

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

**Sistema de Informação Geográfica e a Contaminação de
Agrotóxicos no Meio Ambiente da Cana-de-Açúcar na Bacia
Hidrográfica do Rio Pardo – SP/MG**

Eloisa Domingues

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nádia Regina do Nascimento

Tese de Doutorado elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - Área de Concentração em Organização do Espaço para a obtenção do título de Doutorado em Geografia.

Rio Claro (SP)

2010

Domingues, Eloisa

Sistema de Informação Geográfica e a Contaminação de Agrotóxicos no Meio Ambiente da Cana-de-Açúcar na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo – SP/MG / Eloisa Domingues – Rio Claro, 2010.

Tese de Doutorado – Organização do Espaço – Universidade Estadual Paulista, 2010.

Orientador: Nádía Regina do Nascimento

1. Geografia. 2. Agrotóxicos. 3. Cana-de-açúcar. 4. Banco de Dados. 5. Potencial para Contaminação

Comissão Examinadora

Rio Claro, 04 de maio de 2010

Resultado:

AGRADECIMENTOS

**Agradeço à Professora Dr^a Nadia Regina do Nascimento pela
aceitação como doutoranda e por sua dedicação e
ensinamentos;**

**A Vivi, Landara, Paula e Yaisa pelo acolhimento que me
deram, facilitando de todos os modos minha vida e meu
trabalho em Rio Claro;**

**A Sonia Oliveira Gomes, Eduardo Leandro da Rosa Macedo,
Regina Francisca Pereira, Teresa Cardoso da Silva, e José
Marcos Moser pela constante presença e apoio no
desenvolvimento deste trabalho;**

**A todos os professores e colegas que me apoiaram e
incentivaram**

E a minha mãe pelas oportunidades que me deu na vida.

RESUMO

Estudos sobre a poluição difusa, motivados pela preocupação com o uso sistemático de agrotóxicos na agricultura são pouco conhecidos, muito localizados ou específicos e basicamente avaliam o comportamento dessas substâncias tóxicas ou suas concentrações nos solos. A proposta apresentada é desenvolver um modelo de consulta em banco de dados para analisar e avaliar aspectos do potencial para contaminação por agrotóxicos dos meios solo/água e do risco ao ambiente, tomando como referência a lavoura da cana-de-açúcar na bacia do Rio Pardo. Considera-se que para tal seja necessária a realização de estudos mais abrangentes e com mais variáveis, analisadas de forma integrada e sistêmica. As derivações conseqüentes das interações que se operam no âmbito do sistema solo/água podem ser melhor compreendidas utilizando-se ferramental apropriado, um banco de dados. Finalmente a estruturação de uma base de dados apoiará o desenvolvimento dos indicadores do potencial para contaminação dos meios solo/água. Uma base conceitual e uma série de procedimentos operacionais dão conta das tarefas necessárias para a construção do banco. Partiu-se da interpretação em imagens de satélite, passando pelas análises estatísticas, das características do meio físico que interagem com as substâncias tóxicas até a organização das consultas que apóiam a definição de indicadores do potencial para contaminação por agrotóxicos.

ABSTRACT

Studies on diffused pollution generated from systematic using of pesticides on agriculture are not very common, much located or specific or, basically, evaluate the behavior of such toxic substances of their concentration in soils. The present proposition intends to develop a consulting pattern on a database to analyze and evaluate environment potential contamination of soil and water, and risking aspects, taking as reference sugar cane culture on Pardo river basin. It is understood that the achievement of such objectives demands much more including studies with more variables, which must be analyzed under an integrated and systematic way. The outcoming interactions performed within the scope of such system could be better comprehended with an appropriate tool – a database. Finally the creation of a database will support the development of potential contamination indicators. A conceptual basis as well as a set of operational procedures both give account of the task that will be demanded to a database, starting with satellite image interpretation, going through analysis of statistical data, environment characteristics that interacts with toxic substances, even the organization of queries that give support to definition of potential contamination indicators.

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 A relevância do tema | 11 |
| 1.2 Objetivos | 17 |
| 1.3 Estrutura do trabalho | 18 |
| | |
| PARTE I - JUSTIFICATIVA, CARACTERIZAÇÃO, O AMBIENTE DE CULTIVO DA CANA-DE-AÇUCAR E METODOLOGIAS | 20 |
| | |
| 2. LOCALIZAÇÃO, JUSTIFICATIVAS PARA A ESCOLHA DA ÁREA E A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL | 21 |
| 2.1 Localização | 21 |
| 2.2 Justificativa da escolha da área | 24 |
| 2.3 Ocupação da cana-de-açúcar no Brasil e na bacia do Rio Pardo | 25 |
| 2.3.1 Histórico da Ocupação da cana-de-açúcar no Brasil e na bacia do Rio Pardo | 25 |
| | |
| 3. O AMBIENTE DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, A UTILIZAÇÃO DOS SUBPRODUTOS E OS AGROTÓXICOS | 36 |
| 3.1 Os sistemas de produção na bacia do Rio Pardo | 38 |
| 3.1.1 – Os sistemas tecnológicos na produção de cana-de-açúcar | 39 |
| 3.1.1.1 - Sistema de produção convencional | 39 |
| 3.1.1.2 - Sistema de produção com alta tecnologia | 40 |
| 3.1.1.3 - Sistema de produção Integrada | 44 |
| 3.2 Renovação e/ou Expansão do Canavial | 45 |
| 3.3 Subprodutos da cultura da cana-de-açúcar | 45 |
| 3.4 Os Agrotóxicos | 47 |
| 3.4.1 Características e Propriedades dos Agrotóxicos | 51 |
| 3.4.2 Agrotóxicos utilizados na bacia e os danos causados | 53 |
| | |
| 4 – MÉTODO E METODOLOGIAS | 60 |
| 4.1 Definição do Problema | 60 |
| 4.2 Fundamentação Teórica e Conceitual | 62 |

| | |
|--|-----------|
| 4.2.1 Vulnerabilidade do Ambiente | 62 |
| 4.2.2 Sistema | 64 |
| 4.3 O Método | 65 |
| PARTE II – RESULTADOS | 68 |
| 5 - INSERÇÃO DOS TEMAS NO BANCO DE DADOS E MODO DE ACESSO AOS INDICADORES | 69 |
| 5.1 – Inserção dos temas no banco de dados | 69 |
| 5.1.1 Concepção | 69 |
| 5.1.2 Desenvolvimento | 71 |
| 5.1.3 Elaboração | 72 |
| 5.1.3.1 Etapas para inserção dos temas no banco | 72 |
| 5.2 – Consultas ao banco de dados | 97 |
| 5.2.1 Formulação das consultas | 98 |
| 6. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DOS PRINCIPAIS TEMAS INSERIDOS NO BANCO DE DADOS | 114 |
| 6.1 – O uso da terra na bacia do Rio Pardo | 114 |
| 6.2 – Potencial para contaminação do ambiente solo/água frente aos agrotóxicos na bacia do Rio Pardo: exemplo 2,4D | 116 |
| 6.3 Análise e interpretação da pluviosidade e do balanço hídrico na bacia do rio Pardo | 119 |
| 7. CONCLUSÃO | 122 |
| 8. REFERÊNCIAS | 127 |

Anexos

| | |
|---|-----|
| Figuras | |
| Figura 01 - Total de importação de agrotóxicos em milhares de US\$, 2006 | 11 |
| Figura 02 - Importação de Herbicidas em milhares de US\$ - 2006 | 13 |
| Figura 03 - Importação de Inseticidas em milhares de US\$, 2006 | 13 |
| Figura 04 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Pardo no Brasil | 22 |
| Figura 05 - Localização da bacia do Rio Pardo no Estado de São Paulo | 22 |
| Figura 06 - Espécies do gênero Saccharum | 38 |
| Figura 07 - Organização do sistema de informação geográfica da bacia do Rio Pardo | 66 |
| Figura 08 - Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Pardo | 71 |
| Figura 09 - Roteiro dos Trabalhos de Campo | 74 |
| Figura 10 - Procedimentos operacionais no SPRING para classificação digital | 77 |
| Figura 11 - Mapa de uso da terra da bacia do Rio Pardo | 78 |
| Figura 12 - Mapa de solos da bacia do Rio Pardo | 81 |
| Figura 13 - Distribuição Média Anual das chuvas. Período 1960-1997 | 95 |
| Figura 14 - Localização das Usinas de Açúcar e Álcool na bacia do Rio Pardo | 96 |
| Figura 15 - Estrutura do Banco de Dados | 98 |
| Figura 16 - O SIG e as camadas de informação | 99 |
| Figura 17 - Passo 1 | 100 |
| Figura 18 - Passo 2 | 100 |
| Figura 19 - Passo 3 | 101 |
| Figura 20 - Potencial para contaminação por Acetaclor | 103 |
| Figura 21 - Potencial para contaminação por Ametrina | 104 |
| Figura 22 - Potencial para contaminação por Diurom | 105 |
| Figura 23 - Potencial para contaminação Endossulfan | 106 |
| Figura 24 - Potencial para contaminação por Flumyzin | 107 |
| Figura 25 - Potencial para contaminação por Hexazinone | 108 |
| Figura 26 - Potencial para contaminação por MSMA | 109 |
| Figura 27 - Potencial para contaminação por Paraquate | 110 |
| Figura 28 - Potencial para contaminação por Trifluralina | 111 |
| Figura 29 - Potencial para contaminação por Pendimetalina | 112 |
| Figura 30 - Potencial para contaminação por Tebutiurum | 113 |
| Figura 31 - Área colhida com cana-de-açúcar, segundo os setores censitários – 2006 | 116 |
| Figura 32 - Balanço Hídrico Normal de Thornthwaite & Mather, 1955 para alguns municípios da bacia do Rio Pardo | 121 |
| Quadros | |
| Quadro 01 - Consumo de Herbicidas e Fungicidas em 2001 | 14 |
| Quadro 02 - Importação de agrotóxicos entre 2000 e 2006, em US\$ | 28 |
| Quadro 03 - Exportações brasileiras de açúcar e etanol, 2003 – 2009 | 33 |
| Quadro 04 - Autoveículos: Produção por combustível 2000-2008 | 34 |
| Quadro 05 - Informações técnicas da cultura de cana-de-açúcar | 37 |
| Quadro 06 - Valores das características físico-químicas dos agrotóxicos utilizados na cultura da cana-de-açúcar | 59 |
| Quadro 07 - Cenas utilizadas | 75 |
| Quadro 08 - Características dos Solos e Classes de Condutividade | 82 |

| | |
|---|-----|
| Gráficos | |
| Gráfico 01 - Cana-de-açúcar processada pelas usinas brasileiras | 27 |
| Gráfico 02 - Cana-de-açúcar processada pelas usinas brasileiras, em milhões de toneladas | 28 |
| Gráfico 03 - Vendas de defensivos agrícolas no Brasil, por categoria entre 1992 e 2005 | 29 |
| Gráfico 04 - Dinâmica do uso da terra na região nordeste do estado de São Paulo 1998-2003 | 30 |
| Gráfico 05 - Evolução da Produção Brasileira de Açúcar – Safra 1994/95 a 2006/07 | 31 |
| Gráfico 06 - Rendimento da cana de açúcar no Brasil | 31 |
| Gráfico 07 - Evolução da Produção Brasileira de Álcool Total - Safra 94/95 a 06/07 | 32 |
| Gráfico 08 - Produção de álcool etílico, anidro e hidratado, em tonelada, segundo as regiões geográficas e no Estado de São Paulo | 32 |
| Gráfico 09 - Área Cultivada com cana-de-açúcar no mundo em 2008 | 33 |
| Gráfico 10 - Produção de autoveículos, por tipo de combustível – 2009 | 35 |
| Gráfico 11 - Percentual de Uso de agrotóxicos nos estabelecimentos, segundo os Municípios - 2006 | 49 |
| Gráfico 12 - Brasil: Vendas de defensivos agrícolas - 1992 a 2005 | 56 |
| Gráfico 13 - Brasil: Área colhida com cana de açúcar – 1990 a 2005 | 56 |
| Gráfico 14 - Área colhida com cana-de-açúcar, segundo as Unidades da Federação produtoras – 2006 | 57 |
| Gráfico 15 - Área das Classes de Mapeamento | 115 |
| Fotos | |
| Foto 01 - Preparo do solo para plantio da cana-de-açúcar | 40 |
| Foto 02 - Visão lateral de um sulcador | 40 |
| Foto 03 - Visão frontal de um sulcador | 40 |
| Foto 04 - Colheita manual da cana-de-açúcar | 43 |
| Foto 05 - Colhetadeira de cana-de-açúcar | 43 |
| Foto 06 - Veículo típico do transporte da cana-de-açúcar para usinas | 44 |
| Foto 07 - Fertilização com vinhoto | 46 |
| Foto 08 - Cultura da cana-de-açúcar | 46 |
| Anexos | 135 |
| Anexo 1 - Indicadores de Solos | 136 |
| Anexo 2 - Informações dos perfis dos solos da bacia do rio Pardo | 140 |
| Anexo 3 – Produtos agrotóxicos registrados na ANVISA e presentes no cultivo da cana-de-açúcar | 143 |
| Anexo 4 - Agrotóxicos utilizados na lavoura da cana-de-açúcar | 146 |

1 – INTRODUÇÃO

1.1 - Relevância do Tema

A utilização de substâncias químicas na agricultura se inicia após o sucesso que elas alcançaram como arma química na 2ª grande guerra mundial. A partir das décadas de 1960-70 essas substâncias rapidamente expandiram industrial e comercialmente e passaram a ser amplamente difundidas e aplicadas na agricultura de todos os países.

