é otimizada pelo uso intensivo e controlado da água. O Brasil conta hoje com 3,5 milhões de hectares de terras irrigadas.

Do ponto de vista ambiental, o tema **Agricultura Irrigada** pode ser encarado sob dois aspectos: pelos seus benefícios, pois é uma forma de maximizar a produção em áreas propícias, o que contribui para diminuir a pressão pela expansão da agricultura sobre áreas preservadas; e pelos riscos que oferece, pois a aceleração do ciclo biogeoquímico obtida nos sistemas irrigados pode causar distúrbios indesejados no ambiente.

Nos oito capítulos desta obra são sintetizados os principais resultados obtidos pela equipe multi-institucional da Embrapa Meio Ambiente, da ESALQ/USP, do IBAMA e da Universidade de Paris, França, que por mais de uma década pesquisaram temas ambientais relacionados à agricultura irrigada em Guaíra/SP.

Esta publicação é principalmente voltada para pesquisadores, professores e estudantes das áreas agropecuária e ambiental, mas é também uma prestação de contas para com agricultores, profissionais da área da saúde, da extensão rural, da assistência técnica, professores e membros de organizações não-governamentais de Guaíra/SP, que participaram de forma anônima das diferentes fases da pesquisa.

Apoio



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



IMPACTO AMBIENTAL DA AGRICULTURA IRRIGADA EM GUAÍRA - SP

Embrapa

IMPACTO AMBIENTAL DA AGRICULTURA IRRIGADA EM GUAÍRA - SP

Editores técnicos

Pedro José Valarini
Alfredo José Barreto Luiz



Embrapa

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Sílvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Marcelo Barbosa Saintive
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Sílvio Crestana
Diretor-Presidente

Tatiana Deane de Abreu Sá
José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura
Chefe-Geral

Ladislau Araújo Skorupa
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz
Chefe-Adjunto de Administração

Ariovaldo Luchiari Júnior
Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000 Jaguariúna, SP
Fone: 19-3867-8750 Fax: 19-3867-8740
sac@cnpma.embrapa.br www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações:

Cláudio Cesar de Almeida Buschinelli, Heloísa Ferreira Filizola, Ladislau Araújo Skorupa (Presidente), Manoel Dornelas de Souza, Maria Amélia de Toledo Leme, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Marta Camargo de Assis, Osvaldo Machado R. Cabral, Sandro Freitas Nunes.

Revisão de texto
Tais Amstalden Menegatti

Editoração eletrônica
Silvana C. Teixeira Estevão

Normalização bibliográfica
Maria Amélia de Toledo Leme

Capa
Silvana C. Teixeira Estevão

Projeto gráfico
Silvana C. Teixeira Estevão

Foto da capa
Arquivo Embrapa Meio Ambiente

1ª edição

1ª impressão (2006): 1000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n.º 9610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo deste livro desde que citada a fonte.

CIP. Brasil. Catalogação na publicação.

Impacto ambiental da agricultura irrigada em Guaíra - SP / editores técnicos, Pedro José Valarini, Alfredo José Barreto Luiz. – Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2006. 173p. il.

ISBN

1. Agricultura. 2. Irrigação. 3. Impacto ambiental. I. Luiz, Alfredo José Barreto. II. Título.

CDD 631.587

© Embrapa Meio Ambiente, 2006

Luís Gonzaga de Toledo

Mestre em Ecologia, Analista Ambiental da Diretoria de Licenciamento Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, Sede, Bloco C, Coordenadoria Geral de Licenciamento PILIQ ou DILIQ, SCEN, Trecho 270818-900, Brasília, DF. lgtolledo2000@yahoo.com.br

Magda Aparecida de Lima

Doutora em Geociências e Meio Ambiente, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. magda@cnpma.embrapa.br

Marcos Corrêa Neves

Doutor em Sensoriamento Remoto, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. marcos@cnpma.embrapa.br

Pedro José Valarini

Pós-Doutor em Microbiologia Ambiental, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. valarini@cnpma.embrapa.br

Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto

Pós-Doutora em Química Orgânica, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. rosa@cnpma.embrapa.br

Vera Lúcia Ferracini

Doutora em Química Orgânica, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. veraf@cnpma.embrapa.br

sobre o comportamento de agrotóxicos no solo e, no capítulo oito, de Pedro José Valarini, Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto e Hasime Tokeshi que tratam da comparação do efeito do manejo convencional e alternativo sobre o meio biótico do solo em agricultura irrigada.

Com a diversidade de temas que apresenta e a linguagem eminentemente científica utilizada, é uma obra voltada para pesquisadores, professores e estudantes do ensino superior que atuam na área ambiental, mas é também um documento de prestação de contas da equipe de pesquisa para com as populações de Guaíra, SP: agricultores, profissionais da área da saúde, da extensão rural, da assistência técnica, professores da rede pública/privada, membros de organizações não-governamentais, que na sua maioria, participaram de forma anônima das diferentes fases da pesquisa.

Enfim, a obra sintetiza os resultados do esforço de uma equipe multi-institucional que, de forma pioneira, formatou e desenvolveu um projeto temático e interdisciplinar de meio ambiente em agricultura irrigada praticada em larga escala.

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral da Embrapa Meio Ambiente

Finalmente, ficam aqui o reconhecimento e o agradecimento do Sindicato Rural de Guaíra, da Federação da Agricultura do Estado de São Paulo, através do seu presidente, Dr. Fábio de Sales Meirelles, e de todos os produtores de Guaíra, a todos os envolvidos nestes vários projetos, em especial à Embrapa, na pessoa do pesquisador Pedro José Valarini, que fizeram de Guaíra, mais uma vez, uma referência de pesquisa e desenvolvimento na agricultura, o que certamente contribuirá para o infindável crescimento sustentável da produção agrícola do país.

Portanto, é com orgulho que prefaciamos esse livro, pois sabemos que a contribuição dos nossos produtores no levantamento das informações sobre o seu cotidiano de busca pela eficiência, produtividade e rentabilidade (com seus acertos e erros), sempre preocupados com o ambiente que os envolve, proporcionará um instrumento para o desenvolvimento sustentável de nossa agricultura em perfeita sintonia com a preservação ambiental.

Engenheiro Agrônomo José Eduardo Coscrato Lelis
Presidente do Sindicato Rural de Guaíra

Dentre as soluções adotadas para contornar esses problemas, a integração de práticas agrícolas, como o manejo mais adequado da irrigação e dos agrotóxicos e a adoção do sistema de plantio direto, promoveu a recuperação e melhoria de algumas das características produtivas das terras na região, como, por exemplo, a agregação do solo. Essa nova forma de exploração procura minimizar o impacto ambiental da agricultura irrigada.

Devido à importância agrícola do município e à complexidade dos problemas desencadeados, foi necessário estabelecer diversas parcerias, nos anos 80 e 90, entre a Secretaria Municipal de Agricultura e as instituições de pesquisa, ensino e extensão rural, como a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), o Instituto Agrônômico (IAC), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP). Essas parcerias visaram, além de realizar pesquisas, promover o desenvolvimento de conhecimentos tecnológicos, resultando em trabalhos científicos, dissertações e teses, a nível nacional e internacional, bem como, em recomendações técnicas de interesse direto dos produtores rurais.

Os capítulos deste livro descrevem diversos estudos realizados na região por pesquisadores da Embrapa e seus parceiros.

Os Editores

Capítulo 4

Caracterização do uso de agrotóxicos.

Caracterização do uso de agrotóxicos no município de Guaíra, SP, para o período de 1993 a 1995, em função das principais culturas agrícolas e dos ingredientes ativos mais utilizados no município. Apresentação da a estrutura de trabalho montada para o tratamento e a análise dos dados do receituário agrônomo.

Marcos Corrêa Neves e Alfredo José Barreto Luiz 79

Capítulo 5

Eficiência de deposição de agrotóxicos em culturas rasteiras.

Fatores que afetam a eficiência na aplicação de agrotóxicos – que tem sido caracterizada como uma ciência aplicada, de natureza multidisciplinar, envolvendo conhecimentos nas áreas de biologia, engenharia e química.

Aldemir Chaim e Pedro José Valarini 91

Capítulo 6

Impacto dos agroquímicos nos recursos hídricos.

Avaliação da qualidade da água nos sistemas hídricos da região, em função das atividades agrícolas, agroindustriais e urbanas.

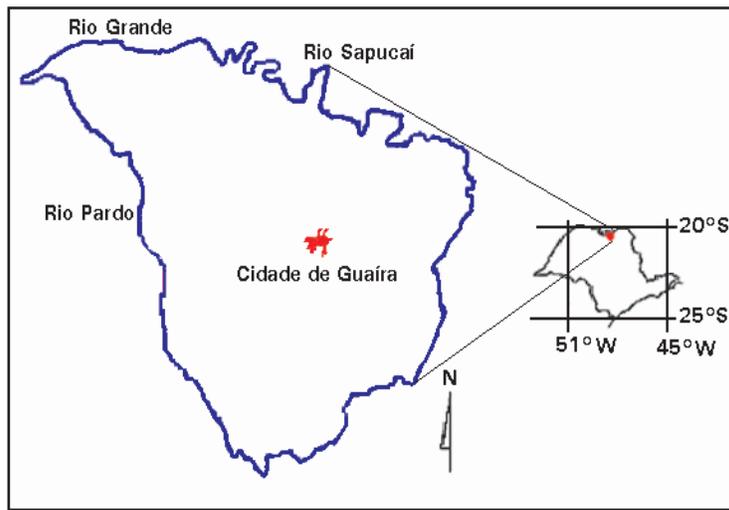
Luís Gonzaga de Toledo 115

Capítulo 7

Resíduos de agrotóxicos nas matrizes água, solo e plantas em agricultura irrigada.

Desenvolvimento do conhecimento e compreensão do comportamento dos agrotóxicos no solo e dos processos envolvidos na sua degradação e transporte.

Heloisa Ferreira Filizola e Vera Lúcia Ferracini 131



Representação esquemática da localização de Guaíra - SP.

**IMPACTO AMBIENTAL DA
AGRICULTURA IRRIGADA EM
GUAÍRA - SP**

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000 Jaguariúna, SP
Fone: 19-3867-8750 Fax: 19-3867-8740
sac@cpnma.embrapa.br www.cpnma.embrapa.br

Comitê de Publicações:

Cláudio Cesar de Almeida Buschinelli, Heloísa Ferreira Filizola, Ladislau Araújo Skorupa (Presidente), Manoel Dornelas de Souza, Maria Amélia de Toledo Leme, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Marta Camargo de Assis, Osvaldo Machado R. Cabral, Sandro Freitas Nunes.

Revisão de texto
Tais Amstalden Menegatti

Editoração eletrônica
Silvana C. Teixeira Estevão

Normalização bibliográfica
Maria Amélia de Toledo Leme

Capa
Silvana C. Teixeira Estevão

Projeto gráfico
Silvana C. Teixeira Estevão

Foto da capa
Arquivo Embrapa Meio Ambiente

1ª edição

1ª impressão (2006): 1000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei n.º 9610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo deste livro desde que citada a fonte.

CIP. Brasil. Catalogação na publicação.

Impacto ambiental da agricultura irrigada em Guaíra - SP / editores técnicos, Pedro José Valarini, Alfredo José Barreto Luiz. – Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2006. 173p. il.

ISBN 85-85771-38-0

1. Agricultura. 2. Irrigação. 3. Impacto ambiental. I. Luiz, Alfredo José Barreto. II. Título.

CDD 631.587

Autores

Aldemir Chaim

Mestre em Tecnologia de Aplicação, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. chaim@cnpma.embrapa.br

Alfredo José Barreto Luiz

Doutor em Sensoriamento Remoto, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. alfredo@cnpma.embrapa.br

Hasime Tokeshi

Professor Titular aposentado de Fitopatologia na ESALQ/USP, consultor em Agricultura Natural, Fundação Mokiti Okada, Estrada Municipal Camaquã s/n, Km 80, Cep 13.537-000, CP 033, Ipeúna, SP. htokeshi@zaz.com.br

Heloisa Ferreira Filizola

Doutora em Pedologia, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. filizola@cnpma.embrapa.br

Hugles Lamarche

Pesquisador do Laboratório de Dinâmica Social e Recomposição dos Espaços (LADYSS) da Universidade de Paris 8. Bât k 200, Av. de la République, 92001, Nanterre, Cedex. lamarche@uparis10.fr

Jean-Paul Billaud

Diretor de Pesquisa do Laboratório de Dinâmica Social e Recomposição dos Espaços (LADYSS) da Universidade de Paris 8, Bât k 200, Av. de la République, 92001, Nanterre, Cedex. billaud@uparis10.fr

Lucimar Santiago de Abreu

Doutora em Sociologia, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. lucimar@cnpma.embrapa.br

Luís Gonzaga de Toledo

Mestre em Ecologia, Analista Ambiental da Diretoria de Licenciamento Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama, Sede, Bloco C, Coordenadoria Geral de Licenciamento PILIQ ou DILIQ, SCEN, Trecho 270818-900, Brasília, DF. lgotoledo2000@yahoo.com.br

Magda Aparecida de Lima

Doutora em Geociências e Meio Ambiente, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. magda@cnpma.embrapa.br

Marcos Corrêa Neves

Doutor em Sensoriamento Remoto, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente. Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. marcos@cnpma.embrapa.br

Pedro José Valarini

Pós-Doutor em Microbiologia Ambiental, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. valarini@cnpma.embrapa.br

Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto

Pós-Doutora em Química Orgânica, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. rosa@cnpma.embrapa.br

Vera Lúcia Ferracini

Doutora em Química Orgânica, Pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5, Cep 13820-000, Jaguariuna, SP. veraf@cnpma.embrapa.br

Apresentação

Temos a satisfação de apresentar o livro **Impacto Ambiental da Agricultura Irrigada em Guaíra, SP** editado pelos pesquisadores da Embrapa Meio Ambiente, Pedro José Valarini e Alfredo José Barreto Luiz. A obra sintetiza em oito capítulos os principais resultados de pesquisa obtidos pela equipe multi-institucional, da Embrapa Meio Ambiente, da USP/ESALQ, do IBAMA e da Universidade de Paris, França; que ao longo de mais de uma década estudaram temas ambientais relacionados à agricultura irrigada da região de Guaíra, no Estado de São Paulo.

No primeiro capítulo, de Pedro José Valarini e Alfredo José Barreto Luiz, os autores apresentam uma visão geral da tecnologia de irrigação e o seu potencial em termos de impactos ambientais, justificando e dando o escopo do trabalho de pesquisa realizado. O segundo capítulo, de Magda Aparecida de Lima e Pedro José Valarini, apresenta resultados de análise espacial da paisagem rural da região de estudo.

Já o terceiro capítulo, de Lucimar Santiago de Abreu, Jean-Paul Billaud e Hughes Lamarche, propõe uma tipologia do funcionamento das explorações agrícolas e uma análise social das relações dos agricultores com a tecnologia e as questões ambientais. Os capítulos quatro, de Marcos Corrêa Neves e Alfredo José Barreto Luiz, e cinco, de Aldemir Chaim e Pedro José Valarini, tratam respectivamente, da caracterização do uso de agrotóxicos no município de Guaíra, SP e da eficiência na aplicação desses produtos.

E na parte final do livro, apresentam-se resultados de avaliação de impacto ambiental da agricultura irrigada praticada em grande escala; no capítulo seis, de autoria de Luis Gonzaga de Toledo, referente aos agroquímicos na água; no capítulo sete, de Heloisa Ferreira Filizola e Vera Lúcia Ferracini,

sobre o comportamento de agrotóxicos no solo e, no capítulo oito, de Pedro José Valarini, Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto e Hasime Tokeshi que tratam da comparação do efeito do manejo convencional e alternativo sobre o meio biótico do solo em agricultura irrigada.

Com a diversidade de temas que apresenta e a linguagem eminentemente científica utilizada, é uma obra voltada para pesquisadores, professores e estudantes do ensino superior que atuam na área ambiental, mas é também um documento de prestação de contas da equipe de pesquisa para com as populações de Guaíra, SP: agricultores, profissionais da área da saúde, da extensão rural, da assistência técnica, professores da rede pública/privada, membros de organizações não-governamentais, que na sua maioria, participaram de forma anônima das diferentes fases da pesquisa.

Enfim, a obra sintetiza os resultados do esforço de uma equipe multi-institucional que, de forma pioneira, formatou e desenvolveu um projeto temático e interdisciplinar de meio ambiente em agricultura irrigada praticada em larga escala.

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral da Embrapa Meio Ambiente

Prefácio

O nosso município de Guaíra tem sido nas últimas quatro décadas uma referência importante no cenário agrícola do país. As terras do município, “onde se plantando, tudo dá”, já foi responsável pela maior produção de algodão no Estado, sendo denominado a capital do Ouro Branco, é o município com a maior produção de soja do Estado e já foi a maior área irrigada da América Latina. Isso fez com que Guaíra fosse alçada a uma posição privilegiada no desenvolvimento de pesquisa na agricultura e se deve à visão de vanguarda e de empreendedorismo que sempre esteve nos homens que aqui fincaram suas raízes e suas esperanças há mais de 70 anos.

À colônia japonesa, que começou o plantio do algodão e, posteriormente, o da soja, e que nos deu um ícone da pesquisa, o Sr. Hirofume Kage, grande desbravador dos cerrados, e às várias famílias que fizeram e fazem suas vidas por aqui, fica o reconhecimento por essa pujança que vivemos hoje.

Reconhecemos também os representantes do poder público, na figura dos prefeitos Waldemar Chubaci e, depois, Dr. Aluísio Lelis Santana, Dr. Fábio Talarico e Adnaer Barros Lelis, que criaram o CEPAR - Centro de Pesquisas e Apoio ao Produtor Rural, José Pugliesi, Dr. Orlando Garcia Junqueira, Cláudio Armani, José Carlos Augusto e, atualmente, Sérgio de Mello, que colaborou decisivamente para a edição desse livro, que há quarenta anos fizeram da agricultura a prioridade de suas administrações.

Devemos ainda uma homenagem aos órgãos de extensão e de pesquisa, como as universidades, o IPT, a CATI, que sempre proporcionou o apoio incondicional do Engenheiro Agrônomo Candido Miele Jr., o IAC e outros órgãos públicos estaduais, na pessoa do atual Secretário de Agricultura do Estado de São Paulo, Antônio Duarte Nogueira, que também proporcionaram condições para as parcerias nas pesquisas relacionadas nesse livro.

Finalmente, ficam aqui o reconhecimento e o agradecimento do Sindicato Rural de Guaíra, da Federação da Agricultura do Estado de São Paulo, através do seu presidente, Dr. Fábio de Sales Meirelles, e de todos os produtores de Guaíra, a todos os envolvidos nestes vários projetos, em especial à Embrapa, na pessoa do pesquisador Pedro José Valarini, que fizeram de Guaíra, mais uma vez, uma referência de pesquisa e desenvolvimento na agricultura, o que certamente contribuirá para o infindável crescimento sustentável da produção agrícola do país.

Portanto, é com orgulho que prefaciamos esse livro, pois sabemos que a contribuição dos nossos produtores no levantamento das informações sobre o seu cotidiano de busca pela eficiência, produtividade e rentabilidade (com seus acertos e erros), sempre preocupados com o ambiente que os envolve, proporcionará um instrumento para o desenvolvimento sustentável de nossa agricultura em perfeita sintonia com a preservação ambiental.

Engenheiro Agrônomo José Eduardo Coscrato Lelis

Presidente do Sindicato Rural de Guaíra

Prefácio dos editores

O município de Guaíra, situado ao norte do Estado de São Paulo é caracterizado por um sistema intensivo de cultivos e de irrigação via pivô central, localiza-se em uma das regiões brasileiras que experimentou grande desenvolvimento agrícola na década de 1990, tendo sido considerado o principal pólo de irrigação da região centro-sul do país.

Guaíra está a aproximadamente 80 km ao norte de Ribeirão Preto e a 450 km da capital do Estado (São Paulo). O clima é sub-tropical com inverno seco e verão chuvoso, temperatura anual média de 25°C, que varia desde a mínima de 6°C à máxima de 38°C, declividade entre 2 e 6%, altitude de 517m, com relevo uniforme. Apesar de apresentar precipitação média anual acima de 1.500 mm, a grande variação da precipitação de um ano para outro justifica, em parte, a opção pela irrigação. Os grupos de solos predominantes são classificados como Latossolo Roxo ácrico e distrófico, com manchas de Latossolo Variação Una, que, juntos, perfazem quase 90% da área do município.

Com uma agricultura baseada em alto consumo de insumos agrícolas e elevado nível de mecanização, a irrigação nessa região propiciou o uso intensivo do solo, com colheitas de até cinco safras em dois anos, nas quais predominavam as culturas de soja, milho, feijão e tomate. Entretanto, a utilização crescente de agroquímicos, a intensa mecanização dos solos agrícolas e o cultivo de extensas áreas com monoculturas, tiveram como conseqüências a erosão e a degradação de terras agrícolas, assim como sérios impactos no equilíbrio biológico, que afeta o controle de pragas e patógenos, e sobre os recursos florestais e hídricos. Isso provocou, em alguns casos, a redução da produtividade e o comprometimento da sustentabilidade agrícola.

Dentre as soluções adotadas para contornar esses problemas, a integração de práticas agrícolas, como o manejo mais adequado da irrigação e dos agrotóxicos e a adoção do sistema de plantio direto, promoveu a recuperação e melhoria de algumas das características produtivas das terras na região, como, por exemplo, a agregação do solo. Essa nova forma de exploração procura minimizar o impacto ambiental da agricultura irrigada.

Devido à importância agrícola do município e à complexidade dos problemas desencadeados, foi necessário estabelecer diversas parcerias, nos anos 80 e 90, entre a Secretaria Municipal de Agricultura e as instituições de pesquisa, ensino e extensão rural, como a Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), o Instituto Agrônômico (IAC), a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP). Essas parcerias visaram, além de realizar pesquisas, promover o desenvolvimento de conhecimentos tecnológicos, resultando em trabalhos científicos, dissertações e teses, a nível nacional e internacional, bem como, em recomendações técnicas de interesse direto dos produtores rurais.

Os capítulos deste livro descrevem diversos estudos realizados na região por pesquisadores da Embrapa e seus parceiros.

Os Editores

Sumário

Capítulo 1

Implantação da tecnologia de irrigação: potencial de risco e justificativa de demanda.

Uma apresentação do projeto transdisciplinar.

Pedro José Valarini e Alfredo José Barreto Luiz 17

Capítulo 2

Sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica aplicados a avaliação de impacto em agricultura irrigada.

A redução ou eliminação da cobertura vegetal natural das bacias ao longo das últimas três décadas; o uso eficiente do sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográfica para a análise espacial e temporal da ocupação das terras, e especialmente para reconhecer o padrão de sua evolução ao longo do tempo.

Magda Aparecida de Lima e Pedro José Valarini 33

Capítulo 3

Interação entre impactos sociais e ambientais em região de agricultura familiar irrigada.

O estabelecimento de uma tipologia do funcionamento das explorações agrícolas, e a análise das relações dos agricultores para com as técnicas e o meio ambiente, permitindo avaliar o lugar ocupado pela sensibilidade ambiental em suas experiências de risco técnico.

Lucimar Santiago de Abreu, Jean-Paul Billaud e Hugles Lamarche 51

Capítulo 4

Caracterização do uso de agrotóxicos.

Caracterização do uso de agrotóxicos no município de Guaíra, SP, para o período de 1993 a 1995, em função das principais culturas agrícolas e dos ingredientes ativos mais utilizados no município. Apresentação da a estrutura de trabalho montada para o tratamento e a análise dos dados do receituário agrônômico.

Marcos Corrêa Neves e Alfredo José Barreto Luiz 79

Capítulo 5

Eficiência de deposição de agrotóxicos em culturas rasteiras.

Fatores que afetam a eficiência na aplicação de agrotóxicos – que tem sido caracterizada como uma ciência aplicada, de natureza multidisciplinar, envolvendo conhecimentos nas áreas de biologia, engenharia e química.

Aldemir Chaim e Pedro José Valarini 91

Capítulo 6

Impacto dos agroquímicos nos recursos hídricos.

Avaliação da qualidade da água nos sistemas hídricos da região, em função das atividades agrícolas, agroindustriais e urbanas.

Luís Gonzaga de Toledo 115

Capítulo 7

Resíduos de agrotóxicos nas matrizes água, solo e plantas em agricultura irrigada.

Desenvolvimento do conhecimento e compreensão do comportamento dos agrotóxicos no solo e dos processos envolvidos na sua degradação e transporte.

Heloisa Ferreira Filizola e Vera Lúcia Ferracini 131

Capítulo 8

Impacto ambiental do manejo agrícola sobre o meio biótico do solo em áreas irrigadas.

Estudo metodológico comparando dois tratamentos: um sistema de manejo alternativo e outro convencional, utilizado pelo produtor em sistema de preparo convencional do solo ou em sistema de plantio direto, tendo a mata nativa como um sistema referência auto-sustentável.

Pedro José Valarini, Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto e

Hasime Tokeshi 155

1

Implantação da Tecnologia de Irrigação: Potencial de Risco e Justificativa de Demanda

Pedro José Valarini

Alfredo José Barreto Luiz

O papel da irrigação

A irrigação tem papel fundamental na segurança alimentar mundial, tanto para as regiões secas, ao permitir a existência da atividade agropecuária que de outra forma seria inviável, como naquelas áreas de solos aptos, onde essa atividade é otimizada pelo uso intensivo e controlado da água. Enquanto, em 2001, a superfície irrigada no mundo foi da ordem de 275 milhões de hectares, representando 18% da área mundial total cultivada, a área irrigada brasileira em efetiva produção situou-se em torno de 2,95 milhões de hectares, ou seja, menos de 2% da área total mundial irrigada, apresentando um dos mais baixos indicadores de relação de área irrigada/cultivada (5,8%) dentre os países com mais de 1 milhão de hectares irrigados (Christofidis, 2001). Os avanços tecnológicos e os programas de desenvolvimento rural gerados para agricultura irrigada nos países desenvolvidos não se aplicam, na maioria das vezes, aos países em desenvolvimento. Um dos exemplos marcantes foi a implementação da “revolução verde”, a partir de 1970, em que numerosos programas de pesquisa rural foram introduzidos e executados nos trópicos, visando tão somente aumentar a produção e a produtividade agrícola.

Na década de 70 o Brasil fez progresso no desenvolvimento do setor de irrigação e, na média, expandiu sua área irrigada em 80 mil hectares/ano, o que passou para uma taxa de 110 mil hectares/ano na década de 80.

Entretanto, nos anos 90, apesar de uma significativa evolução, no período 1996-1999, das áreas sob irrigação por aspersão e irrigação localizada, o crescimento foi reduzido, principalmente nos sistemas de irrigação por pivô central, pois muitos sistemas alcançaram limites de vida útil e as indefinições das políticas econômica e agrícola afetaram a decisão de muitos irrigantes quanto a efetuar o plantio e efetiva produção (Christofidis, 2001).

Por outro lado, observa-se que o rápido crescimento da agricultura irrigada no Brasil trouxe problemas ecológicos e ambientais que, até então, não haviam sido percebidos em toda sua dimensão (Brasil, 1991), como a degradação dos solos e o problema de áreas salinizadas no semi-árido (Christofidis, 1999). O insucesso desses empreendimentos, que incluem os programas de apoio e incentivo ao estabelecimento e à expansão da agricultura irrigada (Profir, PRONI, Pró-feijão), no início da década de 80, está ligado à ausência de uma visão mais abrangente dessa questão, que deveria incluir a relação existente entre a produtividade e a estabilidade dos ecossistemas tropicais, bem como considerar os riscos da aplicação errônea das tecnologias disponíveis. Assim, a utilização crescente de agroquímicos, a intensa mecanização dos solos agrícolas e o cultivo de extensas áreas com monoculturas voltadas para o mercado externo, causaram a erosão e a degradação de terras agrícolas, assim como sérios impactos sobre os recursos florestais, os recursos hídricos e, ainda, no equilíbrio biológico, afetando o controle de pragas e patógenos. Tudo isto resultou no comprometimento da sustentabilidade das principais culturas econômicas (Silva et al., 1994a).

Estima-se que, apenas devido à degradação ambiental, uma quarta parte da superfície irrigada do mundo já se encontra comprometida. Igualmente inquietantes são as previsões relativas à destruição da flora e da fauna, feitas na "Conferência do Rio", em 1992. A mecanização agrícola, o uso de insumos e a utilização de extensas áreas com monocultura de alta

expressão econômica, conduzem à especialização e simplificação de sistemas de produção e visam, principalmente, aumento da produtividade, o que vai em direção inversa à da sustentabilidade dos agroecossistemas (Altieri et al., 1996). Isto é especialmente verdadeiro nas áreas eminentemente agrícolas, pois as forças de mercado e as políticas agrícolas, que almejam o aumento da produção e da eficiência, induzem uma progressiva intensificação do manejo das terras relativamente planas e férteis, com a mecanização levando ao aumento no tamanho dos talhões, à remoção dos corredores de vegetação natural e ao aumento na aplicação de agroquímicos (Fjellstad & Dramstad, 1999; Hietala-Koivu, 1999).

A região dos Cerrados é um dos ecossistemas mais ameaçados, tanto pelo avanço das fronteiras agropecuárias como pelo uso intensivo do solo através de tecnologias modernas, principalmente em áreas irrigadas. Caracterizados por vegetação com árvores baixas, de troncos retorcidos e solos ácidos, pouco férteis, os Cerrados no Brasil ocupam 204 milhões de hectares (EMBRAPA CERRADOS, 1998). A conservação dos recursos hídricos na região é fundamental, entre outras coisas, para a preservação das nascentes e rios que abastecem muitas cidades de vários Estados brasileiros.

Um excelente exemplo de área sob Cerrados, que mostra como evoluíram as áreas irrigadas nas regiões sudeste e centro-oeste do Brasil, assim como os problemas de degradação ambiental, é o município de Guaíra. Localizado na região nordeste do Estado de São Paulo, a coordenadas 20°19'13" de latitude sul e 48°18'03" de longitude oeste e tendo como limites principais: ao norte o Rio Grande, divisa com o Estado de Minas Gerais, ao nordeste o Rio Sapucaí, e a oeste o Rio Pardo, Guaíra possui uma extensão territorial de 1.061 km² (SEADE, 2001), constitui-se em uma das áreas mais antigas de concentração de agricultura irrigada por pivô central da América Latina e é o principal pólo de irrigação da região centro-sul do país. Segundo Abreu (1994a), havia, em 1990, 205 pivôs de irrigação em Guaíra, cobrindo aproximadamente 10.800

hectares, o que correspondia a cerca de 7,2% da área total do município. Esse conjunto representou mais de 80% do total de sistemas de irrigação em operação no município, sendo o restante constituído pelos sistemas auto-propelidos e de irrigação convencional (Buschinelli, 2001).

O sucesso alcançado por esse tipo de agricultura pode ser explicado, dentre outros fatores, segundo Abreu (1994a), pela obtenção de até 5 safras de cultivos em dois anos, em que se produziam, principalmente, milho, soja, feijão, sorgo e tomate industrial. No restante da área do município, predominavam culturas anuais de sequeiro de milho, sorgo, soja, cana-de-açúcar e pastagens.

Na década de 70, começou-se a utilizar a tecnologia de irrigação por aspersão na agricultura praticada em Guaíra, que passou a apresentar como características: um alto índice de mecanização do solo e um uso intensivo de agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos), condições estas que podem potencializar os riscos de degradação dos ambientes terrestres e aquáticos.

No final dos anos 80, o município cultivava 9.000 hectares de feijão de inverno irrigado e, no ano de 1990, a área já havia sido reduzida para 6.300 hectares, caindo para 3.300 hectares no ano de 1992 (Saad, 1996). Essa regressão da área cultivada no inverno deveu-se tanto a problemas econômicos como também aos efeitos degradantes produzidos por um sistema de produção agrícola intensivo sem uma base tecnológica apropriada, e que levaram a um desequilíbrio físico, químico e biológico do complexo solo-água-planta (Valarini et al., 1996).

Aliado aos fatores já mencionados, tem-se que a inadequada rotação de culturas, a falta de controle no uso da água de irrigação, o preparo inadequado do solo, e o monocultivo de soja e milho são alguns exemplos de práticas agrícolas características da agricultura irrigada por aspersão, já mencionadas por Abreu (1994b), que têm desencadeado uma série de impactos

ambientais negativos como a especialização de culturas e a ruptura do equilíbrio dos agroecossistemas. Por outro lado, o uso intensivo de agrotóxicos no controle de pragas e patógenos gerou espécies resistentes e novas espécies nocivas, e provocou o desaparecimento de espécies úteis, além do aparecimento de casos suspeitos de intoxicações em trabalhadores rurais. Já a introdução da mecanização intensiva provocou distúrbios na estrutura do solo, com o desencadeamento da compactação do mesmo, como já verificado por Tognon (1991) e confirmado por Kertzman (1996).

O Brasil ocupa o 4º lugar em termos de produção e consumo mundial de agroquímicos, e São Paulo destaca-se como principal consumidor desses produtos entre os Estados da federação (Laabs et al., 2002). Atualmente, a avaliação e o monitoramento da contaminação ambiental, relacionada principalmente a essa característica da atividade agrícola moderna, é uma preocupação tanto em âmbito internacional como nacional. Entretanto, até recentemente, pouca atenção foi dada à degradação ambiental associada a essa tecnologia, embora hoje já exista uma preocupação muito forte de toda a sociedade com o meio ambiente, tanto em relação aos impactos ambientais que uma nova tecnologia pode causar como em relação às tecnologias já em uso na agricultura (Rodrigues et al., 2002).

A legislação ambiental brasileira, através da Resolução CONAMA nº 001, de 23 de Janeiro de 1986, ao definir critérios e responsabilidades na elaboração de estudos de impactos ambientais - EIA-RIMA, consubstanciou nesse dispositivo um importante instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, especialmente em termos de controle ambiental. No setor específico de irrigação, referencia-se o documento elaborado pelo Ibama (1992), em que constam diretrizes ambientais para a elaboração de projetos dessa natureza.

Contudo, devido à existência de áreas já extensamente ocupadas com o uso da irrigação associada aos agrotóxicos, e aos muitos

problemas relacionados, surge a necessidade de uma abordagem diferenciada para a compreensão da magnitude dos impactos ocorridos no tempo e no espaço. Esses impactos formam uma intrincada rede e, muitas vezes, são difíceis de prever a médio e longo prazos. A necessidade de pesquisas relacionadas à avaliação do impacto ambiental dessas tecnologias agrícolas é hoje uma preocupação mundial. Um dos primeiros projetos de pesquisa da Embrapa nessa linha foi iniciado em 1994 e concluído em 1998, constituindo-se na análise de impactos ambientais do uso de agroquímicos na agricultura irrigada. Por esse motivo, e considerando a sua interação com outras tecnologias componentes da cadeia produtiva, o projeto objetivou – exercitando o enfoque sistêmico, a interdisciplinaridade e a interinstitucionalidade – desenvolver procedimentos, metodologias e técnicas rápidas de monitoramento e avaliação de impactos ambientais (A.I.A.) decorrentes do uso de agroquímicos na agricultura irrigada.

O agroecossistema “Águas Correntes”, no Município de Guaíra - SP, foi adotado como estudo de caso por concentrar a maior densidade de irrigação por aspersão do país, notadamente através do sistema de pivô central, em uma área de 124 mil hectares, dos quais 10 mil sob irrigação, envolvendo 49 microbacias hidrográficas, sendo quatro destas selecionadas para estudos. Como as microbacias escolhidas são diferenciadas entre si, a partir delas os resultados poderão ser transferidos para outros agroecossistemas. Visa-se, assim, tratar amplamente as relações entre o homem e o meio ambiente, tendo como meta o desenvolvimento da agricultura sustentável (Silva et al., 1994a e 1994b). A partir dessa definição, foram identificadas 8 propriedades representativas do município em questão para realizar a pesquisa de avaliação de impactos nos diferentes compartimentos: solo, água, produto agrícola final (Fig. 1.1).

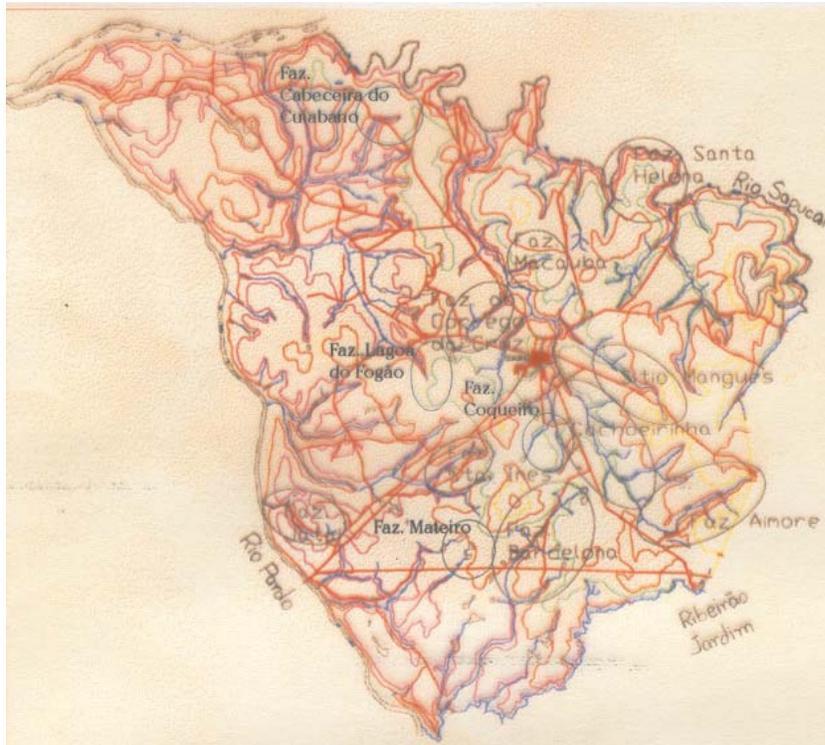


Fig. 1.1. Propriedades selecionadas no município de Guará para realização das pesquisas de avaliação de impacto dos agrotóxicos na agricultura irrigada.