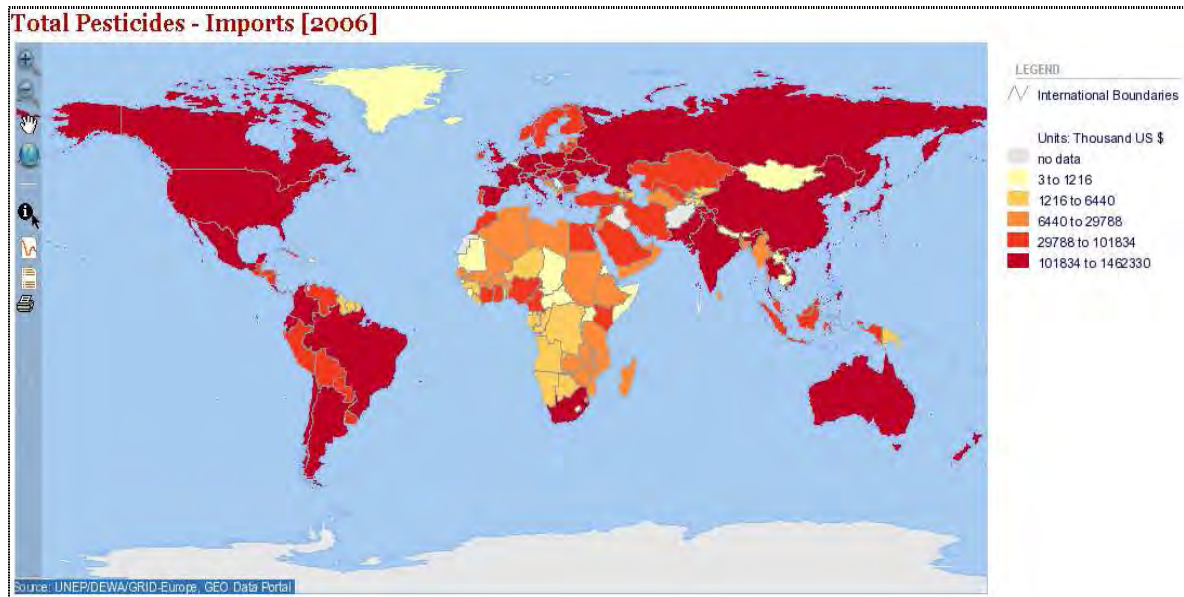
No Brasil elas foram utilizadas inicialmente em programas de saúde pública, no controle de parasitas, vetores de doenças. Logo foram disseminadas pelos incentivos oficiais implementados pelo governo (<http://www.conpet.gov.br/>), objetivando promover e acelerar o desenvolvimento, através do aumento da produção e da redução das quebras de safras agrícolas, devido a pragas e doenças.

As ações de promoção, programas e planos de governos configuraram estratégias que vincularam o uso dessas substâncias ao financiamento da produção, condicionando o crédito rural à compra dos agrotóxicos¹. A obrigatoriedade do

¹ - agrotóxico: é definido pelo decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamentou a lei nº 7.802/1989, como: *produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao*

produtor em consumir essas substâncias, abriu o país ao comércio de agrotóxicos para as empresas multinacionais. A figura 1 mostra o peso que a importação dessas substâncias representa no consumo mundial em termos monetários.

Fig. 1 - Total de importação de agrotóxicos em milhares de US\$, 2006

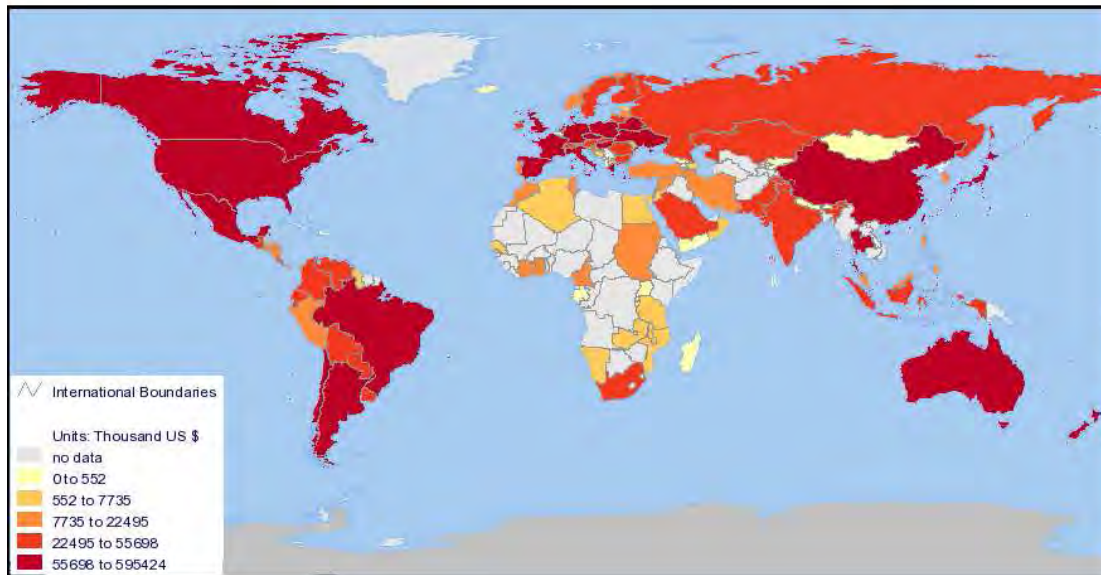


Fonte: http://geodata.grid.unep.ch/mod_map/map.php

No Brasil a comercialização dos agrotóxicos já está bastante disseminada em quase todas as etapas da produção das principais lavouras, desde o pequeno ao grande empresário rural. Tanto a propaganda maciça das indústrias produtoras como os incentivos recebidos são algumas das razões do aumento da sua utilização, o que o torna hoje um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos (Figs. 2 e 3). Dados da UNEP - United Nations Environment Programme para 2001 sobre o consumo de herbicidas e fungicidas podem ser observados no quadro 1, apontam para valores elevados do uso de herbicida, o que responde por cerca de mais de 20% do consumo mundial.

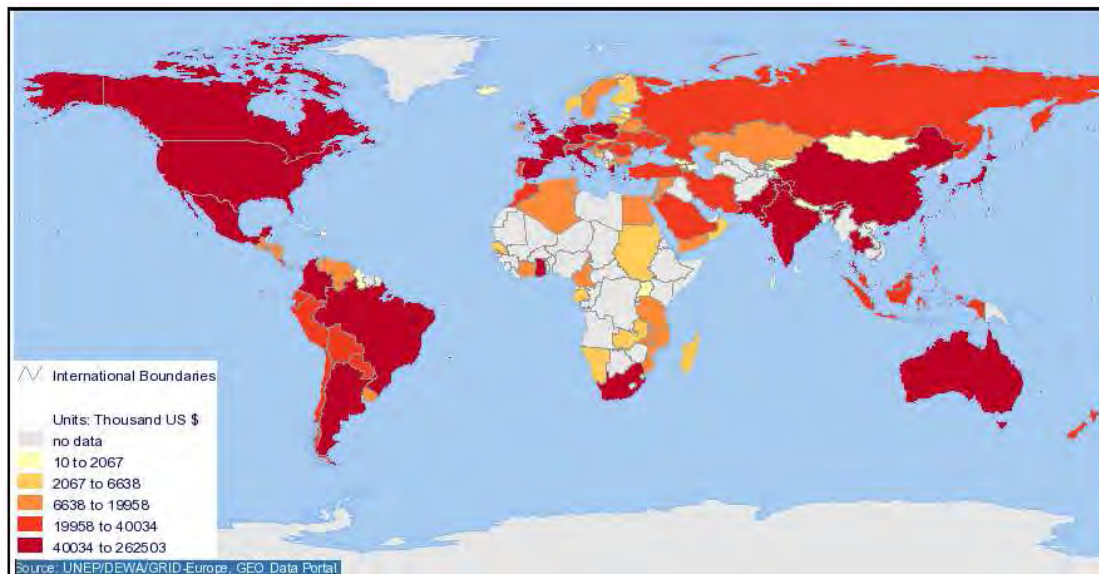
uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias de produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Figura 2 – Importação de Herbicidas em milhares de US\$ - 2006



Fonte: http://geodata.grid.unep.ch/mod_map/map.php

Figura 3 – Importação de Inseticidas em milhares de US\$, 2006



Fonte: http://geodata.grid.unep.ch/mod_map/map.php

Quadro 1 – Consumo de Herbicidas e Fungicidas em 2001

| Países | Herbicidas (g) | Fungicidas (g) |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Brasil | 44.620.000 | 9.527.000 |
| França | 32.122.000 | 54.130.000 |
| Grã Bretanha e Irlanda do Norte | 22.841.000 | 4.962.000 |
| Alemanha | 14.942.000 | 7.912.000 |

Fonte: <http://geodata.grid.unep.ch>

Apesar do aumento da produção agrícola nos últimos 40 anos, em função do intensivo uso de insumos, incluindo-se aí os agrotóxicos, a carga que vem sendo aplicada trouxe problemas para o meio ambiente e para a saúde da população, especialmente do trabalhador rural, fato observado nas estatísticas dos centros de informações toxicológicas (SINITOX, 2005). Por se tratar de uma poluição difusa e os diagnósticos relacionados às prováveis doenças desenvolvidas serem difíceis de uma determinação direta de causalidade, as estatísticas ainda revelam imprecisões, que pesquisadores como Hacon (2004) imputam à baixa notificação de casos. Apesar disso as estatísticas de saúde já apontam indícios de haver contaminação, principalmente nas populações que manipulam essas substâncias.

Apesar do trabalho conjunto do Ministério da Agricultura e do Meio Ambiente com as Vigilâncias Epidemiológica e Sanitária do Ministério da Saúde na definição de critérios de utilização dos agrotóxicos e legislação pertinente, ainda são necessárias ações específicas para monitorar, fiscalizar e acompanhar os impactos dessas substâncias, tanto sobre o meio ambiente como sobre a saúde da população.

Do ponto de vista da saúde do trabalhador, o Ministério da Saúde em conjunto com a Organização Panamericana de Saúde - OPAS (1996) desenvolveram um programa específico de Vigilância a Populações Trabalhadoras Rurais Expostas a Agrotóxicos, em razão da grande toxicidade de diversas substâncias e dos indicativos de intoxicação, associados ao uso inadequado. Aplicado inicialmente em áreas-piloto, sua evolução metodológica permitiu estabelecer o Sistema de Informações de Agravos de Notificação - SINAN, que objetiva identificar e controlar os problemas na saúde das populações afetadas.

Esse sistema constitui um instrumento fundamental para as ações de controle e prevenção dos agravos relacionados à utilização dos agrotóxicos, pois possibilita conhecer o perfil de morbi-mortalidade relativo à exposição (<http://dtr2004.saude.gov.br/sinanweb/>) a estes produtos. Objetiva superar o quase completo desconhecimento sobre a questão, permitindo aos serviços de saúde adequar o planejamento, organizar, desenvolver e avaliar as ações.

Além desse programa, outros atuam objetivando o controle dos problemas de saúde, como é o caso do programa paulista VISAT- Vigilância em Saúde do Trabalhador do Setor Canavieiro. De modo geral esses programas estão voltados, quase exclusivamente, para o reconhecimento dos problemas na saúde do trabalhador.

Estimativas da OMS, citadas no site <http://www.ecolnews.com.br/agrotoxicos/index.htm> indicam a ocorrência de mais de um milhão de intoxicações agudas por ano no mundo, predominantemente nos países em desenvolvimento. Pesquisas têm demonstrado que o número de intoxicações e mortes por agrotóxicos tem se elevado, sendo a intoxicação de trabalhadores das lavouras e a contaminação de alimentos os principais responsáveis por tais estatísticas, por serem as mais facilmente determinadas. Os problemas de intoxicações agudas são determinados pelo contato direto com produtos altamente tóxicos e de conseqüências imediatas, podendo levar o indivíduo até mesmo a morte; porém a identificação de intoxicações crônicas é de difícil detecção.

Outra fonte de informação sobre a contaminação das populações por agrotóxicos é dada pelos estudos clínicos sobre disruptores endócrinos² que atuam sobre o sistema endócrino alterando várias funções dos organismos, animal e humano (Goettlich, 2005). Disruptores endócrinos, tanto os conhecidos como sob suspeita, estão presentes em produtos de beleza; de higiene; em selantes; solventes; plásticos; e também em herbicidas (Goettlich, op.Cit.).

Poucos, no entanto, são os mecanismos disponíveis para o acompanhamento das alterações metabólicas no indivíduo pelo contato constante, direta ou indiretamente, com as substâncias tóxicas, muitas vezes de baixa toxicidade, mas por tempo prolongado. Embora existam mecanismos de investigação disponíveis, eles não estão orientados para os tipos de atividades que o trabalhador rural exerce, nem para o contexto do meio ambiente das populações vizinhas a estas atividades.

² Disruptores endócrinos são produtos químicos sintetizados artificialmente e os fitohormônios (estrogênios naturais produzidos por plantas ou metabólitos de fungos) que atuam sobre o sistema endócrino dos animais e humano, ao mimetizarem, bloquearem e/ou interferirem, de alguma maneira, com as instruções naturais dos hormônios às células (Nosso Futuro Roubado, por Paul Goettlich)

Embora o Brasil disponha de dados sobre as intoxicações e mortes por agrotóxicos, eles ainda são pouco significativos, pois as intoxicações muitas vezes podem ser creditadas a outras razões que não sejam os próprios agrotóxicos. Outro problema diz respeito ao baixo índice de notificação dos casos, o que faz supor ser o problema muito maior do que as estatísticas revelam.

Tendo em vista o crescente aumento da quantidade de agrotóxicos vendidos para serem usados nas diversas culturas é importante que os inquéritos de investigação sejam reorientados para tornar as estatísticas mais eficazes e, conseqüentemente, a fiscalização e a vigilância do uso dessas substâncias.

Do ponto de vista do ambiente de cultivo da cana-de-açúcar, o conhecimento que se tem sobre as concentrações dessas substâncias no solo ou na água afetadas por tal cultivo se prende a estudos sobre a poluição difusa dos agrotóxicos em áreas localizadas e objetivam avaliar o comportamento de determinada substância em tipos de solo específicos. Em sua maioria esses estudos são produtos de teses acadêmicas. Para que análises prospectivas possam ser realizadas, objetivando o monitoramento do meio ambiente, são necessários estudos mais abrangentes em termos de variáveis de análise e também é necessário que estas análises sejam feitas de forma integrada.

O crescimento das áreas com plantio de cana-de-açúcar chama a atenção por sua ocupação contínua em grande parte do estado de São Paulo e por seu perfil tecnológico, intensivo em capital, maquinário e insumos. Para aumentar a produtividade da lavoura os produtores também utilizam grande quantidade de agrotóxicos para controlar insetos e ervas indesejadas que atrapalham o bom desempenho da lavoura. Diante de tal quadro a questão formulada foi: o quanto que o uso intensivo destas substâncias na lavoura poderia contaminar o solo e a água?

Embora na área ambiental existam modelos aplicados para a análise do comportamento de agrotóxicos, eles não contemplam a ampla gama de variáveis que se julga serem importantes e que são do interesse desta pesquisa. Não se pretende construir um novo modelo, mas sim desenvolver um procedimento metodológico que possibilite atender aos objetivos específicos deste estudo,

voltados para responder à questão formulada, e que possa também ser utilizado como uma ferramenta para a tomada de decisão. Por tal razão acredita-se no ineditismo desta tese.

1.2 – Objetivos

Objetivo Geral

Construir uma base de dados visando a avaliação do potencial para contaminação do meio solo/água, decorrente das interações entre os agrotóxicos usados na lavoura da cana-de-açúcar e este meio.

Objetivos Específicos

- a) Construir indicadores de avaliação do potencial para contaminação dos solos e água por agrotóxicos.
- b) Apresentar roteiro-padrão para guiar consultas que permitam novas análises.

Um dos propósitos desta tese é disponibilizar informações através de um banco de dados³ geográfico para consultas relacionadas ao cultivo da cana-de-açúcar, ao uso de agrotóxicos nesta lavoura e outras variáveis que podem ser relacionadas para se obter o potencial para contaminação dos solos e água por agrotóxicos. Dessa forma torna-se possível analisar integradamente diferentes informações. As consultas poderão ser realizadas através de um SIG - Sistema de Informação Geográfica, que constitui um sistema de informação computacional para capturar, modelar, manipular, recuperar, consultar, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados (Câmara Neto, 1995, apud Lauro Tsutomu Hara, 1997).

O banco traz alguns indicadores do potencial para contaminação do meio solo-água, previamente definidos, e o mapa de uso da terra como recurso para a espacialização do cultivo. De maneira intermediária serão construídos os indicadores de vulnerabilidade do meio solo-água. Esses indicadores fornecerão, portanto, uma

³ É o arquivo físico, em dispositivos periféricos, onde estão armazenados os dados de diversos sistemas, para consulta e atualização pelo usuário (Dinaldo do N. Araújo, 2003).

medida de avaliação qualitativa do potencial para contaminação do meio solo-água por agrotóxicos. Consultas pelo usuário poderão ser realizadas e novos indicadores poderão ser construídos com dados do banco ou outros que sejam agregados.

1.3 – Estrutura do Trabalho

O desenvolvimento do trabalho se estrutura na seguinte forma:

Na introdução são abordados a relevância do tema e os objetivos do estudo proposto – onde se destaca o interesse em construir uma metodologia para avaliar o potencial para contaminação do meio solo/água por agrotóxicos da cultura da cana-de-açúcar, além de se apresentar a estruturação do trabalho.

No capítulo da localização da área justifica-se a sua escolha para o estudo e se descreve sucintamente o processo de expansão da cana-de-açúcar no Brasil.

Em continuidade, no capítulo sobre o ambiente da produção da cana-de-açúcar procurou-se mostrar as diferenças entre os sistemas de produção e como eles podem facilitar ou impedir o livre acesso das substâncias tóxicas para o meio solo/água. Também são analisados nesse capítulo o aproveitamento dos subprodutos dessa lavoura e os agrotóxicos nela utilizados.

No capítulo métodos e metodologias são destacados o objeto da investigação e o método de análise adotado; a fundamentação teórica e conceitual, apoiada nos conceitos de vulnerabilidade e de sistema e são descritas as principais etapas desenvolvidas na construção do banco de dados.

Em seguida são discutidos a inserção dos temas no banco de dados e o modo de acesso aos indicadores, resultado das avaliações e, mostrando ao leitor, as várias interfaces que envolvem a questão dos agrotóxicos.

Como conclusão apresenta-se o atual contexto da produção de cana-de-açúcar, o uso da tecnologia de informação (TI), especificamente a geoinformação na análise integrada das variáveis e a comprovação da hipótese proposta através dos

resultados na forma de indicadores, cartografados. Discute-se também as funções do banco para apoiar a tomada de decisão, na definição de medidas de mediação voltadas para a melhoria da qualidade ambiental e, ainda, são apresentados alguns produtos resultantes do potencial para contaminação do ambiente da cana-de-açúcar, como forma de exemplos do banco.

**PARTE I –
JUSTIFICATIVA, CARACTERIZAÇÃO, O AMBIENTE DE CULTIVO DA
CANA-DE-AÇUCAR E METODOLOGIAS**

2 – LOCALIZAÇÃO, JUSTIFICATIVAS PARA A ESCOLHA DA ÁREA E A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

2.1 – Localização

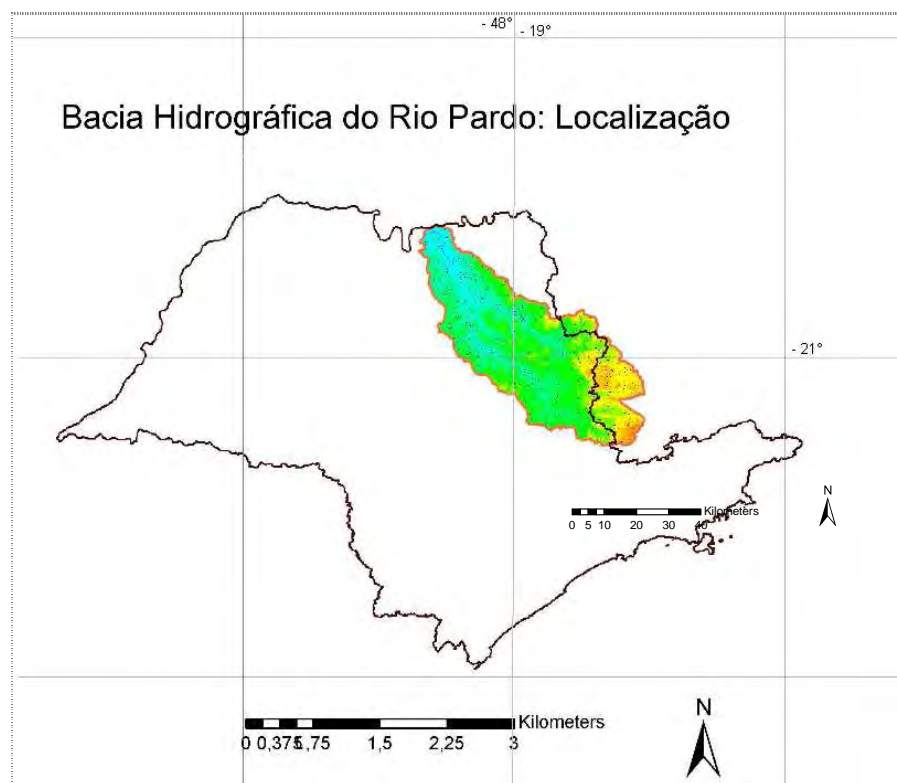
A bacia hidrográfica do Rio Pardo é a área escolhida para o estudo e engloba cerca de 36.000 Km². No contexto das bacias hidrográficas constitui uma sub-bacia do rio Grande, que é parte da região hidrografia do Rio Paraná (<http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>) (Fig. 4). Está situada no nordeste do estado de São Paulo, onde é intenso o cultivo da cana-de-açúcar, e se estende por parte do sul do estado de Minas Gerais Engloba terras dos estados de São Paulo e Minas Gerais, conforme pode ser observado na figura 5.

Figura 4 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Pardo no Brasil



Fonte: www.ibge.gov.br/bCIMd.v2

Figura 5 - Localização da bacia do Rio Pardo no Estado de São Paulo



Fonte: Imagens SRTM-Shuttle Remote Sensing Modelling. Shuttle Radar Topography Mission <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm> e BaseCIMd.v2. www.ibge.gov.br/geociencias/cartografia

A bacia do Pardo engloba 131 municípios dos estados de São Paulo e Minas Gerais, total ou parcialmente contidos (Tabela 1), que estão estruturados nos Comitês de Bacias Estaduais do Pardo-Grande, Pardo, Mogi Guaçu (SP) e Afluentes Mineiros do Mogi Guaçu (MG).