Para assegurar a visão holística e o enfoque sistêmico e interdisciplinar da pesquisa necessária ao estudo de impactos ambientais provocados pelo uso dos agroquímicos em agricultura irrigada, desenvolveu-se um fluxograma de Análise de Impacto Ambiental da Agricultura Irrigada (Fig. 1.2) que descrevesse os principais processos e inter-relações que ocorrem nesse agroecossistema (Lima & Valarini, 1996).

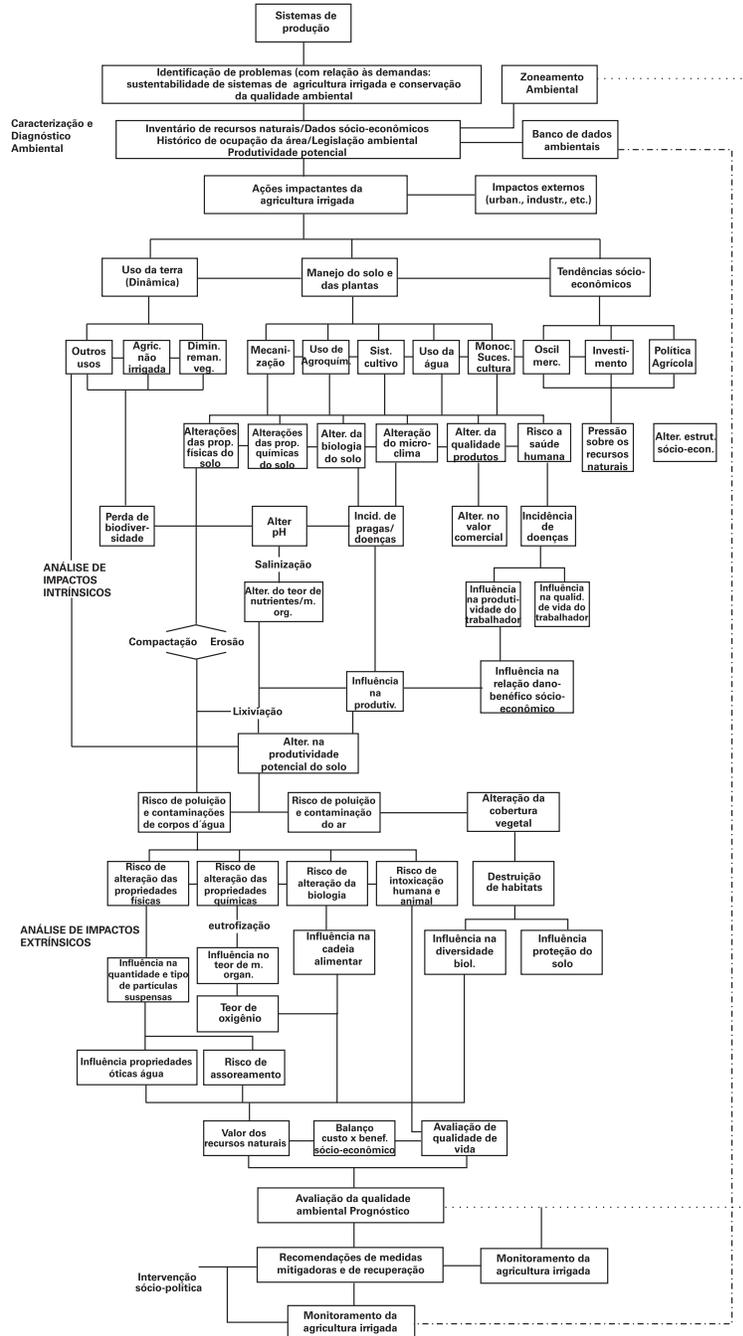


Fig.1.2. Fluxograma da análise de impacto ambiental da agricultura irrigada.

Problemas ambientais decorrentes das práticas agrícolas inadequadas em agricultura irrigada intensiva incluem: redução de produtividade agrícola e diminuição da qualidade de vida dos agricultores e consumidores; poluição e riscos de contaminação de recursos naturais; degradação das terras e êxodo rural.

Etapas para avaliação do impacto ambiental em sistemas de produção

O primeiro passo nos estudos de impacto ambiental é constituído do inventário e levantamento dos componentes dos agroecossistemas, ou seja, a caracterização das informações relativas aos recursos naturais, à evolução da ocupação da área, aos atributos sócio-culturais e às características do sistema agrícola propriamente dito. Esse inventário é realizado com base em vistorias e trabalhos de coleta de dados no campo, entrevistas com agricultores, técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento, penetrômetro de impacto e outros equipamentos, instrumentos e métodos.

O conjunto dessas informações, por sua vez, alimenta um banco de dados ambientais, concernentes aos sistemas de produção e à área de abrangência em diferentes escalas (microbacia hidrográfica, município, Estado).

Desde então, por meio de uma análise preliminar desse diagnóstico, podem-se identificar três tipos de ações impactantes:

- 1 - Uso da terra, sobretudo relacionado à expansão da fronteira agrícola;
- 2 - Manejo do solo; e
- 3 - Tendências sócio-econômicas.

Essas três ações produzem, de forma conjunta, uma rede de impactos ambientais, cujas inter-relações podem ser mais ou menos evidentes ou pronunciadas segundo a magnitude do efeito sinérgico resultante sobre o meio ambiente. Cada um dos impactos assinalados que compõem essa rede

são investigados à luz de metodologias específicas a cada tema. Assim, em uma análise de impactos intrínsecos, por exemplo, o risco de impacto do uso de agrotóxicos ao meio ambiente constitui um componente importante, envolvendo estimativas de contaminação de produtos agrícolas, da água, do solo e de trabalhadores rurais, estimativas essas baseadas em resultados de experimentos com cromatografia gasosa ou líquida.

O risco da integridade do solo pode ser avaliado considerando o impacto ambiental sobre o meio biótico, em que se enfoca o compartimento solo em seus diferentes aspectos: físico, químico e biológico, caracterizando a necessidade da pesquisa interdisciplinar e do enfoque sistêmico para melhor compreender o conjunto de alterações provocadas.

Paralelamente, pode ocorrer alteração nas propriedades físicas e químicas dos corpos d'água sujeitos à poluição e à contaminação por agroquímicos, o que constitui uma outra vertente do estudo de impacto ambiental de agricultura irrigada. Aqui são investigados, por exemplo, os níveis de eutrofização de correntes das alterações físico-químicas da água, o que corresponderia aos impactos extrínsecos da agricultura irrigada.

Além destes, constituem impactos extrínsecos a poluição e contaminação do ar, geradas quando da aplicação de agroquímicos, assim como a alteração da cobertura vegetal, com as conseqüentes reduções da biodiversidade e da proteção do solo e da água.

O conjunto desses impactos acarreta, como resultado, a diminuição do valor dos recursos naturais e da qualidade de vida dos agricultores e dos consumidores de produtos e da água, ambos influenciando e sendo influenciados pelas tendências econômicas (indicadores de pressão).

Quando da constatação de impactos negativos sobre a qualidade ambiental, após o tratamento integrado das informações e valores resultantes das análises de impactos, o estudo é orientado na direção de propor medidas mitigadoras, orientadoras e, ao mesmo tempo, disciplinadoras sobre a atividade

agrícola. Desde que se estabeleça uma intervenção sócio-política ou técnica sobre qualquer um dos agentes ou processos de atuação impactante, procedese o monitoramento dos parâmetros de qualidade ambiental e, por conseguinte, dos impactos relacionados à agricultura.

A visão holística e integrada que permeia o modelo conceitual de análise de impactos ambientais dos agroquímicos em agricultura irrigada remete-nos ao estabelecimento de relações causais entre os diversos componentes dos sistemas de produção – no caso, a agricultura irrigada. Essa tarefa não é simples, dado que uma série de correlações devem resultar da análise conjunta de dados e informações obtidas em diferentes linhas de pesquisa, as quais, por sua vez, empregam uma soma de diferentes técnicas e metodologias de análise de dados ambientais.

Abordagem metodológica: interdisciplinaridade e enfoque sistêmico

Aqui se insere a questão da interdisciplinaridade, que constitui um conceito essencial neste tipo de abordagem metodológica. Diferentemente da multidisciplinaridade, ela é o conjunto de ações integradas por diversas áreas do conhecimento na busca da resolução de um mesmo problema. Os resultados obtidos no projeto podem, baseados nesta premissa, ser cruzados e analisados. Nas palavras de Dilger (1995), a interdisciplinaridade não constitui propriamente um método científico, mas sim uma atitude, um comportamento que define as suas próprias regras de atuação durante sua execução. Posteriormente, para facilitar o entendimento e a visualização dos componentes do projeto, bem como a difusão dos resultados obtidos, foi elaborado um fluxograma simplificado (Fig. 1.3).

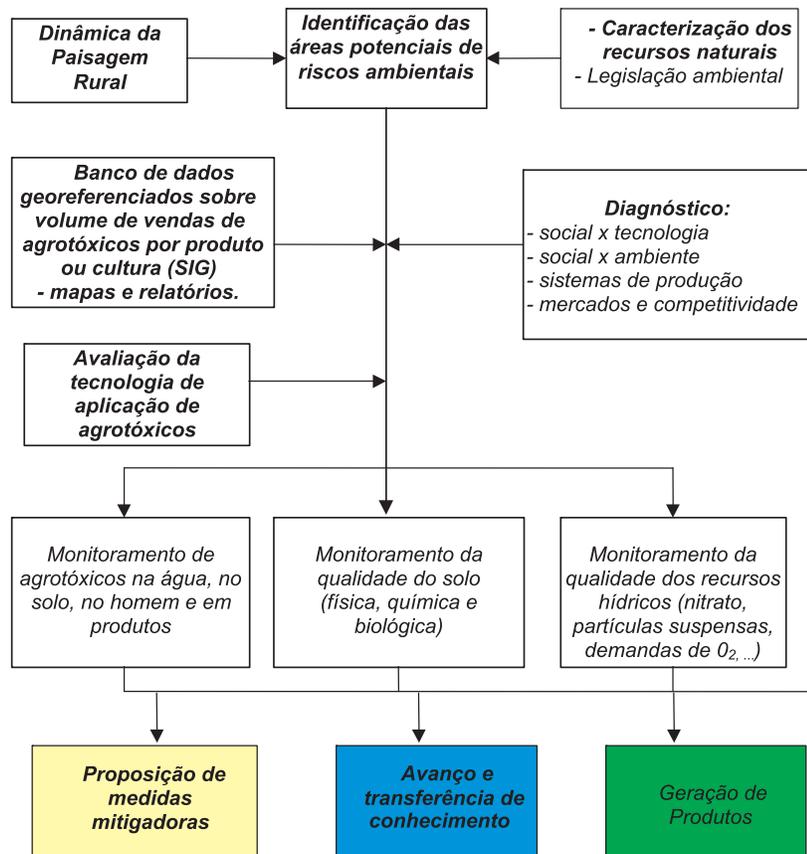


Fig. 1.3 Metodologias de monitoramento e avaliação do impacto de agroquímicos em agricultura irrigada.

Referências

ABREU, L. S. de. **Impactos sociais e ambientais na agricultura**: uma abordagem histórica de um estudo de caso. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994a. 149 p.

ABREU, L. S. de. Impactos sociais: o emprego na agricultura irrigada de Guaíra, SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 10., Salvador. **Anais...** Salvador: ABID, 1994b. p. 411-419.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I.; WOLFE, M. S. Biodiversity: a central concept in organic agriculture: restraining pests and diseases. In: IFOAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, 11., 1996, Copenhagen. **Fundamentals of organic agriculture**: book of abstracts. Copenhagen: IFOAM, 1996. p. 91-112.

BRASIL. Presidência da República. Comissão Interministerial para Preparação da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: CIMA, 1991. 204 p. Prefácio do Presidente Fernando Collor de Melo.

BUSCHINELLI, C. C. de A. **Dinámica del paisaje en agroecosistemas intensivos en Brasil**: indicadores espacio-temporales y sostenibilidad agrícola. 2001. 244 f. Tesis doctoral - Universidad de Alcalá, Facultad de Filosofía y Letras-Departamento de Geografía, Alcalá de Henares.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Brasília: CDS-UnB, 1999. 34 p.

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **ITEM**, Brasília, DF, n. 49, p. 8-13, 2001.

DILGER, R. **Interdisciplinaridade**: um desafio para a administração pública do meio ambiente. Curitiba: Instituto Ambiental do Paraná, 1995. 47 p.

EMBRAPA CERRADOS. **Embrapa Cerrados e a região dos Cerrados: informações básicas e dados estatísticos.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1998. 24 p.

FJELLSTAD, W. J.; DRAMSTAD, W. E. Pattern of change in two contrasting Norwegian agricultural landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 45, p. 177-191, 1999.

HIETALA-KOIVU, R. Agricultural landscape change: a case study in Yläne, southwest Finland. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 46, p. 103-108, 1999.

IBAMA. **Diretrizes ambientais para o setor da irrigação.** Brasília, DF, 1992. 164 p.

KERTZMAN, F. F. **Modificações na estrutura e no comportamento de um latossolo roxo provocadas pela compactação.** 1996. 153 f. Tese (Doutorado) – FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo.

LAABS, V.; AMELUNG, W. W.; PINTO, A. A.; WANTZEN, M.; SILVA, C. J. S.; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment and rainfall of the Northeastern Pantanal Basin, Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 31, p. 1636-1648, 2002.

LIMA, M. A.; VALARINI, P. J. Desenvolvimento de modelo conceitual metodológico de análise de impacto ambiental em áreas de agricultura irrigada. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., Campinas. **Anais...** Campinas: ABID, 1996. p. 427-446.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para contexto institucional de P & D. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 19, n. 3, p. 349-375, 2002.

SAAD, A. M. **O déficit de irrigação como estratégia de manejo da água em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*)**. 1996. 147 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SEADE. **Estatísticas vitais do estado de São Paulo**. São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2001.

SILVA, A. S.; BUSCHINELLI, C. C. A.; MIRANDA, J. I.; SÁ, I. B.; FOTIUS, G. A.; RICHÉ, G. R. Zoneamento ambiental semidetalhado do município de Guaíra - SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE AGRICULTURA IRRIGADA, 10, Salvador, BA. **Anais...** Salvador: ABID, 1994a. p. 233-249.

SILVA, A. S.; ABAKERLI, R. B.; VALARINI, P. J.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação de impacto ambiental em áreas irrigadas: Projeto Guaíra. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 10., Salvador. **Anais...** Salvador: ABID, 1994b. p. 203-216.

TOGNON, A. A. **Propriedades físico-hídricas do latossolo roxo da região de Guaíra, SP sob diferentes sistemas de cultivo**. 1991. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

VALARINI, P. J.; SOUZA, M. D. E.; TOKESHI, H.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLLETO, R. V. Impacto ambiental de sistemas intensivos de cultivos em agricultura irrigada sobre as propriedades físico-químicas e microbiológica do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: ABID, 1996. p. 447-479.

2

Sensoriamento Remoto e Sistema de Informação Geográfica Aplicados a Avaliação de Impacto em Agricultura Irrigada

Magda Aparecida de Lima

Pedro José Valarini

Introdução

O uso agrícola das terras constitui um dos principais agentes de degradação ambiental, principalmente se conduzido de forma intensiva, como ocorre na agricultura irrigada, em monocultivos, no preparo convencional do solo, uso maciço de insumos, etc. A utilização intensiva revela uma simplificação da paisagem agrícola, evidenciada pelo aumento de campos aráveis, uma reduzida variedade de culturas e remoção de áreas cobertas com vegetação natural. O termo “uso das terras” será entendido como o uso do terreno com agricultura irrigada e não irrigada, cobertura vegetal, uso antrópico (construções), pastagens, reflorestamentos e outros.

O acompanhamento da ocupação das terras e da dinâmica espacial de elementos da paisagem constitui uma das principais vertentes na avaliação quali-quantitativa de impactos ambientais da agricultura. As mudanças temporais de dados espaciais podem ser analisadas com o apoio de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento. A evolução espacial da cobertura vegetal natural e do uso das terras ao longo do tempo pode ser obtida com a utilização de imagens de satélites orbitais e de fotografias aéreas.

Diferentes unidades de paisagem podem ser identificadas através da análise da superfície do terreno por sensoriamento remoto. As seguintes classes podem ser encontradas em uma paisagem rural: a) terras agrícolas caracterizadas por campos aráveis expostos; b) composição de parcelas de terras aradas ou pastagem limpa; c) pastagens sujas (macegas); d) várzeas e vegetação ribeirinha (mata ciliar); e) vegetação secundária e fragmentos de vegetação natural, f) áreas de influência urbana e industrial.

A elaboração de mapas temáticos com informações geradas a partir de técnicas de sensoriamento remoto para o acompanhamento das mudanças da paisagem, e de mapas topográficos, de solos e de drenagem, permitem a identificação de áreas potencialmente degradáveis, bem como auxiliam o estabelecimento de estratégias de manejo e recuperação de áreas já danificadas pelo uso inadequado.

A habilidade de muitos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) em simular zonas de interesse (algo como um “buffer”) ao redor de pontos e elementos lineares ou poligonais, favorece a integração de dados básicos não geo-referenciados (como alguns aspectos de legislação ambiental, por exemplo, áreas de preservação permanente) à base de dados espacializados. Além disso, a comparação de cenários temporais, com a representação espacial da situação ideal ou recomendada, permite identificar elementos indicadores de qualidade ambiental.

O município de Guaíra, Estado de São Paulo, constitui um importante pólo de agricultura irrigada no Brasil, e tem experimentado, ao longo dos últimos 40 anos, um acelerado processo de transformação no uso das terras. O avanço da área agrícola pode ser verificado em detalhe em pequenas bacias hidrográficas do município, cujo monitoramento pode revelar padrões bem definidos de ocupação espacial. Este capítulo aborda estudo realizado no âmbito do “Projeto Guaíra”, que aplicou técnicas básicas de sensoriamento remoto e de sistema de informação geográfica, no

monitoramento da ocupação agrícola de seis bacias hidrográficas de pequena grandeza no município de Guaíra, Estado de São Paulo. Em conclusão, são propostas medidas de recuperação e de manejo adequado das terras.

A área de estudo

O município de Guaíra, localizado na região norte do Estado de São Paulo, entre as latitudes 20°05'S e 20°35'S e longitudes 48°05'W e 48°40'W, com área total estimada em 125.801 ha, concentra cerca de 200 sistemas de irrigação, sendo a sua grande maioria do tipo pivô central. As principais culturas irrigadas são feijão, soja e milho, com cerca de 70% da área plantada. O relevo é, em geral, plano (cerca de 52% da área do Município apresenta declividade na faixa de 0 a 3%, e 29% apresenta declividade oscilando entre 3 e 6%). Latossolos Vermelhos acriférricos e distróficos, como resultado da alteração de rochas basálticas da Formação Serra Geral, e Latossolos Vermelhos distroférricos predominam na área (IPT, 1995), com nomenclatura atualizada segundo Embrapa (1999). O clima é classificado como tipo Cwa – mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso, segundo a classificação de Koppen (EMBRAPA, 1995).

Com o objetivo de avaliar a dinâmica de ocupação e uso do solo no município, foram consideradas as seguintes categorias de uso das terras: culturas temporárias, pastagem, pastagem “suja” (inclui presença de árvores), vegetação secundária (incluindo matas ciliares), várzea, cerrado, culturas perenes (seringueira), cultura de cana-de-açúcar, reflorestamento, área urbana (IPT, 1995). A evolução da utilização das terras no município de Guaíra é apresentada na Fig. 2.1. A atividade econômica no município é dominada pela agricultura. O aumento no número de tratores, no período entre 1960 a 1970 foi de 65%, e entre 1970 e 1985 foi de 30%, caindo para 10% entre 1985 a 1995.

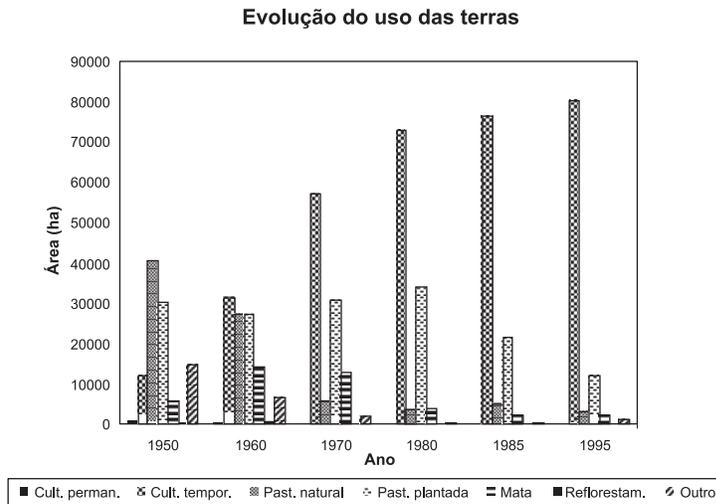


Fig. 2.1. Evolução do uso das terras no município de Guaíra – SP, de 1950 a 1995, segundo os censos agropecuários (IBGE 1950, 1955, 1967, 1975, 1984, 1991, 1997).

Metodologia de trabalho

O município de Guaíra foi investigado quanto à evolução do uso das terras e da cobertura vegetal em seis bacias hidrográficas de pequena grandeza quanto a área, consideradas representativas dos aspectos fisiográficos da região.

O material cartográfico utilizado incluiu Folhas Topográficas do IBGE, na escala 1:50.000 (IBGE 1972a; 1972b; 1972c; 1972d; 1972e; 1972f; 1972g); Carta Pedológica Semidetalhada do Estado de São Paulo, Município de Guaíra (São Paulo, 1991); imagem de satélite Landsat TM, em papel fotográfico, na escala 1:100.000, composição 3(B), 4(G) e 5(R), de 19 de julho de 1993; imagens de satélite SPOT (cena 711-390, tomada em julho de 1994), composição colorida; fotografias aéreas monocromáticas na escala de 1:25.000 extraídas em 1962 e 1971/72. Utilizou-se o sistema de informação

geográfica e processamento de imagens SPRING versão 2.01 (INPE, 1996), operado em ambiente UNIX, em estações de trabalho Sparc 20 e 5.

As seis bacias hidrográficas escolhidas foram: área de drenagem da cabeceira do Ribeirão Jardim (MB1), Bacia do Córrego da Macaúba (MB2), Bacia do Córrego dos Mangues (MB3), Bacia do Córrego do Jacaré (MB4), Bacia do Córrego da Cruz (MB5) e Bacia do Córrego do Zé Ferreira (MB6). A escolha dessas áreas fundamentou-se na constatação de padrões similares de ocupação agrícola, dadas as características de solo e declividades predominantes da região.

Os dados cartografados das seis microbacias foram armazenados no Sistema Geográfico de Informação (SGI) SPRING 2.01 (INPE, 1996). A análise das mudanças temporais da paisagem rural em função da diversificação dos usos das terras e da dinâmica de outros elementos (represamento, vegetação natural, edificações, ocupação urbana, por exemplo) foi efetuada em cada tempo (1962, 1972 e 1994).

Para a confecção das cartas-base foram compilados documentos cartográficos de drenagem, hipsometria, rede viária, solos, geologia, e outros atributos do terreno (IBGE, 1972a-g). Para o mapeamento do uso das terras nessas bacias foram interpretadas fotografias aéreas datadas de 1962 e 1972, na escala 1:25.000, e imagens de satélite (cena 711-390 da imagem SPOT, tomada em julho de 1994), nessa mesma escala.

O armazenamento digital de dados espaciais de atributos físicos e uso das terras das microbacias, bem como a manipulação das informações temáticas, foram efetuados a partir do SPRING. As informações sobre declividades foram obtidas a partir da geração de modelo numérico de terreno, que consistiu na geração de grade triangular a partir de amostras de altimetria e posterior geração de grade retangular, com interpolador linear, sobre a grade triangular. O fatiamento da imagem gerada foi feito com base na classificação de Chiarini & Donzelli (1973), adaptada por Simielli (1981). A rede hidrográfica,

no ano de 1994, foi atualizada com base em imagem de satélite SPOT. Dados sobre tipos de solos foram baseados em cartas pedológicas elaboradas pelo Instituto Agronômico de Campinas - IAC (São Paulo, 1991). Com o apoio de operações de cálculo de áreas e de tabulação cruzada, o programa permitiu a análise qualitativa e quantitativa das mudanças temporais na paisagem rural das bacias hidrográficas, em função da diversificação dos usos das terras e da dinâmica de outros elementos (represamento, vegetação natural, edificações, ocupação urbana).

Análise espaço-temporal do uso das terras

Uma das principais constatações na análise da evolução de uso das terras foi uma acentuada redução da cobertura vegetal natural ao longo das últimas três décadas, sem ter como base algum planejamento da paisagem rural. De maneira muito semelhante nessas seis microbacias, com a expansão agrícola ocorrida, cerrados e matas secundárias foram progressivamente substituídos por culturas temporárias e pastagens, e restam, atualmente, poucos fragmentos residuais. É sabido que a eliminação de corredores vegetais e ecótopos, aliada a um decréscimo na faixa de proteção de córregos pela vegetação natural, tem como consequências principais a erosão dos solos e o assoreamento de cursos d'água, bem como uma diminuição da diversidade biológica, comprometendo as relações entre pragas e inimigos naturais.

No período de 1962 a 1994, a vegetação natural, representada principalmente por cerrados, variou de 44,3% (no Córrego da Macaúba) a 13,9% (no Córrego da Cruz), em 1962, para percentuais de 4,1% (no Córrego do Zé Ferreira) a 0% (Cabeceira do Ribeirão Jardim) em 1994 (Tabela 2.1).

Na Bacia do Córrego dos Mangues, com 2.887 hectares de área, faixa altimétrica entre 480 e 570m, declividades entre 0 e 3% (91,5%) e predominância de latossolo roxo, observou-se que o uso agrícola é dominante

na área desde 1962, o que acentuou-se no período de 1971 a 1994, com o aumento de pastagens plantadas, assim como do número de açudes e represas, pivôs e áreas construídas. As áreas de cerrado que, em 1962, ocupavam 662 hectares, em 1971 caíram para 359 ha e em 1994 para 55 ha. As matas ciliares apresentaram ligeiro acréscimo: 13,05 ha, em 1962, para 14,13 ha, em 1971, e 20,99 ha, em 1994, causado provavelmente pela recuperação de áreas de pastagens abandonadas. As culturas temporárias aumentaram de 1677 ha em 1962, para 1907 ha em 1994. Incluem-se como culturas temporárias as áreas com pivôs centrais, somando 93 hectares em 1994. As represas e açudes aumentaram de 18 ha (1962 e 1971) para 21,51 ha em 1994, evidenciando um aumento de uso da água devido à irrigação.

Tabela 2.1. Percentual de área ocupada por vegetação de Cerrados, em seis microbacias hidrográficas de Guaíra – SP, nos anos de 1962, 1971 e 1994.

	% de área de cerrado		
Bacias Hidrográficas	1962	1971	1994
Cabeceira do Ribeirão Jardim	20,2	20,2	0,0
Córrego da Macaúba	44,3	29,7	1,4
Córrego dos Mangues	22,9	12,4	1,9
Córrego da Cruz	13,9	8,9	2,2
Córrego do Zé Ferreira	21,5	4,3	4,1
Córrego Bom Sucesso	23,7	9,2	0,6

A tendência apresentada pelas bacias hidrográficas estudadas, ao longo do período 1962-1994, é a de uma paisagem rural pouco diversificada, com predomínio de culturas anuais, aumento de açudes e pequenas represas, e uma drástica redução da cobertura vegetal natural (ver Figuras 2.2a, 2.2b e 2.2c, Bacia do Córrego dos Mangues, extraídas de Lima & Valarini, 2001).

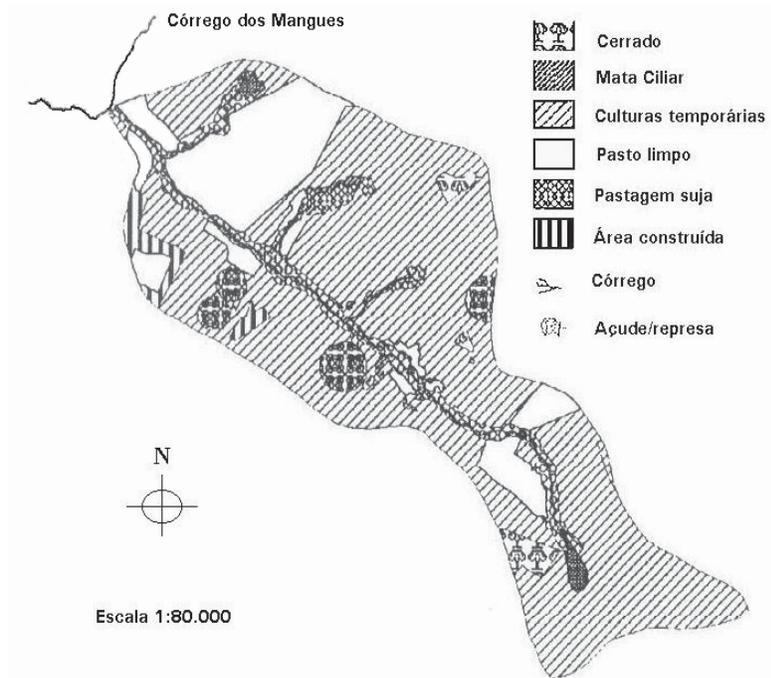


Fig. 2.2a. Mapa esquemático da cobertura do solo na Bacia do Córrego dos Mangues, Guaíra - SP, 1962.

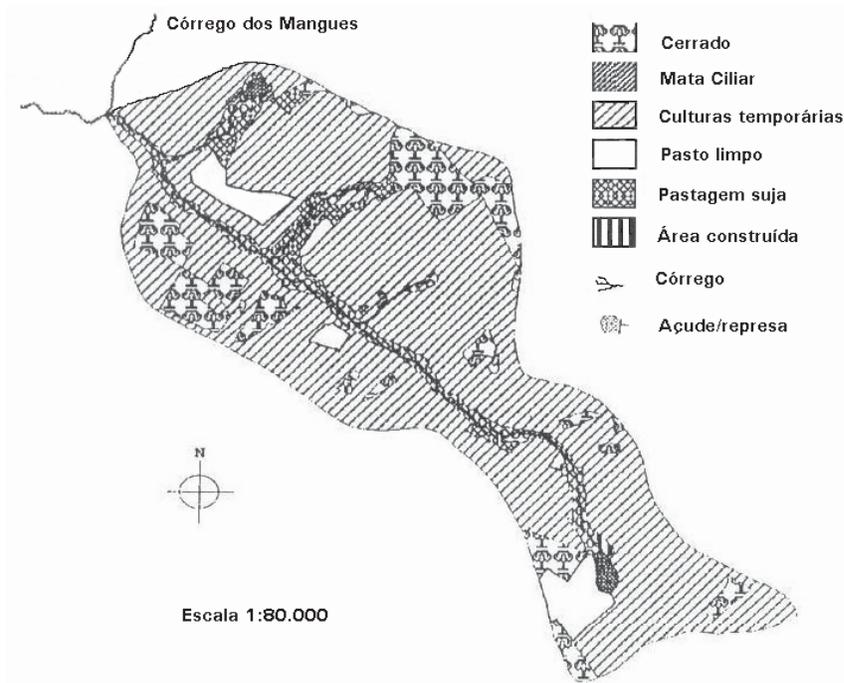


Fig. 2.2b. Mapa esquemático da cobertura do solo na Bacia do Córrego dos Mangues, Guaíra – SP, 1972.

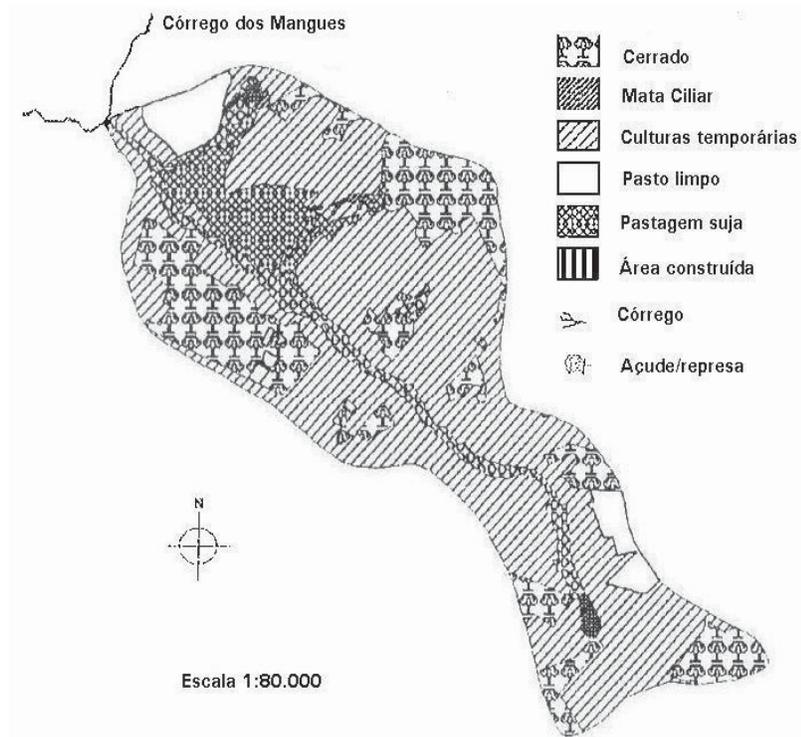


Fig. 2.2c. Mapa esquemático da cobertura do solo na Bacia do Córrego dos Mangues, Guaíra - SP, 1994.

A representação gráfica dessa evolução em cada bacia estudada é ilustrada nas Figuras 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 e 2.8.

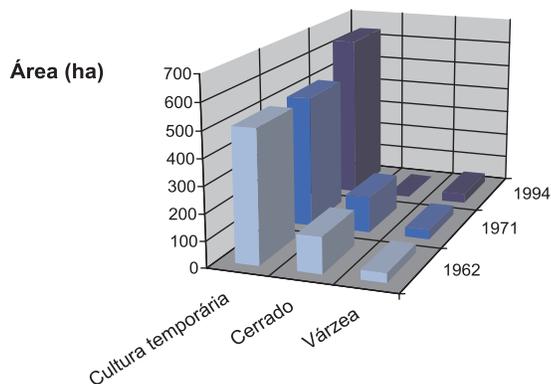


Fig. 2.3. Ocupação das terras na cabeceira do Ribeirão Jardim, nos anos de 1962, 1971 e 1994.

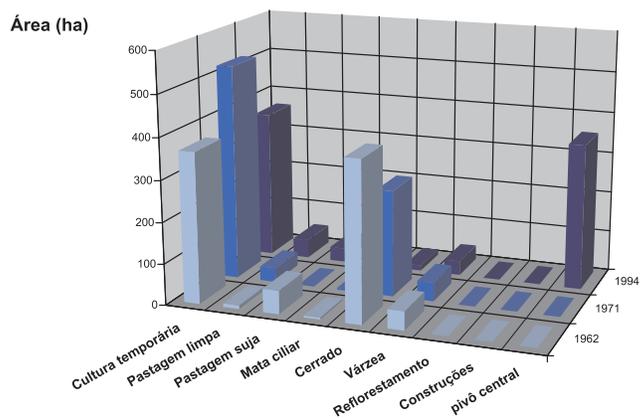


Fig. 2.4. Ocupação das terras na Bacia do Córrego das Macaúbas, nos anos de 1962, 1971 e 1994.

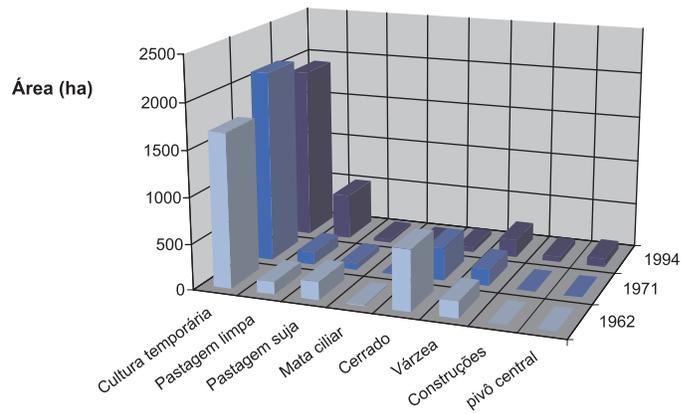


Fig. 2.5. Ocupação das terras na Bacia do Córrego dos Mangues, nos anos de 1962, 1971 e 1994.

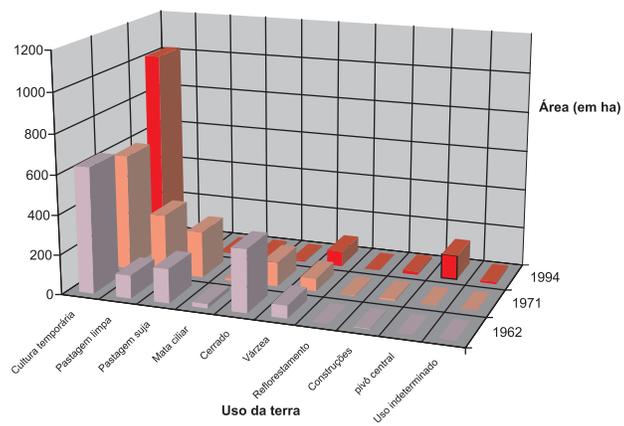


Fig. 2.6. Ocupação das terras na Bacia do Córrego do Jacaré, nos anos de 1962, 1971 e 1994.