Tabela 1 – Municípios contidos na bacia, total ou parcialmente

| São Paulo | | | |
|--------------------------|---------|----------------------------|---------|
| Município | Código | Município | Código |
| Aguai | 3500303 | Monte Alto | 3531308 |
| Águas da Prata | 3500402 | Monte Azul Paulista | 3531506 |
| Águas de Lindóia | 3500501 | Morro Agudo | 3531902 |
| Altair | 3500907 | Motuca | 3532058 |
| Altinópolis | 3501004 | Nuporanga | 3533601 |
| Amparo | 3501905 | Olímpia | 3533908 |
| Américo Brasiliense | 3501707 | Orlândia | 3534302 |
| Analândia | 3502002 | Patrocínio Paulista | 3536307 |
| Araraquara | 3503208 | Pedregulho | 3537008 |
| Araras | 3503307 | Pirangi | 3539004 |
| Barretos | 3505500 | Pirassununga | 3539301 |
| Barrinha | 3505609 | Pitangueiras | 3539509 |
| Batatais | 3505906 | Pontal | 3540200 |
| Bebedouro | 3506102 | Porto Ferreira | 3540705 |
| Brodowski | 3507803 | Pradópolis | 3540903 |
| Caconde | 3508702 | Restinga | 3542701 |
| Cajuru | 3509403 | Ribeirão Corrente | 3543105 |
| Conchal | 3512209 | Ribeirão Preto | 3543402 |
| Corumbataí | 3512704 | Rifaina | 3543600 |
| Casa Branca | 3510807 | Rincão | 3543709 |
| Cássia dos Coqueiros | 3510906 | Rio Claro | 3543907 |
| Colina | 3512001 | Sales Oliveira | 3544905 |
| Colômbia | 3512100 | Santa Cruz da Conceição | 3546207 |
| Cravinhos | 3513108 | Santa Cruz da Esperança | 3546256 |
| Descalvado | 3513702 | Santa Cruz das Palmeiras | 3546306 |
| Divinolândia | 3513900 | Santa Ernestina | 3546504 |
| Dobrada | 3514007 | Santa Lúcia | 3546900 |
| Dumont | 3514601 | Santa Rita do Passa Quatro | 3547502 |
| Engenheiro Coelho | 3515152 | Santa Rosa de Viterbo | 3547601 |
| Espírito Santo do Pinhal | 3515186 | Santo Antônio da Alegria | 3547908 |
| Estiva Gerbi | 3557303 | Santo Antônio do Jardim | 3548104 |
| Guaíra | 3517406 | São Carlos | 3548906 |
| Guaraci | 3517901 | São João da Boa Vista | 3549102 |
| Guariba | 3518602 | São Joaquim da Barra | 3549409 |
| Guataporá | 3518859 | São José da Bela Vista | 3549508 |
| Ibaté | 3519303 | São José do Rio Pardo | 3549706 |
| Ibitinga | 3519600 | São Sebastião da Gramma | 3550803 |
| Icém | 3519808 | <u>São Simão</u> | 3550902 |
| Ipuã | 3521309 | Serra Azul | 3551405 |
| Itapira | 3522604 | Serrana | 3551504 |
| Itirapuã | 3523701 | Serra Negra | 3551603 |
| Itobi | 3523800 | Sertãozinho | 3551702 |
| Jaborandi | 3524204 | Socorro | 3552106 |
| Jaboticabal | 3524303 | Taiacu | 3553104 |

| | | | |
|--------------|---------|----------------------|---------|
| Jardinópolis | 3525102 | Taiúva | 3553203 |
| Leme | 3526704 | Tambaú | 3553302 |
| Limeira | 3526902 | Tapiratiba | 3553609 |
| Lindóia | 3527009 | Taquaral | 3553658 |
| Luís Antônio | 3527603 | Taquaritinga | 3553708 |
| Matão | 3529302 | Terra Roxa | 3554409 |
| Mococa | 3530508 | Viradouro | 3556800 |
| Mogi Guaçu | 3530706 | Vargem Grande do Sul | 3556404 |
| Mogi Mirim | 3530805 | Vista Alegre do Alto | 3556909 |

| Minas Gerais | |
|------------------------|---------|
| Município | Código |
| Albertina | 3101409 |
| Andradas | 3102605 |
| Arceburgo | 3104106 |
| Bandeira do Sul | 3105301 |
| Bom Repouso | 3107901 |
| Botelhos | 3108404 |
| Bueno Brandão | 3109105 |
| Cabo Verde | 3109501 |
| Caldas | 3110301 |
| Campestre | 3111002 |
| Guaranésia | 3128303 |
| Ibitiúra de Minas - MG | 3129905 |
| Inconfidentes | 3130606 |
| Ipuiúna | 3131505 |
| Itamogi | 3132909 |
| Jacutinga | 3134905 |
| Monte Santo de Minas | 3143203 |
| Monte Sião | 3143401 |
| Muzambinho | 3144102 |
| Munhoz | 3143807 |
| Ouro Fino | 3146008 |
| Poços de Caldas | 3151800 |
| Santa Rita de Caldas | 3159209 |
| Senador Amaral | 3165578 |
| Tocos do Mogi | 3169059 |

Fonte: www.ibge.gov.br/SIDRA/Território

2.2 - Justificativa da escolha da área

A escolha da área está centrada no fato de ser uma das regiões mais importantes no país no que se refere ao cultivo da cana-de-açúcar; lidera o agronegócio da cana, regional e nacional, tendo Ribeirão Preto como um dos mais importantes pólos de disseminação dos negócios. Outro ponto que chama a atenção refere-se à pressão que a região vem recebendo para o aumento da produtividade visando atender as demandas do mercado de açúcar e, especialmente, do etanol. Ao mesmo tempo em que análises pontuais indicam estar havendo impactos ambientais, dada a grande

quantidade de agrotóxico que se utiliza, também chama a atenção o fato de ser uma região com altos índices de qualidade de vida (IFDM, 2006), o que, por outro lado, poderia ser um argumento para se questionar. A rápida expansão da lavoura, que elevou exponencialmente a produção, superando valores do nordeste, tradicional área produtora, e o pouco conhecimento dos impactos decorrentes dessa produção merecem ser investigados. Essas razões fizeram da área objeto de interesse desta tese.

2.3 – Ocupação da cana-de-açúcar no Brasil e na bacia do Rio Pardo.

2.3.1 – Histórico da Ocupação da cana-de-açúcar no Brasil e na bacia do Rio Pardo

A importância da cana-de-açúcar na economia do Brasil apresenta dois grandes ciclos. Um que se inicia com a introdução das Capitânicas Hereditárias, logo após o descobrimento, passando pela ocupação holandesa, até o final do século XIX com o fim da escravidão e o início da migração de europeus para áreas destinadas à colonização. Esse ciclo foi responsável pelo efetivo processo de ocupação do território pelos portugueses. O segundo ciclo da lavoura tem início na década de 1970 do século passado, quando o governo iniciou incentivos à produção de álcool a partir da lavoura da cana-de-açúcar (<http://gian-hogan.blogspot.com/2007/06/o-brasil-colonial.html>; <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=3903>, 27/12/2005).

A penetração da cana-de-açúcar na bacia é anterior aos anos 70, pois os novos colonizadores (italianos) desde o final do século XIX já haviam introduzido a lavoura nas terras do café (Campinas até Ribeirão Preto). Por essa razão as políticas de governo do final do século passado (Programa Nacional do Álcool⁴ (ProÁlcool) encontraram na região campo fértil para a aplicação dos incentivos e na Depressão Periférica de São Paulo e no Planalto Ocidental boas condições edafoclimáticas para se desenvolver.

⁴ O Programa Nacional do Álcool – Proálcool foi instituído pelo decreto nº 76.593, de 14/11/1975 e objetivava substituir a gasolina por álcool hidratado e reduzir o impacto da elevação dos preços do petróleo.

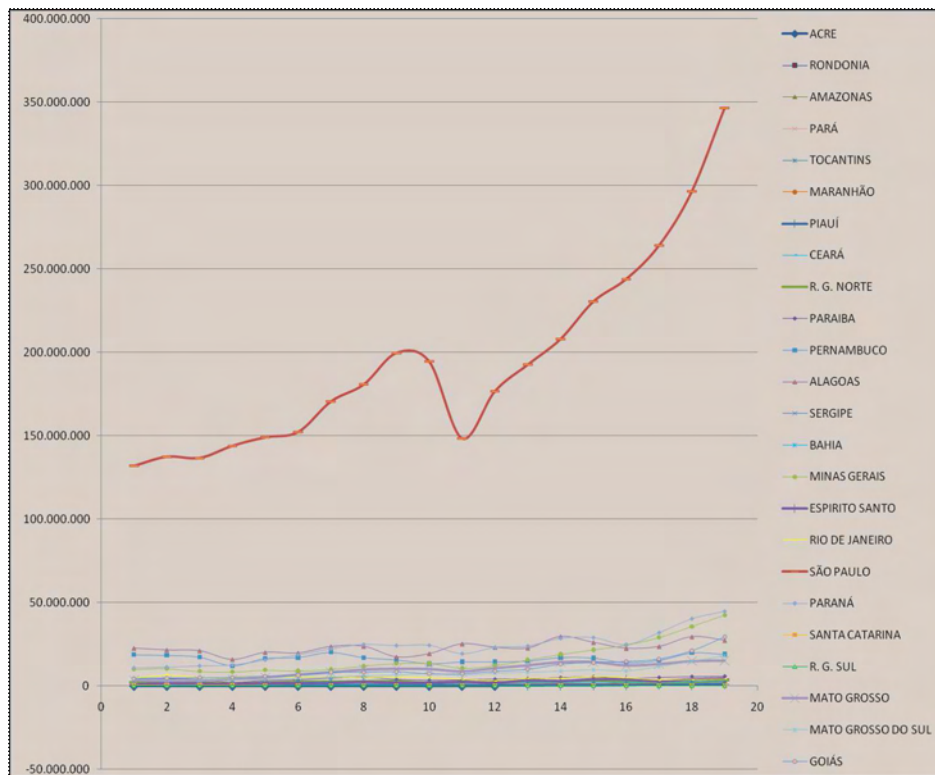
Impulsionada pelos objetivos do governo em desenvolver alternativas ao uso de derivados do petróleo, a região teve rapidamente aumentada a área plantada com cana-de-açúcar. Com o declínio do Proálcool em 1987, em função dos baixos custos do etanol⁵ importado e do aumento da produção doméstica de petróleo houve um período de estagnação da produção (Corazza, 2003).

A reativação da produção do etanol da cana-de-açúcar ocorreu novamente, a partir de 2001 em função dos novos tipos de incentivos para a produção de álcool anidro e álcool hidratado⁶, não mais atrelados a preços fixados nem tão pouco subsidiados pela Petrobrás (BARROS, 2005).

O autor (op. Cit., 2005) considera que a maior parte da produção do centro-sul, em especial de São Paulo, está apoiada em um patamar tecnológico, industrial, com índices de produtividade crescentemente superiores nos últimos 20 anos (Graf. 1). Acrescenta que o sucesso recente da atividade está na conjugação de fatores como a conjuntura de mercado favorável; a baixa poluição do álcool em relação à gasolina; os novos carros bi-combustíveis (carros *flex*); a possibilidade de venda do bagaço da cana para produção de energia elétrica e a entrada de multinacionais no agronegócio. Também são fatores responsáveis pelo sucesso da atividade, condicionantes relacionadas à força de trabalho flutuante, que trabalha principalmente no corte da cana em São Paulo, quase sempre vinda das regiões secas do nordeste ou do norte de Minas Gerais.

⁵ O etanol, também chamado álcool etílico, é uma substância orgânica obtida da fermentação de açúcares, hidratação do etileno ou redução a acetaldeído, utilizada como combustível de motores veiculares.

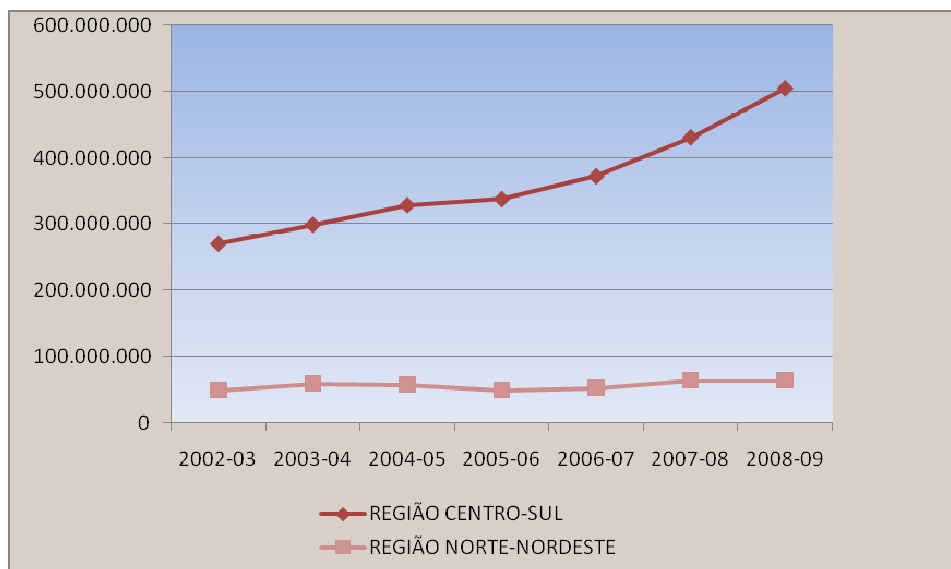
Gráfico 1 – Cana-de-açúcar processada pelas usinas brasileiras



Do ponto de vista ambiental ainda não são conhecidos os efeitos cumulativos que a expansão da lavoura pode oferecer ao meio ambiente. Um desses problemas poderá estar relacionado ao uso intensivo de agrotóxicos. De acordo com os levantamentos realizados pela UNICA - União da Indústria de Cana-de-Açúcar a quantidade (milhões toneladas) de cana-de-açúcar processada pelas indústrias cresce na região Centro-Sul (Graf. 2).

⁶ O álcool anidro é adicionado em 25% à mistura da gasolina, e o álcool hidratado é utilizado como

Gráfico 2 – Cana-de-açúcar processada pelas usinas brasileiras, em milhões de toneladas



Fonte: Fonte: União da Indústria de Cana-de-Açúcar – ÚNICA e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA.

Dados estatísticos sobre a compra e venda dessas substâncias apontam também para a possibilidade de efeitos cumulativos, haja vista que a lavoura emprega principalmente herbicidas e inseticidas durante todas as etapas de cultivo. Os dados apresentados no quadro 2 indicam a importância que esse comércio representa para o meio ambiente da cana-de-açúcar. São valores pagos pela importação entre 2000 e 2006, em US\$.

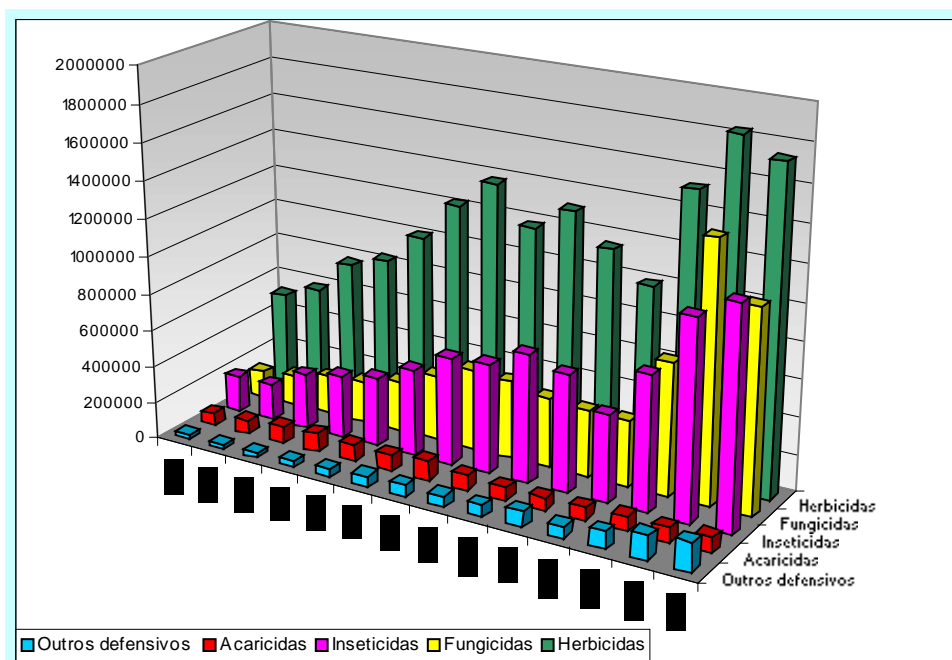
| | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Herbicidas | 115630.00 | 129806.00 | 127949.00 | 181936.00 | 214001.00 | 190155.00 | 156608.00 |
| Fungicidas | 42222.00 | 46393.00 | 78559.00 | 191000.00 | 397626.00 | 259923.00 | 159309.00 |
| Inseticidas | 90411.00 | 108177.00 | 82613.00 | 97843.00 | 100324.00 | 173698.00 | 169634.00 |
| Pesticidas | 265809.00 | 304612.00 | 305180.00 | 486030.00 | 736387.00 | 654790.00 | 516941.00 |

Fonte: www.faostat.org /Statistics Division, 2008 Acessado em 14 Setembro de 2008

No que se refere à venda ao consumidor interno, os dados do SINDAG – Sindicato Nacional das Indústrias de Produtos para Defesa Agrícola indicam que as vendas

têm aumentado (Graf.3), especialmente a partir de 1993, principalmente para os inseticidas e herbicidas, coincidentemente os produtos mais utilizados na lavoura da cana-de-açúcar.

Gráfico 3- Vendas de defensivos agrícolas no Brasil, por categoria entre 1992 e 2005



Fonte: SINDAG – Sindicato Nacional das Indústrias de Produtos para Defesa Agrícola

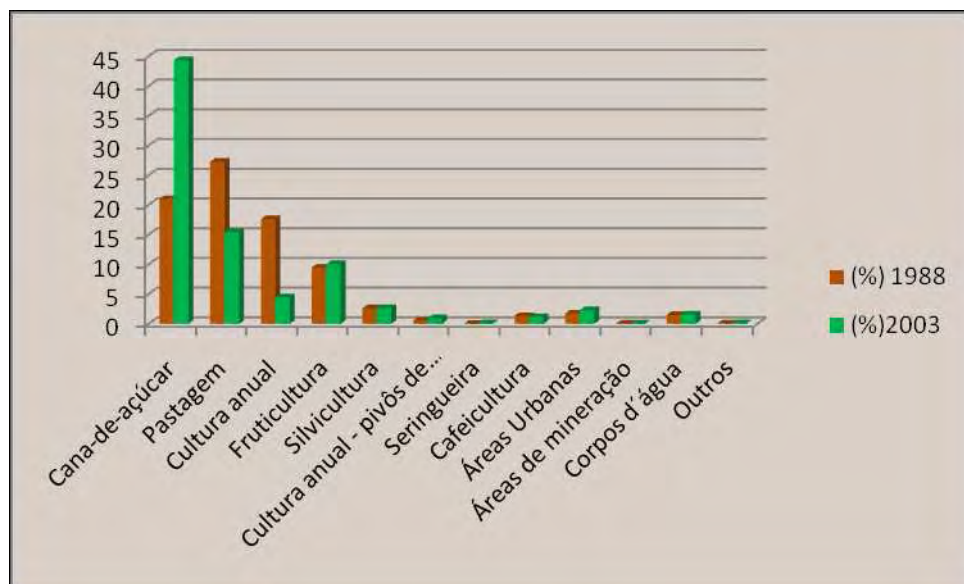
A previsão de expansão da atividade tem sido ratificada pelo crescente interesse nos últimos anos na instalação de novas usinas para a produção de etanol. De acordo com a CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, a expansão dos canaviais tem avançado principalmente sobre áreas de pastagens.

De acordo com informações da ÚNICA, a primeira estimativa para a safra 2009/2010 é que ela atinja 550 milhões de toneladas na região centro-sul, contra 505 milhões de toneladas da safra 2008/09 e 431 milhões da safra 2007/08. Antonio de Pádua Rodrigues, Diretor da ÚNICA, afirmou em entrevista que o setor sucro-alcooleiro, entretanto, em razão da crise econômica mundial, também vem sendo atingido e “pisou no freio dos investimentos”, devido à falta de aumento nos preços do álcool e de crédito que congelaram vários projetos. Em contrapartida o crescimento da frota de automóveis bicompostíveis e o déficit de açúcar causado pela saída da Índia do mercado externo, mantém a demanda por álcool. Para o Diretor da ÚNICA, este

quadro poderá gerar na próxima safra a falta de cana para atender a todas as demandas, podendo haver prejuízo para as exportações.

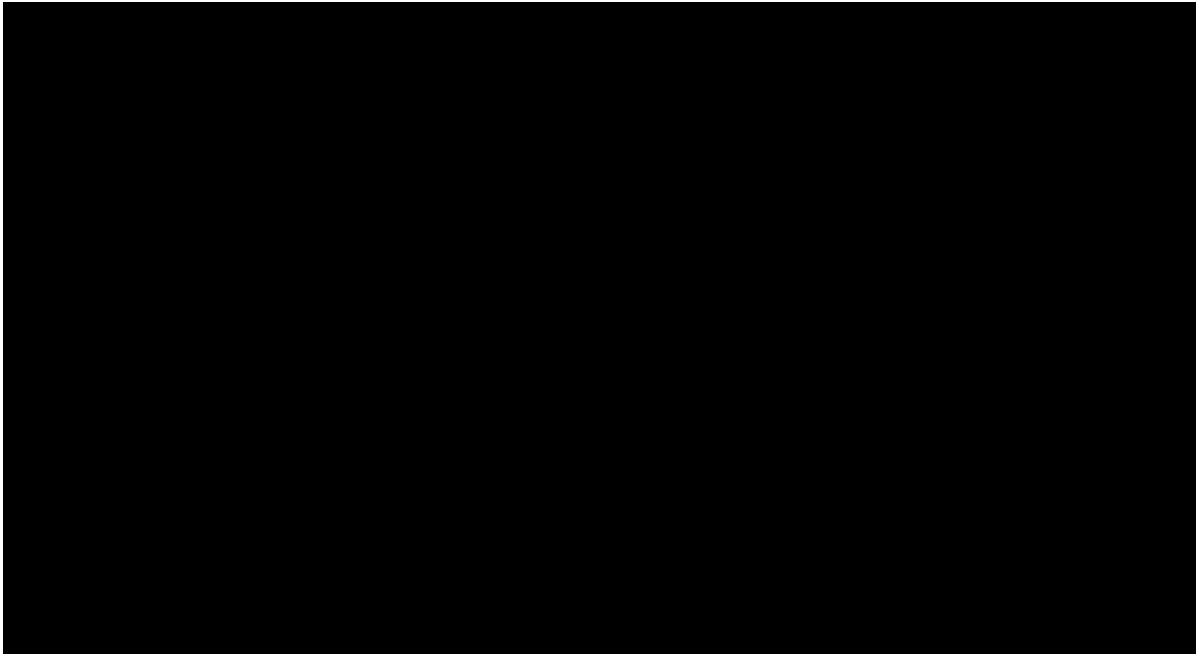
As áreas de cultivo de cana-de-açúcar continuam se expandindo, aumentando a produção em detrimento de outras lavouras, como se observa no gráfico 4. A tecnificação e os processos vinculados com a indústria possibilitaram o desenvolvimento de uma cadeia produtiva que oferece mercado ao produtor, enquanto a política de governo respalda essa tendência.