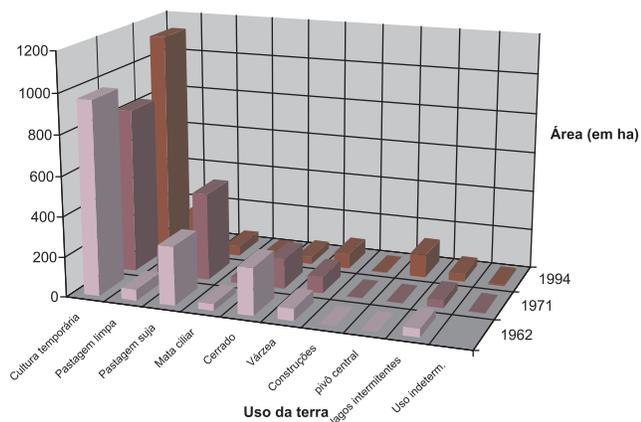


Fig. 2.7. Ocupação das terras na Bacia do Córrego Santa Cruz, nos anos de 1962, 1971 e 1994.

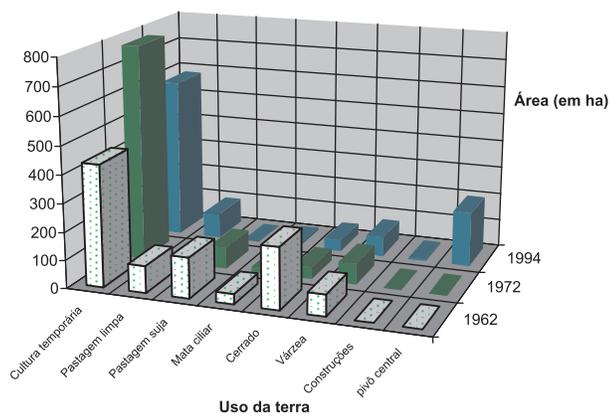


Fig. 2.8. Ocupação das terras na Bacia do Córrego do Zé Ferreira, nos anos de 1962, 1971 e 1994.

As mudanças no uso das terras das microbacias analisadas evidenciam a intensificação da atividade agrícola, considerando-se que desde 1962 a paisagem já era caracteristicamente dominada pela agropecuária. Dados sobre a cobertura vegetal de cerrado no Estado de São Paulo mostram uma redução de área de 19,5 % no período entre 1975 e 1994 (Caser et al., 1998). No Município de Guaíra, em 1992, as áreas cobertas com vegetação natural (cerrado, capoeira, mata ciliar, vegetação secundária e residual) representavam 2,87% da área total (IPT, 1995). Nas bacias estudadas, a parcela de terra coberta com cerrado foi reduzida, no período de 1961 a 1994, a 19,3% na Bacia do Córrego da Cruz, a 18,6% na Bacia do Córrego do Zé Ferreira, a 8,3% na Bacia do Córrego dos Mangues, a 3,3% na Bacia do Córrego do Jacaré, a 3,2% na Bacia do Córrego das Macaúbas, e totalmente eliminada na Cabeceira do Ribeirão Jardim.

Medidas de mitigação de impactos do uso intensivo das terras

De acordo com Lima & Valarini (2001), as medidas de mitigação dos impactos do uso intensivo das terras seriam: a) a recomposição natural e artificial de áreas de preservação permanente; b) a preservação de matas secundárias (cerrado e matas ciliares); c) a maior diversificação da paisagem agrícola; d) a adoção constante de práticas conservacionistas (rotação de culturas, formação de aceiros, adubação verde, manutenção da palhada no solo, etc.); e) o uso racional de recursos hídricos e, especialmente, de água de irrigação, para evitar o aparecimento de fungos patógenos; f) plantio direto; e g) uso controlado de defensivos agrícolas. As estratégias de implementação dessas medidas consistem em ações de: a) intercâmbio e difusão de informações; b) observação da legislação ambiental, uma vez que a redução da cobertura vegetal natural aponta para problemas de implementação da legislação no Município; c) educação ambiental, visando a conscientização e

gradativa mudança de atitude quanto ao uso e ocupação das terras, e à sustentabilidade dos sistemas agrícolas; d) apoio institucional (governo municipal, estadual) e privado; e) estímulos fiscais.

Considerações finais

A utilização combinada de técnicas de sensoriamento remoto com o Sistema de Informação Geográfica, como instrumento de caracterização e monitoramento do uso das terras, mostrou-se eficaz na análise de evolução da paisagem rural nas bacias hidrográficas estudadas. Ficam também apontadas as dificuldades de trabalhar com uma série temporal, sendo os problemas relacionados, principalmente, às datas, às escalas e a resolução de fotografias aéreas e imagens disponíveis.

A cobertura vegetal natural, como parte integrante do sistema agroecológico, encontra-se severamente comprometida nas seis bacias estudadas, determinando um baixo índice de qualidade ambiental com relação a esse indicador.

A paisagem rural das bacias encontra-se degradada em função da intensa e progressiva ocupação agrícola nas seis bacias hidrográficas. Medidas de recuperação ambiental a serem adotadas, visando a recuperação dessas áreas, incluem a recomposição vegetal de áreas de preservação permanente, diversificação da paisagem agrícola, adoção de práticas e técnicas conservacionistas e uso racional de recursos hídricos.

Referências

CASER, D. V.; OLIVETTI, M. P. de; CAMARGO, A. M. M. P.; ANEFALOS, L. C. Evolução da cobertura florestal no estado de São Paulo, 1970-95. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 27-46, 1998.

CHIARINI, J. V.; DONZELLI, P. L. **Levantamento por fotointerpretação das classes de uso das terras do estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1973. 20 p. (Boletim Técnico n. 3).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental. **Relatório do Projeto Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental de Agroquímicos em Agricultura Irrigada**: relatório parcial de atividades. Jaguariúna, 1995. 18 p. Não publicado.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1999. 412 p.

IBGE. **Carta do Brasil**: Alberto Moreira (SP). Rio de Janeiro, 1972a. Escala 1:50.000.

IBGE. **Carta do Brasil**: Foz de Sapucaí (SP). Rio de Janeiro, 1972b. Escala 1:50.000.

IBGE. **Carta do Brasil**: Guaíra (SP). Rio de Janeiro, 1972c. Escala 1:50.000.

IBGE. **Carta do Brasil**: Ipuã (SP). Rio de Janeiro, 1972d. Escala 1:50.000.

IBGE. **Carta do Brasil**: Jaborandi (SP). Rio de Janeiro, 1972e. Escala 1:50.000.

IBGE. **Carta do Brasil**: Miguelópolis (SP). Rio de Janeiro, 1972f. Escala 1:50.000.

IBGE. **Carta do Brasil**: Planura (SP). Rio de Janeiro, 1972g. Escala 1:50.000.

IBGE. **Censos econômicos-1985**: São Paulo: censo agropecuário. Rio de Janeiro, 1991. n. 21.

IBGE. **Censo agropecuário-1995**: São Paulo: censo agropecuário. Rio de Janeiro, 1997. n. 19.

IBGE. **Recenseamento geral do Brasil-1940**: São Paulo: censo agrícola. Rio de Janeiro, 1950. v. 17, t. 3.

IBGE. **Recenseamento geral do Brasil-1950**: São Paulo: censo agrícola. Rio de Janeiro, 1955. v. 25, t. 2.

IBGE. **Recenseamento geral do Brasil-1960**: São Paulo: censo agrícola. Rio de Janeiro, 1967. v. 2, t. 11.

IBGE. **Recenseamento geral do Brasil-1970**: São Paulo: censo agropecuário. Rio de Janeiro, 1975. v. 3, t. 18.

IBGE. **Recenseamento geral do Brasil-1980**: São Paulo: censo agropecuário. Rio de Janeiro, 1984. v. 2, t. 3.

INPE. **GIS and remote sensing software**. Version 2.0.5. São José dos Campos, 1996.

IPT (São Paulo). **Áreas de conflito de uso das terras no município de Guaíra, SP**. São Paulo, 1995. 28 p. (Relatório, n. 33.042).

LIMA, M. A.; VALARINI, P. J. **Análise espaço-temporal do uso de terras agrícolas em microbacias hidrográficas do município de Guaíra, SP**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 40 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 15).

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **SF-22-X-B-III**: plano cartográfico do estado de São Paulo - carta pedológica semi-detalhada do estado de São Paulo - quadrícula de Guaíra. Campinas: IAC, 1991. 1 mapa. Escala 1:100.000.

SIMIELLI, M. E. R. **Variação espacial da capacidade de uso da terra**: um ensaio metodológico de cartografia temática, aplicado ao município de Jundiá, SP. São Paulo: IGEOG-USP, 1981. 88 p. (Série Teses e Monografias, n. 14).

3

Interação entre Impactos Sociais e Ambientais em Região de Agricultura Familiar Irrigada

Lucimar Santiago de Abreu

Jean-Paul Billaud

Hugles Lamarche

Introdução

O contexto da emergência da temática de pesquisa

No fim de 1993, um grupo de pesquisadores de várias filiações disciplinares da Embrapa Meio Ambiente, participantes do projeto “Monitoramento e avaliação de impacto ambiental em agricultura irrigada” (depois denominado Projeto Guaíra), avaliou e concluiu a importância de desenvolver métodos em monitoramento e avaliação de impacto ambiental de atividades agrícolas. O objetivo maior do projeto, retratado no seu título, buscava responder a uma demanda vinculada à missão institucional desta unidade de pesquisa. Na mesma ocasião, foi realizado um levantamento exaustivo sobre o assunto, dentro das instituições de pesquisa e dos órgãos governamentais em geral. Constatou-se que havia a falta de informações sobre processos de degradação e de risco ambiental decorrentes da intensificação da agricultura, bem como sobre a maneira pela qual esses processos ocorriam no nível de diferentes grupos sociais, com condições ecológicas, sociais, econômicas e culturais diversas.

Em função da problemática ambiental e da inexistência de tal instrumental de análise na pesquisa brasileira, contataram-se cientistas do CNRS e, em particular, o *“groupe de recherche sur les mutations des sociétés*

européennes”, da *Université de Paris X*, que, de passagem pelo Brasil, participavam do “Seminário Internacional sobre Agricultura Familiar”, realizado na Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Na oportunidade, a apresentação do trabalho “Gestão dos recursos naturais na produção familiar” que despertou interesse, dada a abordagem adotada e a aproximação com a problemática de pesquisa do Projeto Guaíra. Esse contato inicial foi fundamental para o estabelecimento de uma parceria científica entre CNPMA/Embrapa e CNRS - Paris X Nanterre.

Em 1994/95, a pesquisa foi elaborada e executada com o suporte científico da equipe de cientistas do CNRS/França, partindo de uma pressuposição teórica e metodológica que teve como objetivo propor uma forma específica para a sociologia analisar as questões ambientais aplicadas ao setor agrícola. Para alcançar tal objetivo, essa metodologia foi aplicada ao “Projeto Guaíra”, conduzido em região de agricultura intensiva. O Projeto Guaíra resalta um dos aspectos mais sensíveis sob o plano ambiental, ou seja, a utilização de agrotóxicos e os seus impactos incertos sobre o meio natural e, também, sobre o homem. A utilização de irrigação torna extremamente complexo o controle do uso dos agrotóxicos, produtos esses necessários à intensificação das produções agrícolas. Na área de abrangência da pesquisa, emergem problemas referentes ao solo (compactação, contaminação, capacidade de retenção ou de lixiviação, etc.), problemas referentes à água (seja no nível de propriedade ou de microbacias), e problemas mais globais de equilíbrio e de qualidade ambientais.

A pesquisa busca englobar esses diversos aspectos de uma realidade complexa, a qual requer diferentes níveis de análise de numerosos pontos de vista disciplinares. A análise do impacto dos agrotóxicos sobre o meio ambiente não pode ser abordada em todas as suas dimensões e implicações, sem levar em conta os comportamentos, as atitudes e as percepções dos agentes sociais quanto aos problemas e riscos ambientais.

Nesse sentido, a pesquisa propôs ao Projeto Guaíra um esquema teórico e metodológico apropriado à análise das relações destes grupos de agricultores com as tecnologias agrícolas e com os recursos naturais.

Em decorrência da opção metodológica proposta, envolvendo processos naturais, sociais e tecnológicos, o conhecimento gerado pela pesquisa ofereceu os seguintes benefícios: 1) subsídios às várias áreas de pesquisa do projeto em questão; 2) subsídios metodológicos para operacionalizar os demais projetos da Embrapa Meio Ambiente e de outras unidades de pesquisa agropecuária; 3) uma metodologia de avaliação de impactos sociais e ambientais em áreas de agricultura intensiva irrigada e de sequeiro, e a possibilidade de estender a pesquisa realizada em Guaíra/SP, às outras regiões do Brasil, com as devidas adaptações referentes a cada realidade local; 4) um instrumento de elaboração de estratégias de transformação de práticas agrícolas agressivas ao meio ambiente e ao homem; 5) orientação, a partir dos seus resultados, aos formuladores de políticas públicas, na adoção de medidas reguladoras agro-ambientais (programas governamentais que combinem assistência técnica, fiscalização, proibições, multas e créditos direcionados aos agricultores, colaboradores, etc.).

O desenvolvimento da agricultura de Guaíra (SP) apresenta muitas particularidades: uma grande diversidade das formas sociais de produção, na medida em que os sistemas de produção estão longe de ser homogêneos; um nível tecnológico sofisticado, devido à utilização de sistemas de irrigação, fertilizantes químicos e maquinários de última geração; e a confrontação com problemas técnicos que colocam a questão da valorização e da gestão dos recursos renováveis. Considerando esses aspectos, o objetivo da pesquisa consistiu em estabelecer uma tipologia de funcionamento das explorações agrícolas e analisar as relações dos agricultores para com as técnicas agrícolas e o meio ambiente, visando relacionar diferentes níveis dessa realidade rural, evidenciadas em um primeiro diagnóstico exploratório sobre Guaíra.

Revisão da literatura

Os problemas de deterioração na qualidade de recursos renováveis, os riscos à saúde resultantes da contaminação de alimentos in natura, e o debate sobre a agricultura transgênica, bem como os problemas resultantes do aparecimento de novas funções do espaço territorial rural (como a de conservação e de turismo ecológico), têm levado à necessidade de repensar os sistemas de produção agrícola e seu papel. Não há dúvida sobre a importância desses temas no debate da vida social atual. Tampouco há dúvidas quanto à importância crescente da percepção de risco ecológico na sociedade moderna.

Segundo Castells (1999), nos anos 90 mais de 80% dos americanos e dois terços dos europeus consideravam-se ambientalistas. A crescente preocupação da sociedade atual com a qualidade ambiental demonstra a importância estratégica da problemática dos riscos ambientais na agricultura e do lugar que ela ocupa no debate mais amplo sobre desenvolvimento sustentável, uma vez que as mudanças sociais e culturais ocorridas nas sociedades tradicionais ou camponesas estão situadas em um contexto global. O tema da pesquisa, portanto, exige pensar em uma sociedade local relacionada a uma sociedade global, sem a qual ela não pode ser entendida, e pensar ainda nas transformações de uma sociedade de base agrária e uma sociedade fundamentada em outros serviços que se estendem ao campo: os serviços ambientais e a produção de artesanatos e atividades ligadas ao ecoturismo e ao turismo rural, por exemplo.

No caso do Brasil, as evidências sociais dos problemas ambientais na agricultura vêm à tona em meados da década de 70, em uma manchete de primeira página do Jornal Movimento: *José Lutzenberg, o "Dom Quixote da Ecologia"*. O agrônomo foi assim denominado em função de sua militância radical na Agapan (Associação Gaúcha de Defesa da Natureza). Em 1978 ocorreu o primeiro Simpósio Brasileiro de Ecologia, em Curitiba, liderado

pelo movimento de profissionais da agronomia, ligado à FAEAB (Federação das Associações de Engenheiros Agrônomos do Brasil). Marco histórico do nascimento do debate ambiental na agricultura, o evento teve conotação política expressiva dada pelo tom das denúncias expressas sob a forma de críticas dirigidas pelos conferencistas às multinacionais de insumos químicos que atuavam no setor agrícola brasileiro. O evento contou com a presença de figuras polêmicas do debate ambiental da época, inclusive com José Lutzenberg.

Dentre outros eventos de destaque que marcaram a década de 80, a referência mais conhecida e importante foi sem dúvida o fórum de discussão denominado “Encontro Nacional de Agricultura Alternativa”. Os eventos relacionados a esse tema foram organizados sob o comando da Federação Brasileira de Engenheiros Agrônomos. Os mais importantes desdobramentos práticos desses eventos foram: dar partida para a organização sócio-profissional desse setor da agricultura denominado agricultura orgânica, e fomentar o debate crítico nas faculdades de agronomia do país.

No que se refere à pesquisa agropecuária brasileira, a Embrapa desenvolve, a partir da década de 70, tecnologias consideradas menos impactantes para o ambiente, especialmente as de controle biológico de pragas. Os grandes produtores de grãos, especialmente de soja, trigo e arroz, e de outras monoculturas como algodão, café, cítricos e cana-de-açúcar, vêm se beneficiando dos resultados dessa pesquisa, aliviando, assim, o impacto dos agrotóxicos sobre o ambiente (EMBRAPA, 1997). Todavia, tais pesquisas são insuficientes do ponto de vista de uma agricultura ecológica, e igualmente insuficientes para atender às necessidades de pequenos e médios produtores, como é o caso dos olericultores (Quirino & Abreu, 2000; Guivant, 1995). É preciso acrescentar que, atualmente, a situação desses segmentos se agrava, uma vez que a política agrícola, de modo mais global, tem atendido prioritariamente à camada de agricultores que se encontram inseridos no mercado e que são modernizados; portanto, predomina um jogo ambíguo que corresponde a interesses imediatos e circunstanciais.

Embora não se possa falar de uma conversão completa e maciça de agricultores, pesquisadores e técnicos às técnicas produtivas compatíveis com a integridade ambiental, este é um assunto que hoje não é mais tratado de maneira marginal em ambos os lados do Atlântico. Os exemplos da procura de caminhos ecologicamente sustentáveis para a agricultura poderiam multiplicar-se, mas é preciso considerar que as tendências de nenhuma forma são homogêneas. Há exemplos contrários, especialmente no Terceiro Mundo, em que as preocupações com o ambiente do campo, em geral, e da agropecuária, em particular, muitas vezes são retóricas ou francamente consideradas como o caminho para o retrocesso e a manutenção da miséria (Abramovay, 1995; Quirino & Abreu, 2000).

No Brasil, os riscos causados pela modernização agrícola, tanto ao ambiente quanto à saúde da população, têm sido denunciados por profissionais ligados às ciências agrárias e biológicas ou aos movimentos ecológicos, pouco tendo sido feito por parte daqueles ligados às ciências sociais (Abreu, 1994; Guivant, 1995 e 1998). Esses riscos são sintetizados em dois pontos que se caracterizam por estar orientados para o aumento da produção agrícola e para responder ao crescimento da população e de setores econômicos: o aumento da produtividade das áreas já ocupadas pela agropecuária, e a ocupação de novas áreas. No primeiro caso, o potencial impacto ambiental negativo se dá pela intensificação do uso de insumos como sementes e mudas com material genético melhorado, máquinas agrícolas e fertilizantes, agrotóxicos e corretivos, e água usada nos sistemas de irrigação. A intensificação do uso de insumos resulta no menor uso de mão-de-obra por área, no desemprego rural, na valorização da terra e nos resultantes conflitos fundiários e êxodo para as cidades (Quirino & Abreu, 2000).

O uso intensivo de máquinas agrícolas, irrigação e fertilizantes atinge, por diversos caminhos, a saúde humana e a diminuição do potencial produtivo. Finalmente, o uso de sementes e mudas melhoradas altera a

biodiversidade, com potenciais prejuízos à produtividade (Abreu, 1994; Guivant, 1995 e 1998; Campanhola et al., 1997).

Na Eco 92 houve, pela primeira vez, a divulgação oficial da situação do desenvolvimento brasileiro frente à sustentabilidade, atribuindo ao setor agropecuário brasileiro dois problemas principais: a modernização da agricultura, fruto da expansão da fronteira agrícola, simultânea à adoção de técnicas de produção intensivas em capital, especialmente nas áreas produtoras de “commodities” para exportação.

Apesar de todos os efeitos negativos, a problematização dos impactos da agricultura brasileira no ambiente tem sido menor do que a da indústria. Não existe, nos anais dos movimentos ambientalistas, movimento ou campanha relativa à degradação do meio rural que sequer se aproxime, por exemplo, das campanhas e movimentos que enfrentaram a poluição industrial de Cubatão ou a má qualidade do ar da cidade de São Paulo. Talvez isso se deva, em primeiro lugar, ao fato de que as instâncias mais conhecidas de poluição agrária não têm sido tão impactantes na consciência do público como as de poluição industrial. Em segundo, porque o risco é difuso e indireto para a saúde pública, e isso dificulta a visualização das conseqüências do uso de agrotóxicos, da salinização de águas usadas para irrigar, da deposição de resíduos do processo produtivo rural. A exceção é quando os problemas ecológicos eclodem (intoxicação humana, morte de peixes e plantas, etc.) e se apresentam como decorrentes de eventos que escapam ao controle do homem, momento em que o indivíduo e a sociedade percebem que os riscos não são mais produtos da fatalidade, mas conseqüências do próprio desenvolvimento tecnológico. Esses eventos produzem a emergência social da problemática ambiental na sociedade contemporânea e se traduzem em debates em que se discutem problemas ambientais de natureza múltipla, mas que antecipam os problemas ambientais que entram em cena na década de 90 (Giddens et al., 1995).

É na década de 90 que o debate sobre os problemas ambientais se expande e a sociedade parece tomar consciência desses problemas. Ainda assim, vários elementos dificultam o avanço da discussão e a formulação de planos ou medidas ambientais: a falta de precisão científica sobre a natureza dos problemas ambientais, além de questões de ordem econômica, social e política. No caso europeu, as repercussões práticas e as medidas reguladoras das atividades agrícolas nos países desenvolvidos só vieram a ser implementadas no início da década de 90.

No Brasil e de forma evidente em países desenvolvidos como a França, por exemplo, a crise ecológica do mundo agrícola é explicitada pelo debate acirrado entre ambientalistas e defensores da agricultura moderna e produtivista. Nos países desenvolvidos, ora os agricultores invocam o direito de serem os portadores da tradição, ora se abrem às inovações e ao progresso da ciência e da técnica. Neste último caso, trata-se de uma total adesão do agricultor à modernidade, plena de significados. Os termos desse debate explicitam duas lógicas sociais contraditórias: a primeira é calcada na modernização da agricultura e nas exigências ligadas ao cálculo da rentabilidade sobre a exploração agrícola, em que a terra é uma “ferramenta de trabalho”; a segunda preconiza a preservação, a proteção do patrimônio natural e a necessidade de salvaguardar a continuidade, em última instância, da espécie humana (Hervieu, 1993).

Atualmente, a cultura que prioriza o aspecto quantitativo da produção agrícola está sendo alterada, uma vez que a lógica que prioriza o quantitativo não corresponde mais, ao longo do tempo, às expectativas da sociedade, em particular pelas seguintes razões indicadas: 1) a primeira razão é de ordem econômica. O custo econômico de manutenção da agricultura produtivista é exorbitante, tanto do ponto de vista da dificuldade atual do governo de manter a oferta de crédito agrícola, quanto do ponto de vista da necessidade cada vez maior de investimentos por parte dos agricultores, a fim

de aumentar ou manter o volume de produção; 2) a segunda razão é de ordem ecológica, resultado da tomada de consciência social sobre os efeitos nefastos do desgaste do progresso agrícola, ou seja, dos problemas ambientais causados pela poluição da atividade agrícola; 3) a terceira razão é ligada à tomada de consciência recente da população com relação às implicações planetárias do modelo produtivista, tendo em vista o ambiente econômico agrícola globalizado, em que a qualidade comprovada dos produtos tornou-se uma exigência do mercado mundial, e, portanto, um elemento distintivo da competitividade (Hervieu, 1993).

No Brasil, observa-se que apesar dessa crescente tendência à adoção de um modelo de produção agrícola que leve em consideração a noção de qualidade, o produtivismo é ainda o modelo privilegiado da política agrícola nacional, e condena à marginalidade inúmeras explorações agrícolas que não apresentam bom desempenho, do ponto de vista técnico, e não se encontram inseridas no mercado. Isso demonstra que a questão da crise ecológica no setor agrícola é constituída por contradições profundas e que o modelo de desenvolvimento agrícola não se encontra estabilizado. Ainda que as exigências do ponto de vista da qualidade sejam crescentes, a transição para um novo modelo de desenvolvimento (baseado na modernização ecológica) passa pela adoção de medidas e políticas que são ainda embrionárias em nosso país.

Entende-se a modernização ecológica na agricultura como a utilização de conhecimentos ou de tecnologias que integram os princípios e leis da natureza. Nesse tipo de modernização, a agricultura é vista em conexão com a natureza, sujeita a processos ecológicos. A modernização ecológica é a prática agrícola inovadora; mas pode incluir redefinições e reatualizações de conhecimentos de origem "tradicional".

Tendo em vista que na década de 90 os problemas ambientais globais foram intensificados, e surgiram também novas questões relacionadas à agricultura e ao meio ambiente, tópicos como "chuvas ácidas", "efeito estufa", "buraco na camada de ozônio", "gestão de recursos naturais comuns" e

“remanescentes de florestas” passaram a fazer parte da linguagem e da preocupação dos cidadãos comuns do mundo inteiro, e as demandas de cada país por políticas ambientais coordenadas interna e externamente aumentaram. Entretanto, isso não deslocou dramaticamente o lugar da agricultura no conjunto de problemas.

Em pesquisa de campo realizada na década de 90, Abreu (1994) constatou que, depois da introdução da irrigação, os agricultores tornaram-se ainda mais sensíveis ao risco econômico, embora tivessem percepção dos riscos do uso de agroquímicos para o meio ambiente e para a saúde humana. Destaca: “Curiosamente, observa-se que alguns agricultores irrigantes, a cada ano, parecem mais obcecados pela idéia de buscar incessantemente a elevação da produtividade, não se importando com o custo ambiental. A elevação da produtividade e a garantia de renda são argumentos comumente utilizados para defender tal modelo” (Abreu, 1994).

No continente europeu surgiu, em 1995, o risco do consumo de carnes bovinas, relacionado à doença conhecida como “vaca louca”, vinculada ao sistema de produção de carnes dos países da Comunidade Européia, mas que alcançou repercussão social global. Trata-se, portanto, de um risco decorrente de problemas ambientais no âmbito da produção agropecuária, e que entrou em cena na década 90.

Esse problema teve ainda desdobramentos recentes no Brasil, repercutindo no plano econômico, pois foi utilizado como ameaça de retaliação comercial pelo governo canadense, que recusou temporariamente a carne bovina brasileira, alegando falta de controle de qualidade do produto. Naturalmente, o episódio coincidiu com a divulgação ampla do iminente risco de consumo do produto animal de origem européia, em especial provindo da Inglaterra. Finalmente, a qualidade dos produtos destinados à alimentação torna-se pouco a pouco um critério importante, ainda que subjetivo, mas que direciona amplas discussões envolvendo diferentes atores sociais.

Em meados e final da década de 90, novas questões ambientais se traduzem, sobretudo, em riscos ecológicos e humanos, sejam eles de ocorrência local ou de efeito planetário, vinculados aos problemas da biodiversidade das florestas, da contaminação e do esgotamento dos recursos hídricos, e do risco humano associado ao desenvolvimento da engenharia genética na agricultura e centrado no desenvolvimento de cultivos de transgênicos. Tais produtos são fruto de seleção e manipulação genéticas de plantas, com o objetivo de criar variedades de plantas resistentes aos herbicidas, às pragas e às doenças, etc. com aplicação imediata em cultivos comerciais.

A questão das biotecnologias ficou em evidência no debate público a partir de 1991, com a discussão no Congresso Nacional do projeto de lei sobre patentes e propriedade industrial. Tratava-se de uma preparação legislativa para uma reestruturação agro-industrial, que interessava sobretudo à indústria de sementes. Essa discussão estendeu-se por mais de metade da década de 90, e nesse período surgiu também a Lei de Cultivares, um tipo de lei similar à anterior, mas adaptada para as variedades de plantas e procedimentos que estavam orientados para viabilizar a entrada das biotecnologias. Outra questão também discutida então foi a do patenteamento das plantas medicinais e a biopirataria.

De importância fundamental para a elevação da consciência ambiental, o debate sobre os riscos associados aos produtos transgênicos ou organismos geneticamente modificados (doravante referidos como OGM) revela-os, atualmente, como objetos de polêmicas em diversos países, tanto na Europa quanto na América Latina e no Brasil. No Brasil, um dos movimentos sociais que chama a atenção e destaca os problemas ambientais decorrentes dos produtos OGM é o Movimento dos Trabalhadores Sem Terra, (doravante, MST), que tem contribuído decisivamente para a percepção social dos riscos desse tipo de inovação tecnológica, embora não haja uma posição única entre os líderes e os demais setores organizados que apóiam o movimento.

Do ponto de vista social, os consumidores não se preocupam com as diferenças entre os tipos de agricultura alternativa abordados, considerando todos os seus produtos simplesmente como produtos orgânicos, visto que a sua principal preocupação é com o consumo de alimentos sem agrotóxicos e sem outras substâncias químicas sintéticas prejudiciais à saúde (Campanhola & Valarini 2001). Portanto, a agroecologia busca alcançar a otimização do agroecossistema integral, e não somente de um componente, e baseia-se, sobretudo, nos estudos das diferentes interações entre pessoas, plantas e animais, ao passo que a biotecnologia se fundamenta em estudar um componente dos seres vivos segundo premissas filosóficas falsas quanto à sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas. Segundo tal linha de pensamento, os princípios da biotecnologia precisam ser expostos para que a verdadeira agricultura sustentável ocupe seu lugar de direito.

A importância das preocupações com as questões ambientais pode ser vista também nos debates e legislações sobre a deterioração da qualidade da água, a erosão dos solos e a destruição de florestas, bem como sobre os riscos à saúde resultantes da contaminação de alimentos in natura e da introdução da agricultura transgênica (Billaud & Abreu, 1999).

Como vimos anteriormente, parte considerável dos problemas ecológicos são decorrentes de atividades humanas agrícola, as quais, como processos produtivos, estão estreitamente vinculadas às dinâmicas dos ecossistemas e a determinadas relações sociais de produção.

A consciência do risco iminente de catástrofes ecológicas, sejam elas locais ou globais, repentinas ou vagarosamente cumulativas (Giddens et al., 1995), solicita das ciências sociais muitas respostas sobre o comportamento, as percepções e as possíveis direções em que se pode desenrolar o futuro a partir do incerto e inusitado presente. A convivência diária com o risco ecológico produz comportamentos sociais que direcionam as mudanças e que necessitam ser conhecidos pelas ciências sociais.

As propostas teóricas adotadas na pesquisa

Concretamente, duas propostas teóricas constituem o processo de pesquisa desenvolvido:

a) Sobre análise da diversidade das formas sociais de produção agrícola.

Por formas sociais de produção agrícola entendemos não apenas a descrição das diversas situações materiais nas quais os agricultores se encontram (superfície, tipo de cultura, tipo de criação, situações econômica e financeira, etc.), mas também, e sobretudo, o seu comportamento e o seu sistema de valores e de representação (relação com a terra e com o patrimônio, relação com as técnicas e com os equipamentos, relação com o mercado e a sociedade global). Para o agricultor, a definição de estratégias específicas apropriadas à realização do seu projeto (pessoal ou familiar), dependerá da interação desses dois níveis de realidade, material e ideológica.

Outro ponto que parece essencial levar em conta na definição das formas sociais agrícolas de produção é a dimensão temporal. Cada agricultor ou grupo de agricultores tem origens particulares, refletindo uma história que lhes é própria e da qual extraem, em maior ou menor grau, uma parte indispensável do seu patrimônio sociocultural. Do mesmo modo, cada agricultor, ou grupo de agricultores, adotam para o futuro um projeto para si mesmo e para sua família, em função do qual irá organizar todas as suas estratégias e tomar as suas decisões. Está claro que o futuro desses agricultores vai depender das possibilidades ou capacidades de concretizar esse projeto que cada um estabeleceu para si e para a sua família, ou pelo menos dele se aproximar. No que diz respeito às capacidades, elas irão depender principalmente deles próprios, da sua vontade de adaptar-se às mudanças necessárias e indispensáveis (tanto técnicas e econômicas quanto sociais e culturais) para garantir a reprodução da unidade de produção. Quanto às possibilidades, elas irão depender, principalmente, da conjuntura externa, ou seja, tanto das condições de mercado quanto da política agrícola adotada.

Agora coloca-se o problema do “como fazer”: como salientar as diferentes formas sociais agrícolas presentes nas relações sociais locais de produção?

Partiu-se do postulado de que o funcionamento das explorações organiza-se a partir de duas lógicas principais: uma centrada na família, e a outra, na relação autonomia/dependência. Poder-se-ia, é claro, considerar um postulado de partida diferente, mas notou-se que a relação familiar e a autonomia/dependência constituem os pontos cruciais de toda exploração, e que, dependendo dos tipos de relações que se estabelecem, diferentes formas sociais de produção irão definir-se. Posto isto, as formas sociais de produção devem, portanto, ser definidas pela inter-relação entre as lógicas familiares, por um lado, e as lógicas de autonomia/dependência, por outro lado. O cruzamento destas duas lógicas define, a priori, quatro modelos teóricos de funcionamento:

- o modelo Empresa, que se caracteriza por lógicas familiares fracas e fortes relações de dependência;
- o modelo Empresa Familiar, que, como o precedente, é muito dependente do exterior, mas continua muito apegado às lógicas familiares de funcionamento;
- o modelo de Exploração Camponesa e de subsistência, que é ao mesmo tempo muito autônomo e muito familiar;
- e, finalmente, um último modelo, que seria ou de Transição ou Alternativo, caracterizado, por um lado, pela busca de uma certa liberação das obrigações familiares, e, por outro lado, pela manutenção de uma certa independência em relação ao exterior.

Além da vantagem de apresentar uma análise da diversidade da agricultura de Guaíra, esta abordagem também permite o cruzamento com outras temáticas, em particular a que diz respeito às relações do agricultor com o meio ambiente.

b) Sobre análise da dimensão social: a relação dos agricultores com as técnicas e com o meio ambiente.

A análise da relação entre a natureza, as técnicas e a sociedade é um objetivo de pesquisa situado no coração das problemáticas que levam em conta a questão do meio ambiente. Essa questão é, propriamente, uma maneira de interrogar-se sobre o lugar da natureza nas sociedades modernas; lugar tributário de um duplo processo cuja dinâmica tratamos de estudar: como se articula, numa configuração dada, a relação entre processos técnicos e sociais e dispositivos de gestão?

Inicialmente, é necessário precisar o que se entende por meio ambiente. Do ponto de vista da sociologia, a questão do meio ambiente adquire sentido a partir do momento em que uma interdependência ecológica é socialmente percebida como problema. É particularmente importante definir como, conseqüentemente, as condições sociais nas quais os problemas de meio ambiente emergem constituem-se em problemas para os grupos sociais, visto que são os agentes sociais que auto-formulam os problemas, a partir de sua experiência. Nesse sentido, é do cruzamento entre uma interdependência social e uma interdependência ecológica que nasce a questão do meio ambiente em sua dupla dimensão: natural e social.

A emergência social do problema do meio ambiente corresponde muito freqüentemente a uma percepção de risco, seja no nível do próprio indivíduo ou no de diferentes grupos sociais tributários de uma interdependência ecológica. Esse risco está ligado a um contexto de incerteza científica e técnica associada ao domínio de processos ecológicos, numa configuração específica de aplicação de técnicas (quanto mais importante é o nível técnico, maior é a incerteza em relação ao risco). O risco está igualmente ligado a um contexto de incerteza social, porque as relações dos agentes sociais são a todo momento diversas entre os indivíduos, e complexas, em função das capacidades de antecipação adquirida.

No caso de Guaíra, os estudos iniciados evidenciam a questão colocada, que deriva, em resumo, de um problema clássico, a saber: dos efeitos

negativos, mas também dos limites específicos de um processo técnico aplicado à agricultura com o objetivo de aumentar a produtividade, ou seja, a irrigação. O projeto Guaíra enfoca um dos aspectos mais sensíveis no plano ambiental, isto é, a utilização de agrotóxicos com seus impactos incertos sobre o “meio natural” e também sobre o homem. A importância desse projeto deve-se, sem dúvida nenhuma, ao fato de questionar o uso de agrotóxicos num contexto de aplicação mais sofisticado no plano técnico, já que a irrigação torna mais complexo o domínio de tais produtos, necessários à intensificação das produções agrícolas: emergem problemas de solo (compactação, contaminação, capacidades de retenção ou de esgotamento); problemas de água (seja no nível da unidade de produção ou da microbacia); problemas mais globais de equilíbrio de qualidade ambiental, entre outros.

O dispositivo de pesquisa estabelecido tem como finalidade mostrar como os grupos sociais agrícolas praticam e pensam sua relação com a natureza, particularmente através da utilização de tecnologias agrícolas para a exploração dos recursos naturais de produção.