Gráfico 4 – Dinâmica do uso da terra na região nordeste do estado de São Paulo
1998-2003

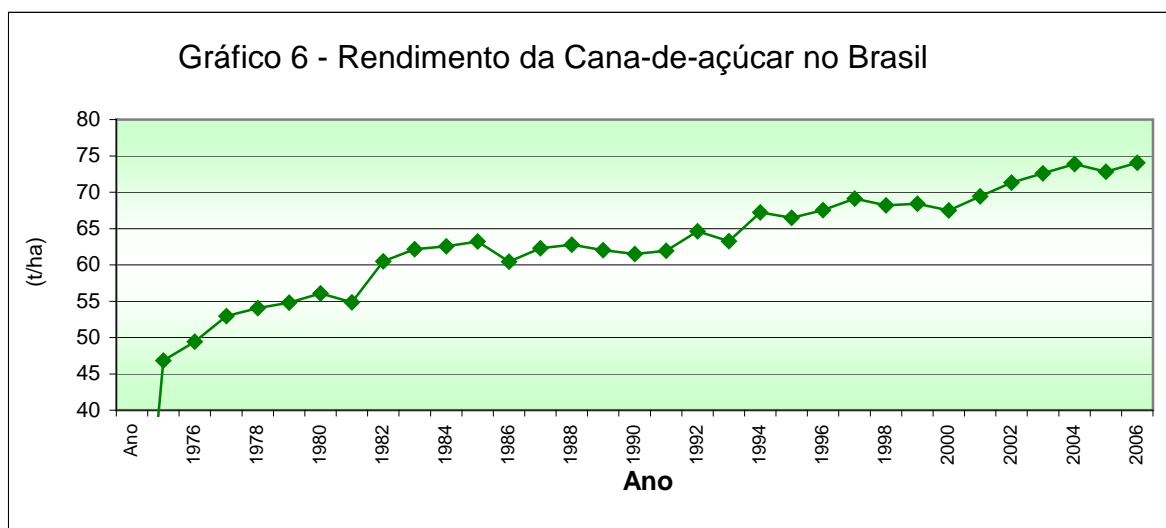


Fonte: http://www.udop.com.br/download/estatistica/edr_sp/prod_regional_sp_cana.xls

Entre 1994 e 2007 o comportamento da produção da cana-de-açúcar evoluiu com um crescimento vertiginoso, como é possível verificar no gráfico 5, o que repercutiu positivamente nos últimos quinze anos. No gráfico 6 observa-se o quanto o aumento da produção é acompanhado por incentivos que refletem no rendimento da lavoura no mesmo período.

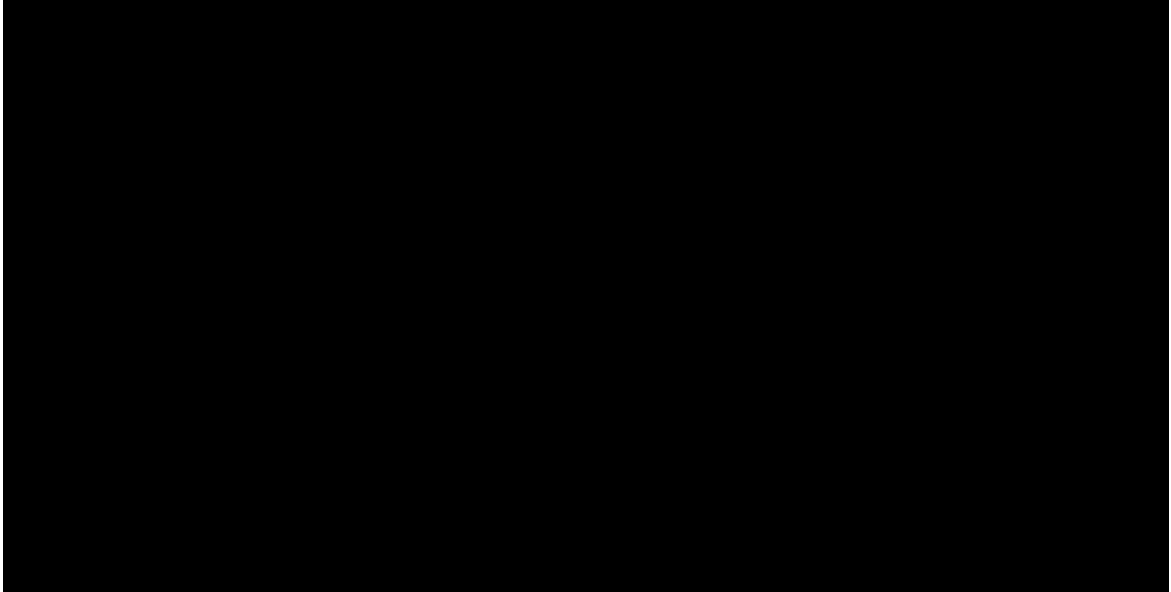


Fonte: http://www.udop.com.br/download/estatistica/producao_brasileira_cana_acucar_alcool.xls



Fonte: http://www.udop.com.br/download/estatistica/producao_produtividade_cana_75_06.xls

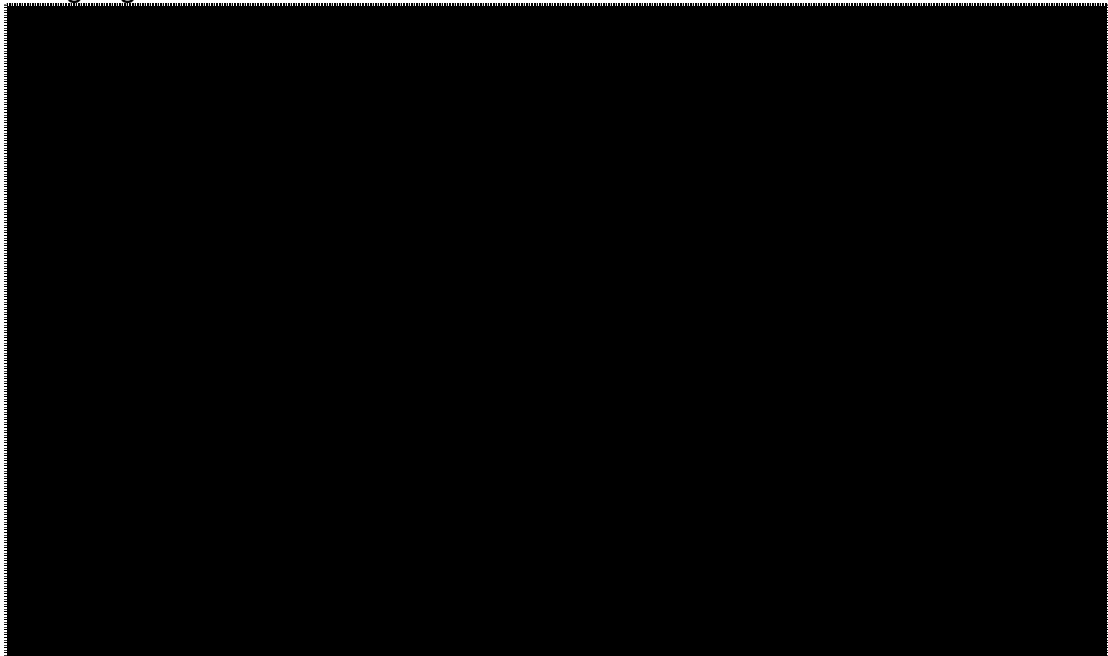
Quando se observa essa dinâmica no contexto nacional verifica-se que a produção de álcool entre 1994 e 2007 evoluiu, mesmo se considerando a queda que a produção sofreu nas safras 2000-2002, como apresentado no gráfico 7.



Fonte: http://www.udop.com.br/download/estatistica/producao_brasileira_cana_acucar_alcool.xls

O papel que o estado de São Paulo assumiu neste contexto está representado no gráfico 8, onde se verifica o crescimento da produção de álcool entre 1998 e 2007 nas grandes regiões brasileiras.

Gráfico 8 - Produção de álcool etílico, anidro e hidratado, em tonelada, segundo as regiões geográficas e no Estado de São Paulo

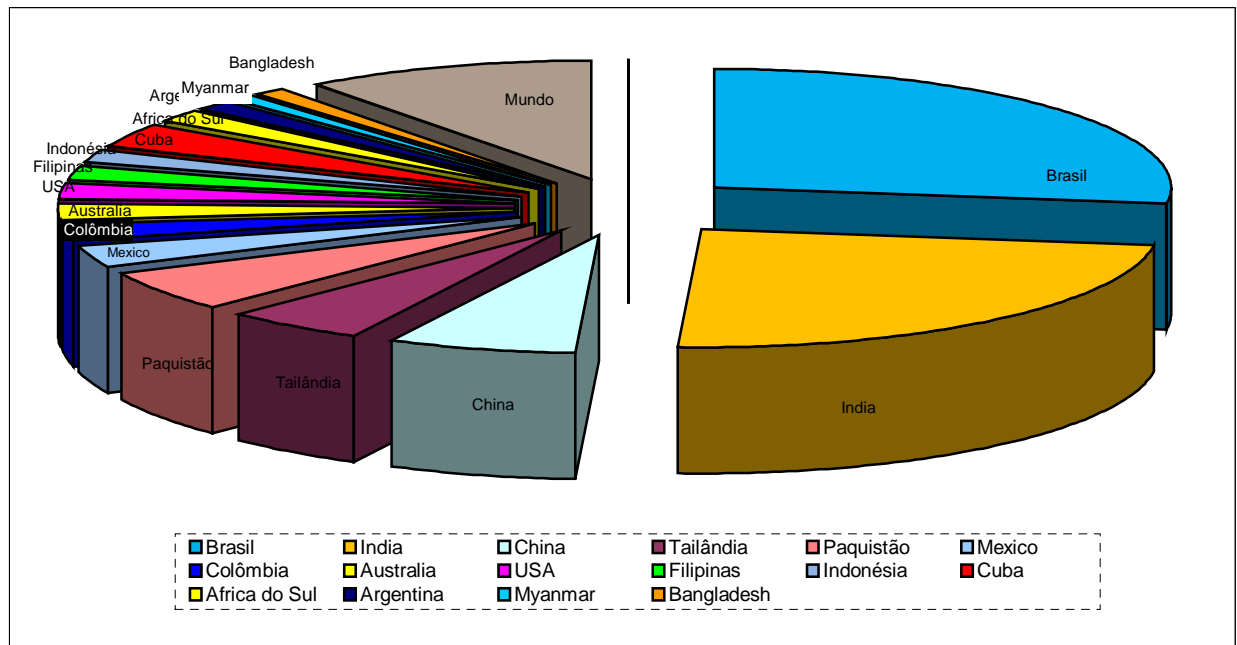


Fonte: www.MAPA/SPAE/DAA/estatísticas

Embora o Brasil não detenha a maior área plantada com cana-de-açúcar do mundo (Graf. 9), ele é hoje o primeiro produtor e exportador de açúcar e álcool etílico

(etanol). O Estado de São Paulo responde por 60% de todo o açúcar e álcool produzidos no País e por 70% das exportações nacionais de açúcar (<http://www.sugarcane crops.com>) e na região da bacia do Rio Pardo que se concentra a grande parte dessa produção.

Gráfico 9 – Área Cultivada com cana-de-açúcar no mundo em 2008



Fonte: <http://www.sugarcane crops.com/p/introduction/>

No que se refere à exportação de açúcar e etanol os valores se mantêm em crescimento e a partir da safra 2009/2010 já se observou uma tendência ao aumento do etanol em relação à produção de açúcar (Quadro 3), porém, apenas uma série de dados mais consistente poderá confirmar.

Quadro 3 – Exportações brasileiras de açúcar e etanol, 2003 - 2009

| Exportações brasileiras de açúcar e etanol | | | | | | | |
|--|-------|------|------|------|------|-------|-------|
| Produto | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008* | 2009* |
| Etanol (bilhões/l) | 0,762 | 2,4 | 2,6 | 3,0 | 3,5 | 4,6 | 3,45 |
| Açúcar (milhões/ton) | 13 | 15,7 | 18,1 | 18,8 | 18,8 | 19,3 | 21,3 |

estimativas Datagro (27/11/08 e 15/12/08) para a safra 2008/09 e 2009/2010

Fonte:

http://www.canaoeste.com.br/estatisticas/setor_fev2008/estimativa_expansao_producao_brasil.pdf

Em 2007 o setor sucroalcooleiro foi o quarto item na pauta de exportações do agronegócio nacional, movimentando cerca de US\$ 6,6 bilhões, sendo US\$ 5,1 bilhões de açúcar e US\$ 1,5 bilhão de etanol (<http://www.canaoeste.com.br/>). Hoje a região de Ribeirão Preto já concentra 30% dos negócios de açúcar e álcool do país (www.unica.com.br).

Este crescimento do etanol também pode ser observado através dos dados do anuário estatístico da ANFAVEA sobre a produção de veículos automotores, que revelam a nítida inversão do número de automóveis e veículos comerciais leves movidos à gasolina e à álcool, produzidos entre 2000 e 2008 (Quadro 4).

Quadro 4 – Autoveículos: Produção por combustível 2000-2008

| ANO | AUTOMÓVEIS (unidade) | | | | COMERCIAIS LEVES (unidade) | | | |
|------|----------------------|-----------|--------|-----------|----------------------------|--------|-----------|---------|
| | Diesel | Gasolina | Álcool | Flex fuel | Gasolina | Álcool | Flex fuel | Diesel |
| 2000 | 36.408 | 1.315.885 | 9.428 | - | 155.165 | 678 | - | 79.318 |
| 2001 | 19.805 | 1.466.375 | 15.406 | - | 149.101 | 3.626 | - | 62.209 |
| 2002 | 15.909 | 1.456.354 | 48.022 | - | 120.064 | 8.572 | - | 51.225 |
| 2003 | 17.234 | 1.416.324 | 31.728 | 39.853 | 144.959 | 3.191 | 9.411 | 59.141 |
| 2004 | 31.160 | 1.499.118 | 49.796 | 282.706 | 183.049 | 1.216 | 49.801 | 84.285 |
| 2005 | 41.306 | 1.151.069 | 43.278 | 776.164 | 183.120 | 8.198 | 81.735 | 92.583 |
| 2006 | 26.334 | 815.849 | 758 | 1.249.062 | 161.285 | 17 | 142.574 | 75.332 |
| 2007 | 25.340 | 646.266 | 3 | 1.719.745 | 121.102 | - | 217.186 | 74.199 |
| 2008 | 25.839 | 534.949 | - | 1.984.941 | 99.017 | - | 258.707 | 102.082 |

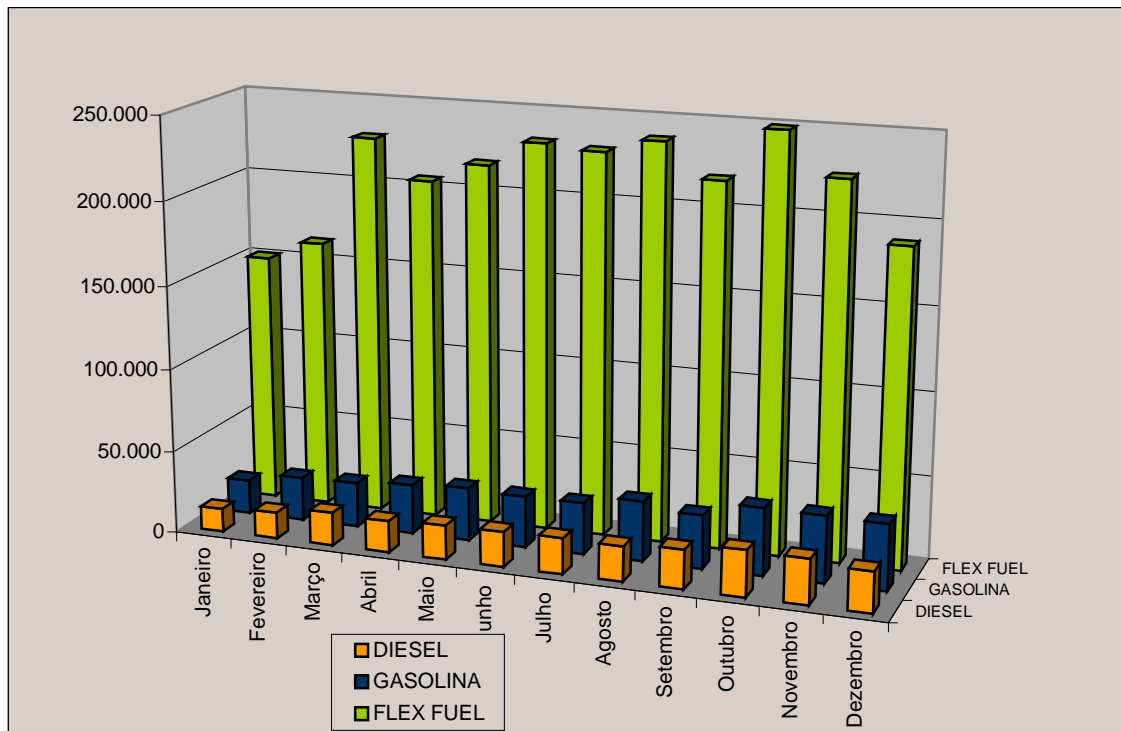
Fonte: ANFAVEA - Anuário da Indústria Automobilística Brasileira - 2009

Nota: *Flex fuel*: Gasolina/álcool em qualquer mistura num único tanque de combustível.

Ainda de acordo com a ANFAVEA, em 2007 a venda de veículos bi-combustível cresceu cerca de quase 30% em relação a 2006. Porém a participação da venda de veículos *flex* no total de vendas representou 85,6% neste mesmo ano, contra 78,1% em 2006 (<http://www.canaoeste.com.br/>).

Para 2009 a mesma ANFAVEA projetava a venda de quase 2,9 milhões de veículos *flex*, atingindo 2.543.499 (Graf.10). Se as projeções da indústria automotiva, de que a demanda de etanol no Centro-Sul poderá atingir 20 bilhões de litros nos próximos anos, contra os 16,7 bilhões de 2007-08, isso representaria uma demanda extra de 45 milhões de toneladas de cana, conseqüentemente, o aumento da produção e da área cultivada.

Gráfico 10 – Produção de autoveículos, por tipo de combustível - 2009



Fonte: ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Assessoria de Planejamento Econômico e Estatístico. In: <http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>

A importância desse crescimento da lavoura da cana-de-açúcar para a bacia do Rio Pardo e para o Estado de São Paulo se revela através da cadeia produtiva da lavoura, na qual o etanol tornou-se o principal produto. O crescimento da produção dos carros *flex* ratifica esta expansão e credita à região da bacia do Rio Pardo papel de destaque no contexto, não apenas estadual, mas nacional. Seu crescimento vem constituindo um mercado para combustíveis renováveis cada vez mais em ascensão e favorece o fortalecimento da indústria química de base, sustentada na utilização de biomassa de origem agrícola e renovável.

3 – O AMBIENTE DA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, O APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS E OS AGROTÓXICOS

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma gramínea da família das Poáceas, do gênero *Saccharum* que tem sua origem na Ásia. No Brasil a cana-de-açúcar é cultivada em todos os estados brasileiros, mas é no Estado de São Paulo que se concentra a maior produção da lavoura, onde é cultivada por um período médio de 5 anos, com até 5 cortes, quando então se faz a reforma do canavial.

A cana é considerada uma planta semi-perene que exige calor e umidade durante seu ciclo vegetativo de ano e meio, sendo a temperatura ideal 30°C a 34°C. Apresenta alta taxa de fotossíntese em razão de seus compostos orgânicos primários do Grupo C4⁷, como também apresenta alta eficiência no resgate de gás carbônico (CO₂) da atmosfera, o que contribui para diminuir a concentração do CO₂

⁷ - a cana de açúcar é capaz de fixar CO₂ em razão de seus compostos de 4 carbonos. Suas folhas apresentam uma estrutura especial que se caracteriza por um feixe vascular bastante desenvolvido, rodeado por células denominadas células da bainha do feixe vascular que apresentam cloroplastos geralmente sem grana. Nas plantas C₄, a fixação inicial de CO₂ ocorre nas células mesofílicas.

na atmosfera, e caracteriza a lavoura como benéfica à redução dos gases do efeito estufa.

As condições ideais para o cultivo da cana-de-açúcar são as de clima com duas estações: uma quente e úmida para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo e outra fria e seca, para que a planta possa maturar e acumular a sacarose. Abaixo de 20°C e acima de 35°C o crescimento é muito lento e além de 38°C é nulo (<http://fcr.org.br/estudosinas/docs/a-cana-de-acucar.doc>). Essas condições climáticas são encontradas na bacia do Rio Pardo, onde durante a maior parte do ano há intensidade de luz e as temperaturas de verão são elevadas. No inverno tais temperaturas caem e a quantidade de chuvas é reduzida, propiciando relativa escassez de água nos solos. Essas características fazem da bacia uma região ideal para o seu cultivo.

Sob essas condicionantes e adicionados os incentivos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biocombustível – PNPB, instituído em Decreto de 23 de dezembro de 2003, a região vem sofrendo transformações aceleradas em favor do crescimento do cultivo da cana-de-açúcar com produção e produtividade superiores à média nacional que de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento foi de 85 t/ha em 2008. (Quadro 5).

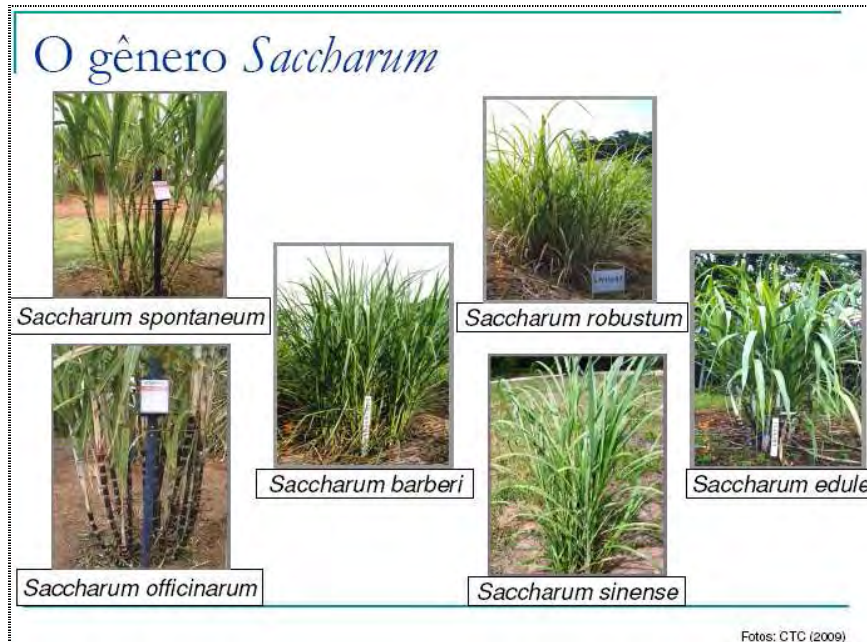
Quadro 5 – Informações técnicas da cultura de cana-de-açúcar

| | Brasil |
|-----------------------|-----------------|
| Produtividade de cana | (65 - 120 t/ha) |
| Rendimento de açúcar | 138 kg/ton |
| Rendimento de álcool | 82 L/ton |

Fonte: MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Na busca por variedades resistentes às doenças, como por ex. o mal do mosaico foram feitos diversos cruzamentos. Dentre as variedades resultantes as mais conhecidas são *S. spontaneum*, *S. officinarum*, *S. robustum*, que apresentam alto teor de sacarose, *S. barber*, *S. sinense* e *S. edule* (Fig. 6).

Figura 6 – Espécies do gênero *Saccharum*



Fonte: <http://www.genetica.esalq.usp.br/pub/seminar/ACPalhares-200901-Seminario.pdf>

A cana-de-açúcar se adaptou de tal forma na bacia do Rio Pardo que a transformou em uma das regiões mais importantes do país, do ponto de vista econômico.

3.1 - Os sistemas de produção na bacia do Rio Pardo

A cana é geralmente plantada entre outubro e março; sua colheita ocorre de maio a outubro e é classificada segundo os tipos de plantio. De acordo com informações obtidas em trabalhos de campo ela pode ser classificada como:

- Cana Soca: quando a lavoura da cana já passou por mais de um corte, isto é, a cana que rebrotou. Também se refere às lavouras reformadas com cana planta de ano.
- Cana Reformada: é a lavoura da cana planta de ano e meio que foi reformada no ano safra anterior e que já está disponível para colheita na safra corrente.
- Cana Expansão: é lavoura de cana que está pronta para a colheita pela primeira vez. Também engloba as terras de lavouras de cana que, por duas safras ou mais, foram utilizadas por outros usos e voltaram a ser cultivadas com cana
- Cana em reforma: é a lavoura de cana que não será colhida devido à reforma com cana planta de ano e meio ou por estar destinada para outro uso.