Da dupla proposta teórica mencionada (a e b), decorre um corpo de hipóteses a respeito da reação de agricultores em relação à questão ambiental:

- é particularmente tributária da experiência de risco dos indivíduos;
- inscreve-se nos esquemas culturais complexos que se exprimem na relação do agricultor com a técnica, nas suas capacidades de antecipação a respeito de um contexto de incerteza;
- é apreendida nas redes sociais e profissionais e coloca em jogo identidades sociais e profissionais.

Metodologia da pesquisa

No que diz respeito aos dados mais gerais sobre a região de Guaíra – a evolução sócio-demográfica e agrícola, a situação presente da sua

agricultura e os seus problemas – foram utilizados os resultados das pesquisas realizadas por Abreu (1994).

A metodologia desenvolvida apoiou-se na elaboração de um questionário: de uma parte, ele é o fruto da prática concreta das temáticas implícitas na dupla proposta teórica precedente (a e b); de outra parte, é o resultado do trabalho interdisciplinar de preparação envolvendo as diferentes linhas de pesquisa abordadas no projeto Guaíra. Portanto, diversos temas nortearam este questionário, a saber:

a) Sobre as análises da diversidade das formações sociais agrícolas.

No que diz respeito aos dados mais pontuais sobre a unidade de produção agrícola, o questionário continha perguntas sobre a exploração e suas condições materiais de funcionamento (tipo de cultura, área útil, produção, produtividade, equipamentos e práticas agrícolas, etc.), além de perguntas referentes às condições financeira e econômica. Continha também outras questões associadas aos valores sociais e culturais (forma de organização do trabalho, apego ao patrimônio e à terra, etc.).

Esta proposta teórica, do ponto de vista metodológico, utiliza uma temática dupla:

1) O estudo dos sistemas de organização da produção consistiu em salientar os principais sistemas de produção instalados pelos agricultores de Guaíra. Tratava-se aqui de distinguir o agenciamento das principais produções nas explorações (grandes culturas, produções de hortaliças, produções forrageiras e produções animais) e delas extrair uma análise dos diferentes sistemas. Para tanto, utilizou-se o programa computacional SPSS - "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS, 1997), de estatística aplicada às ciências sociais, especificamente para o agenciamento (cálculo, recodificação dos dados, criação de variáveis sintéticas) e a triagem dos dados (quadro de frequência e triagens cruzadas).

2) O estudo dos modelos de funcionamento das explorações foi realizado correlacionando diferentes variáveis sintéticas e definindo, por um lado, as lógicas familiares, e por outro lado, as lógicas de autonomia/dependência. Estas variáveis foram elaboradas e analisadas por meio do *software* SPSS. O correlacionamento dessas diferentes variáveis sintéticas foi realizado por meio do TRIDEUX - programa computacional para fins de análise fatorial e análise dos perfis de modalidade (CIBOIS, 1997).

b) Análise da dimensão social: a relação dos agricultores com as técnicas e com o meio ambiente.

Nesta perspectiva de análise, indicamos os temas que nortearam o questionário:

- inventário dos problemas ambientais, na escala de cultivo e no contexto regional: trata-se de avaliar, particularmente, a percepção do risco ecológico do agricultor;
- a análise das relações com as técnicas, em particular com a irrigação: neste caso, objetiva-se a tomada de consciência de uma incerteza em relação à dimensão técnica da atividade produtiva;
- a sensibilidade com a questão da natureza e do meio-ambiente: trata-se de identificar o contexto e os esquemas sócio-culturais no cerne dos quais inscrevem-se os comportamentos de previsão;
- a relação com outros grupos sociais e instituições: esta dimensão da pesquisa é essencial, referindo-se ao ponto de vista teórico precedente no qual insistia-se sobre os dispositivos coletivos de gestão do meio ambiente, e sobre a importância das redes sociais e profissionais do agricultor;
- a identidade profissional: a questão do meio-ambiente inscreve-se numa crise da profissão, ao mesmo tempo exprimindo-a e ampliando-a; ela supõe, igualmente, que o agricultor aceite uma dinâmica social e ideológica de comprometimento num quadro contratual ou não.

Essas várias temáticas têm claramente por objetivo obter um cruzamento, a fim de hierarquizar suas relações e compreender em quê elas

constituem um sistema. Pode-se construir a hipótese de que os diferentes modelos de funcionamento dos cultivos representam uma leitura pertinente da relação dos agricultores com a questão ambiental. Pode-se, igualmente, levantar a hipótese de uma distância nesse domínio, sabendo que estamos num período de transição, seja do ponto de vista das modalidades sociais e científicas do enunciado e do controle dos problemas ambientais, seja do ponto de vista do próprio agricultor confrontado com a confusão de seus referenciais habituais, tanto técnicos quanto culturais. Aliás, trata-se de um dos objetivos desta pesquisa em ciências sociais, no Projeto Guaíra, esclarecer um corpo de hipóteses mais abertas.

O questionário foi aplicado a uma amostra preestabelecida de 127 agricultores. A amostragem procedia menos de uma representatividade estatística estrita do que de escolhas pensadas a partir dos objetivos de pesquisa identificados: um dos critérios básicos foi, evidentemente, o de constituir uma dupla população: de um lado, a de irrigantes (54 indivíduos), e de outro, de não-irrigantes (73 indivíduos). Buscamos, fundamentalmente, captar a diversidade social e agro-ambiental do município; desta forma, vários critérios foram associados:

*Idade do agricultor: < 35 anos, entre 35 e 55, e > 55 anos;

*Áreas com pivô central *versus* área sem o equipamento de irrigação;

*Localização geográfica: próximo ao centro urbano *versus* longe do centro urbano;

*Tempo de trabalho com a irrigação (antigos irrigantes *versus* novos irrigantes);

*Agricultores que adotavam o plantio direto *versus* os que não adotavam a prática, etc.

O dispositivo metodológico obtido permitiu, portanto, construir uma base de dados que foi analisada graças a utilização de técnicas de exame particulares.

Resultados e discussões

a) Sobre a análise das formas sociais de produção.

O tratamento e a análise dos dados proporcionaram resultados de duas ordens (Fig. 3.1):

1) Uma tipologia dos sistemas de cultura. Partindo da repartição das diferentes culturas na organização da produção das explorações, salientaram-se quatro tipos dominantes, a saber:

– *O sistema Grandes Culturas (51 agricultores)*. Trata-se de um sistema que está organizado em torno de três produções vegetais: milho, soja e arroz. Este sistema decompõe-se em três subsistemas: um, que poderia ser chamado de puro, dado que milho, soja e arroz ocupam a quase totalidade da Superfície Agrícola Útil (SAU); um segundo que associa produção de hortaliças e feijão à produção de cereais (ervilha, tomate, cebola etc.); e um último, que associa uma produção forrageira não negligenciável às produções anteriores, e tem, portanto, uma produção animal (basicamente bovina);

– *O sistema Hortaliças (17 agricultores)*. Trata-se de um sistema que funciona essencialmente para produção de legumes. Boa parte desses agricultores, embora não todos, utilizam a irrigação;

– *O sistema Criação (18 agricultores)*. Aqui, a produção forrageira, intensiva e extensiva, domina amplamente, representando mais de 70% da SAU. Especializadas na produção animal, essas explorações possuem, na sua grande maioria, criações bovinas (corte ou leite);

– *O sistema Policultura-Criação (36 agricultores)*. Trata-se de um sistema que reúne em si toda a diversidade dos três sistemas descritos anteriormente.

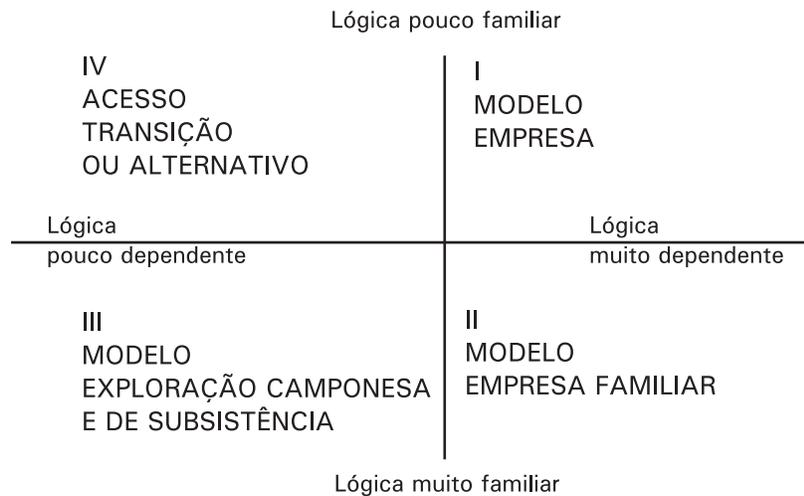


Fig. 3.1. Representação dos modelos produtivos propostos para tipificar os produtores de Guaíra – SP (adaptado de Lamarche, 1994).

2) Modelos de funcionamento das explorações. A análise fatorial, efetuada a partir das variáveis sintéticas, permitiu a classificação de cada agricultor na tipologia dos modelos teóricos apresentados em gráfico. Constata-se uma repartição bastante equilibrada dos indivíduos no espaço fatorial. 32 explorações foram identificadas como Empresas, 25 como Empresas familiares, 42 como explorações camponesas ou de subsistência e 28 couberam no modelo de Transição ou Alternativo.

A partir daí, novas variáveis podem ser criadas, permitindo diversos cruzamentos, em particular com as variáveis associadas às relações dos agricultores com o meio ambiente.

b) Sobre a análise da dimensão social: a relação dos agricultores com as técnicas e com o meio ambiente.

A análise da base de dados permitiu identificar quatro tipos de relações dos agricultores de Guaíra com o meio ambiente (Fig. 3.2). Esta tipologia

tornou-se possível pelo cruzamento de dois níveis de análise, que parecem ser constitutivas de uma tal relação. De um lado, a relação dos agricultores com as técnicas parece ser um elemento de discriminação fundamental: distingue-se, deste modo, uma nítida hierarquia junto aos equipamentos técnicos e aos níveis de tecnicidade. Numa fórmula, poder-se-ia dizer que o nível tecnológico e as intenções de uso de tecnologia crescem com o uso dos equipamentos técnicos e, quanto mais as soluções técnicas requeridas são sofisticadas, em particular para o controle de problemas ligados à irrigação (compactação e redução da microbiota do solo e incremento de doenças de plantas, etc., segundo Valarini et al., 1999), mais as reações sociais são divergentes: dentro de um mesmo nível técnico, a incerteza técnica referente ao risco ambiental é percebida muito diferentemente. É aí que o segundo eixo de análise adquire toda a sua importância.

O segundo eixo discriminador está, efetivamente, ligado à relação dos agricultores com o meio ambiente. Primeiramente, esta relação liga-se ao nível de experiência do risco. Existe igualmente, neste domínio, uma grande diversidade de experiências em matéria de problemas ambientais: quanto maior o nível tecnológico, tanto mais importante é uma tal experiência. Mas ela não é, por si, suficiente para explicar o nível de sensibilidade ambiental. Dito de outro modo, a experiência do risco através dos problemas ambientais é, na maioria das vezes, uma condição necessária para gerar uma nova sensibilidade ambiental, mas ela inscreve-se num esquema muito mais complexo, para coincidir no sentido estrito. Pode-se estar sensível ao risco tecnológico sem reconhecer, para tanto, uma problemática ambiental; pode-se aderir a uma tal problemática tendo uma experiência de risco técnico particularmente limitado. São essas diversas atitudes sociais, a respeito da questão ambiental, que a análise da base de dados permite esclarecer, mostrando a complexidade da dimensão social da relação com as técnicas.

Propõem-se, assim, quatro modelos de relação entre a tecnicidade (entendida como reação global às técnicas) e a sensibilidade aos riscos agro-ambientais:

- um modelo de indiferença: a experiência do risco é fraca (incipiente), o que se explica por uma tecnicidade reduzida e que gera uma sensibilidade igualmente fraca;
- um modelo tecnicista: num contexto tecnológico complexo, que coloca numerosos problemas ambientais, a sensibilidade para com o meio ambiente ou o risco técnico está presente, mas ela está sempre dissociada, revelando nisso a recusa de estabelecer um elo entre uma problemática ambiental e a experiência intensa do risco tecnológico;
- um modelo de incerteza: num contexto tecnológico tão complexo quanto o precedente, que coloca tantos ou mais problemas ambientais, a sensibilidade ambiental atinge o mesmo nível da sensibilidade do risco; há, neste caso, uma real tomada de consciência por parte dos agricultores em alto nível tecnológico;
- um modelo de antecipação: caracteriza-se por uma fraca experiência do risco, devido a poucos problemas ambientais, mas exprime uma sensibilidade para com a natureza que entra em coerência com as práticas agrícolas mais ambientais.

A descrição destes modelos não é suficiente: coloca-se, por sua vez, a questão de sua dimensão sociológica (remetem a determinados tipos de funcionamento dos sistemas produtivos ou a uma sociografia particular, como a idade, o status fundiário da propriedade, etc.), bem como a de sua dimensão antropológica (inscrevem-se num sistema cultural mais estruturado e mais global que corresponde a uma visão da natureza e do mundo específico?). É evidente que a análise da base de dados deve ser prosseguida, Neste sentido, os resultados são parciais, mas será necessário passar para uma outra etapa, utilizando outros métodos, em particular aqueles da observação e da entrevista qualitativa.

Entretanto, podem-se indicar alguns elementos que permitem validar as pistas de pesquisa:

- tais modelos remetem a sistemas de produção específicos, sendo a irrigação um dos fatores determinantes neste domínio;
- a tomada de consciência ambiental, fundada majoritariamente sobre uma experiência do risco, reflete muito precisamente a crítica bastante radical de um modelo de produção de alto nível tecnológico. Quando a sensibilidade ao risco técnico acontece juntamente com uma sensibilidade ambiental, a referência ao meio ambiente surge como uma forma moderna de expressão da crise na relação dos agentes sociais com a tecnologia.

Enfim, pode-se avançar sobre a hipótese de que esta tomada de consciência inscreve-se num esquema de ruptura cultural. Nesse sentido, não é certo que o caminho que conduz à adesão ambiental seja somente tributário de um domínio tecnológico mais ou menos infeliz. Ele pode traduzir, igualmente, um outro tipo de abertura ao mundo (o que parece ser o caso dos dois modelos identificados), que remete, sem dúvida, a uma visão do mundo particular, fundada sobre uma outra percepção da relação entre natureza e tecnologia.

Os símbolos diferenciados utilizados na Fig. 3.2 são ilustrativos dos lugares ocupados por agricultores no espaço fatorial.

A análise apresentada, relativa às diferentes dimensões desta problemática de pesquisa, devem ser considerada como uma primeira etapa alcançada e não como pesquisa finalizada. Efetivamente, é necessário que uma pesquisa complementar de tipo qualitativo seja efetuada, de um lado para dar mais profundidade sócio-econômica à análise já realizada e, de outro lado, para reunir conhecimentos mais precisos que se revelariam indispensáveis para a realização de uma pesquisa verdadeiramente interdisciplinar. A pesquisa qualitativa deverá ser baseada em escolhas criteriosas (entrevistados e perguntas), considerando as primeiras conclusões já adiantadas acima. De fato, tal procedimento permitirá validar – ou talvez invalidar – certas hipóteses de

trabalho sobre a diversidade das lógicas sociais que organizam as relação dos agricultores de Guaíra para com o meio ambiente.

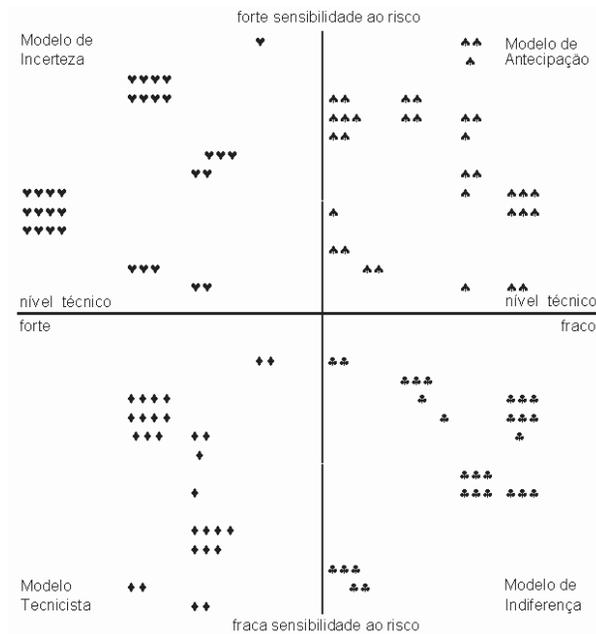


Fig. 3.2. Repartição dos indivíduos de Guaíra – SP, conforme modelo de relação técnica e sensibilidade ao risco agro-ambiental (adaptado de Billaud & Abreu, 1999).

É necessário ampliar a investigação sobre Guaíra para outras regiões do Brasil, particularmente onde a questão da irrigação é o problema central. As virtudes de uma análise comparativa são suficientemente evidentes. Para tal ampliação torna-se, no entanto, necessário levar em conta o fato de que uma adaptação do questionário a cada realidade local é indispensável, o que torna imprescindível uma colaboração com os pesquisadores dos centros da Embrapa.

Um procedimento interdisciplinar mais elaborado não pode ser descartado. A configuração da equipe e do projeto de pesquisa sobre Guaíra

aparece particularmente interessante nesse plano. Isto suporia considerar um trabalho a partir da escala do espaço, lugar de encontro ideal para um trabalho interdisciplinar. Embora esta questão permaneça em aberto, fica evidente a necessidade de aprofundar os estudos, levando-se em consideração a oferta ambiental dos recursos naturais bióticos e abióticos. Isto elucidaria as relações entre o homem e o ambiente.

A utilização combinada de técnicas de sensoriamento remoto com o Sistema de Informação Geográfica (SIG) mostrou que a ocupação agrícola sistemática de três bacias hidrográficas estudadas, ocasionada pela implantação de um modelo de agricultura intensiva, resultou em expressiva degradação da paisagem rural, apesar da exigência legal da manutenção de áreas de preservação permanente (Lima & Valarini, 2001).

E, finalmente, é desejável que cada área disciplinar examine os dados reunidos no banco, na hipótese de uma análise que responda a alguns de seus objetivos. Embora seja evidente que cada disciplina não poderá encontrar neste banco de dados o refinamento de análise próprio ao seu procedimento, deve-se ter em mente que tal exame pode permitir o surgimento de certas questões ou hipóteses de trabalho, relevantes numa perspectiva mais interdisciplinar.

Considerações finais

As análises efetuadas, tanto do ponto de vista das formas sociais de produção quanto da relação com o meio ambiente dos agricultores, demonstraram uma diversidade muito grande de situações e comportamentos.

O cruzamento dessas análises indica, com evidência, que existem elos coerentes entre a diversidade das formas sociais agrícolas estabelecidas e sua atitude e comportamento diante do meio ambiente. Sua representação estatística satisfatória permite avançar sobre várias hipóteses

quanto à dimensão sociológica e antropológica, que constituem a pertinência de tal modelização.

Referências

ABRAMOVAY, R. **A dualização como caminho para a agricultura sustentável**. São Paulo: [s.n.], 1995. 17 p.

ABREU, L. S. de. **Impactos sociais e ambientais na agricultura: uma abordagem histórica de um estudo de caso**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. 149 p.

BILLAUD, J. P.; ABREU, L. S. de. A experiência social de risco ecológico como fundamento da relação com o meio ambiente. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 43-66, 1999.

CAMPANHOLA, C.; LUIZ, A. J. B.; LUCHIARI JÚNIOR, A. O problema ambiental no Brasil: agricultura. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria, política e gestão de espaços regionais**. Campinas: Unicamp, 1997. p. 265-281.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. A agricultura orgânica e seu potencial para a pequena produção. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 69-101, 2001.

CASTELLS, M. **O poder da identidade: a era da informação: economia, sociedade e cultura**. Tradução de Klauss Brandini Gerhardt. São Paulo: Paz e Terra, 1999. v. 2, p. 530.

CIBOIS, P. **TRIDEUX**: [programa de computador]. Paris, 1997.

EMBRAPA. **Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária 1997**. Brasília, DF: Embrapa-DPD, 1997. p. 17.

GIDDENS, A.; BECK, U.; LASCH, S. **Modernização reflexiva: política tradição e estética, na ordem social moderna**. São Paulo: Editora da UNESP, 1995. 264 p.

GUIVANT, J. S. A agricultura sustentável na perspectiva das ciências sociais. In: VIOLA, E. **Meio ambiente, desenvolvimento e cidadania**. São Paulo: Cortez, 1995. p. 99-133.

GUIVANT, J. S. Conflitos e negociações nas políticas de controle ambiental: o caso da suinocultura em Santa Catarina. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, ano 1, n. 2. p. 101-121, 1998.

HERVIEU, B. **Les champs du futur**. Paris: François Bourin, 1993. 172 p.

LAMARCHE, H. (Org.) **L'agriculture familiale: du mythe a la réalité**.-Tomo II. Paris: L'Harmattan, 1994. t. 2, 304 p.

LIMA, M. A.; VALARINI, P. J. **Análise espaço-temporal do uso de terras agrícolas em microbacias hidrográficas do município de Guaíra, SP**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 42 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 15).

QUIRINO, T. R.; ABREU, L. S. de. **Problemas agroambientais e perspectivas sociológicas: uma abordagem exploratória**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 74 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 16).

SPSS. Statistical Package for Social Sciences: Windows 95 version. Chicago, 1997. 1 disquete, 3 ½ pol.

4

Caracterização do Uso de Agrotóxicos

Marcos Corrêa Neves

Alfredo José Barreto Luiz

Introdução

Nas últimas décadas, a agricultura brasileira sofreu uma significativa modificação. Novas técnicas de cultivo foram aplicadas, baseando-se em altos níveis de produtividade. Passou-se a utilizar variedades melhoradas, exigentes em adubos químicos e uso intensivo de agrotóxicos. O uso desses produtos cresceu e o Brasil passou a ocupar uma posição de destaque no mercado mundial, estando entre os cinco maiores consumidores de agrotóxicos, sendo que São Paulo é o Estado brasileiro com o maior consumo. Pelo uso de agrotóxicos em larga escala, a agricultura moderna é considerada como uma fonte poluidora, oferecendo riscos ambientais, tais como a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

Embora o país ocupe um lugar de destaque no mercado mundial de agrotóxicos, as informações sobre a utilização desses produtos são deficientes. Os dados disponíveis são apresentados de maneira agregada, não permitindo extrair informações mais detalhadas, necessárias em trabalhos mais específicos, como em estudos de impacto ambiental.

Na tentativa de melhorar as informações, a Embrapa Meio Ambiente e o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia de São Paulo - CREA/SP estabeleceram um convênio visando utilizar o receituário agrônomo como fonte básica de informação. Esse convênio contemplava a

criação de um sistema de gerenciamento e análise dos dados extraídos das receitas agronômicas (Neves et al., 1996).

Assim, as duas instituições se empenharam na definição de um procedimento e no estabelecimento de uma estrutura que permitiram organizar e processar um grande volume de dados oriundos das receitas agronômicas, de maneira a caracterizar e monitorar o mercado de agrotóxicos no Estado de São Paulo, atendendo, assim, parte da demanda por melhores informações.

Durante o período do convênio, foram digitados dados de receitas referentes a três anos, formando uma significativa base de dados. Para gerenciar este volume de informações, foi utilizado um sistema gerenciador de banco de dados (SISCREA). Este sistema produz uma série de relatórios de interesse, tanto do ponto de vista da fiscalização (utilizados pelo CREA-SP) como da análise do uso de agrotóxicos, de interesse nos estudos de impacto ambiental.

Posteriormente, esses dados foram integrados a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de forma a possibilitar uma análise espacial do uso dos agrotóxicos para todo o Estado de São Paulo. O SIG utilizado na integração dos dados foi o IDRISI (Eastman, 1997), disponível na época, mas outros SIGs ou softwares de visualização de dados espaciais, como o ARCVIEW, podem cumprir o mesmo papel na integração dos sistemas. Esta integração permitiu a espacialização das informações por unidades de área, como os municípios ou outra divisão política qualquer formada por conjuntos de municípios, tal como as regiões de abrangência dos *Escritórios de Desenvolvimento Regional* (EDRs).

Essa estrutura de trabalho produziu resultados importantes, gerando informações que, até então, não estavam disponíveis no nível de detalhamento desejado, sobretudo em estudos mais específicos, como os desenvolvidos no escopo do Projeto Guaíra. A equipe do trabalho realizou

várias análises referentes ao uso de agrotóxicos (Luiz et al.; 1997; Luiz et al., 2004; Neves et al., 1998; Spadotto & Neves, 1995), extrapolando os interesses iniciais e atendendo assim, às demandas externas de outras instituições, tais como a CETESB.

A seguir são detalhados o esquema geral de trabalho, os sistemas utilizados para o tratamento dos dados e a forma de integração destes sistemas. Também são mostrados os dados extraídos do receituário e os resultados específicos, obtidos para o município de Guaíra.

Tratamento das informações do receituário agrônômico

Na estrutura de trabalho foram usados dois sistemas de informação de forma combinada: um *Sistema Gerenciador de Banco de Dados* (SGBD) e um *Sistema de Informação Geográfica* (SIG). O SGBD foi utilizado no gerenciamento dos dados tabulares. O segundo sistema, o SIG, foi utilizado para a espacialização das informações, gerando mapas e cartogramas. Na Fig. 4.1 é apresentada uma visão geral do esquema de integração dos dois sistemas, as suas fontes básicas de informação, suas saídas e a forma pela qual os sistemas trocam dados. A permutação de dados entre os sistemas é efetuada, na prática, pelo compartilhamento do mesmo banco de dados.

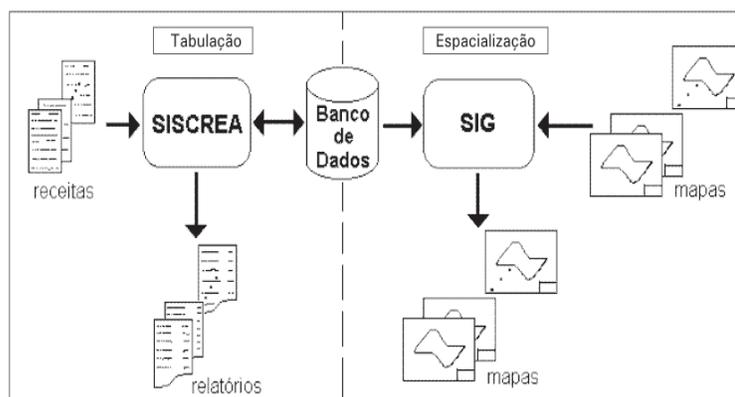


Fig. 4.1. Esquema geral do trabalho para a identificação e análise do uso de agrotóxicos.

O SGBD utilizado na estrutura foi o SISCREA, desenvolvido no setor de informática da Embrapa Meio Ambiente (Paiva, 1992). Este sistema foi responsável pela entrada de dados extraídos das receitas agronômicas, geração de relatórios de interesse do CREA e da Embrapa, e gerenciamento da base de dados. Na construção da base de dados, foram digitados dados de mais de 1.300.000 receitas, referentes aos anos de 1993, 1994 e 1995. Para a entrada desse considerável volume de dados foi montada uma estrutura física de digitação, no final de 1993, na sede da Inspetoria Executiva do CREA, em Botucatu-SP, para onde eram enviadas cópias de todas as receitas aplicadas no Estado de São Paulo.

O SISCREA, além de gerenciar a base de dados, produziu uma série de informações de interesse do CREA-SP e da Embrapa, as quais foram utilizadas, pela primeira instituição, para fiscalizar a atuação dos profissionais responsáveis pela emissão das receitas, e pela Embrapa Meio Ambiente, em trabalhos de caracterização do uso de agrotóxicos, como o estudo apresentado a seguir, referente ao município de Guaíra.

Das receitas agronômicas, foram extraídos os seguintes campos de dados: número do bloco da receita (ART); número da receita; município onde se localiza a propriedade; cultura agrícola em que o produto será aplicado; nome comercial dos agrotóxicos; carga de aplicação (kg ou l); número de registro do profissional responsável pela receita; e a data de comercialização.

Para permitir a estimativa da carga em função do princípio ativo, foi criada uma tabela adicional no banco de dados, relacionando os produtos comerciais aos princípios ativos, considerando as concentrações nas formulações. Esta tabela foi elaborada a partir de dados extraídos do Compêndio de Defensivos Agrícolas (Compêndio, 1996).

Para proceder à espacialização dos dados, lado direito do esquema da Figura 4.1, foi utilizado o SIG IDRISI. Como fonte de informação geográfica para esse sistema, foram utilizados em algumas análises: o mapa

com a divisão municipal do Estado de São Paulo (IGC, 1994), em arquivo digital; e o mapa das regiões correspondentes às áreas de atuação dos Escritórios de Desenvolvimento Regionais (EDR) do Estado. O plano de informação, com os polígonos representando os EDRs, foi gerado a partir de um processo de edição vetorial do mapa municipal, agregando os municípios por EDRs, resultando em 40 regiões.

Ainda na Fig. 4.1, as duas formas de saída de informações proporcionadas pelo sistema global podem ser observadas: relatórios e mapas. Os relatórios apresentavam, basicamente, as quantidades totalizadas, por períodos de tempo, do uso quantitativo dos produtos por municípios ou por cultura agrícola. Os mapas apresentavam a distribuição espacial das informações, permitindo identificar geograficamente, por exemplo, as regiões onde um produto ou um grupo de agrotóxicos foi mais utilizado.

É importante ressaltar que o formato digital da base de dados (formato DBF) gerada pelo SISCREA é um formato padrão, tratável pela maioria dos programas aplicativos existentes no mercado, tais como planilhas eletrônicas, gerenciadores de banco de dados e programas estatísticos. Isto permitiu utilizar outros programas, de forma complementar, nos trabalhos de análise. Portanto, o tratamento e a manipulação da base de dados não se restringiram aos relatórios e mapas emitidos pelo sistema criado neste projeto.

Com este esquema de trabalho foram produzidos resultados importantes, gerando informações que, até então, não estavam disponíveis no nível de detalhamento desejado, sobretudo em estudos mais específicos, como os desenvolvidos para o município de Guaíra. Na próxima seção, serão apresentados alguns resultados práticos que servem para ilustrar o potencial de aplicação dessa estrutura de trabalho.

Estudo de caso: Guaíra - SP

Para o caso específico do município de Guaíra, desenvolveu-se uma análise visando identificar os princípios ativos mais utilizados nas principais culturas do município. Essa caracterização atendeu à demanda interna do Projeto Guaíra, estando, portanto, diretamente relacionada com os demais trabalhos apresentados nos outros capítulos deste livro. Para realizar a caracterização, foi criada uma sub-base, contendo apenas os dados referentes às receitas aplicadas no município, considerando três anos (1993, 1994 e 1995), totalizando 14.270 receitas analisadas. Neste caso específico, foram utilizados apenas dados tabulares, sem espacialização, já que o estudo envolveu apenas um município.

O primeiro resultado importante da análise é apresentado na Fig. 4.2. Nela, pode-se observar um gráfico com a distribuição percentual do uso de agrotóxicos em Guaíra (quantidade de produto comercial) para as principais culturas agrícolas. Uma conclusão interessante, facilmente verificável nessa figura, é a concentração significativa do uso de agrotóxicos em um número restrito de culturas. As seis primeiras culturas em quantidade de uso de agrotóxico, por exemplo, são responsáveis por 89% da carga total destes produtos no município.

A totalização por princípio ativo (expressa em kg), considerando todas as culturas agrícolas existentes em Guaíra, é mostrada na Fig. 4.3. Ao todo, foram identificados 151 princípios ativos usados no município, no período analisado.

Para os produtos comerciais denominados nas receitas como “óleo mineral” ou “óleo vegetal” não existe um princípio ativo, e eles foram agrupados em uma mesma classe para efeito de totalização. Embora os óleos, vegetal ou mineral, não sejam exatamente o que se denomina por princípio ativo, as formulações baseadas em uma porcentagem de óleo, completadas ou

não por emulsificantes, para uso agrícola, são indicadas como adjuvantes, para melhorar a eficiência das aplicações de herbicidas, inseticidas, fungicidas e acaricidas, pois diminuem as perdas por evaporação, deriva, fotodecomposição, lavagem e lixiviação. Essas formulações melhoram a eficácia dos produtos ao promoverem um maior contato, aderência e penetração dos mesmos sobre os insetos, fungos, ácaros e ervas daninhas. Além disso, usados de maneira isolada, esses óleos recobrem as cochonilhas, formando uma película de óleo sobre as mesmas, matando-as por asfixia, ou seja, atuam como inseticidas.

Para cada uma das principais culturas irrigadas do município (soja, feijão, milho e tomate) foi totalizada a carga por princípios ativos mais usados, e os valores (expressos em kg) são representados por gráficos de barras nas Figs. 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7, respectivamente. É interessante observar que, quando se consideram as culturas separadamente, a carga aparece fortemente concentrada em poucas substâncias, diferentemente do que ocorre quando se analisa o uso de forma global (Fig. 4.2).

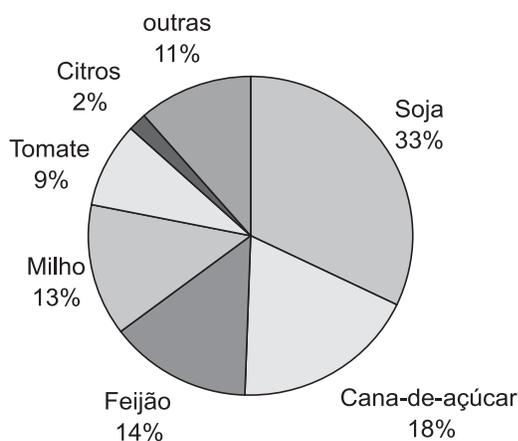


Fig. 4.2. Distribuição percentual do uso de agrotóxicos (produto comercial), pelas principais culturas do município de Guaíra, no período de 1993 a 1995.

Isto indica que este sistema pode ser uma ferramenta útil e eficiente para identificar os princípios ativos mais utilizados nas culturas e nas diferentes regiões ou municípios do Estado e, assim, direcionar os estudos de avaliação de impactos ambientais e a análise de resíduos.

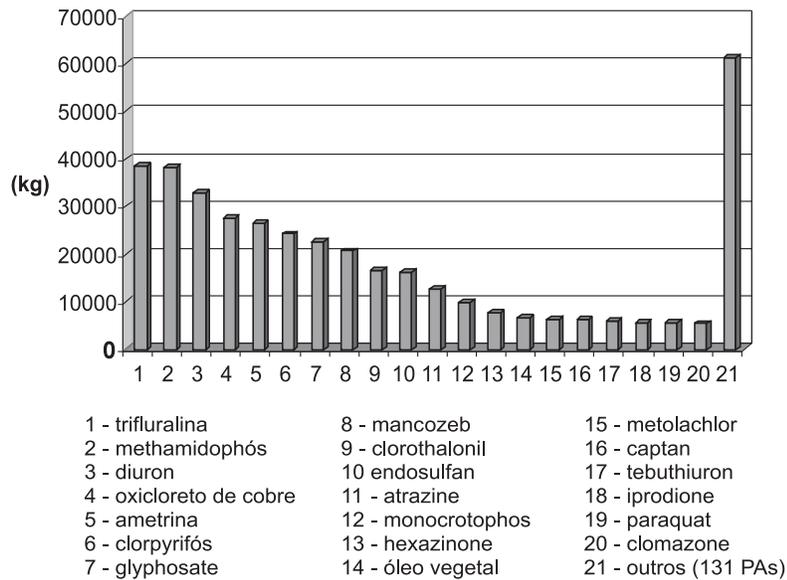


Fig. 4.3. Uso por princípio ativo (PA), em kg, no município de Guaíra, SP. Valores acumulados no período de 1993 a 1995.

SOJA

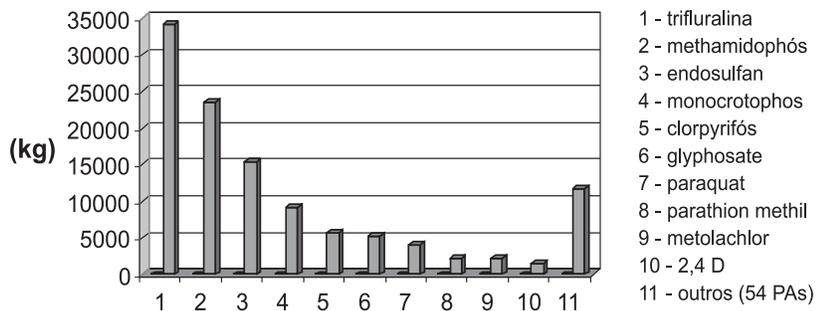


Fig. 4.4. Uso por princípio ativo (PA), na soja, em kg, no município de Guaíra, SP. Valores acumulados no período de 1993 a 1995.

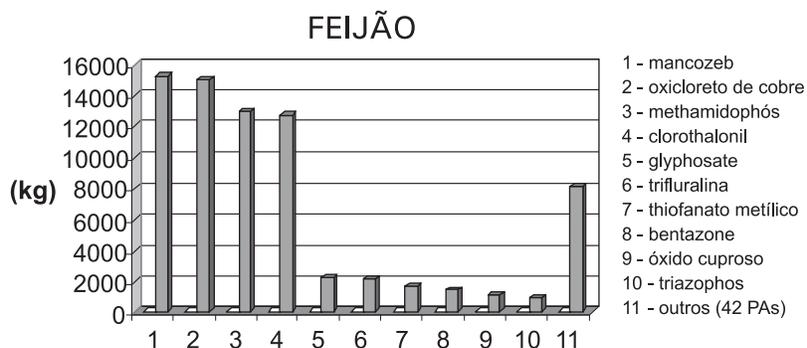


Fig. 4.5. Uso por princípio ativo (PA), no feijão, em kg, no município de Guaíra, SP. Valores acumulados no período de 1993 a 1995.

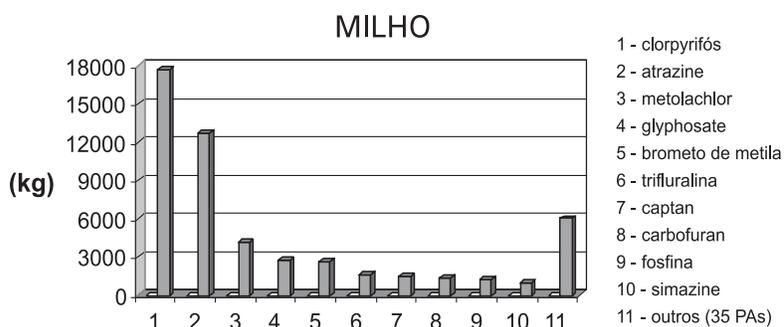


Fig. 4.6. Uso por princípio ativo (PA) em milho (kg), no município de Guaíra, SP. Valores acumulados no período de 1993 a 1995.

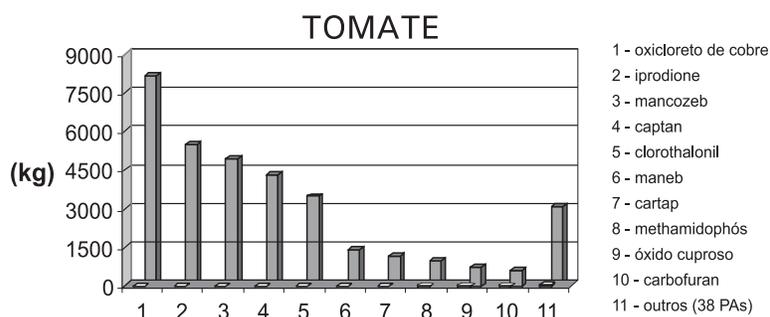


Fig. 4.7. Uso por princípio ativo (PA) em tomate (kg), no município de Guaíra - SP. Valores acumulados no período de 1993 a 1995.

Considerações finais

Os resultados fornecidos pelo método aqui apresentado não representam, com certeza, um retrato exato da realidade do consumo de agrotóxicos. O grau de distorção dessa imagem é influenciado por uma série de fatores, tais como a comercialização de agrotóxicos de forma não oficial (sem receita agrônômica), ou dados não verdadeiros nas receitas.

Segundo a legislação em vigor, todos os produtos agrotóxicos devem ser comercializados mediante a apresentação de uma receita agrônômica prescrita por um profissional qualificado. Porém, na realidade, isto nem sempre ocorre. Esse fato faz com que o uso dos agrotóxicos, estimado por este método, represente um subconjunto do que é, de fato, comercializado. Além disso, algumas vezes os dados constantes nas receitas não correspondem à realidade. Um produto pode ser indicado na receita para ser aplicado em determinada cultura e ser, efetivamente, usado pelo agricultor em outra. O mesmo problema pode acontecer com a localização da cultura (município) e outros campos da receita. Essa realidade só poderá ser alterada com a melhoria da utilização do próprio receituário agrônômico, fruto de uma melhor conscientização de todas as partes envolvidas (profissionais, comerciantes e agricultores) e de uma melhor fiscalização.

Mesmo com as ressalvas apontadas acima, com este sistema é possível estabelecer uma forte indicação dos produtos mais utilizados numa região, fornecendo assim um perfil aproximado de uso de agrotóxicos. Esta informação é importante em estudos ambientais, pois permite identificar as substâncias mais empregadas por cultura e região.

Na análise ambiental, os dados referenciados espacialmente, que este esquema de trabalho gera, podem ser utilizados simultaneamente com informações ambientais e climáticas para o estabelecimento de áreas de risco, considerando as propriedades dos princípios ativos utilizados nas

formulações, como, por exemplo, a mobilidade e persistência do produto no ambiente.

O maior obstáculo ao monitoramento do uso dos agrotóxicos, utilizando o procedimento aqui exposto, é o considerável esforço dispensado no trabalho de entrada dos dados extraídos das receitas. Porém, levando-se em conta que o uso do computador na emissão da receita pelos profissionais é crescente, seria importante buscar um sistema onde as cópias digitais das receitas pudessem ser enviadas por meio eletrônico (ex.: *internet*) reduzindo-se assim, a posterior necessidade de digitação dos dados.

Considerando os resultados e demandas atendidas, pode-se concluir que o sistema criado para o tratamento dos dados do receituário produziu informações valiosas que, até então, não estavam disponíveis.

Referências

- COMPÊNDIO de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários. 5. ed. rev. atual. São Paulo: Andrei, 1996. 506 p.
- EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows: users's guide - version 2**. Worcester: Clark University, 1997. 350 p.
- IGC. **Plano cartográfico do estado de São Paulo**. São Paulo, 1994. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.
- LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; DYNIA, J. F. **Implicações potenciais na qualidade das águas subterrâneas das atividades agrícolas na região metropolitana de Campinas, SP**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 33 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 25). Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/download/boletim_25.pdf>. Acesso em: 9 set 2004.

LUIZ, A. J. B.; NEVES, M. C.; SPADOTTO, C. A. **Estimativa de uso de agrotóxicos em cinco municípios das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - 1994**. Campinas: Embrapa-CNPMA, 1997. (EMBRAPA-CNPMA. Comunicado Técnico, 1).

NEVES, M.C.; SPADOTTO, C. A.; LUIZ, A. J. B. Desenvolvimento de método para a caracterização do uso de agrotóxicos no Estado de São Paulo: áreas irrigadas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996. Campinas. **Anais...**[S.l.]: ABID, 1996. p. 480-487.

NEVES, M. C.; SPADOTTO, C. A.; LUIZ, A. J. B.; QUIRINO, T.R. Caracterização espaço-temporal do uso de agrotóxicos para o estado de São Paulo. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1998. p. 241-250.

PAIVA, W. F. **Sistema para controle de receituário agrônomo**: manual. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1992. 15 p.

SPADOTTO C. A.; NEVES M. C. Caracterização do uso de herbicidas no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBPD, 1995. p. 255.

5

Eficiência de Deposição de Agrotóxicos em Culturas Rasteiras

*Aldemir Chaim
Pedro José Valarini*

Introdução

O objetivo principal de uma pulverização é aplicar a quantidade mínima de ingrediente ativo sobre o alvo, obtendo o máximo de eficiência sem contaminar as áreas não alvo. O aumento da contaminação do meio ambiente devido a deriva de produtos químicos tóxicos tem causado freqüentes condenações às pulverizações, principalmente quando os efeitos são visíveis. Para determinados inseticidas, os efeitos não são facilmente detectáveis, mas para determinados herbicidas, como o 2,4-D, determinadas plantas podem exibir os sintomas de intoxicação a quilômetros de distância, devido à ação do vento. Outro exemplo: resíduos de organofosforados foram detectados no leite proveniente de vacas alimentadas próximo à área tratada (Matthews, 1982).

As perdas que ocorrem durante as aplicações de agrotóxicos são originadas por um conjunto de causas. Nas pulverizações com grandes volumes de calda, muitas gotas caem entre as folhagens das plantas, especialmente nos espaços entre as linhas da cultura e entre as plantas, atingindo o solo. Uma grande quantidade de gotas atinge as folhas, coalescendo-se e formando gotas maiores, que não conseguem mais ficar retidas, escorrendo para as partes inferiores das plantas e caindo finalmente no solo (Courshee, 1960). A pulverização com intenção de molhar totalmente as plantas é muito praticada atualmente, apesar de ter sido “inventada” no século passado. Na

prática, o que acontece nesse tipo de aplicação é que, uma vez que se inicia o escoamento, a retenção dos produtos químicos pelas folhas é menor do que se a pulverização fosse interrompida exatamente antes do início do escoamento. Esse ponto dificilmente é conseguido, e a quantidade de produto químico retida nas folhas é proporcional à concentração da calda e independe do volume aplicado. Se o objetivo for reduzir o volume de aplicação, exigir-se-á produção e distribuição adequadas de gotas e, neste caso, as perdas por evaporação e deriva podem ser acentuadas.

Atualmente, as recomendações contidas nos rótulos das embalagens dos agrotóxicos deixam a seleção do volume de aplicação a critério do aplicador. Algumas recomendações dão opções entre 200 a 1.000 litros de calda por hectare. Na prática, o usuário utiliza um mesmo volume para uma grande variedade de pragas e para os vários estádios de crescimento da cultura. Quando a cultura se apresenta com pequena quantidade de folhas, o volume aplicado pode ser excessivo e, por outro lado, quando as plantas já estão desenvolvidas, o volume pode ser insuficiente para fornecer uma boa cobertura da cultura (Matthews, 1982).

O volume de aplicação depende do tipo de tratamento que se deseja executar, mas apresenta uma forte relação com o tamanho das gotas produzidas pelos bicos, o qual determina a distribuição do agrotóxico no alvo. Pouca atenção tem sido dada ao tamanho das gotas e uma grande variedade de bicos tem sido utilizada ao longo dos anos. A maioria dos bicos produz um espectro de gotas de tamanhos variados e, em muitos casos, as gotas grandes se chocam com as folhas mais expostas e não conseguem penetrar para se depositar nas superfícies “escondidas” do vegetal. Essa deposição externa pode se dar em tal intensidade que acaba escoando para o solo, produzindo o que é denominado endoderiva. Por outro lado, as gotas pequenas, que são mais adequadas para penetração entre as folhas da planta, podem ser levadas pelo vento para fora da área tratada, provocando a exoderiva e, além disso, são

mais sensíveis à evaporação. O tamanho de gota ótimo é aquele que promove o máximo de deposição de produto no alvo, com um mínimo de contaminação do meio ambiente (Himel, 1969; e Himel & Moore, 1969).

A contaminação do solo pode provocar grandes variações nas populações de organismos não-alvo, principalmente aqueles que degradam a matéria orgânica e melhoram a fertilidade. Muitas vezes essas perdas são responsáveis por desequilíbrios favoráveis ao aparecimento de novas pragas e doenças. Um solo contaminado pode ser levado pelas águas de chuva para rios, açudes e lagos, colocando em risco não só aquelas populações que vivem nesses sistemas, mas também os indivíduos que utilizam essa água para sua sobrevivência, como os animais e o próprio homem.

Para compensar as perdas que ocorrem durante as aplicações, as dosagens aplicadas são extremamente superestimadas. Por exemplo, Brown (1951) já afirmava que para matar um determinado inseto era necessário apenas 0,0003 miligrama de um determinado produto; para controlar uma população de 1.000.000 de indivíduos (população que promovia dano econômico na cultura), seriam necessários apenas 30 miligramas do mesmo produto. Apesar disso, o volume das aplicações efetuadas no campo era de mais de 3.000 vezes a dose necessária, para obter um controle adequado.

A aplicação de agrotóxicos tem sido caracterizada como uma ciência aplicada, de natureza multidisciplinar, envolvendo conhecimentos nas áreas de biologia, engenharia e química (Matthews, 1982). A necessidade de conhecimento na área de biologia está relacionada, principalmente, com os níveis de controle, baseados em critérios econômicos como, por exemplo, a densidade crítica de ervas daninhas, ou a população máxima de determinados insetos. Os requisitos biológicos determinam parâmetros como o tamanho e o número de gotas, bem como a concentração do agrotóxico, sendo que estes ainda podem variar de acordo com o alvo e o modo de ação do produto aplicado, para atingir um nível satisfatório de controle (Combella, 1981).

Vários fatores estão envolvidos na relação entre as gotas e o alvo, os quais, em função do número dessas interações, determinam a retenção ou perda do agrotóxico. Dentre esses fatores estão a forma do alvo (Johnstone, 1973), a natureza física da superfície e o ângulo de incidência das gotas em relação à superfície. Os fatores que influenciam o impacto e a retenção das gotas no alvo são seu tamanho e a pressão com que são pulverizadas, além das condições micrometeorológicas durante a aplicação.

O tipo de formulação do produto, sua viscosidade, e o veículo líquido usado na pulverização também exercem uma importante influência na retenção das gotas pelo alvo (Combella, 1981).

A eficiência do movimento da gota na direção do alvo é influenciada tanto pelo processo de aplicação como pelas características da formulação do produto. Nessa fase, a gota é influenciada pelas condições da natureza, tais como temperatura, umidade relativa do ar, velocidade vertical e horizontal do vento, turbulência do ar e pressão atmosférica.

Fatores que afetam a eficiência da deposição dos agrotóxicos

Pulverização ou geração de gotas: São necessários poucos gramas de ingrediente ativo para controlar os problemas fitossanitários em uma determinada área. Na maioria dos casos, os ingredientes ativos não apresentam as características físicas necessárias para serem aplicados diretamente, com os pulverizadores comerciais. Assim, esses ingredientes ativos recebem a adição de uma série de adjuvantes, estabelecendo uma “formulação”. Numa questão puramente física e matemática, dispõe-se de um pequeno volume para ser espalhado em uma grande área. Desta forma, a grande maioria das formulações é desenvolvida para ser diluída novamente em água. Mesmo com a diluição em água, o volume final ainda é insuficiente para que o produto

químico entre em contato com toda a área de superfície do alvo. É necessário, portanto, aumentar a superfície do líquido, para que ele possa ser espalhado uniformemente na área alvo. A única maneira de aumentar a superfície do líquido, para que ele possa ser distribuído uniformemente numa grande área, é dividi-lo em partículas líquidas denominadas gotas.

O número de gotas que podem ser produzidas com um determinado volume de líquido é inversamente proporcional ao seu diâmetro, elevado ao cubo. De acordo com Matthews (1982), o número médio de gotas que se deposita por centímetro quadrado em uma superfície plana pode ser calculado por:

$$n = \frac{60}{\pi} \times \left(\frac{100}{d} \right)^3 \times Q$$

onde: n é o número médio de gotas que se deposita por cm²; d é o diâmetro da gota (μm); e Q é o volume aplicado em litros por hectare.

Assim, a densidade teórica de gotas do mesmo tamanho obtidas quando se pulveriza um litro por hectare, assumindo que a superfície é plana, é dada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Densidade teórica de gotas quando se pulveriza um litro por hectare.

Diâmetro das gotas(μm)	Número de gotas por cm ²
10	19.999
20	2.387
50	153
100	19
200	2,4
400	0,298
1000	0,019

Tamanho das gotas: As pulverizações produzem um grande número de gotas – pequenas esferas de líquido – sendo a maioria menor que 0,5 mm. O tamanho da gota é muito importante para os agrotóxicos serem aplicados eficientemente com um mínimo de contaminação do meio ambiente. As pulverizações dos agrotóxicos são normalmente classificadas de acordo com o tamanho das gotas (Tabela 5.2).

Tabela 5.2. Classificação das pulverizações de acordo com o tamanho das gotas

Diâmetro mediano volumétrico (μm)	Classificação da pulverização
< 50	Aerossol
51-100	Neblina
101-200	Pulverização fina
201-400	Pulverização média
> 400	Pulverização grossa
> 500	Garoa

A pulverização aerossol é adequada para pulverização sob deriva, contra insetos voadores. Algumas gotas aerossóis – 30 a 50 μm – e neblina são ideais para tratamento de folhagens em aplicações com volumes ultra baixos (menos de 5,0 l/ha). Quando é necessário reduzir a deriva, as pulverizações média e grossa são as mais adequadas, independentemente do volume aplicado. A pulverização fina é adequada quando é necessário um ajuste entre reduzir a deriva e promover uma boa cobertura.

O tamanho das gotas é expresso como o diâmetro de uma gota em vôo, medido em micrômetros (μm) – um micrômetro é 1/1000 mm. Quando se choca contra o alvo, a gota se espalha, deixando de ser uma esfera e, assim, fornece uma falsa impressão do seu tamanho original. A intensidade do espalhamento depende da formulação e da natureza da superfície do alvo.

A maioria dos dispositivos usados para a pulverização não consegue produzir gotas de um único tamanho. Dentro de uma pulverização

convencional, existe uma variação do tamanho das gotas, referido como *espectro de gotas*, e é importante a compreensão do tamanho das gotas e a relação com sua recuperação pelo alvo. Os espectros de gotas são categorizados de acordo com o tamanho médio das partículas. Os dois padrões internacionais utilizados para definir os espectros são o diâmetro mediano volumétrico e diâmetro mediano numérico.

Parâmetros de tamanho das gotas - VMD e NMD: O parâmetro mais comum utilizado para expressar o tamanho das gotas é o diâmetro mediano volumétrico -**VMD**. Nesse caso, soma-se o volume de todas as gotas de uma amostra representativa, e o VMD é o diâmetro daquela gota que divide a amostra em duas partes iguais, de maneira que metade do volume é composto por gotas menores que o VMD, e a outra metade contém gotas maiores. Neste caso, umas poucas gotas grandes podem ser responsáveis por uma grande proporção do volume total da amostra, e isso aumenta o valor do VMD, que sozinho não serve para indicar a variação do tamanho das gotas. Assim, utiliza-se um outro parâmetro: o diâmetro mediano numérico – NMD. Ele divide a amostra de gotas em duas partes iguais pelo número, sem referência aos seus volumes, de maneira que metade do número total de gotas é menor que o NMD, e a outra metade é maior. Esse parâmetro enfatiza as gotas menores, as quais quase sempre estão em maior proporção numa amostra. Pelo fato de o VMD e o NMD serem afetados, respectivamente, pela proporção de gotas grandes e pequenas, a relação entre os dois parâmetros é utilizada para expressar o grau de uniformidade dos tamanhos. A relação entre VMD e NMD fornece um indicativo da uniformidade do espectro, de maneira que o tamanho das gotas é tanto mais uniforme, quanto mais próxima de 1 estiver essa relação.

A determinação de VMD e NMD consome muito tempo, porque é necessário coletar e medir um grande número de gotas. Existem métodos de medição que usam tecnologia laser, mas atualmente essa tecnologia é muito cara e restrita a alguns laboratórios ou estabelecimentos de pesquisa europeus

ou americanos. Para a maioria das operações comerciais tem sido empregada a seguinte equação:

$$\text{VMD} = 0,45 \times D_{\text{max}}$$

na qual: D_{max} é o diâmetro da maior gota – e é importante utilizar uma amostra suficientemente grande para obter o valor D_{max} .

VMD e NMD são medidas úteis para a caracterização das pulverizações pois, ainda que dêem apenas uma pequena indicação da variedade de gotas presentes, não existe um outro meio para quantificá-las.

Relação entre o tamanho das gotas e o alvo de aplicação: Existe uma diversidade muito grande de alvos para as aplicações de agrotóxicos. Como estes são biologicamente muito ativos, a eficiência da aplicação pode ser melhorada se for selecionado um tamanho ótimo de gota, para aumentar a quantidade de produto que atinge e adere ao alvo. É necessário pesquisar para definir o tamanho ótimo de gota para cada tipo de alvo, entretanto Matthews (1982) apresenta uma tabela com algumas generalizações (Tabela 5.3).

Tabela 5.3. Tamanho ótimo de gotas para alguns tipos de alvo.

Alvos	Tamanho de gotas (μm)
Insetos em vôo	10-15
Insetos em folhagem	30-50
Folhagens	10-100
Solos ou para reduzir deriva	250-500

A seleção do tamanho das gotas deve ser bastante criteriosa. Por exemplo, imaginando-se que uma gota de 50 μm possui a dose letal de um determinado inseticida para um determinado inseto, uma gota de 200 μm teria uma dose 64 vezes maior. Entretanto, se as duas gotas fossem perdidas, a gota maior desperdiçaria 64 vezes mais produto que a gota menor.

Coleta das gotas pelos alvos: As gotas são coletadas na superfície dos insetos ou das plantas por sedimentação ou impacto, sendo este último mais importante para gotas aerossóis ($< 50 \mu\text{m}$). A deposição por impacto é proporcionada por uma interação complexa entre tamanho e velocidade das gotas e tamanho do alvo. Em geral, a eficiência da coleta aumenta proporcionalmente com o aumento da velocidade relativa e tamanho da gota, e diminui à medida que aumenta o tamanho do alvo. Uma gota de 10 mm, submetida à ação de um fluxo de ar constante, conseguiria se desviar de uma laranja colocada na sua trajetória; entretanto, provavelmente não conseguiria se desviar de um fino fio de cabelo.

O impacto das gotas sobre as folhas depende muito da posição da sua superfície em relação à trajetória das gotas. Uma grande parte das gotas são coletadas pelas folhas que estão balançando pela ação da turbulência do ar. Entretanto, se a velocidade do vento for muito grande – e isso ocorre em muitos casos, em pulverizações com equipamentos que produzem correntes de ar em alta velocidade – a folha pode assumir uma posição paralela ao jato de ar, de forma que apresenta uma área mínima para interceptar as gotas.

A superfície dos alvos pode afetar sensivelmente a deposição, como no caso das superfícies pilosas ou serosas, que não conseguem reter as gotas. Nesse caso, é necessário adicionar algum produto que reduza a tensão superficial da calda de pulverização, para melhorar o molhamento ou espalhamento e adesão das gotas.

Densidade da deposição: Quando se pratica a pulverização com grandes volumes de calda, o desejo é promover uma cobertura completa das plantas. Para se reduzir o volume de aplicação existe a necessidade de se aplicar gotas de forma dispersa e, exceto em poucos casos, o controle não tem sido tão bom como o conseguido com a aplicação de grandes volumes. Para se aplicar pequenos volumes de calda, é necessário conhecer a densidade, distribuição e tamanho das gotas que se depositam no alvo, de maneira que a

quantidade do ingrediente ativo do agrotóxico seja suficiente para um controle efetivo do problema fitossanitário. Na aplicação de produtos sistêmicos, a distribuição de gotas não influencia o resultado do controle, porque o produto é absorvido pelas plantas e redistribuído, através do seu sistema de circulação de seiva. Entretanto, quando o produto tem ação de contato, a densidade e a distribuição afetam sensivelmente o resultado do controle. Insetos que apresentam grande mobilidade, como as cigarrinhas e algumas espécies de lagartas, podem ser facilmente controladas sem uma cobertura completa dos alvos. Mas para insetos minadores de folhas e algumas espécies de cochonilhas, a cobertura tem que ser bastante uniforme.

Alguns trabalhos têm demonstrado que é necessária a deposição de uma gota com pelo menos 100 μm de VMD, por milímetro quadrado de folha, para o controle de uma determinada cochonilha em citros. O controle de doenças fúngicas sem uma cobertura completa pode parecer impossível, desde que a hifa do fungo penetre na folha no local da deposição do esporo. Entretanto, Matthews (1982) reportou que cada gota possui uma zona de influência fungicida, de maneira que se as gotas estiverem distribuídas dentro de distâncias adequadas, a proteção é muito boa.

Dinâmica das gotas: A deposição das gotas de pesticidas sobre um alvo definido é sujeita a uma série de influências. Influências como velocidade do vento e temperatura podem ser parcialmente controladas pela escolha do momento da aplicação; entretanto, outros fatores – estabilidade atmosférica, turbulência, umidade relativa, eficiência de coleta de gotas pela cultura e outros – estão fora de controle. O conhecimento do mecanismo dessas influências, associado com a nova geração de agrotóxicos, equipamentos e técnicas, auxilia o planejamento das aplicações para obtenção de máxima eficiência.

Trajatória das gotas: Durante a pulverização, as gotas passam por alguns tipos de influência, que determinam se elas atingem o alvo ou são

levadas pela deriva. A importância relativa dessas influências dependerá do tipo da aplicação, do sistema de pulverização e das condições micrometeorológicas, durante a pulverização.

a) Influência do equipamento: A sedimentação das gotas é afetada pela velocidade com que elas são projetadas para o alvo, e pela turbulência criada pelo próprio jato ou vento provocado pelo equipamento.

b) Influência do microclima: A partir do momento em que a gota está livre da influência do equipamento, ela será afetada pelas condições de turbulência e ventos predominantes. Dependendo da velocidade do vento e da altura da cultura, as turbulências podem ser maiores, iguais ou menores que a velocidade média de sedimentação do espectro das gotas. Dentro das culturas, com exceção das florestas onde a folhagem é densa, a velocidade média do vento é muito baixa e as gotas acima de 45 μm tendem a sedimentar-se sobre as superfícies.

Durante a trajetória das gotas, seu tamanho sofrerá diminuição devido à evaporação, e a temperatura e umidade relativa devem ser consideradas, principalmente para as pulverizações baseadas em água. Como será indicado posteriormente, isso é mais significativo para gotas menores do que 150 μm . O objetivo do estudo da dispersão das gotas é compreender a interação de todos esses processos, para se fazer previsões dos depósitos sobre os alvos, não alvos e deriva. Algumas discussões sobre dispersão de gotas e particulados envolvem alguns conhecimentos de aspectos fundamentais em física.

Evaporação das gotas: A evaporação ocorre quando a energia é transportada para uma superfície em evaporação, e se a pressão de vapor do ar está abaixo de um valor de saturação. A pressão de vapor saturado aumenta com a temperatura. A variação do estado de líquido para vapor requer energia para ser gasta na expansão das atrações intermoleculares das partículas de água. Essa energia é geralmente fornecida pela radiação solar e suplementada

pela remoção de calor do meio envolvente, causando uma aparente perda de calor, e uma conseqüente queda de temperatura. O calor latente de vaporização, para evaporar um grama de água em 0°C, é 600 cal. A taxa de evaporação depende de uma série de fatores, sendo que os dois mais importantes são a diferença entre a pressão de saturação de vapor da água e a pressão de vapor do ar, e a existência de um fornecimento contínuo de energia para a superfície. A velocidade do vento também afeta a taxa de evaporação, porque geralmente está associada com a importação de ar fresco e não saturado, o qual absorverá a umidade disponível.

A perda de líquido de uma pulverização, por evaporação depende muito da temperatura e da umidade relativa, mas também da composição da calda e do tamanho das gotas. A temperatura e a umidade relativa são incontroláveis e podem ser alteradas apenas pela seleção do momento da aplicação, de acordo com as variações diurnas do local da aplicação. As gotas grandes, acima de 150 µm, caem relativamente rápido e não são significativamente afetadas pela evaporação, no casos em que se pulveriza com aeronaves até 3 metros de altura ou pulverizadores tratorizados de barra, para aplicação em culturas rasteiras. Contudo, à medida que o tamanho das gotas diminui, ocorre um rápido aumento na relação entre a área de superfície e o volume das gotas e, conseqüentemente, na taxa de evaporação. Para complicar o problema, a velocidade de sedimentação – ou velocidade terminal – também diminui à medida que as gotas ficam menores. Isso indica que o tempo para a gota atingir a cultura fica mais longo e isso, por sua vez, aumenta o tempo disponível para a evaporação. Se a evaporação atingir o ponto em que o líquido evapora totalmente, uma partícula de resíduo do material ativo ficará flutuando no ar e poderá ser levada pela ação da deriva a distâncias consideráveis, antes de se depositar. A Tabela 5.4 apresenta o tempo de vida e a distância de queda das gotas, em ar parado, em diferentes condições de temperatura e umidade relativa.

Tabela 5.4. Tempo de vida e distância de queda de gotas, em ar parado, em diferentes condições de temperatura e umidade relativa.

Tamanho original da gota (μm)	T = 20°C $\Delta T = 2,2$ UR = 80%		T = 25°C $\Delta T = 4,0$ UR = 72%		T = 30°C $\Delta T = 7,7$ UR = 50%	
	t = (s)	D = (m)	t = (s)	D = (m)	t = (s)	D = (m)
30	5	0,07	3	0,04	1	0,02
50	14	0,30	8	0,29	4	0,15
70	28	2,05	15	1,13	8	0,58
100	57	8,52	31	4,69	16	2,44
150	128	43,14	70	23,73	37	12,33
200	227	136,36	125	75,00	65	38,96
300	511	690,34	281	379,69	146	197,24
400	909	2181,81	500	1200,00	290	623,37

T = temperatura, ΔT = diferença de temperatura entre termômetros de bulbo seco e úmido, UR = umidade relativa, t = tempo, e D = distância.

Pode ser observado que à medida que aumenta a diferença entre as temperaturas dos termômetros de bulbo seco e úmido (depressão psicrométrica), a taxa de evaporação aumenta consideravelmente.

A evaporação de gotas pode ser considerada como o principal fator determinante da eficiência da aplicação de agrotóxicos. Isto ocorre, em parte, porque a eficiência da aplicação é inversamente relacionada ao tamanho das gotas, ou seja, a grande maioria das pesquisas tem apontado que a eficiência das aplicações aumenta à medida que se diminui o tamanho das gotas. Alguns pesquisadores têm afirmado que a eficiência é maior quando as gotas são menores do que 100 μm , e não só no controle de pragas e doenças, mas também na aplicação de herbicidas. Na prática, quando empregam caldas diluídas em água, as pulverizações com gotas menores do que 60 μm evaporam tão rapidamente, que seria impossível utilizá-las sob determinadas condições micrometeorológicas.

Um dos fatores que afetam a evaporação das gotas é sua área de contato com o ar. A área de superfície de um líquido aumenta em grandes proporções quando ele é quebrado em gotas.

A área da superfície de uma esfera é dada pela seguinte equação:

$$S = 4.\pi.r^2$$

na qual: S é a superfície e r é o raio da esfera.

O volume de uma esfera é dado por:

$$V = \frac{4}{3}.\pi.r^3$$

onde V é o volume e r é o raio da esfera.

A relação superfície/volume é calculada por:

$$\frac{S}{V} = \frac{4.\pi.r^2}{\frac{4}{3}.\pi.r^3} = \frac{3}{r}$$

Com esta última equação se observa que, à medida que diminui o diâmetro das gotas, a relação superfície/volume aumenta, contribuindo para a aceleração da evaporação. A Tabela 5.4 ilustra o tempo de vida e a distância de queda de gotas de diferentes tamanhos, em diferentes condições de temperatura e umidade relativa. O tempo de vida é calculado pela seguinte fórmula:

$$t = \frac{d^2}{80 \times \Delta T}$$

onde: t é o tempo de vida (s), d é o diâmetro das gotas (μm), e ΔT é a diferença de temperatura entre termômetros de bulbo seco e úmido ($^{\circ}\text{C}$).

A distância de queda é calculada pela seguinte fórmula:

$$D = \frac{1,5 \times 10^{-3} \times d^4}{80 \times \Delta T}$$

na qual: **D** é a distância de queda (cm) e **d** é o diâmetro das gotas (μm).

A velocidade com que as gotas diminuem de tamanho é muito grande sob as condições tropicais. Assim, Johnstone et al. (1977) recomendam que as pulverizações de formulações baseadas em água, em 20 a 50 l/ha com 200 a 250 μm , devem cessar quando ΔT – diferença entre as temperaturas de bulbo úmido e seco de um psicrômetro – exceder 8° C, ou a temperatura do bulbo seco exceder 36° C.

Uma gota em queda livre atinge uma velocidade constante – velocidade terminal – quando as forças do arrasto aerodinâmico contrabalançam a força gravitacional. Para as gotas usadas normalmente nas pulverizações agrícolas, essa velocidade é atingida dentro de 2 metros do ponto de emissão. Para as pequenas gotas (20 - 60 μm), a aplicação da lei de Stoke é precisa, mas, para as gotas grandes, o desvio se torna significativo e a sedimentação é resultado de um complexo de fatores: tamanho, forma e escoamento interno. As grandes gotas, ao cair através do ar, tornam-se achatadas, apresentando uma área frontal maior que a de uma esfera do mesmo volume. Além disso, as gotas grandes apresentam um vórtice interno no escoamento (com o eixo alinhado com o escoamento do ar local), por meio do qual o escoamento do ar local força o líquido a fluir para cima, em torno das bordas da gota, e dentro do topo emergente inferior. Esse efeito pode reduzir o arrasto e aumentar a velocidade de sedimentação. A densidade e viscosidade do ar também afeta a velocidade de sedimentação.

A Tabela 5.5. apresenta as velocidades terminais para as diferentes faixas de tamanhos de gotas normalmente encontradas, e para líquidos com densidade igual a 1.

Tabela 5.5 Velocidade terminal de gotas de diferentes tamanhos.

Tamanho das gotas (μm)	Velocidade de sedimentação (m.s^{-1})
20	0,012
40	0,047
60	0,102
80	0,175
100	0,270
120	0,355
160	0,536
200	0,705
250	0,940
300	1,150
350	1,200
400	1,630
500	2,080

Para líquidos com densidade muito diferente de 1, a seguinte Equação de Stoke pode ser usada:

$$V_s = \frac{g \times \rho \times d^2}{18 \times \eta}$$

onde: V_s é a velocidade de sedimentação (m.s^{-1}), g é a aceleração gravitacional em (m.s^{-2}), r é a densidade da gota (kg.m^{-3}), ρ é o diâmetro da gota (m) e η é a viscosidade do ar (Ns.m^{-2}). Por essa equação, a velocidade é proporcional ao quadrado do diâmetro.

O conhecimento da velocidade terminal de queda de uma gota é importante porque, quanto menor o tamanho da gota, mais tempo ela gastará para se depositar, ficando durante este período sujeita à ação da evaporação e do arraste pelo vento para fora da área alvo, originando a “deriva”.

A deriva perigosa é o movimento do produto químico para fora da área intencionada, e é originada do fato de que as gotas, após serem emitidas

pelo bico de pulverização, flutuam no vento por um determinado período. As gotas pequenas, que apresentam maior relação superfície/peso e menor velocidade de queda, apresentarão conseqüentemente maior distância de deriva. Quantick (1985) apresenta uma tabela indicando a distância de deriva de gotas de diferentes tamanhos (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 Distância da deriva de gotas liberadas a 3 metros de altura, com vento de velocidade constante de 1,34 m/s, assumindo que não ocorra evaporação (Quantick, 1985).

Diâmetro da gota (μm)	Distância da deriva (m)
500	2,1
200	4,9
100	15,25
30	152,5
15	610

O perigo da deriva é proporcionado pela possibilidade de que o produto químico aplicado atinja outras culturas – e depende, evidentemente, da toxicidade do produto aplicado. Por outro lado, a deriva causa perda do produto e reduz a eficiência da aplicação.

Eficiência da aplicação de agrotóxicos em culturas de porte rasteiro

A aplicação dos agrotóxicos, tal como utilizada atualmente, não difere essencialmente daquela praticada no século passado, caracterizando-se por um considerável desperdício de energia e de produto químico (Matuo, 1990).

Ao contrário do que vem sendo utilizado no campo, o volume consumido por hectare deve ser uma conseqüência de calibração de equipamentos para colocar o agrotóxico no alvo, mas nunca deve ser uma meta da aplicação. O objetivo de toda aplicação deve ser colocar o máximo

de produto no alvo com um mínimo de perdas ou contaminação ambiental. Para isso é necessário seguir alguns outros procedimentos importantes para a calibração.

Para se calibrar uma aplicação de agrotóxicos, é necessário conhecer qual deve ser o alvo da aplicação, ou onde se localiza o problema fitossanitário que necessita ser controlado. Como exemplo, tem-se a doença mofo branco, causada por *Sclerotinia sclerotiorum* Lib. DBy (Mofo Branco ou Murcha de Sclerotinia), que ocorre nas culturas de tomate ou feijão irrigadas (Valarini, 1994; Valarini et al., 1996), onde o fungo sobrevive no solo na forma de escleródios e ataca as plantas adultas de baixo para cima. O ataque dessa doença ocorre quando o microclima é favorável, com temperaturas ao redor de 18-20°C e umidade relativa maior do que 90%. Para controlar essa doença, é necessário testar o método de aplicação para se conhecer se ele é capaz de colocar o fungicida nas áreas-alvo, ou seja, nas regiões das plantas próximas ao solo. Da mesma maneira, é necessário estabelecer as perdas que ocorrem com o processo de aplicação, bem como o risco de contaminação do aplicador. Para esses casos, o processo mais empregado para estudar a dinâmica das pulverizações tem sido a análise das deposições, com o qual tem se tomado as decisões na escolha de técnicas.

Ao considerar a importância crescente das doenças em culturas irrigadas e o uso indiscriminado de agrotóxicos, que muitas vezes apresentam baixa eficiência no controle, o desenvolvimento de métodos de avaliação da deposição em áreas alvos ou não alvos torna-se importante ferramenta para melhorar a eficiência das pulverizações e a redução dos impactos negativos dos agrotóxicos.

Avaliações da deposição de agrotóxicos em culturas de porte rasteiro

Tanto no Brasil como no exterior, não existem informações definitivas sobre os desperdícios que ocorrem durante as pulverizações de agrotóxicos. Algumas informações disponibilizadas na literatura internacional apontam que as aplicações de agrotóxicos são extremamente ineficientes, mas essas informações são fundamentadas apenas em fatos teóricos, ou seja, são baseadas nas doses teóricas de agrotóxicos necessárias para controle de populações das pragas que produzem dano econômico.

Estudos com um novo método de determinação de volume depositado através de análise de gotas, desenvolvido por Chaim et al. (1999a), testado em um experimento com pulverização aérea de herbicidas (Pessoa & Chaim, 1999), demonstraram perdas em torno de 50% do volume de calda aplicado.

Chaim et al. (1999b) desenvolveram um método para quantificar os desperdícios que ocorrem durante as pulverizações em culturas rasteiras. Os resultados das perdas verificadas em culturas como feijão e tomate, são apresentados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7. Eficiência da pulverização na distribuição de agrotóxicos, nas culturas de feijão e tomate.

Cultura	Altura das plantas (cm)	Planta ¹	Solo ¹	Deriva ou evaporação ¹
Feijão	15	12	73	15
Feijão	35	44	41	15
Feijão	60	41	34	25
Tomate	40	36	28	35
Tomate	70	52	14	34

¹Valores expressos em porcentagem de ingrediente ativo, em relação ao total aplicado.

Por ser uma aplicação com pulverizador de barras, onde os bicos passam a uma distância de 40 a 50 cm acima do topo das plantas, para a cultura do feijão os resultados podem apresentar-se como uma aberração. Entretanto as condições de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, associados com a densidade foliar da cultura são provavelmente os fatores que mais contribuem nas perdas. Devido as características intrínsecas do funcionamento dos bicos hidráulicos presentes na barra do pulverizador, o líquido ao sair pelo orifício produz um jato, com velocidade suficiente para o aparecimento de turbulências no ar, que auxilia a penetração das gotas na região interior das plantas. Entretanto, quando a cultura se apresenta no ápice do desenvolvimento vegetativo, as gotas que não conseguem penetrar na densa folhagem, e da mesma forma, a turbulência produz um efeito inverso, ou seja, o ar com movimento descendente inverte sua direção ao encontrar a densa camada de folhas. Desta forma as gotas ficam em suspensão sobre o topo da cobertura das plantas sob a ação da evaporação ou se deslocam horizontalmente, e as vezes com movimentação ascendente, com o vento predominante. Entretanto, quando essas culturas se apresentam com porte baixo, com pouca folhagem, as perdas para o solo ficam mais evidentes.

Em experimento realizado somente com a cultura de feijão (Chaim et al., 2000), a perda de agrotóxico aplicado ficou em torno de 77% sendo a deriva ou evaporação a maior componente deste desperdício, representando 59% do total aplicado (Fig. 5.1.).

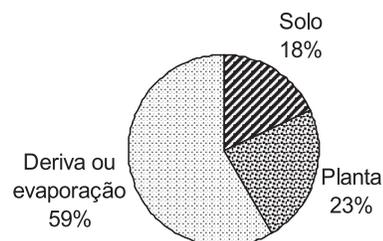


Fig. 5.1. Distribuição de agrotóxico aplicado por pulverizador de barras, na cultura do feijão rasteiro.

A eficiência da aplicação também está associada à distribuição do agrotóxico nas plantas. Por exemplo, no caso da aplicação de fungicidas para controle do mofo branco em feijão e tomate, a intenção é maximizar a deposição do agrotóxico na região basal das plantas. A partir de resultados de deposição de agrotóxicos estimados em diferentes alturas de plantas de feijão e tomate por Chaim et al. (1999b), calculou-se a porcentagem da dose que atingiu as diferentes regiões da planta (Tabela 5.8).

Tabela 5.8. Distribuição da porcentagem da dose aplicada em diferentes regiões de plantas.

Cultura	Altura das plantas (cm)	Região do topo	Região mediana	Região basal
Feijão	15	85	--	52
Feijão	35	115	73	23
Feijão	60	71	49	35
Tomate	40	60	--	23
Tomate	70	48	24	12

Numa aplicação ideal, todas as partes das plantas deveriam receber 100% da dose aplicada, mas os resultados apresentados na Tabela 5.7 demonstram que a deposição decresce do topo para a base das plantas. No caso do feijão e do tomate, as porcentagens das doses que atingem a região basal das plantas podem não ser suficientes para um controle efetivo do mofo branco. Da mesma forma, a subdosagem pode influenciar o aparecimento de resistências das pragas e doenças aos agrotóxicos.

Em estudo realizado com algodão, comparando bicos de pulverização (Tabela 5.9), e utilizando Rodamina B como traçador de calda, Chaim et al. (2004) observaram que não houve diferença entre os bicos testados. Contudo, considerando a deposição média (aproximadamente 225 mg/l de Rodamina) obtida na região apical das plantas, os autores concluíram que a deposição foi de apenas 45% da dose esperada (500 mg/l). Da mesma forma,

depositou-se 18% na região mediana e apenas 7% da dose esperada na região basal. Esses resultados corroboram aqueles encontrados por Chaim et al. (1999b; 2000) para as culturas de porte rasteiro como as de feijão e tomate.

Tabela 5.9. Concentração do traçador Rodamina (mg/l) encontrada em três regiões de amostragem em plantas de algodão, comparando três bicos de pulverização.

Região de amostragem	Bicos de pulverização		
	TXVK8	TXVK4	TJ60-8002VS
Apical	222,4	232,4	221,3
Mediana	75,1	94,1	103,7
Basal	30,5	38,9	39,9

A Tabela 5.10 apresenta resultados de diâmetro de gotas (VMD) com as respectivas densidade de deposição. Pode ser notado que o bico TJ60-8002VS produziu gotas extremamente grandes e, conseqüentemente, a densidade depositada foi muito inferior aos outros dois bicos. Se a praga alvo apresentasse uma boa mobilidade, a baixa deposição apresentada pelo bico TJ60 não teria uma grande influência no controle; entretanto para pragas de baixa mobilidade a eficiência do controle seria prejudicada.

Tabela 5.10. Diâmetro mediano das gotas (VMD) e suas respectivas densidades de deposição, obtidos pelos três bicos testados nas diferentes regiões das plantas de algodão.

Região de amostragem	VMD (μm)			Densidade das gotas ($\text{n}^\circ/\text{cm}^2$)		
	TXVK-8	TXVK-4	TJ60-8002VS	TXVK-8	TXVK-4	TJ60-8002VS
Apical	292	228	452	122	195	53
Mediana	222	170	365	46	69	26
Basal	206	159	316	21	30	14

É necessário realizar pesquisas para determinar se as proporções de defensivos estimadas para regiões mediana e inferior das plantas são suficientes para um controle efetivo dos problemas fitossanitários que ocorrem nestes nichos das culturas de porte rasteiro.

Para melhorar a deposição geral, seria necessária a utilização de vento auxiliar, o que melhoraria a penetração de gotas no interior das plantas. Contudo, para qualquer técnica que venha a ser utilizada, a melhoria de deposição seria auxiliada com utilização de algum adjuvante para impedir a evaporação das gotas. Aparentemente, a evaporação de gotas se apresenta como a principal componente do elevado desperdício que ocorre durante as pulverizações (Chaim et al., 1999b).

Referências

- BROWN, A. W. A. **Insect control by chemicals**. New York: John Wiley, 1951. 817 p.
- CHAIM, A.; FERRACINI, V. L.; SCRAMIN, S.; PESSOA, M. C. P. Y.; PAVAN, L. A.; ALVARENGA, N. A. Método para avaliação da eficiência na aplicação de defensivos na cultura do algodão. In: CONGRESO VIRTUAL IBEROAMERICANO SOBRE GESTIÓN DE CALIDAD EN LABORATORIOS, 2., 2004, Valladolid. **Libro de comunicaciones**. Valladolid: Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León, 2004. p. 459-466.
- CHAIM, A.; MAIA, A. H. N.; PESSOA, M. C. P. Y. Estimativa da deposição de agrotóxicos por análise de gotas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 6, p. 963 - 969, 1999a.
- CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLETO, R. V.; PIO, L. C. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 1999b. 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 2).
- CHAIM, A.; VALARINI, P. J.; PIO, L. C. Avaliação de perdas na pulverização de agrotóxicos na cultura do feijão. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 10, p. 13-22, 2000.
- COMBELLACK, J. H. The problems involved in improving spraying efficiency. **Australian Weeds**, Victoria, v. 1, n. 2, p. 113-117, 1981.

COURSHEE, R. J. Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 5, p. 27-352, 1960.

HIMEL, C. M. The optimum size for insecticide spray droplets. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 62, n. 4, p. 919-925, 1969.

HIMEL, C. M.; MOORE, A. D. Spray droplet size in control of spruce budworm, boll weevil, bollworm, and cabbage looper. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 62, n. 4, p. 916-918, 1969.

JOHNSTONE, D. R. Insecticide concentration for ultra-low-volume crop spray applications. **Pesticide Science**, Chichester v. 4, p. 77-82, 1973.

JOHNSTONE, D. R.; JOHNSTONE, K. A.; ANDREWS, M. Performance-characteristics of a hand-carried battery-operated herbicide sprayer. **PANS**, London, v. 23, n. 3, p. 286-292, 1977.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. New York: Longman, 1982. 336 p.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 133 p

PESSOA, M. C. P. Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 1, p. 45-56, 1999.

QUANTICK, H. R. **Aviation in crop protection, pollution and insect control**. London: Collins, 1985. 447 p.

VALARINI, P. J. Manejo de doenças do solo em cultura de feijão sob irrigação por pivô central. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, 5., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ-USP, 1994. p. 59-74.

VALARINI, P. J.; SOUZA, M. D. E.; TOKESHI, H.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLLETO, R. V. Impacto ambiental de sistemas intensivos de cultivos em agricultura irrigada sobre as propriedades físico-químicas e microbiológica do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: ABID, 1996. p. 447-479.

6

Impacto dos Agroquímicos nos Recursos Hídricos

Luís Gonzaga de Toledo

Monitoramento dos recursos hídricos em microbacias

Os rios são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagem adjacentes que, em princípio, formam as bacias hídricas. A complexidade destes sistemas lóticos deve-se ao uso da terra e à geologia, tamanho e forma das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais.

O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam elas de origens antrópicas ou naturais.

Cada sistema lótico possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como um indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Neste sentido, a busca em trabalhos de campo é a obtenção de índices de qualidade de água que reflitam resumidamente e objetivamente as alterações, com ênfase para as intervenções humanas, como uso agrícola, urbano e industrial (Couillard & Lefevbre, 1985).

As interações entre as diversas variáveis mensuradas numa amostra de água constituem o ponto de partida para avaliação da qualidade da água, desde que essas interações sejam obtidas de uma distribuição amostral no espaço e no tempo das variáveis do sistema a ser estudado (HARMANCIOGAMMALU et al., 1998).

As fontes difusas de poluição, especialmente a agricultura, têm sido objeto de atenção em muitos países, devido à dificuldade de se estabelecer procedimentos de avaliação de impactos ambientais e de adotar padrões aceitáveis, como outrora ocorreu com as fontes pontuais (Parry, 1998; Sims et al., 1998). Embora esses autores enfatizem a complexidade das fontes difusas no mecanismo de transporte de fósforo em microbacias agrícolas, uma abordagem mais ampla, que envolva outras variáveis de qualidade de água, deve ser considerada.

As atividades agrícolas podem causar efeitos diferenciados sobre a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. A agricultura extensiva provoca impacto ambiental adverso sobre a qualidade da água, quando praticada em áreas marginais e ecologicamente sensíveis. Esse tipo de agricultura é muito usado por pequenos produtores nos trópicos e, devido ao pequeno capital envolvido e ao baixo uso de fertilizantes e agrotóxicos, os impactos ambientais causados se devem à expansão da fronteira agrícola (Lal & Stewart, 1994).

Os impactos ambientais que a agricultura ocasiona são de natureza difusa e, adotando-se uma abordagem de trabalho que leve em conta a bacia hidrográfica onde esta atividade se insere, podemos dizer que os efeitos são cumulativos no sentido montante-jusante. Entretanto, os parâmetros indicadores não são às vezes sensíveis o suficiente para uma avaliação correta desses impactos, uma vez que variáveis climáticas, principalmente a precipitação, podem influenciar o comportamento dos indicadores, devido ao efeito de sazonalidade.

O fósforo é transportado para os recursos hídricos principalmente pelo escoamento superficial. Embora não apresente risco direto para a saúde humana, e embora suas concentrações encontradas nos corpos de água sejam muito inferiores às de nitrato, o fósforo apresenta um papel essencial na eutrofização de rios e lagos, uma vez que o acréscimo desse nutriente favorece a proliferação de algas e acúmulo de matéria orgânica, com conseqüências diretas para outros parâmetros de qualidade de água, tais como

o aumento da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a redução na concentração do oxigênio. A maior parte do fósforo transportado está associado aos sedimentos provenientes das áreas agrícolas e, uma vez depositado no fundo de rios e lagos, este nutriente virá a ser liberado para a água através dos processos bioquímicos (Toledo et al., 1997).

Em áreas de agricultura intensiva, a incorporação no solo de fertilizantes e adubos orgânicos ricos em fósforo freqüentemente excede a capacidade de saída deste elemento através dos produtos agrícolas obtidos. Essas condições resultam num aumento do transporte de fósforo, através das enxurradas, para os recursos hídricos, contribuindo assim para os resultados já citados. Segundo levantamento da agência ambiental norte-americana USEPA (U.S. Environmental Protection Agency) a eutrofização das águas superficiais é o problema mais crítico em termos de qualidade de água, sendo a agricultura responsável por essa deterioração em 50% dos lagos e 60% dos rios americanos (Gburek & Sharpley, 1998).

A manutenção da mata ciliar ao longo do eixo de drenagem de uma microbacia promove a retenção de nutrientes e sedimentos no sistema, evitando assim que eles sejam carregados para os rios. Sharpley & Halvorson (1994) mostraram experimentalmente a existência de correlação positiva entre a concentração de fósforo total em córregos e a largura da mata ciliar.

Dentre os objetivos propostos, procurou-se avaliar se a qualidade de água dos sistemas hídricos inseridos nas microbacias da região de Guaíra estavam dentro dos padrões estabelecidos pela resolução 20/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) para a preservação da vida aquática e outros usos; se havia diferenças na qualidade de água entre as microbacias com alta (> 20%) e baixa (< 5%) percentagens da área ocupada por pivô central; e se os principais fatores de degradação, agroindústrias, atividades agrícolas e núcleo urbano estavam causando interferências sobre a qualidade da água no ribeirão Jardim.

O município de Guaíra e a agricultura irrigada

O Ribeirão Jardim, curso d'água que abastece a cidade de Guaíra, e os córregos da Macaúba, da Cruz, do Mangue, do Bom Sucesso, Santa Cruz e Zé Ferreira foram monitorados de maio de 1995 a março de 1996, a intervalos de 21 dias, em 18 pontos de coleta de água, sendo analisados 25 parâmetros de qualidade da água coletada. A Figura 6.1 apresenta a distribuição das estações de coleta de água.

As variáveis medidas foram: fósforo total (PTOT), fósforo dissolvido (PO_4), amônia (NH_4) e nitrato (NO_3), segundo American Public Health Association (1992). A turbidez (TURB) foi analisada em campo com turbidímetro da marca ELLE. O sólido total em suspensão (STS) foi determinado por gravimetria, utilizando-se filtro de fibra de vidro Whatmann G/FC, com 0,45 mm. O oxigênio dissolvido (OD), o pH e a condutividade elétrica (COND) foram determinados em campo com equipamento portátil. A clorofila (CHLA) foi determinada com uso de N,N-Dimetilformamida (DMF), segundo o método Moran (Moran, 1982).

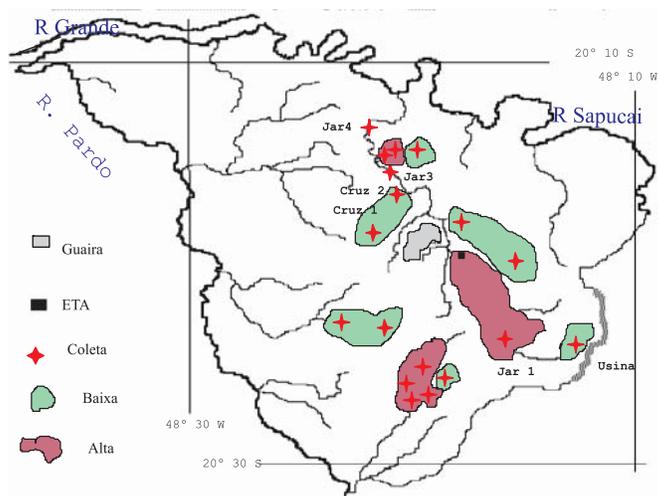


Fig. 6.1. Distribuição das estações de coleta de água nas microbacias do município de Guaíra.

O clima na região é de característica sazonal no que diz respeito às precipitações, apresentando duas estações distintas: uma chuvosa, que vai de outubro a abril, e outra estação seca, de maio a setembro. Esse padrão influencia o comportamento hidrológico do Ribeirão Jardim, o qual apresenta vazões mínimas entre julho e outubro, podendo chegar a menos de $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ no mês de agosto. A diminuição da disponibilidade natural de água na estação de seca favorece o surgimento de conflitos, por não haver água suficiente para atender às principais demandas, especialmente o uso em irrigação e o abastecimento urbano. Nesse período, a irrigação é essencial para as chamadas culturas das secas: feijão, milho e tomate, o que resulta em um aumento do volume de água captado para este fim.

Concomitantemente, efetuou-se um levantamento do gasto mensal com sulfato de alumínio, floculante usado na decantação de partículas em suspensão na estação de tratamento de água do município de Guaíra, durante o período 1975-1996.

A qualidade da água nas microbacias de Guaíra

Alguns resultados indicam que o núcleo urbano está afetando mais negativamente a qualidade da água do que as práticas agrícolas, especialmente quanto às concentrações de oxigênio dissolvido, que alcançam valores médios críticos da ordem de $2,85 \text{ mg/l}$ imediatamente a jusante da cidade. Da mesma maneira, atividades de suinocultura apresentam maior influência sobre as concentrações de amônia, fósforo total, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido do que as atividades agrícolas.

A Fig. 6.2. (Ferreira et al., 1996) mostra a distribuição do consumo de sulfato de alumínio, considerando as médias mensais durante o período de 1975 a 1996. Esses dados de consumo de sulfato de alumínio forneceram informações relevantes sobre as interações entre as práticas

agrícolas e a qualidade de água do Ribeirão Jardim. O padrão observado pode ser explicado pela evolução das atividades agrícolas na área de captação, que se deu em três fases distintas. A primeira fase, Fase I, compreende o período de 1975-82 e caracteriza-se por médias baixas de consumo de sulfato de alumínio em torno de 20.438 kg/ano, e um coeficiente de variação de 14,8%. Nessa época predominavam culturas anuais de sequeiro, a cana de açúcar e as pastagens cultivadas, não existindo pivô central.

Com a instalação do primeiro pivô na bacia, em 1983, iniciou-se a segunda fase, que vai até o ano de 1990. Este período caracteriza-se por um aumento marcante no consumo de sulfato de alumínio, como observado pela média de 41.126 kg/ano e coeficiente de variação de 32,1%. A quantidade total utilizada, que em 1983 foi de 22.600 kg, alcançou 55.200 kg em 1990. A principal mudança nos sistemas agrícolas vigentes foi a introdução da agricultura irrigada por aspersão, que em 1983 ocupava uma área de 108 ha e passou para 680 ha em 1990, o que representa 96% da área atualmente ocupada por esse tipo de agricultura na microbacia do Ribeirão Jardim.

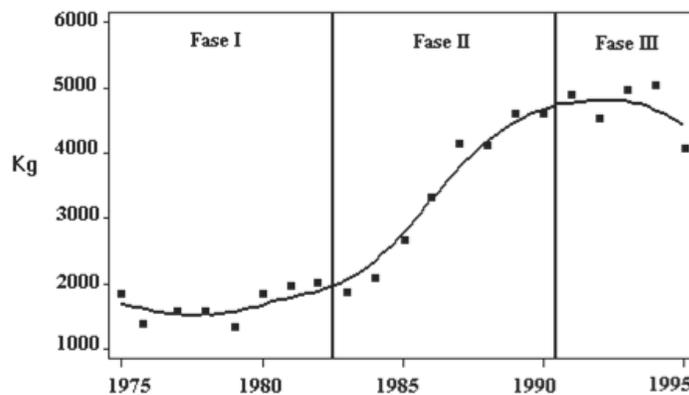


Fig. 6.2. Evolução do consumo médio mensal de sulfato de alumínio na Estação de Tratamento de Água do município de Guaira (Ferreira et al., 1996).

A terceira fase, compreendida entre os anos de 1991 e 1996, apresenta consumos anuais médios de 56.376 kg/ano, ligeiramente superiores aos da fase anterior, porém um baixo coeficiente de variação (8,6%). A partir de 1990 foi incorporado apenas um pivô central (29 ha) na bacia do Ribeirão Jardim, a montante da estação de captação. Por outro lado, o plantio direto começou a substituir o sistema tradicional. Em 1991 a área ocupada por plantio direto representava cerca de 17% da área total de pivô; já na safra de 1995/96, o percentual esteve em torno de 60%.

Os teores de sólidos foram baixos (5 a 20 mg/l), comparativamente a outras bacias hidrográficas tipicamente agrícolas. Entretanto, os picos de concentração foram registrados entre dezembro e fevereiro, coincidindo com o padrão mensal de consumo de sulfato de alumínio, corroborando a importância que a qualidade de água exerce sobre os custos de tratamento de água.

Alguns resultados mostraram que a presença do núcleo urbano e o efluente final da estação de tratamento de esgoto estão causando perda na qualidade de água do Ribeirão Jardim, mais do que as atividades agrícolas. Como pode ser observado na Fig. 6.3, os teores de fósforo total (PTOT), amônia (NH_4) e sólidos totais em suspensão (STS) apresentaram maiores concentrações nos pontos de coletas das microbacias não associadas ao uso agrícola (NAGR). Entre as microbacias com uso agrícola não houve diferenciação entre as de uso intenso de pivô central e as de baixo uso desse equipamento para os parâmetros apresentados, com exceção do nitrato.

A concentração de nitrato (NO_3) mostra-se maior nas microbacias com alta presença de agricultura irrigada, quando comparadas às demais. Tal fato pode ter origem no uso intensivo de fertilizantes nessas culturas irrigadas, associado à alta capacidade de lixiviação desse elemento para os corpos d'água.

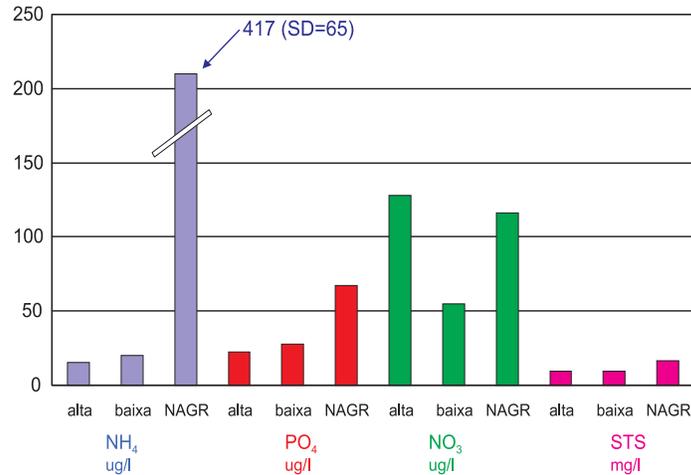


Fig. 6.3. Valores médios e desvio padrão de alguns parâmetros de qualidade de água, conforme o uso preponderante na microbacia.

Os valores de oxigênio dissolvido para os diferentes tipos de microbacias foram de 5,9 mg/l nas altas ocupações de pivô; 5,8 mg/l nas de baixa ocupações de pivô; e 2,3 mg/l nas de uso não agrícola. Cabe ressaltar que os pontos de coleta classificados como uso não agrícola (NAGR) inclui o córrego da Cruz, onde existe uma atividade de suinocultura confinada em que a concentração média de oxigênio situou-se em torno de 0,23 mg/l, sendo que nos pontos J3 e J4, que se localizam a jusante da cidade, as médias de oxigênio foram 2,65 e 0,96 mg/l respectivamente, conforme mostrado na Tabela 6.1.

Tabela 6.1. Valores médios de parâmetros de qualidade de água nas estações do Ribeirão Jardim.

Estação	OD (mg/l)	NH ₄ (μg/l)	COND (μS/cm)	PTOT (μg/l)
J1	5,85	17,0	42,5	28,2
J2	6,55	11,0	32,7	24,4
J3	2,65	267,0	54,2	93,0
J4	0,96	151,0	53,2	60,6

Em relação aos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 20/86, a concentração de fósforo total ultrapassa os limites de $25 \mu\text{g P-PO}_4/\text{l}$ para classe 2, nas microbacias com atividades não agrícolas, e a quantidade de oxigênio é inferior ao valor de $4,0 \text{ mg/l}$, estabelecido nessa mesma resolução.

A agricultura irrigada, como atividade impactante sobre os recursos hídricos, poderá beneficiar toda a sociedade do município pela adoção de práticas conservacionistas, como por exemplo o plantio direto, no sentido de reduzir a carga de sedimento nos rios e córregos que abastecem o município, o que por sua vez reflete em benefícios econômicos para a população da cidade, através do menor consumo de sulfato de alumínio.

A dependência das variáveis medidas pode ser vista por meio da matriz de correlação, como mostrada na Tabela 6.2.

Tabela 6.2. Matriz de correlação das variáveis de qualidade de água no Ribeirão Jardim.

	PTOT	NH ₄	NO ₃	TURB	STS	PO ₄	OD	pH	COND	CHLA
PTOT	1,000									
NH ₄	0,757	1,000								
NO ₃	0,502	0,381	1,000							
TURB	0,569	0,388	0,148	1,000						
STS	0,486	0,362	0,081	0,784	1,000					
PO ₄	0,535	0,539	0,618	0,139	0,128	1,000				
OD	-0,677	-0,620	-0,100	-0,399	-0,437	-0,283	1,000			
pH	-0,390	-0,399	-0,174	-0,326	-0,190	-0,275	0,509	1,000		
COND	0,601	0,671	0,246	0,433	0,489	0,323	-0,709	-0,276	1,000	
CHLA	0,299	0,379	0,265	0,370	0,319	0,151	-0,057	-0,198	0,169	1,000

As relações entre as variáveis de qualidade de água obtidas neste trabalho, por meio do coeficiente de correlação mais significativo, possibilitaram a escolha das variáveis mais importantes, que tiveram um papel destacado na interpretação da proposta de estudo.

As variáveis PTOT, OD, NH₄ e COND foram as que apresentaram maiores coeficientes de correlação com maior número de

variáveis, enquanto que CHLA, pH e PO_4 mostraram menores coeficientes de correlação e, portanto, tiveram menor influência sobre a qualidade da água. Entre os cinco maiores valores absolutos de coeficientes, três correlações negativas foram encontradas entre a variável OD-PTOT, OD-COND e OD- NH_4 . Os dois maiores coeficientes positivos referem-se às variáveis NH_4 -PTOT e às variáveis TURB-ST5. Houve correlação entre PO_4 - NO_3 , mas o fósforo dissolvido (PO_4) constitui um elemento componente do fósforo total, sendo que a relação PTOT- NO_3 não se mostrou significativa.

Sharpley & Lemunyon (1997) e Rekolainen et al. (1997) indicaram que o aporte de fósforo aos recursos hídricos tem como principal agente o uso urbano, seguido pelo uso agrícola do solo. A influência da concentração de fósforo total na deterioração da qualidade da água no Ribeirão Jardim mostrou-se expressiva, uma vez que os coeficientes de correlação com as demais variáveis foram elevados e em maior número, sendo o uso urbano o principal agente causador, aqui representado pelas estações de coleta J3 e J4.

Toledo & Nicolela (2002) mostraram que a interação de diversas variáveis limnológicas pode ser avaliada por meio de análise fatorial, e que, para o Ribeirão Jardim, as variáveis que mais influenciaram a qualidade da água foram a concentração de oxigênio, fósforo total, amônia e condutividade elétrica.

A influência do uso urbano da microbacia na região de jusante (estações J3 e J4) foi reforçada pela entrada do tributário Córrego da Cruz, afluente do Ribeirão Jardim. Esse tributário recebe o efluente – sem tratamento – proveniente de uma pocilga com produção de cerca de 500 cabeças/ano, e deságua no Ribeirão Jardim antes da estação J3. O enriquecimento em nutrientes e sais pode ser visto na Tabela 6.1, pelo aumento da condutividade elétrica nas estações J3 e J4. As relações entre as variáveis OD-PTOT- NH_4 , também foram reforçadas nessas estações a

jusante da cidade de Guaíra, acarretando uma maior deterioração da qualidade da água, como pode ser visto pelo aumento na concentração de fósforo, amônia e condutividade elétrica.

A ocorrência de precipitação não mostrou ser significativa sobre a qualidade da água, para todos os parâmetros analisados. Entretanto, uma pequena deterioração na qualidade de água em termos de concentração de fósforo total foi observada nos meses de chuva, como mostrado na Fig. 6.4., principalmente nas estações de jusante. Considerando o tamanho da bacia hidrográfica estudada, a ocorrência de eventos pluviométricos associados às amostragens de água pode não ter sido realizada concomitantemente, o que pode ter prejudicado as relações entre as variáveis mais relacionadas ao escoamento superficial, as quais seriam turbidez, fósforo total e STS. Deve-se ter em mente que os valores de precipitação constituem o total no mês. O intervalo entre os eventos climáticos e as alterações na qualidade de água é diretamente proporcional ao tamanho das microbacias, sendo que em rios de pequeno porte esse intervalo pode situar-se entre 12 e 36 horas (Meybeck et al., 1996). Outro argumento a favor disso é que, em pequenos rios, as coletas mensais ou mesmo quinzenais refletem em 80% a qualidade da água do fluxo de base (Lennox et al., 1997).

Outra consideração diz respeito à representatividade espacial das medições pluviométricas em estudos de pequenas áreas. Em maio de 1996, a ocorrência de chuvas torrenciais localizadas em uma pequena porção do município de Guaíra afetou significativamente a qualidade da água de um outro afluente, não sendo o fato observado no Ribeirão Jardim.

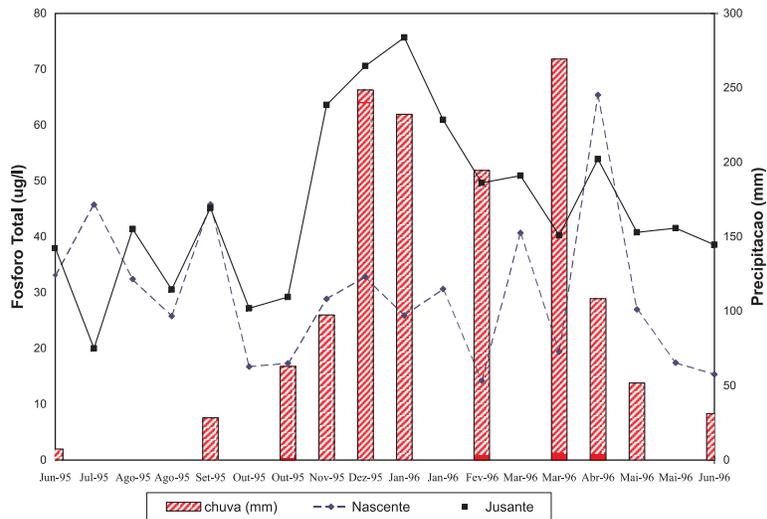


Fig. 6.4. Distribuição da concentração de fósforo total e da precipitação ao longo do ano nas microbacias do município de Guaíra.

Considerações finais

O monitoramento da qualidade da água nas microbacias do município de Guaíra permitiu avaliar os impactos ambientais causados pelas atividades antrópicas sobre os recursos hídricos da região.

A identificação desses impactos pôde ser avaliada pela escolha das variáveis limnológicas que foram principalmente influenciadas pelo uso não agrícola da bacia, com destaque para o uso urbano e para as atividades de suinocultura. Das variáveis estudadas, a concentração de oxigênio dissolvido, fósforo total, amônia e condutividade elétrica da água mostraram-se as mais afetadas pelo uso urbano.

A ocupação intensa por agricultura irrigada nas regiões do Ribeirão Jardim, a montante da captação de água para abastecimento da cidade de Guaíra, influenciou a qualidade da água com reflexos econômicos, devido

ao aumento de consumo de floculante usado na estação de tratamento de água.

A microbacia hidrográfica, como unidade espacial para avaliação de impactos ambientais sobre os recursos hídricos, mostrou-se compatível com propostas de programas de monitoramento de qualidade de água mais abrangentes, uma vez que a seleção de variáveis limnológicas e a adequação de metodologias investigativas da qualidade da água podem fornecer orientações sobre a identificação das fontes de contaminação representadas pelos diferentes usos da terra.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. Washington, 1992. 1325 p.

COUILLARD, D; LEFEVBRE, Y. Analysis of water quality indices. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 21, n. 2, p. 161-179, 1985.

FERREIRA, C. J. A.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; TOLEDO, L. G.; LUIZ, A. J. B.; ROCHA, J.; LELIS, L. L. Influência dos sistemas agrícolas irrigados por aspersão sobre a qualidade dos recursos hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 1996. p. 467-479.

GBUREK, W. J.; SHARPLEY, A. N. Hydrologic controls on phosphorus loss from upland agricultural watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, n. 2, p. 267-277, 1998.

HARMANCIOGAMMALU, N. B.; OZKUL, S. A. ; ALPASLAN, M. N. **Water monitoring and network design**. In: HARMANCIOGAMMALU, N. B.; SINGH, V. P.; ALPASLAN, M. N. (Ed.). *Environmental data management*. Berlin: Springer, 1998. p. 61-100.

LAL, R.; STEWART, B. A. **Soil processes and water quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. 393 p. (Series Advances in Soil Science).

LENNOX, S. D.; FOY, R. H.; SMITH, R. V.; JORDAN, C. Estimating the contribution from agriculture to the phosphorus load in surface water. In: TUNNEY, H.; CARTON, O. T.; BROOKES, P. C.; JOHNSTON, A. E. (Ed.). **Phosphorus loss from soil to water**. New York: CABI International, 1997. p. 55-76.

MEYBECK, M.; FRIEDRICH, G; THOMAS, R.; CHAPMAN, D. River. In: CHAPMAN, D. (Ed.). **Water quality assessments**. London: UNESCO: WHO: UNEP, 1996. p. 241-320.

MORAN, R. Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N-dimethylformamide. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 69, n. 6, p. 1376-1381, 1982.

PARRY, R. Agriculture phosphorus and water quality: A U.S. Environmental Protection Agency perspective. **Journal Environmental Quality**, Madison, v. 27, n. 2, p. 258-261, 1998.

REKOLAINEN, S.; EKHOLM, P.; ULEN, B.; GUSTAFSON, A. Phosphorus losses from agriculture to surface waters in the Nordic countries. In: TUNNEY, H.; CARTON, O. T.; BROOKES, P. C.; JOHNSTON, A. E. (Ed.). **Phosphorus loss from soil to water**. New York: CABI International, 1997. p. 77-94.

SHARPLEY, A. N.; HALVORSON, A. D. The management of soil phosphorus availability and its impact on surface water quality. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Ed.). **Soil processes and water quality**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. P. 7-90. (Series Advances in Soil Science).

SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. Identifying critical sources of phosphorus export from agricultural catchments. In: TUNNEY, H.; CARTON, O. T.; BROOKES, P. C.; JOHNSTON, A. E. (Ed.). **Phosphorus loss from soil to water**. New York: CABI International, 1997. p. 391-393.

SIMS, J. T.; SIMARD, R. R.; JOERN, B. C. Phosphorus loss in agricultural drainage: historical perspective and current research. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 27, n. 2, p. 277-293, 1998.

TOLEDO, L. G.; LUCHIARI, A.; FERREIRA, C. J. A. Influência das atividades agrícolas na qualidade das águas superficiais e subterrâneas. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p. 11-23.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 181-186, 2002.

7

Resíduos de Agrotóxicos nas Matrizes Água, Solo e Plantas em Agricultura Irrigada

*Heloisa Ferreira Filizola
Vera Lúcia Ferracini*

Introdução

Para a obtenção de estratégias mais fidedignas de monitoramento e controle da contaminação ambiental, torna-se necessário o conhecimento e a compreensão do comportamento dos agrotóxicos no solo e dos processos envolvidos na degradação e transporte dos mesmos.

Na avaliação e no monitoramento do impacto ambiental por agrotóxicos, mais especificamente a contaminação das águas superficiais e subterrâneas por fontes difusas, estão envolvidos diversos fatores. Alguns desses fatores são as propriedades dos agentes químicos ou as variáveis ambientais como tipos de solo, declividade, clima, etc. (Somasundaram & Coats, 1991). Além disso, as informações sobre o sistema de produção precisam ser analisadas de maneira integrada, para se determinar o comportamento dos agentes contaminantes no ambiente da área em estudo.

Quando o trabalho é desenvolvido na escala de microbacia, é importante o conhecimento tridimensional da cobertura pedológica, pois este conhecimento permitirá uma primeira avaliação do funcionamento hídrico da microbacia e auxiliará na instalação de equipamentos, nas avaliações de campo e na amostragem. O estudo da cobertura pedológica pela reconstituição por

aproximação geométrica (Boulet, 1988), através do uso de trincheiras e tradagens, constatou a existência de variações laterais no solo que podem induzir modificações nos processos de transporte e de degradação dos agrotóxicos no solo.

A partir desse estudo determinaram-se os pontos de coleta e de instalação de equipamentos, tendo como base a variação do tipo de solo. O conhecimento dos fluxos verticais e laterais permitiu que a amostragem e o monitoramento fossem feitos de uma maneira racional, evitando-se o desperdício de tempo e dinheiro. Esse procedimento auxiliou na análise dos resultados, pois muitas vezes, dada a heterogeneidade dos solos na microbacia, torna-se muito difícil a análise dos dados obtidos.

Processos básicos no solo

O impacto de um agrotóxico no ambiente é resultado da interação entre sua molécula constituinte (regida por suas propriedades físico-químicas) e as propriedades físico-químicas e biológicas do meio onde ele é introduzido (Edwards, 1993). Para tanto, torna-se essencial o conhecimento das propriedades físico-químicas dos compostos e dos solos onde são aplicados. O destino dos agrotóxicos no ambiente é determinado por fatores bióticos e abióticos. Quando um agrotóxico atinge o solo, torna-se sujeito a transformações controladas pelas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, pelas condições ambientais – em especial pluviosidade, temperatura e insolação – e pelas características do composto aplicado.

O tipo de solo, ou mais precisamente, suas características, interferem de maneira direta e indireta no comportamento dos agrotóxicos no solo. A quantidade de matéria orgânica, a textura e a estrutura, que resultam na porosidade de um solo, são fatores de extrema importância na determinação do comportamento dos agentes contaminantes no ambiente. A quantidade de

matéria orgânica, porque grande parte dos agrotóxicos são por ela adsorvidos, o que impede que alcancem o lençol freático via lixiviação. Os parâmetros textura e porosidade são determinantes para a capacidade de reter ou não a solução do solo (Khan, 1980).

As primeiras considerações a respeito da dinâmica da água no solo já podem ser feitas a partir desses dados, mas para uma melhor compreensão dos processos são necessários outros dados, como condutividade hidráulica, velocidade de infiltração, potencial mátrico e comportamento do lençol sub-superficial, já que normalmente o lençol freático, ou aquífero, é muito profundo na região de Guaíra onde o monitoramento de resíduos de agrotóxicos foi conduzido.

Vários fatores influenciam a adsorção, a degradação e o transporte dos agrotóxicos no solo: o tipo e a concentração dos solutos na solução do solo, o tipo e a quantidade de minerais de argila, a quantidade de matéria orgânica no solo, o pH, a temperatura e os compostos envolvidos. Além destes, o tipo de cátion que está saturando a argila (Fe, Ca ou H), a capacidade de troca de cátions e a superfície específica também são importantes. A maioria dos principais processos de adsorção ocorre na superfície das argilas e substâncias húmicas, as quais tem grande superfície específica por unidade de área. A adsorção pode reduzir a velocidade e a extensão da biodegradação, mas não impede que ela ocorra. As moléculas adsorvidas são degradadas mais lentamente, mas, em contrapartida, podem não atingir o lençol freático. A distribuição e o tamanho dos poros, a estabilidade do agregado e a composição mineralógica influenciam na retenção da água contra a perda gravitacional e a captação pelos microrganismos e raízes de plantas.

A solubilidade dos agrotóxicos em água é dada em função da temperatura, pH, força iônica e matéria orgânica do solo. No solo, a atividade da água e a sua disponibilidade dependem das interações entre o seu conteúdo,

a temperatura e a natureza do ambiente coloidal. Os solos argilosos retêm água mais fortemente que os solos arenosos.

A absorção de água pelas argilas e materiais orgânicos aumenta a viscosidade da solução do solo e limita a sua disponibilidade aos microrganismos. Assim, a umidade do solo afeta vários processos e tem um efeito direto e profundo na proliferação dos microrganismos e suas atividades.

As transformações químicas que ocorrem no solo são mediadas pela água, que é o meio de reação, o reagente, ou ambos. A hidrólise e a oxidação são as reações mais comuns neste tipo de degradação. As reações podem ocorrer nos reagentes dissolvidos na solução do solo, ou com grupos reativos do húmus do solo. A hidrólise é um processo importante na transformação dos agrotóxicos. Para a maioria dos compostos pode ser a rota dominante de transformação no ambiente onde é freqüente a hidrólise de determinados grupos funcionais antes do início da degradação microbiana.

Devido à sua composição, o solo representa um meio efetivo para a condução de tais reações, isto é, contém oxigênio, água, superfícies absorventes e adsorventes reativas e também os agrotóxicos. A catálise pode ocorrer pela superfície das argilas, óxidos e íons metálicos, superfícies orgânicas e materiais orgânicos. Além disso, as enzimas liberadas pelos microrganismos estão amplamente distribuídas e estabilizadas no solo e têm um papel importante na degradação de muitos agrotóxicos, representando um ponto de transição entre a degradação química e a microbiológica.

Contaminação das águas subterrâneas e superficiais

O uso incorreto de agrotóxicos em áreas agrícolas representa grande ameaça ao meio ambiente. A natureza orgânica das moléculas de muitos compostos permite sua degradação, sendo que os destinos e conseqüências do

transporte destas moléculas e seus resíduos necessitam ser estudados (Mattos & Silva, 1999).

Na maioria das vezes a concentração dos compostos em água é baixa, por um lado, por serem geralmente pouco solúveis e, por outro lado, devido ao efeito de diluição. Entretanto, mesmo nessas concentrações, esses compostos podem representar riscos para algumas espécies de organismos aquáticos.

A interação entre solos e agrotóxicos freqüentemente tem dificultado a avaliação do comportamento de um dado composto no ambiente. Esses compostos possuem propriedades, tais como meia vida (DT_{50}), coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc) e solubilidade, que interagem com as propriedades dos solos, tais como teor da matéria orgânica, potencial de erosão e propriedades hidráulicas (Goss, 1992). Segundo Goss (1992), em solos orgânicos raramente ocorre perda de agrotóxico por escoamento superficial e lixiviação, e agrotóxicos com Koc acima de 300 ml.g^{-1} são fortemente adsorvidos pela matéria orgânica. O potencial de perda de agrotóxicos pela água superficial ou lixiviação é função combinada do agrotóxico, do solo, do clima e dos fatores de manejo. Assim, a análise dos produtos utilizados na cadeia produtiva possibilita a identificação dos compostos que possam oferecer risco potencial ou apresentar tendências de contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Várias são as formas de elaborar tal análise, muitas das quais demandam informações mais detalhadas, como aquelas obtidas por simulações da dinâmica de agrotóxicos no perfil vertical dos solos. Outro modo de analisar tendências a contaminações baseia-se nas próprias características dos compostos. Nessas, incluem-se as análises de tendências de contaminação de águas subterrâneas, obtidas pelos critérios de "screening" da "Environmental Protection Agency"- EPA (Cohen et al., 1995) e pelo índice de GUS - "Groundwater Ubiquity Score" (Gustafson, 1989).

As análises de tendências de contaminação das águas superficiais também podem ser previstas pelas características dos agrotóxicos, utilizando os critérios propostos por Goss (1992). Esses critérios classificam o risco de contaminação em alto, médio e baixo, em função do transporte de agrotóxicos em sedimentos e dissolvidos em água.

Caracterização da área estudada

Para a caracterização do risco de contaminação da água por agrotóxicos foi escolhida a região de Guaíra, onde a agricultura é praticada de maneira intensiva, além de ser esta a maior área de agricultura irrigada do Estado de São Paulo. O município de Guaíra está localizado na porção Norte do Estado, entre 20°07'22''S e 20°27'30''S, e 48°38'46''W e 48°08'45''W, ocupando uma área de 1.241 km² (Fig. 7.1). O clima da região apresenta as seguintes médias anuais: pluviosidade de 1.300 mm, concentrada nos meses de outubro a abril, temperatura de 24°C e umidade relativa de 64%.

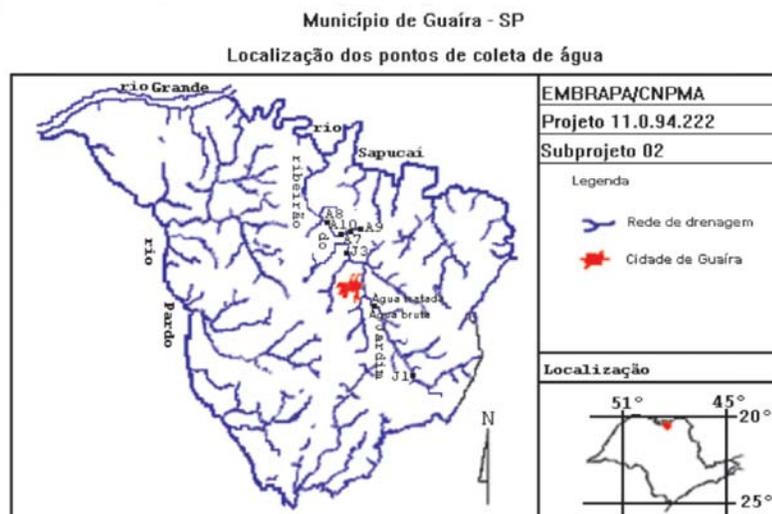


Fig. 7.1. Localização dos pontos de monitoramento de água.

A seleção dos locais para o monitoramento e a avaliação da qualidade da água levou em consideração: 1) se a aplicação foi contínua por vários anos, de maneira que pudesse ter ocorrido a contaminação do lençol freático; 2) se os locais eram representativos das condições geomorfológicas e da agricultura na área; 3) a anuência dos proprietários.

Para o monitoramento da água foi selecionado o Ribeirão Jardim, uma das fontes de abastecimento de água da cidade de Guaíra (Fig. 7.1). Daquele, foi eleito um tributário de primeira ordem, localizado na Fazenda Macaúba. Este córrego não possui mata galeria e sim uma área de pasto de aproximadamente 200 m de largura ao longo de seu curso. Nesta microbacia, foi realizado o estudo da dinâmica de água no solo de uma das vertentes localizada à margem esquerda do córrego da Macaúba. O relevo da área é de plano a suave ondulado, com declividade menor que 5%. A propriedade selecionada possui um bom sistema de terraceamento.

As medidas de campo da velocidade de infiltração da água no solo foram realizadas por meio de um infiltrômetro de cilindros duplos. Devido à homogeneidade topográfica e pedológica na microbacia selecionada, foi possível o monitoramento dos fluxos de água de uma só vertente. Amostras de solo foram coletadas nos horizontes A ou Ap, compactado, e Bw para as caracterizações físico-químicas necessárias (textura, densidade, porosidade - total, macro e micro - umidade, curvas de retenção da solução do solo, capacidade de campo, condutividade hidráulica, macronutrientes, pH, CTC e matéria orgânica). As análises foram feitas de acordo com as técnicas propostas pela Embrapa (1997).

Seis baterias de tensiômetros foram instaladas ao longo da vertente, para o acompanhamento da variação do potencial mátrico do solo, durante dois anos e, na base da vertente, foram instalados 3 piezômetros que, além de fornecer dados sobre a flutuação do lençol sub-superficial, serviram também como pontos de coleta de água para análise de resíduos.

Os pontos escolhidos para as coletas de água para análise de resíduos de agrotóxicos foram selecionados por sua posição hierárquica na rede de drenagem do Ribeirão Jardim (Fig. 7.1). As amostragens para a avaliação da contaminação das águas superficiais cobriram águas do córrego (A9 e A10) e da represa da Fazenda Macaúbas (A7), além de 4 pontos ao longo do Ribeirão Jardim: J1 (ponto de captação de água para abastecimento urbano – água bruta e água tratada); J3 (a jusante da cidade de Guaíra); e A8 (a jusante da confluência com o córrego da Macaúba) (vide Fig. 7.1). As amostras referentes às águas de superfície foram coletadas de 21 em 21 dias, durante dois anos, com o auxílio de um amostrador do tipo Van Dorn. A amostragem das águas do lençol sub-superficial, na Fazenda Macaúbas, foi feita através dos piezômetros, com a mesma periodicidade das águas superficiais. As águas dos poços artesianos e semi-artesianos, provenientes do aquífero Botucatu, localizados na cidade de Guaíra, foram coletadas por duas vezes, no período de 1995 a 1997.

A seleção dos agrotóxicos a serem monitorados foi obtida a partir de informações oriundas do questionário aplicado aos produtores agrícolas e da avaliação do risco de contaminação dos agrotóxicos que apresentaram propriedades com tendências a contaminantes potenciais de águas subterrâneas.

Seleção dos agrotóxicos

Os critérios de “screening” da EPA (Cohen et al., 1995) e o índice de GUS - Groundwater Ubiquity Score, proposto por Gustafson (1989), foram utilizados para avaliar o risco de contaminação de águas subterrâneas. A tendência de contaminação de águas subterrâneas por agrotóxicos, avaliada segundo as características dos compostos e os critérios da EPA, foi considerada alta conforme se enquadrava nos seguintes aspectos:

- a) Solubilidade em água $> 30 \text{ mg.ml}^{-1}$;

b) Coeficiente de adsorção à matéria orgânica (K_{oc}) < 300-500 ml.g⁻¹;

c) Constante de Henry (K_H) < 10⁻² Pa.m³.mol⁻¹;

d) Meia vida no solo (DT_{50} no solo) > 14-21 dias;

e) Meia vida na água (DT_{50} na água) > 175 dias.

Nesse critério também devem ser consideradas as condições de campo, que favorecem a percolação no solo conforme atendam às seguintes características:

a) Pluviosidade anual > 250 mm;

b) Presença de solo poroso;

c) Presença de aquífero não confinado.

A análise do índice de GUS foi realizada através da equação matemática:

$$GUS = \log DT_{50} (4 - \log K_{oc}),$$

que tem como parâmetros os valores de meia vida do composto no solo (DT_{50}) e o coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}). Uma vez determinado o índice de GUS para cada pesticida utilizado, estes foram classificados em função dos seguintes critérios:

a) $GUS < 1,8$ Não sofre lixiviação;

b) $1,8 \leq GUS < 2,8$ Faixa de transição;

c) $GUS \geq 2,8$ Provável lixiviação.

O valor de GUS serviu como uma ferramenta auxiliar à identificação dos agrotóxicos a serem priorizados nas atividades de monitoramento ambiental *in loco*.

Para avaliar o risco de contaminação de águas superficiais, foi utilizado o método de Goss (Goss, 1992), que classifica o potencial de contaminação em alto, médio e baixo, em função do transporte do composto associado a sedimentos e dissolvido em água, conforme a Tabela 7.1.

Tabela 7.1. Critérios utilizados para a avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais, segundo Goss (1992).

Potencial de transporte			
Associado ao sedimento	Alto	(DT ₅₀ no solo ≥ 40 dias) E (Koc ≥ 1000 ml.g ⁻¹) OU (DT ₅₀ no solo ≥ 40 dias) E (Koc ≥ 500 ml.g ⁻¹) E (Solubilidade em água ≤ 0,5 µg.ml ⁻¹)	
	Baixo	(DT ₅₀ no solo ≤ 1 dia) OU (DT ₅₀ no solo ≤ 2 dias) E (Koc ≤ 500 ml.g ⁻¹) OU (DT ₅₀ no solo ≤ 4 dias) E (Koc ≤ 900 ml.g ⁻¹) E (Solubilidade em água ≥ 0,5 µg.ml ⁻¹) OU	
		(DT ₅₀ no solo ≤ 40 dias) E (Koc ≤ 500 ml.g ⁻¹) E (Solubilidade em água ≥ 0,5 µg.ml ⁻¹) OU (DT ₅₀ no solo ≤ 40 dias) E (Koc ≤ 900 ml.g ⁻¹) E (Solubilidade em água ≥ 2 µg.ml ⁻¹)	
	Dissolvido em água	Alto	(DT ₅₀ no solo > 35 dias) E (Koc < 100.000 ml.g ⁻¹) E (Solubilidade ≥ 1 µg.ml ⁻¹) OU (Koc ≤ 700 ml.g ⁻¹) E (10 ≤ Solubilidade ≤ 100 µg.ml ⁻¹)
		Baixo	(Koc ≥ 100.000 ml.g ⁻¹) OU (DT ₅₀ no solo ≤ 1 dia) E (Koc ≥ 1000 ml.g ⁻¹) OU (DT ₅₀ no solo < 35 dias) E (Solubilidade < 0,5 µg.ml ⁻¹)

As informações necessárias para a utilização dos métodos citados foi obtida na literatura: Worthing & Hance (1991), Wauchope et al. (1992) e Augustijn-Beckers et al. (1994).

No levantamento realizado quanto ao uso dos agrotóxicos, verificou-se a predominância de compostos inseticidas, com 44 %, fungicidas com 28 %, e herbicidas com 21 %. Na Tabela 7.2 são apresentadas, para alguns agrotóxicos, características significativas para esse trabalho, como meia vida no solo, solubilidade em água, constante de Henry (K_H) e coeficiente de adsorção.

Tabela 7.2. Características de alguns dos agrotóxicos utilizados na região de Guaíra – SP.

Compostos	Solubilidade em água* (mg.l ⁻¹)	Koc (mg.l ⁻¹)	DT ₅₀ solo (dias)	K _H (Pa.m ³ .mol ⁻¹)
atrazina	33,00	100	60	2,89 x 10 ⁻⁷
captam	5,10	200	2,50	0,63 x 10 ⁻³
clorotalonil	0,60	1.380	30	0,058x10 ³
clorpirifós	0,40	6.070	30	1,98
dicofol	0,80	5.000	45	2,4
endossulfam	0,32	12.400	50	2,87 x 10 ⁻²
2,4-D	890	20	10	--
λ-cialotrina	0,005	180.000	30	1,8 x 10 ⁻²
mancozebe	6,00	2.000	70	0,00
manebe	6,00	2.000	70	0,00
metamidofós	1.000.000	5	6	1,47 x 10 ⁻⁵
metil paration	60,00	5.100	5	8,7 x x10 ⁻³
monocrotofós	1.000.000	1	30	2,07 x 10 ⁻⁶
trifluralina	0,30	8.000	60	4,02

*Fonte dos dados apresentados na tabela: Wauchope et al. (1992); Augustijn-Beckers et al. (1994); Ferracini et al. (2001); Filizola et al. (2002). -- Valor não encontrado na literatura.

Método de análise

As amostras coletadas foram analisadas usando uma combinação de métodos de análise de resíduos múltiplos e simples, capazes de detectar os resíduos presentes (Steinwandter, 1985; CHEVRON CHEMICAL COMPANY, 1983). A escolha dos compostos a serem determinados, dentre os cerca de doze princípios ativos diferentes, foi em função da efetividade de um método de resíduos múltiplos para sua quantificação. A identificação e quantificação dos resíduos de agrotóxicos em água e nos produtos agrícolas foram realizadas através de métodos cromatográficos. Os compostos organofosforados foram analisados por cromatografia gasosa com detetor de fotometria de chama, e os organoclorados foram analisadas por cromatografia gasosa com detetor de captura eletrônica. As amostras foram analisadas em

duas ou três colunas de diferentes polaridades, para maior segurança na identificação.

Nas amostras de água foram analisados os agrotóxicos de persistência média, como trifluralina, endossulfam e seus metabólitos, λ -cialotrina, 4,4 diclorobenzofenona (metabólito do dicofol); e os agrotóxicos fosforados de persistência curta, como captam, metil paration, clorotalonil, metamidofós e clorpirifós. Dos agrotóxicos com potencial de contaminação, apenas atrazina e 2,4-D não foram monitorados pois os seus métodos de análise não tinham sido validados na época.

Quatro fazendas foram selecionadas para o monitoramento de captam, clorotalonil, clorpirifós, endossulfam, metamidofós e λ -cialotrina em culturas de tomate; e dicofol, endossulfam, metamidofós e metil paration em culturas de feijão, de acordo com a época de colheita de cada propriedade. A preocupação focou não só o monitoramento dos ingredientes ativos dos agrotóxicos aplicados, mas também dos metabólitos secundários desses, que pudessem ser mais tóxicos do que o original, ou que apresentassem propriedades carcinogênicas. O método de análise multiresíduos foi também utilizado para análise destes compostos. As informações sobre a condução das culturas (datas, quantidades aplicadas e estágio da planta) foram obtidas dos relatórios de campo de cada propriedade (Zavatti & Abakerli, 1999).

O método de multiresíduos para determinação de metamidofós, clorpirifós, endossulfam, clorotalonil, captam e λ -cialotrina, em amostras de tomate, foi validado por Zavatti & Abakerli (1999).

Caracterização dos solos

A caracterização do solo através de toposseqüências mostrou que a área escolhida comporta Latossolos Vermelhos distroféricos (Latossolos Roxos) nos topos e vertentes, que gradam para os Latossolos Amarelos

distroféricos (Latosolos Variação Una) na porção final destas últimas. Couraças ou seus restos são normalmente encontrados, aflorantes ou não, no final do terço inferior da vertente, próximo à cabeceira dos cursos d'água de primeira ordem. Nas proximidades das áreas de afloramento de couraças, ou do que restou das mesmas, podem ser encontrados Cambissolos Háplicos, que ocupam, algumas vezes, junto com as couraças, áreas significativas (em termos de propriedades), utilizadas normalmente como pastagens. Nas várzeas são encontrados os Gleissolos Háplicos.

Os Latossolos Vermelhos distroféricos são profundos (> 4 m de espessura), com pH em torno de 5,3 em CaCl_2 e 6,1 em H_2O . A CTC varia de 8 meq/100 cm^3 , na profundidade de 0 a 20 cm, a < 5 meq/100 cm^3 , a 60 cm de profundidade, e a matéria orgânica decai de 3,2%, de 0 a 20 cm, para 1,5%, na profundidade de 60 cm.

Tanto o Latossolo Vermelho distroférico como o Latossolo Amarelo distroférico são de argilosos a muito argilosos (50 a 70% de argila), mas, dada sua estrutura microagregada, são solos extremamente porosos, com grande capacidade de armazenamento de água (armazenagem do perfil do solo até 1 m na capacidade de campo: 120 mm; armazenagem do perfil de solo no ponto de murcha permanente: 80 mm) – e a água, em situações naturais, percola sem impedimentos. No caso das áreas de lavouras, devido ao manejo do solo, sempre é encontrado um horizonte superior compactado, na profundidade de 30-40 cm (Valarini et al., 1996), que provoca uma parada temporária do fluxo de água no solo. Os Cambissolos, restritos às áreas de couraça, também não apresentam impedimento à circulação da água. Já os Gleissolos apresentam restrições à percolação da água, por serem constituídos por argila maciça pouco permeável. As medidas de campo da velocidade de infiltração da água no solo permitiram, também, avaliar que a drenagem passa de vertical e sem impedimentos a lateral somente quando chega à alteração do basalto, constituída por uma argila maciça.

Risco de contaminação de águas subterrâneas

A classificação dos agrotóxicos com potencial de contaminação de águas subterrâneas e superficiais depende da interpretação dos dados referentes às suas propriedades físico-químicas (Tabela 7.2). Apesar da lacuna de algumas informações na literatura científica em geral, relativas às características dos compostos analisados, foi possível classificar alguns agrotóxicos com maior probabilidade de atingir as águas subterrâneas, conforme critérios da EPA e do índice de GUS (Tabela 7.3). Os pesticidas atrazina, 2,4 D, metamidofós e monocrotofós, classificados na faixa de transição e de lixiviação, de acordo com o índice de GUS, Gustafson (1989), requerem monitoramento por apresentarem potencial de contaminação das águas.

Tabela 7.3. Avaliação de risco de contaminação de águas subterrâneas conforme critérios da EPA e índice GUS.

Compostos	Critérios EPA	GUS
atrazina	PC	3,56
captam	PC	0,68
clorotalonil	NC	1,27
clorpirifós	NC	0,32
dicofol	PC	0,49
endossulfam	NC	0,16
2,4-D	PC	2,69
λ -cialotrina	PC	-1,85
mancozebe	NC	1,29
manebe	NC	1,29
metamidofós	PC	2,57
metil paration	PC	0,20
monocrotofós	PC	5,91
trifluralina	PC	0,17

PC: contaminante em potencial; NC: não contaminante

Os critérios da EPA apontam que o coeficiente de adsorção, meia vida no solo, solubilidade em água e constante de Henry (K_H) são as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos mais relevantes no resultado final, para a classificação dos agrotóxicos em relação a contaminação das águas.

Considerando os critérios da EPA, verificou-se que os compostos atrazina, captam, clorotalonil, dicofol, 2,4-D, λ -cialotrina, metamidofós, metil paration, monocrotofós e trifluralina apresentam propriedades com potencial de contaminação de águas subterrâneas na região (Tabela 7.3).

Comparando-se os resultados da análise do potencial de contaminação de águas subterrâneas, baseadas nos critérios da EPA e do índice de GUS, é possível perceber que o coeficiente de adsorção e a meia vida no solo são as propriedades dos agrotóxicos mais relevantes utilizadas pelos dois métodos. Neste estudo comparativo, o número de compostos com potencial contaminação das águas subterrâneas é reduzido para quatro: atrazina, 2,4-d, metamidofós e monocrotofós (Tabela 7.4).

Tabela 7.4. Avaliação de risco de contaminação de águas subterrâneas comparando os critérios da EPA e o índice de GUS.

Princípio Ativo	GUS	EPA	Categoria que atende a ambos
atrazina	PC	PC	PC
captam	NC	PC	I
clorotalonil	NC	NC	NC
clorpirifós	NC	NC	NC
dicofol	NC	PC	I
endossulfam	NC	NC	NC
2,4-D	T	PC	PC
λ -cialotrina	NC	PC	I
mancozebe	NC	NC	NC
manebe	NC	NC	NC
metamidofós	T	PC	PC
metil paration	NC	PC	I
monocrotofós	PC	PC	PC
trifluralina	NC	PC	I

PC: contaminante em potencial; NC: não contaminante; I: inconclusivo; T: faixa de transição (GUS).

Comparando os critérios da EPA e o índice de GUS conclui-se que clorotalonil, clorpirifós, endossulfam, mancozebe e manebe foram considerados como não contaminantes de águas subterrâneas. Com relação aos demais, por falta de dados de suas propriedades físico-químicas, os resultados

são inconclusivos, e nada se pode afirmar. Segundo Cohen et al. (1995), os compostos classificados na faixa de transição e de lixiviação provável, de acordo com o índice de GUS, requerem investigação adicional usando métodos mais detalhados, mesmo porque esse índice não leva em consideração as propriedades do solo. Ainda segundo esses autores, os princípios ativos classificados como de lixiviação improvável podem, seguramente, ser considerados como não contaminantes de águas subterrâneas.

A água do lençol sub-superficial, coletada através dos piezômetros, e a água do aquífero Botucatu, coletada nos poços artesianos e semi artesianos, não apresentaram resíduos de agrotóxicos durante os dois anos de monitoramento.

A não contaminação da água subterrânea deve-se provavelmente à conjugação de vários fatores, a saber: a) solos muito espessos; b) solos argilosos a muito argilosos, c) solos com grande capacidade de armazenamento de água, havendo assim o tempo necessário à degradação dos produtos. Além disso, são solos ácidos, bem areados, com matéria orgânica e argila necessárias aos processos de hidrólise, oxidação e adsorção dos agrotóxicos (Filizola et al., 2002).

Risco de contaminação de águas superficiais

De acordo com os critérios de Goss, usados para avaliar se um agrotóxico apresenta potencial de contaminação em função do transporte do pesticida, podendo conseqüentemente atingir águas superficiais, os compostos são classificados em dois grupos: aqueles que podem ser transportados dissolvidos em água e aqueles que são transportados associados ao sedimento em suspensão. As informações disponibilizadas na Tabela 7.5 mostram que os compostos atrazina, 2,4-D, λ -cialotrina, mancozebe e manebe apresentam potencial para serem transportados dissolvidos em água. Dentre os compostos com alto potencial de transporte associado ao sedimento destacam-se clorpirifós,

dicofol, endossulfam e trifluralina. Os compostos mancozebe, manebe e λ -cialotrina, por apresentarem alta afinidade pela matéria orgânica, também podem ser transportados associados ao sedimento.

Considerando-se as características do clima da região, e por se tratar de área irrigada, os riscos de contaminação das águas superficiais e subterrâneas não podem ser desprezados.

Tabela 7.5. Classificação dos compostos de acordo com seu potencial de contaminação de águas superficiais, pelo critério de Goss.

Princípio Ativo	GOSS Associado a Sedimento	GOSS Dissolvido em Água
atrazina	M	A
captam	B	M
clorotalonil	M	B
clorpirifós	A	B
dicofol	A	B
endossulfam	A	M
2,4-D	B	A
λ -cialotrina	A	A
mancozebe	A	A
manebe	A	A
metamidofós	B	M
metil paration	B	M
monocrotofós	B	M
trifluralina	A	M

A - alto potencial; M - médio potencial; B - baixo potencial.

No período compreendido entre março e maio de 1996, foram detectados no córrego da Macaúba resíduos de 4,4diclorobenzo (metabólito do dicofol), captam, SO_4 -endossulfam (metabólito do endossulfam) e λ -cialotrina acima do limite aceitável para a saúde humana (Tabela 7.6). Pelo fato de ter sido um evento restrito no espaço e no tempo, e pela existência de terraceamento correto, foi possível eliminar a perda por escoamento superficial, levantando-se então a hipótese de contaminação da água por lavagem de embalagens de agrotóxicos ou tanques de aplicação, confirmada depois pelo administrador da fazenda monitorada. Segundo ele, a lavagem dos tanques e embalagens ocorre

esporadicamente, quando há uma queda de energia elétrica ou a bomba do poço apresenta algum problema (Filizola et al., 2002).

Tabela 7.6. Resultados das análises de resíduos nas amostras de água, em alguns pontos de coleta.

Princípios Ativos	Data	(Concentração em $\mu\text{g.l}^{-1}$) Pontos de coleta		
		A8	A9	A10
trifluralina	05/3/96	<0,2	nd	nd
	16/4/96	<0,2	<0,2	<0,2
	28/5/96	nd	nd	nd
clorotalonil	05/3/96	nd	nd	nd
	16/4/96	nd	<0,2	<0,2
	28/5/96	nd	0,27	<0,2
metil paratiom	05/3/96	nd	nd	<0,2
	16/4/96	nd	nd	nd
	28/5/96	nd	nd	nd
clorpirifós	05/3/96	nd	nd	nd
	16/4/96	nd	nd	nd
	28/5/96	nd	nd	nd
4,4diclorobenzo	05/3/96	0,47	nd	nd
	16/4/96	0,63	nd	<0,2
	28/5/96	nd	0,22	<0,2
α -endossulfam	05/3/96	<0,2	nd	<0,2
	16/4/96	<0,2	<0,2	<0,2
	28/5/96	nd	<0,2	<0,2
captan	05/3/96	1,29	nd	0,78
	16/4/96	<0,2	<0,2	<0,2
	28/5/96	nd	0,31	0,7
β -endossulfam	05/3/96	<0,2	nd	0,2
	16/4/96	<0,2	<0,2	<0,2
	28/5/96	nd	<0,2	<0,2
SO ₄ -endossulfam	05/3/96	0,65	nd	<0,2
	16/4/96	0,76	<0,2	<0,2
	28/5/96	nd	<0,2	<0,2
λ -cialotrina	05/3/96	nd	nd	nd
	16/4/96	5,66	<0,2	0,2
	28/5/96	nd	nd	nd

nd = não detectado; limite de detecção = 0,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$.

Risco de contaminação de produtos agrícolas

O endossulfam, que possui persistência média no ambiente, foi utilizado, embora não tenha seu uso autorizado para cultura de tomate, em duas das propriedades, no estágio de florescimento/frutificação das culturas (Tabela 7.7); no entanto, não foram detectados resíduos do composto nas amostras, provavelmente em função de que os períodos de carência utilizados tenham sido relativamente longos (41 a 48 dias), de que tenham sido feitas poucas aplicações do composto e de que a cultura de tomate seja irrigada.

Segundo Zavatti & Abakerli (1999), há uma relação direta entre a quantidade aplicada de captam e clorotalonil (dose versus número de aplicações) e as ocorrências destes compostos nas amostras.

Comparando-se os resultados das Fazendas 1 e 2, onde as quantidades aplicadas de clorotalonil, captam e λ -cialotrina foram semelhantes, observou-se que as concentrações encontradas para os resíduos destes compostos têm relação inversa com os períodos de carência utilizados, maiores na propriedade 1 do que na 2. A ocorrência de concentrações maiores de clorotalonil nas amostras, em relação ao captam, provavelmente deve-se à maior estabilidade dessa molécula em relação à outra. Não foram encontrados resíduos de metamidofós e clorpirifós, que têm meia vida curta em solo e foram aplicados somente no início da cultura.

O resíduo de $0,95 \text{ mg.kg}^{-1}$ de clorotalonil encontrado na amostra de tomate da Fazenda 2 está bem próximo do limite de tolerância estabelecido pelo Ministério da Saúde. Os demais resíduos de agrotóxicos estão bem abaixo do limite de tolerância, não havendo, portanto, contaminação dos tomates por tais compostos (Zavatti & Abakerli, 1999).

Nas Fazendas 3 e 4, onde houve um número menor de aplicações, assim como menor quantidade dos agrotóxicos selecionados, e onde foram utilizados períodos de carência maiores do que nas outras fazendas, nenhum resíduo foi encontrado (Zavatti & Abakerli, 1999).

Tabela 7.7. Resíduos de agrotóxicos em frutos de tomate, em 4 propriedades no município de Guaíra - SP (Fonte: Zavatti & Abakerli, 1999).

Variedade do tomate /Fazenda	Ingrediente ativo (i.a.)	Dose média aplicada (kg i.a./ha)	Número de aplicações	Intervalo da última aplicação até a colheita (dias)	Estágio da cultura (última aplicação)	Resíduos (mg.kg ⁻¹) ^a
Petomec/1	metamidofós	0,36	2	89	des. vegetativo	nd
	clorpirifós	não aplicado	-	-	-	nd
	endossulfam	0,42	4	41	frutificação	nd
	clorotalonil	1,47	8	27	frutificação	0,16 ^b
	captam	1,30	3	19	maturação	nd
Petomec/2	λ-cialotrina	0,04	6	10	maturação	nd
	metamidofós	0,39	4	96	des. vegetativo	nd
	clorpirifós	0,48	1	82	des. vegetativo	nd
	endossulfam	não aplicado	-	-	-	nd
	clorotalonil	1,37	8	12	maturação	0,95 ^b
	captam	1,25	5	5	maturação	0,35 ^b
Petomec/3	λ-cialotrina	0,02	4	5	maturação	0,03
	metamidofós	0,42	4	90	des. vegetativo	nd
	clorpirifós	não aplicado	-	-	-	nd
	endossulfam	0,46	1	48	floresc./frutific.	nd
	clorotalonil	1,48	5	39	frutificação	nd
Petomec/4	captam	não aplicado	-	-	-	nd
	λ-cialotrina	0,01	8	30	maturação	nd
	metamidofós	0,32	6	81	des. vegetativo	nd
	clorpirifós	0,57	2	46	frutificação	nd
	endossulfam	não aplicado	-	-	-	nd
	clorotalonil	0,97	3	32	frutificação	nd
	captam	não aplicado	-	-	-	nd
Sta.Adélia/4 ^c	λ-cialotrina	não aplicado	-	-	-	nd
	metamidofós	0,32	6	89	des.veg./floresc	nd
	clorpirifós	0,50	1	54	frutificação	nd
	endossulfam	não aplicado	-	-	-	nd
	clorotalonil	0,97	3	40	frutificação	nd
Zenith/4 ^d	captam	não aplicado	-	-	-	nd
	λ-cialotrina	não aplicado	-	-	-	nd
	metamidofós	0,28	3	93	des.veg./floresc	nd
	clorpirifós	0,57	2	58	frutificação	nd
	endossulfam	não aplicado	-	-	-	nd
Zenith/4 ^d	clorotalonil	0,97	3	44	frutificação	nd
	captam	não aplicado	-	-	-	nd
	λ-cialotrina	não aplicado	-	-	-	nd

^a = duas repetições analíticas; ^b = média pela análise em duas subamostras; ^c = coleta da amostra cinco dias antes da colheita; ^d = coleta da amostra oito dias antes da colheita; nd = não detectado.

Considerações finais

Os resultados das análises de resíduos de agrotóxicos nas amostras de água subsuperficial e subterrânea mostram que estas não estão poluídas, apesar do uso intensivo destes produtos, e que provavelmente a parte confinada do Aquífero Botucatu não será contaminada (Filizola et al., 2002). A ocorrência ocasional de resíduos de agrotóxicos no córrego de Macaúbas foi consequência da lavagem de tanques de aplicação e de embalagens desses produtos.

Considerando as propriedades físico-químicas dos pesticidas estudados, o risco de contaminação de águas superficiais e subterrâneas nas áreas onde são aplicados não pode ser desprezado. A avaliação preliminar do potencial de contaminação das águas de uma área agrícola pode ser feita a partir das características físicas dos solos, já que estas têm um papel preponderante na fixação ou na perda de agrotóxicos.

Como a seqüência de solos (Latosolo Vermelho Distroférico, Latossolo Amarelo Distroférico e Gleissolo Háplico) recobre grande parte da área na região de Guaíra, os resultados obtidos são significativos em termos regionais, podendo, portanto, ser extrapolados para outras áreas com seqüência de solos e declividades semelhantes (Filizola et al., 2002).

A variabilidade dos níveis residuais observados para os agrotóxicos detectados no tomate parece ser em função do número de aplicações, da data limite de aplicação antes da colheita e dos intervalos de carência (Zavatti & Abakerli, 1999).

Referências

AUGUSTIJN-BECKERS, P. W. M.; HORNSSBY, A. G.; WAUCHOPE, R. D. The SCR/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision making II: additional compounds. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 137, p. 1-82, 1994.

BOULET, R. Análise estrutural da cobertura pedológica e a experimentação agronômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1987, Campinas. **A responsabilidade social da ciência do solo**. Campinas: Sociedade brasileira de Ciência do Solo, 1988. p. 431-446.

CHEVRON CHEMICAL COMPANY. **Determination of captan and THPI residues in crops**. Richmond, 1983. 6 p.

COHEN, S. Z.; WAUCHOPE R. D.; KLEIN, A. W.; EADSPORTH.; C. V.; GRANCY. R. Offsite transport of pesticides in water: mathematical models of pesticide leaching and runoff. **Pure and Applied Chemistry**, London, v. 67, p. 2109-2148, 1995.

EDWARDS, C. A. The impact of pesticides on the environment. In: PIMENTEL, D.; LEHMAN, H. (Ed.). **The pesticide question: environment, economics and ethics**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 13-46.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. P. Y.; SILVA, A. de S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina(PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 1-16, 2001.

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

GOSS, D. W. Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potential Water Quality Impacts. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, p. 701-708, 1992.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Elmsford, v. 8, p. 339-357, 1989.

KHAN, S. U. **Pesticides in the soil environment**. Amsterdam: Elsevier, 1980. 240 p.

MATTOS, L. M, SILVA, E. F., Influência das propriedades de solos e de pesticidas no potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 9, p.103-124, 1999.

SOMASUNDARAM, L.; COATS, J. R. Pesticide transformation products in the environment. In: SOMASUNDARAM, L.; COATS, J. R. (Ed.). **Pesticide transformation products: fate and significance in the environment**. Washington: American Chemical Society, 1991. p. 2-9.

STEINWANDTER, H. Universal 5-min on-line method for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals. **Fresenius Zeitschrift fuer Analytische Chemie**, Berlin, v. 322, p. 752-754, 1985.

VALARINI, P. J.; SOUZA, M. D. E.; TOKESHI, H.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLLETO, R. V. Impacto ambiental de sistemas intensivos de cultivos em agricultura irrigada sobre as propriedades físico-químicas e microbiológica do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: ABID, 1996. p. 447-479.

WAUCHOPE, R. D.; BUTTLER, T. M.; HORNSBY, A. G.; AUGUSTIJN-BECKERS, P. W. M.; BURT, J. P. The SCS/ARS/CES pesticide properties database for environmental decision making. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 123, p. 1-164, 1992.

WORTHING, C. R., HANCE, R. J. Ed: **The pesticide manual**. 9. ed. Farnham: The British Crop Protection Council, 1991. p. 3.

ZAVATTI, L. M. S.; ABAKERLI, R. B. Resíduos de agrotóxicos em frutos de tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 34, n. 3, p. 473-480, 1999.

8

Impacto Ambiental do Manejo Agrícola sobre o Meio Biótico do Solo em Áreas Irrigadas

Pedro José Valarini

Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto

Hasime Tokeshi

Introdução

Os problemas fitossanitários, principalmente aqueles relacionados às doenças de solo, têm se agravado nos agroecossistemas sob cultivo intensivo, principalmente em áreas de cerrado. As abusivas aplicações de agrotóxicos para controle fitossanitário e o manejo inadequado, podem afetar a microbiota benéfica do solo. Assim, a base de sustentação da atividade agrícola pode ser comprometida, visto que dela derivam uma variedade de plantas cultivadas e invasoras, seus polinizadores e agentes de controle biológico de doenças e pragas, e uma ampla gama de microrganismos que participam de processos responsáveis pela formação e manutenção da estrutura física e da fertilidade do solo (Tokeshi, 1991; Higa & Parr, 1994; Altieri, 1995).

Deve-se ressaltar também a importância dos polissacarídeos extracelulares, por estes desempenharem a função de interface entre os microrganismos e os constituintes do solo, através de sua propriedade quelante na agregação de partículas do solo, e no aumento da resistência dos microrganismos ao ciclo de seca e umidade e ao estresse osmótico. Quando as substâncias húmicas mais solúveis em água ligam-se às moléculas de agrotóxicos, elas podem funcionar como veículo de arraste destes contaminantes através do perfil de solo, resultando em implicação ambiental adicional, como os efeitos na

biodegradação, volatilização, hidrólise, fotólise e bioacumulação de poluentes (Piccolo, 1996).

Para avaliar a importância da análise do impacto de práticas agrícolas em diferentes sistemas de produção, e seu significado para a fertilidade do solo, Mäder et al. (1996), utilizando como indicadores as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, realizaram pesquisas por mais de uma década, e os resultados indicaram que o sistema orgânico mostrou mais alta reserva de matéria orgânica ativa do que o sistema convencional, sendo caracterizado por alta biomassa microbiana e elevadas taxas de atividades enzimáticas, (desidrogenase, fosfatase alcalina, protease e catalase) associadas à maior estabilidade de agregados e maior taxa de carbono orgânico total no solo, o que representa um potencial maior para as transformações de nutrientes no solo do que nos sistemas convencionais que utilizam fertilizante mineral. O sistema orgânico também mostrou uma maior abundância e diversidade de minhocas e artrópodes benéficos no solo.

Embora os impactos de sistemas agrossilvopastoris nas propriedades físicas e químicas dos solos de Cerrado sejam relativamente bem documentados, o mesmo não se pode dizer sobre o impacto desses sistemas nas propriedades bioquímicas e microbiológicas desses solos. Essas propriedades, no entanto, podem ser utilizadas como indicadores capazes de refletir mudanças sutis no solo bem antes que alterações nos teores de matéria orgânica possam ser verificadas, e seu conhecimento é de fundamental importância tanto para incentivar o agricultor que está adotando sistemas agrícolas conservacionistas, quanto para alertar aquele que está utilizando sistemas de manejo que levam à degradação do solo (Mendes, 2002).

Áreas de estudo e metodologia

Considerando, a importância dos indicadores bioquímicos e microbiológicos e da análise integrada com os indicadores físicos e químicos

selecionados, estudou-se o efeito da utilização de agrotóxicos e de outras práticas agrícolas sobre a microbiota e estrutura do solo em áreas irrigadas de Guaíra - SP, através da comparação de um sistema de produção alternativo (SA) com o sistema convencional(SC) praticado por produtores. O SA baseou-se na utilização de práticas culturais alternativas aos agroquímicos (uso decrescente destes durante a fase de transição), tais como incorporação de restos de culturas e plantas invasoras ao solo (em lugar de fertilizantes químicos) após a adição de microrganismos eficazes – EM - (FUNDAÇÃO MOKITI OKADAa, 1993), estímulo ao controle biológico natural, uso de cultivares resistentes, aplicação de produtos químicos de baixa toxicidade e utilização de faixas de 5 m de largura contendo plantas voluntárias, para isolamento de parcelas e abrigo de inimigos naturais. Esse estudo de método foi aplicado em seis propriedades agrícolas de Guaíra durante três anos, sendo três das fazendas em sistema de preparo convencional do solo (PC), e três em sistema de plantio direto (PD), com cultivo de soja, milho e feijão, de forma que fossem representativas no município. Em Guaíra, a área experimental em cada propriedade agrícola foi em $\frac{1}{4}$ do pivô central, com parcelas de 1 a 2 ha, separadas por faixas de 5 metros de largura, contendo dois tratamentos: SC – sistema convencional (uso intensivo de insumos químicos), SA – alternativo (substituição gradativa de insumos químicos por incorporação dos EM + insumos orgânicos) e um terceiro tratamento: M – mata nativa nas proximidades, como sistema referencial auto-sustentável.

Para servir de referência ao estudo em áreas agrícolas irrigadas e intensivas de Guaíra, utilizaram-se sistemas agrícolas auto-sustentáveis disponíveis em Suzano, SP, implantados por 5 anos no local. Neste município, em três áreas de produtores com diversificação de culturas hortícolas, foi aplicado um mesmo método para avaliação do impacto ambiental dos sistemas de produção convencional e intensivo, tendo as matas nativas como sistema auto-sustentável, contemplando os seguintes tratamentos: 1) duas áreas de

mata nativa como sistema sustentável (T4 e T8); 2) área com 8 anos de pastagem (T2); 3) duas áreas de manejo biodinâmico (EM) com cultivo de hortaliças (T5 e T7); 4) manejo biodinâmico (EM) com área arada e sem cultivo (T1); 5) três áreas de manejo convencional com cultivo de milho (T3, T6 e T9).

Em Guaíra, o EM comercial foi aplicado por via tratorizada em dosagem de 10 l/ha, diluído em 800 a 1000 l de água, semanalmente no primeiro mês, quinzenalmente no segundo mês e depois uma vez ao mês. Essa tecnologia teve a finalidade de acelerar a degradação da matéria orgânica incorporada, degradação essa dirigida para a formação de substâncias de rápida assimilação e transformação pela biota, propiciando formação de substâncias poliméricas que contribuem na estruturação dos agregados do solo. O EM foi aplicado logo após a colheita e antes da preparação do solo sobre os restos de cultivos e plantas invasoras não decompostas. Após 10 dias, fez-se o preparo do solo (sistema convencional) e, quando ocorreu a emergência das plantas invasoras, realizou-se a segunda aplicação na mesma concentração, fazendo-se a incorporação superficial para não inverter a camada de solo. No caso de plantio direto, após aplicação do herbicida mais seletivo e menos tóxico, como atrazin, imazaquin, ametrin e tebuthiuron, iniciou-se a aplicação do EM na mesma concentração do sistema convencional e, posteriormente, a manutenção através de pulverizações semanais (1º mês), quinzenais (2º mês) e uma vez por mês (3º e 4º mês) da solução do EM, durante todo o ciclo da cultura, na diluição de 1:1000 l.

No sistema convencional, as práticas agrícolas utilizadas foram as mesmas realizadas nas áreas dos produtores, enquanto que no sistema alternativo procurou-se diminuir o uso dos insumos agrícolas e realizar adubação química somente após a análise química do solo, até a profundidade de 60 cm, e efetuar o controle complementar de doenças e pragas quando as práticas alternativas, ou seja, as aplicações do EM, não se mostraram eficientes. As

culturas utilizadas em cada plantio seguiram o mesmo critério dos agricultores (milho, soja, feijão, etc). O manejo biodinâmico consistiu na utilização de EM na concentração 1:1000 l de água por 4 a 6 anos, com aplicação no solo e na parte aérea das plantas durante o ciclo da cultura.

Indicadores de qualidade do solo: físicos, químicos e biológicos

Entre os 20 parâmetros físicos, químicos, biológicos/bioquímicos e econômicos avaliados nos dois sistemas: SA e SC, foi possível observar que no SC ocorreu compactação nas profundidades de 20 a 40 cm e desequilíbrios nutricionais visualizados por valores de pH, CTC, e V% abaixo do recomendado. Os teores de matéria orgânica mostraram-se adequados no SC, porém de baixa qualidade e, por consequência, reduzida atividade microbiológica caracterizada pela baixa diversidade de grupos de microrganismos (leveduras, fungos, bactérias e actinomicetos). Isto dificultou a disponibilidade de nutrientes para as plantas e favoreceu a incidência e a severidade de fitopatógenos de solo como: incidência de 40% de *F. solani*, 86% de *R. solani* e 0,2 a 5,0 escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum*/m² de solo, que variaram em função do sistema de preparo do solo: PD ou PC (Valarini et al., 1996). Esses resultados concordam com os do trabalho de Tokeshi et al. (1997), no qual se conclui que o EM aplicado no sistema alternativo de produção age de forma a melhorar as propriedades físicas e químicas do solo, com o desaparecimento do pé de grade, maior agregação de partículas e maior drenagem, conseqüentemente, interfere no equilíbrio biológico: redução da esporulação de *Sclerotinia sclerotiorum* e aborto de apotécios e detenção do mecanismos de evasão. O trabalho realizado por Homma (2005) também mostrou que no manejo alternativo com aplicação de composto fermentado Bokashi com EM no solo, em pomar convencional de citros, a cobertura vegetal apresentou-se 100% superior, a resistência do solo à penetração reduziu-se significativamente, o desenvolvimento do sistema radicular melhorou, ocorreu aumento de 70% no

índice de colonização radicular de fungos micorrízicos, além da redução de 14% de plantas atacadas por *Orthezia praelonga*, em relação ao manejo convencional.

Perfil de enraizamento - compactação

A maior parte das áreas agrícolas apresenta um horizonte superficial, horizonte Ap, completamente desprovido de sua estrutura natural e, abaixo deste, um horizonte compactado, ambos fruto das práticas agrícolas convencionais. Estes horizontes têm funcionamentos muito diferenciados. No primeiro, dado ao novo arranjo dos agregados ou à inexistência dos mesmos, as taxas de infiltração nos Latossolos Vermelho-Amarelos distroféricos, em Guaíra, decrescem de 600 mm/h no horizonte Ap, para 300 mm/h, nos horizontes compactados. Essa dificuldade de infiltração da água, provocada pelo horizonte compactado, é um dos fatores que favorecem as doenças das plantas, sendo, portanto, um fator de degradação ambiental.

Para uma melhor visualização do problema causado pelo horizonte compactado, optou-se pela técnica do perfil de enraizamento. A análise estatística dos dados mostrou que não há diferenças significativas entre os tratamentos SC e SA, mas existe a tendência de aumento da quantidade de raízes no horizonte compactado e abaixo do mesmo no SA, após dois anos. Os resultados da análise dos perfis de enraizamento mostraram que, nos cinqüenta perfis trabalhados (20 sob SA, 20 sob SC e 10 sob mata) não houve diferença estatística entre os dois tratamentos, porém, observou-se um maior número de raízes ao longo dos perfis sob SA, e que estas concentraram-se, principalmente, nos 30 cm iniciais do solo. Já nas parcelas sob SC, essa concentração não ultrapassou os primeiros 20 cm. Sob o mato (faixa de abrigo), mesmo havendo uma concentração equivalente de raízes nos primeiros 30 cm, sua distribuição em profundidade é mais homogênea em relação aos outros dois sistemas (Filizola et al., 1998) (Fig. 8.1).

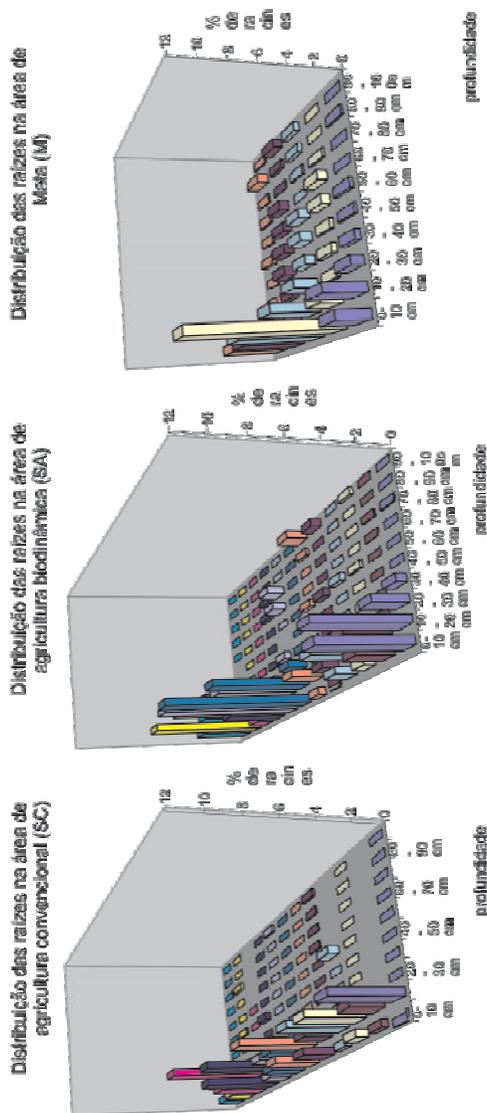


Fig. 8.1. Comparação do perfil de enraizamento em agricultura convencional (SC), agricultura alternativa (SA) e área de mata (M).

Indicadores microbiológicos: fitopatógenos de solo e pragas

Populações de microrganismos com funções importantes no solo (bactérias esporulantes, actinomicetos, microrganismos celulolíticos e fixadores de nitrogênio), teor de C em polissacarídeos, atividade de desidrogenase e biomassa microbiana em C, foram considerados indicadores do melhor desempenho do SA em relação ao SC (Valarini et al., 1997 e 1999). Segundo Mendes (2002), até 1998 existia um desconhecimento sobre os impactos de sistemas agrícolas sob cerrado no funcionamento dos processos microbiológicos dos solos e de suas conseqüências na manutenção, melhoria ou perda da qualidade dos mesmos, após sua incorporação à agricultura. Nesse contexto, segundo a autora, os resultados da Embrapa Cerrados mostraram que os indicadores microbiológicos (biomassa microbiana em C e atividade das enzimas fosfatase ácida e arilsulfatase) foram eficientes para detectar mudanças que ocorreram no solo, em virtude do sistema de manejo (PD e PC) e da incorporação à atividade agrícola. Mesmo que após três anos de avaliação não se tenha observado a diminuição da incidência e da severidade de podridões radiculares nos sistemas de produção (SA e SC), o PC na Fazenda Mateiro mostrou menores índices de doenças de raiz do que o PD, ou seja, incidência de 68% e severidade de até de 10%, contra 98% de incidência e 11% a 25% de severidade no PD. Na Fazenda Lagoa do Fogão, observou-se aumento significativo de 25% e 40% na nodulação das plantas de feijoeiro no SA, respectivamente em PC e PD (Tabela 8.1).

Com outros patógenos de solo, que produzem escleródios, ocorreram reduções de 20% a 39% na incidência de *S. rolfsii* e de 81% a 100% para *S. sclerotiorum*, no SA em relação ao SC, com predominância no PC, conforme Tabela 8.2. A análise conjunta mostrou que as podridões radiculares causadas pelo complexo *F. solani* e *R. solani* apresentaram índices de severidade não superiores a 25%, também com redução no SA, melhor

evidenciado pela atividade enzimática de desidrogenase (aumento de 12% e 24% no SA), pela biomassa microbiana em carbono (aumento de 23% a 227%), pelo aumento do estande final em 12% e pelo aumento da produção de feijão em 10% (Valarini et al., 2000), constituindo-se em indicadores eficientes e sensíveis para detectar mudanças precoces que ocorrem no solo devido às práticas agrícolas adotadas, estando em concordância com trabalhos realizados por Mendes (2002).

Tabela 8.1. Avaliação das podridões radiculares (*Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani*) do feijoeiro e produção de nódulos em feijoeiro e soja, em Guaíra – SP, 1997.

Propriedade	Tratamentos		Doença		Nódulos produzidos	
	Cultura e plantio ¹	Sistema de produção	Incidência (%)	Severidade Média ²	Total	Aumento % (a/b)
Lagoa do Fogão	Feijão PD	alternativo	96	3,2	1642(a)	44,0
		convencional	100	3,2	1144(b)	
Mateiro	Feijão PC	alternativo	68,5	1,9	990 (a)	25,0
		convencional	66,5	2,0	794(b)	
Cuiabano	Soja PC	alternativo			3173 (a)	-0,9
		convencional			3454 (b)	

¹PD plantio direto; PC plantio convencional. ² Escala de notas: 1 = 0 % sistema radicular sadio; 2 = 1 a 10% - sistema radicular fracamente atacado; 3 = 11 a 25% - sistema radicular mediamente atacado; 4 = 26 a 50% - sistema radicular severamente atacado; 5 = que 50% - sistema radicular altamente atacado.

Tabela 8.2. Número de escleródios/kg de solo de *Sclerotinia sclerotiorum* (Ss) e *Sclerotium rolfsii* (Sr), em Guaíra – SP, 1997.

Propriedades	Sistema de plantio	Sistema de produção	Escleródios/kg de solo ¹	
			Ss	Sr
Macaúba, Mateiro e Coqueiro	PD – plantio direto	alternativo	0,70	46
		convencional	0,13	28
	PC – plantio convencional	alternativo	0,06	17
		convencional	0,00	13

¹ Segundo Zambolim et al. (1982), a ocorrência de 3 escleródios/m², causam uma perda de 45% na produção do feijoeiro.

Com relação à avaliação de pragas nas culturas de Guaíra, os resultados mostraram que o SA no PD favoreceu o desenvolvimento de ácaros benéficos no solo em culturas de milho e feijão, e reduziu a incidência de pragas da parte aérea e do solo, em culturas de milho e feijão. Por outro lado, em Suzano, para a cultura da batata, os resultados mostraram que, mesmo com a presença das pragas na cultura, os danos conseqüentes foram bastante reduzidos em relação ao esperado. Da mesma forma, apesar da alta incidência de pulgões na cultura, não se observaram plantas com sintomas de viroses. O ataque intenso da larva minadora, também não reduziu a produção de tubérculos (Watanabe et al., 1997a, 1997b).

Indicador bioquímico - polissacarídeos

O maior equilíbrio alcançado no sistema de produção alternativo (SA) pode ser visualizado pelas análises de parâmetros bioquímicos realizados em solos de áreas de Suzano - SP, durante três anos (Fig. 8.2).

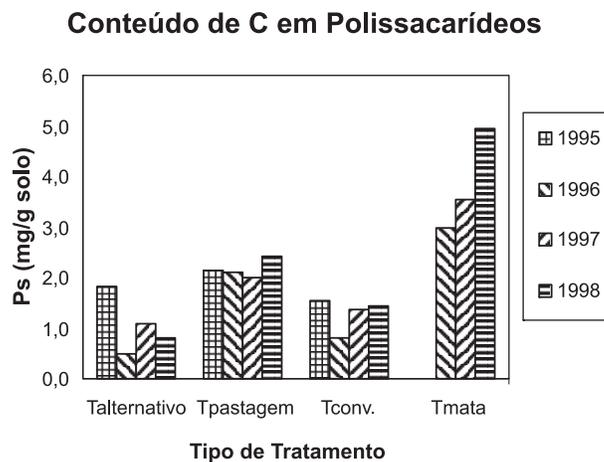


Fig. 8.2. Distribuição temporal do conteúdo de C em polissacarídeos, no horizonte de solos agrícolas em Suzano, SP.

Observou-se que, em Suzano, a distribuição espacial do conteúdo de C em polissacarídeos variou em função da presença ou não de cobertura vegetal. No caso do milho, houve a influência da altura, sendo maior o teor de C quando o milho apresentou maior cobertura do solo, como nos anos de 95, 97 e 98 no tratamento em sistema convencional. A área de pastagem que teve menor influência antropogênica na estrutura do solo manteve constante o teor de C em polissacarídeos, em níveis superiores a T alternativo e T convencional. A área da mata eleita como testemunha sempre apresentou teores maiores de C em polissacarídeos. Portanto, o estudo mostrou a influência da cobertura vegetal nesse parâmetro avaliado, independentemente do manejo – alternativo ou convencional –, sendo o seu teor maior quando não houve ação do homem na estrutura do solo (Frighetto et al., 1997, 1999). Esses resultados estão em concordância com Mendes (2002), que, referindo-se ao impacto da atividade agrícola no funcionamento biológico e bioquímico dos solos de Cerrado, destaca a redução acentuada nos teores de C na biomassa microbiana e na atividade da fosfatase ácida.

Indicador biológico - produtividade das culturas

Com relação à produtividade das culturas de milho e soja, verificou-se aumento na produção de grãos de milho no SA, de 2,9% a 14,4% em relação ao SC, enquanto que para a soja ocorreu o inverso, ou seja, aumento de até 14,5% em favor do SC (Tabela 8.3).

Tabela 8.3. Produtividade de duas culturas em cinco propriedades agrícolas irrigadas – Guaíra, SP – 1996/97.

Fazendas	Sistema de cultivo	Sistema de produção	Produtividade kg/ha	Aumento a/b
Macaúba (soja 1)	PC	SA	1930 a	-14,5
		SC	2210 b	
Mateiro (soja 2)	PC	SA	1920 a	-13,0
		Sc	2170 b	
Cachoeira (soja 3)	PD	SA	1310 a	-0,9
		SC	1319 b	
Cuiabano (milho 1)	PD	SA	3504 a	14,4
		SC	3062 b	
Lagoa Fogão (milho 2)	PD	SA	2831 a	2,9
		SC	2751 b	

Datas de plantio: 20/11/1996 (soja 1); 05/12/1996 (soja 2); 25/11/1996 (soja 3); 26/09/1996 (milho 1); 26/11/1996 (milho 2). SA alternativo; SC convencional; PD plantio direto; PC plantio convencional.

Análise econômica da produção

Os resultados da análise econômica dos custos de produção para as safras 1996/97 e 1997 em Guaíra, SP, entre os sistemas de produção convencional e alternativo, mostraram uma ampla vantagem para o primeiro sistema, tanto no PD como no PC, ou seja, o sistema de produção convencional (SC) apresentou um custo mais baixo que o sistema de produção alternativo (SA), uma vantagem de R\$ 222,00/ha para o feijão, R\$ 201,45/ha para a soja e de R\$ 39,50 e R\$ 74,40/ha para o milho (Tabela 8.4). Esses resultados refletem a ineficiência do SA nas condições analisadas, por aumentar o número de aplicações de EM e o uso esporádico de insumos químicos como complemento à aplicação do insumo “verde”. É importante destacar que, apesar da convergência dos resultados de custo de produção amplamente favoráveis aos SC, há ainda vários problemas associados ao manejo das culturas no SA, interferindo de forma decisiva nos resultados finais, que apresentaram uma grande dispersão em função das áreas experimentais.

Tabela 8.4. Produtividade e custos de produção/ha em quatro propriedades agrícolas irrigadas de Guaíra – SP, 1997.

Fazendas	Sistema de Cultivo	Sistema de Produção	Produção de grãos kg/ha	Aumento a/b (%)	Custo/ha R\$
Macaúba (milho 1)	PC	SA	3643,4 (a)	9,0	142,42
		SC	3439,3 (b)		102,92
Cachoeira (milho 2)	PD	SA	2431,2 (a)	4,5	219,65
		SC	2325,0 (b)		145,25
Cuiabano (soja)	PD	SA	925,5 (a)	0,0	338,50
		SC	925,0 (b)		137,05
Fogão (feijão 2)	PD	SA	630,0 (a)	0,0	335,70
		SC	630,0 (b)		113,70

Datas de plantio: 26/03 (milho 1); 24/03 (milho 2); 14/04 (soja); 14/04 (feijão 2). SA alternativo; SC convencional; PC plantio convencional; PD plantio direto.

Análise de Componentes principais (PCA)

O maior interesse na análise de solo está na avaliação de parâmetros químicos, físicos e biológicos-bioquímicos, como indicadores de sua qualidade e sustentabilidade. Para tal avaliação recorreu-se ao uso de métodos quimiométricos baseados na Análise dos Componentes Principais (PCA), que permitem integrar vários fatores ou variáveis que se correlacionam. Em um estudo realizado em três Fazendas do município de Guaíra (Macaúbas, Lagoa do Fogão e Cuiabanos), que considerou, para efeito de comparação, os sistemas convencional e alternativo com adição de EM e uma mata nativa de referência, tomou 10 amostras de solo de cada tratamento e mediu 8 parâmetros biológicos e bioquímicos, pôde-se concluir que os parâmetros bioquímicos: polissacarídeos, desidrogenase e biomassa microbiana, correlacionaram-se positivamente com as faixas do tratamento sustentável, enquanto microrganismos celulolíticos e solubilizadores correlacionaram-se negativamente. A fazenda Macaúba apresentou melhor separação do SA e SC. Assim, a PCA permitiu distinguir quais variáveis ou fatores mais influenciaram na separação entre amostras de

solos submetidos a diferentes tipos de manejo, sugerindo que é preciso destacar a necessidade de uma maior interdisciplinaridade na abordagem dos problemas do solo, e que a quimiometria terá um papel de destaque na extração e na interpretação das informações (Sena et al., 2000).

Os resultados das análises descritas em Guaíra diferem dos de Suzano, onde já existe um sistema agrícola biodinâmico estabelecido, com preservação de matas nativas ao redor das propriedades, o uso de práticas agrícolas alternativas como EM, matéria orgânica não decomposta disponível no local e praticamente sem insumos químicos (somente calda bordalesa), além de apresentar um aumento da produtividade e rentabilidade das culturas em relação aos sistemas agrícolas irrigados convencionais (Tokeshi et al., 1997).

Medidas alternativas de controle

Entre as medidas alternativas aos agrotóxicos, a bactéria *Bacillus subtilis* foi selecionada como eficiente agente de controle da podridão radicular do feijoeiro (Melo et al., 1995). Foi desenvolvida uma formulação desse agente biológico à base de turfa (viabilidade de 60 dias em prateleira), para controle da podridão radicular do feijoeiro (Brandão et al., 1998a, 1998b), proporcionando redução da incidência e severidade da doença em 37,6% e 15%, respectivamente. Isso favoreceu um incremento na emergência de plantas e na produção de grãos de 17%, confirmando a maior eficiência do PD em relação ao PC (Valarini et al., 2003). Também, o desenvolvimento de formulação de *Trichoderma harzianum* + *T. koningii* foi eficiente no controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em feijão e tomate industrial, reduzindo a incidência da doença em 60% (Melo et al., 1996). Com o objetivo de possibilitar o uso de *Bacillus thuringiensis var. tolworthi* no controle da lagarta do milho (*Spodoptera frugiperda*), foi produzida essa bactéria por um método simples e eficiente (fermentação semi-sólida), assegurando baixo custo e viabilidade de

produção local. O produto, fermentado por 4 dias em sacos plásticos contendo principalmente arroz úmido, sob condições controladas de temperatura, permitiu um controle de até 100% de lagartas de 2º estágio, em condições de campo. Com 600 g desse material fermentado, pode-se obter o controle de lagartas jovens em 1 ha de milho (Capalbo et al., 2001).

Esses conhecimentos (métodos e indicadores) e tecnologia gerados foram validados e transferidos – através de dias de campo, curso teórico-prático, palestras e apresentações em congressos, visitas e reuniões – para agricultores e técnicos da pesquisa e extensão rural. Áreas de demonstração e observação propiciaram a validação e a difusão dos conhecimentos e práticas alternativas de manejo do solo e da cultura.

Considerações finais

Os resultados obtidos permitiram definir um método, bem como a seleção de indicadores físicos, químicos e biológicos de mensuração do impacto ambiental do sistema de produção intensivo (convencional), praticado sobre o meio biótico do solo, a partir da seleção de um sistema de produção sustentável, em Guaira, SP. A avaliação de impacto ambiental de agroquímicos é um desafio para os pesquisadores em qualquer lugar do mundo, pois seus efeitos de caráter intrínseco e indireto são difíceis de serem detectados, principalmente em condições de campo. A comparação entre os sistemas de produção alternativo e convencional permitiu visualizar uma projeção integrada das tendências de mudanças nos sistemas, resultados esses obtidos pela análise multivariada de dados.

Agentes de controle biológico das principais doenças e pragas foram desenvolvidos e repassados para os agricultores, oferecendo-lhes alternativas de escolha do melhor manejo para suas lavouras.

Dessa forma, há necessidade de adoção dessas tecnologias por maior número de produtores, bem como necessidade de mudanças de

comportamento dos mesmos, visando não só reduzir o custo de produção pela utilização dos recursos disponíveis, mas preservar o equilíbrio do sistema como um todo. A consciência dos riscos de degradação ambiental e dos problemas sócio-econômicos provenientes de práticas agrícolas inadequadas é pré-requisito para as ações que possam promover o desenvolvimento rural sustentável. Nesse contexto, a Educação Agroambiental assume papel de destaque como instrumento de reflexão crítica e geradora de novas atitudes de cidadãos de áreas urbanas e rurais, que resultem em equilíbrio nas relações entre o ser humano e a natureza.

Referências

- ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. 2. ed. Colorado: Westview Press, 1995. 433 p.
- BRANDÃO, M. S. B.; VALARINI, P. J.; MELO, I. S.; MAIA, A. H. N. Desenvolvimento de uma formulação contendo *Bacillus subtilis* para controle da podridão radicular do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 82, 1998a. Edição dos anais do XXI Congresso Paulista de Fitopatologia, 1998, Botucatu.
- BRANDÃO, M. S. B.; VALARINI, P. J.; MELO, I. S.; MAIA, A. H. N.; MORSOLETTO, R. V. Experimental formulations of *Bacillus subtilis* for control of root rot (*Fusarium solani* f. sp. phaseoli and *Rhizoctonia solani*) of bean (*Phaseolus vulgaris*) In: IBERIAN CONGRESS ON BIOTECHNOLOGY, 4., IBERO-AMERICAN MEETING ON BIOTECHNOLOGY, 1., 1998, Braga. **BIOTEC'98**: book of abstracts. Braga: Universidade do Minho-Departamento de Engenharia Biológica, 1998b. p. 405.
- CAPALBO, D. M. F.; VALICENTI, F. M.; MORAES, I. O. O. ; PELIZER, L. H. Solid-state fermentation of *Bacillus thuringiensis tolworthi* to control fall armyworm in maize. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v. 4, n. 2, p. 112-115, 2001.

FILIZOLA, H. F.; VALARINI, P. J.; TOKESHI, H. Environmental impact of irrigated conventional farming systems: test of biodynamical farming system (Guaira, São Paulo State, Brazil) In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16., 1998, Montpellier. **Summaries...** Montpellier: ISSS: AISS: IBG: AFES, 1998. 7 p. 1 CD ROM.

FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; TOKESHI, H.; OLIVEIRA, D. A. Action of effective microorganisms (EM) on microbial, biochemical and compaction parameters of sustainable soil in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING AND EFFECTIVE MICROORGANISMS FOR AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY, 5., 1997, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: IFOAM: SAPNAN, 1997. p. 159-164.

FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J.; RIZZO, L. T. B.; CASTRO, S. S. Distribuição espacial e temporal do teor de carbono em polissacarídeos no horizonte de solos agrícolas: Estudo de caso. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 3., 1999, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM: IHSS, 1999. p. 352-354.

FUNDAÇÃO MOKITI OKADA. Experimentos sobre o uso dos microrganismos eficazes (EM) no Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI FARMING, 3, 1993., Santa Barbara. **Proceedings...** Santa Barbara, 1993. 110 p.

HIGA, T.; PARR, J. F. **Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment.** Atami: International Nature Farming Research Center, 1994. p. 1-16.

HOMMA, S. K. **Efeito do manejo alternativo sobre a descompactação do solo, fungos micorrízicos arbusculares nativos e produção em pomar convencional de Tangor "Murcott"**. 2005. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MÄDER, P.; PFIFFNER, L.; LUTZOW, A. F. M. V.; MUNCH, J. C. Soil ecology: the impact of organic and conventional agriculture on soil biota and its significance. In: IFOAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, 11., 1996, Copenhagen. **Fundamentals of organic agriculture: book of abstracts.** Copenhagen: IFOAM, 1996. p. 11-15.

MELO, I. S.; VALARINI, P. J.; FAULL, J. L. Controle biológico de *Fusarium solani f.sp phaseoli* por *Bacillus subtilis* isolado da rizosfera do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, supl. p. 342, 1995. Edição dos anais do XXVIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Ilhéus, 1995.

MELO, I. S.; FAULL, J. L.; GRAEME-COOK, K. A. *Trichoderma koningii* and *Trichoderma harzianum* as destructive mycoparasites of *Sclerotinia sclerotiorum*. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE MYCOLOGY DIVISION, 8., 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Jerusalem: [s.n.], 1996. p. 183.

MENDES, I. C. A terra vive: análise dos impactos dos sistemas agropecuários na atividade enzimática e na biomassa microbiana dos solos do Cerrado. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, v. 4, n. 42, p. 19-26, 2002.

PICCOLO, A. (Ed.) **Humic substances in terrestrial ecosystems**. New York: Elsevier, 1996. 675 p.

SENA, M. M. de; POPPI, R. J.; FRIGHETTO, R. T. S.; VALARINI, P. J. Avaliação do uso de métodos quimiométricos em análise de solos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 547-554, 2000.

TOKESHI, H. Manejo da microflora epífita no controle de doenças de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE DOENÇAS DE PLANTAS, 4., Campinas, 1991. **Anais...** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1991. p. 32-62.

TOKESHI, H.; ALVES, M. C.; SANCHES, A. B.; HARADA, D. Y. Control of *Sclerotinia sclerotiorum* with effective microorganisms. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 23, n. 2, p.146-154, 1997.

VALARINI, P. J.; SOUZA, M. D. E.; TOKESHI, H.; OLIVEIRA, D. A.; MORSOLLETO, R.V. Impacto ambiental de sistemas intensivos de cultivos em agricultura irrigada sobre as propriedades físico-químicas e microbiológica do solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: ABID, 1996. p. 447-479.

VALARINI, P. J.; FRIGHETTO, R. T. S.; TOKESHI, H.; OLIVEIRA, D. A. Action of effective microorganisms(EM) in soil of intensive agricultural sysrwm in Brazil In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KYUSEI NATURE FARMING AND EFFECTIVE MICROORGANISMS FOR AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL

SUSTAINABILITY, 5., 1997, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok, [s.n.], 1997. p. 15-16.

VALARINI, P. J., ROBBS, C. F., TOKESHI, H. **Impacto das práticas agrícolas e os problemas fitopatológicos: pesquisas e recomendações de proteção integrada.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 25 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 6).

VALARINI, P. J.; FRIGHETTO, R. T. S.; TOKESHI, H.; SCRAMIN, S.; SILVEIRA, A. P. D.; VALARINI, M. J.; OLIVEIRA, D. A. Physico-chemical and microbiological properties of soil as affected by irrigated agricultural systems. In: IFOAM INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE, 12., 1998, Mar del Plata. **Proceedings...** Mar del Plata: IFOAM, 1998. p. 165-171.

VALARINI, P. J.; MELO, I. S.; MORSOLETO, R. V. Controle alternativo da podridão radicular do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, n. 4, p. 334-339, 2003.

WATANABE, M. A.; TOKESHI, H.; VALARINI, P. J. Entomofauna da cultura de batata conduzida pelo sistemas sustentável de cultivo com uso de microrganismos eficazes em Suzano, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37., Manaus. **Anais de resumos...** Manaus: SOB, 1997a. Resumo n. 334.

WATANABE, M. A.; TOKESHI, H.; VALARINI, P. J. Aspectos fitopatológicos da cultura de batata conduzida pelo sistema sustentável de cultivo com uso de microrganismos eficazes em Suzano, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 37., Manaus. **Anais de resumos...** Manaus: SOB, 1997b. Resumo n. 333.

ZAMBOLIM, L.; CHAVES, G. M.; MARTINS, M. C. del P. Aspectos das principais doenças do feijão no estado de Minas gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 90, p. 20-29, 1982.