3.1.1 - Os sistemas tecnológicos na produção de cana-de-açúcar

Alguns autores creditam o crescimento da produção à intensificação do uso de biotecnologias, em conjunto com o uso das técnicas de conservação do solo e às melhorias nos sistemas de produção. Outros, como ABARCA (1999) consideram que

os resultados obtidos na agroindústria da cana-de-açúcar na década de noventa aconteceram, principalmente, em função das inovações que ocorreram nos outros setores industriais. O autor considera também que o desenvolvimento tecnológico da cana foi um processo de inovação incremental aos processos de outros setores da indústria, por não ter atingido o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar em forma integral.

De qualquer forma, atualmente se observa a incorporação de processos altamente tecnificados no processo produtivo da cana, possibilitando o crescimento da produtividade.

Os sistemas de produção podem ser identificados em três (3) tipos principais: o sistema convencional e o sistema de produção com alta tecnologia, no qual se inserem as técnicas de plantio direto ou semi-direto, o plantio mecanizado e irrigado; e o sistema de produção integrada.

3.1.1.1 - Sistema de produção convencional

O plantio recomendado é feito em solos de textura média a argilosa, por serem mais coesos (<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=22815>). Deve ser feito em sulcos (Foto 1), para facilitar a irrigação e mais rapidamente alcançar as raízes, mas pode também ser realizado em covas. A profundidade média deve estar entre 30 e 40 cm, em terreno limpo, para que a planta se desenvolva melhor. As capinas devem ser realizadas periodicamente e regularmente, para impedir o desenvolvimento de plantas invasoras que prejudicam a cultura. Também é aconselhável manter a cobertura morta tanto para reduzir as altas temperaturas do solo e os efeitos de ressecamento dos terrenos que os ventos provocam, como para proteger o solo da erosão. A exigência da cana-de-açúcar por chuva é de cerca de

1500 mm por ano, mas quando há falta de chuvas, alguns técnicos aconselham a escarificação do solo, para afofá-lo e manter a sua umidade.



Foto 1 – Preparo do solo para plantio da cana-de-açúcar
Fonte: <http://www.dmb.com.br/Image/Sulcocana.jpg>

Esse sistema é ainda bastante empregado na bacia e está voltado para a produção não irrigada.

3.1.1.2 - Sistema de produção com alta tecnologia

Nesse sistema o plantio direto da cana-de-açúcar é o mais recomendado (<http://www.seagri.ba.gov.br/canaac1.htm>). Ele é realizado logo após a colheita das culturas em rotação, mas desde que a terra não tenha sofrido pisoteio ou apresente infestação de pragas no solo e nematóides, bem como não ocorra a propagação de ervas daninhas. Os sulcamentos para o plantio dos colmos (toletes-rebolos) são feitos mecanicamente (Fotos 2 e 3), devem ter em torno de 25 cm de altura e devem ser diferenciados segundo o declive do terreno, isto é, longos e retos em áreas planas, ou uniformemente ondulada, e associados com práticas de conservação do solo.



Fotos 2 - Visão lateral de um sulcador
Fonte:
<http://www.b2babimaq.com.br/imasist/anuncios/11>



Foto 3 – Visão frontal de um sulcador
Fonte:
<http://www.b2babimaq.com.br/imgsist/anuncios/11111121301.ioa>

A adubação de plantio é realizada de acordo com as análises dos solos e as orientações agronômicas e visa melhorar a fertilidade destes. Deve ser feita com os nutrientes mais solúveis, como o nitrogênio (N) e potássio (K), mas também deve ser feita a aplicação de fósforo nos sulcos. As indicações para adubações orgânicas, através da rotação de culturas ou de outro material orgânico, são técnicas consideradas salutares do ponto de vista ambiental. Também o uso de produtos com hormônios orgânicos, sintéticos ou naturais aumentam a produtividade, reduzindo o custo/benefício em cana-planta e soqueiras.

Nesse sistema para se obter maior produtividade e longevidade dos canaviais é importante que seja feita a escolha das variedades, que o plantio seja distribuído uniformemente ao longo dos sulcos e, principalmente, verificar a qualidade fitossanitária das mudas. O mesmo deve ocorrer em relação à formação de viveiros, por isto o recomendável é que sejam plantadas de 8 a 12 meses. Os colmos são picados e colocados nos sulcos com menos de 6 gemas ou na forma de toletes. As mudas devem ser então cobertas com camada de terra de 8cm a 10cm e, se necessário, realizar a aplicação de agrotóxico específico para o controle de pragas do solo e nematóides.

Os tratos culturais nesse sistema, tanto para cana planta como para as soqueiras, via de regra, obedecem praticamente, às mesmas recomendações. Assim no controle de ervas daninhas, são aplicados diversos princípios ativos e as doses recomendadas são efetuadas em pré ou, no máximo, pós-emergência inicial das ervas daninhas (<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=22815>). Quando ocorre competição das ervas daninhas na rebrota da cana são realizadas aplicações de herbicidas, em especial contra a invasão dos capins braquiária, colônia, grama-seda.

Quanto às doenças as mais danosas ao cultivo são aquelas causadas por vírus (mosaico), as causadas por bactérias (escaldadura das folhas, estrias vermelhas, raquitismo da soqueira) e as causadas por fungos (carvão, ferrugem, podridão abacaxi, podridão de fusarium e podridão vermelha). Dentre as pragas a broca (*Diatraea sacharalis*, *Diatraea spp*) é a mais comum e mais grave das pragas que

atinge a lavoura da cana-de-açúcar. Quando o controle é biológico é comum o uso dos próprios inimigos naturais, como a mosca-do-amazonas (*Metagonistylum minense* T.), a *Parathesia claripalpis* W., *Lixophaga diatraea* e *Apanteles flavips* C, ou ainda o fungo *Metarhizium anizoplae*, para o combate da cigarrinha (*Mahanarva posticata* e *M. fimbriolata*), em Ribeirão Preto. Nessa etapa as aplicações de agrotóxicos contra pragas e doenças são práticas quase diárias (http://www.canaoeste.com.br/principal.php?xvar=lavoura_doencas).

Levantamentos recentes do IAC – Instituto Agrônomo de Campinas (http://www.iac.sp.gov.br/BTonline/Boletim_T%C3%A9cnico_198.pdf) indicam o perigo de nematóides, notadamente em solos arenosos de baixa fertilidade, cujo controle vem sendo realizado eficientemente com leguminosas, como *Crotalaria juncea* e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*).

No sistema de manejo de alta tecnologia os tratos culturais recomendados apresentam as seguintes atividades:

- a) controle químico, mecânico e manual (catação) de ervas daninhas, para se evitar perdas de produção causadas pela competição do mato;
- b) escolha das substâncias químicas, de acordo com o histórico da ocorrência das principais ervas infestantes e dosagens corretas a serem utilizadas, com favorável relação custo/benefício;
- c) as adubações em cobertura devem apenas complementar as quantidades de nutrientes exigidas para o pleno desenvolvimento da cana-planta;
- d) operação "quebra-lombo" para evitar pisoteio dos sulcos pelos veículos de transporte ou, até, nivelamento das linhas de cana com as entrelinhas, visando colheita mecânica;
- e) emprego de maturadores também é considerado trato cultural da cana-planta e seu uso é recomendado no início das safras (CANAOSTE), quando se necessita antecipar colheita ou quando se objetiva aumentar a concentração de açúcar teórico recuperável – ATR⁸ (PRADO, 2000).

⁸ ATR – refere-se ao cálculo do açúcar teórico recuperável da cana e da área e dá a medida da qualidade do açúcar.

Os tratos culturais nas áreas colhidas evitam que a infestação danifique a planta (Pragas da Cana in <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/cana-de-acucar/index-cana-de-acucar.php>).

A colheita da cana no sistema de alta tecnologia é feita de 12 e até 20 meses após o plantio com a retirada do caule (colmo). Nas áreas onde não se pratica mais a queima da cana as operações de colheita são manuais (Foto 4) ou mecanizadas (Foto 5); devem ser bem cuidadas para evitar as impurezas vegetais e minerais, pois elas reduzem a qualidade da matéria-prima e interferem na relação kg de ATR/t de cana. O corte deve ser feito com um bom desponte, manual para apenas colher a parte madura, deixando as partes verdes dos vegetais sem serem despontadas e assim se obter melhor qualidade.



Foto 4: Colheita manual da cana-de-açúcar
Fonte:
<http://museu.mct.gov.mz/acucar/CORTEDACANA.htm>



Foto 5: Colhetadeira de cana-de-açúcar
Fonte:<http://www.usinaester.com.br/Produtos/produtos.html>

Com maquinário a cana é cortada com tamanhos de um palmo, em seguida são jogados em uma carreta, que é puxada por trator. Quando a carreta fica cheia a cana é repassada para um caminhão. Ao mesmo tempo em que os toletes são jogados na carreta o processo de ventilação da máquina joga a palha sobre o chão, recobrando o solo. Este equipamento permite o corte durante 24 horas. É importante que a cana não permaneça sobre solo úmido e que não sofra pisoteio

Quanto ao transporte da produção, nesse sistema, via de regra a cana-de-açúcar é levada por caminhões da fazenda até uma usina, com cargas em torno de 16 toneladas cada um. Porém, como existem caminhões com capacidade de 3 ou 4

carrocerias (Foto 6), isto aumenta a capacidade de transporte e acelera o processo da entrega da colheita para a fabricação do açúcar e/ou do álcool.



Foto 6: Veículo típico do transporte da cana-de-açúcar para usinas

Fonte: <http://www.usinaester.com.br/Produtos/produtos.html>

3.1.1.3 - Sistema de Produção Integrada

Objetiva um produto de alta qualidade e econômico. Utiliza métodos ecologicamente mais seguros que reduzem os efeitos do uso de agrotóxicos e aumenta a proteção do ambiente. Neste sistema são consideradas as características físicas, químicas e biológicas dos recursos naturais locais e dos processos desenvolvidos na cadeia produtiva, bem como é feita uma avaliação constante dos impactos do sistema de produção no meio ambiente, notadamente no solo, na água e na atmosfera. Também são realizados acompanhamentos dos impactos socioeconômicos, através de medições da renda e da qualidade de vida da população, além de avaliações da melhoria da saúde da população.

O sistema de produção integrada privilegia o uso correto e seguro de produtos fitossanitários. Fornece a certificação focada nas questões socioambientais da população envolvida, integra campo-indústria nos empreendimentos sucroalcooleiros e visa *atender as exigências do mercado nacional e internacional, dada pela padronização da qualidade do etanol, e pela possibilidade de rastreabilidade do produto* como forma de fiscalização de sua qualidade. Esse sistema demanda uma avaliação de seus impactos no *meio ambiente, notadamente no solo, na água e na atmosfera, levando-se em conta as características físicas, químicas e biológicas dos recursos naturais locais e dos processos desenvolvidos na cadeia produtiva, além dos impactos socioeconômicos, considerando a renda e qualidade de vida da população* (<http://www.agrosoft.org.br/agropag/100853.htm>).

Também neste sistema pratica-se a produção orgânica de cana-de-açúcar. O solo permanece por muito tempo sem ser tocado, pois as arações não são realizadas, uma vez que se pratica a rotação das culturas e após a colheita é recomendado efetuar o plantio direto. O material foliar se decompõe, disponibilizando alimento e abrigo em suas camadas. Os agrônomos têm sugerido seis cortes na exploração dos talhões, ou seja, até oito anos. Isto tem se tornado possível graças às pesquisas de interações entre variedades e condições de produção em cultivo orgânico.

Com este procedimento reduz-se a frequência de subsolagem, aração, gradagem, que contribuem para diminuição da matéria orgânica nos solos e da estabilidade dos agregados, piorando a estrutura dos solos e aumentando os riscos à contaminação. Esse sistema promove o aumento da estabilidade ambiental e *ganhos ecológicos para os solos, para os agro-ecossistemas e ecossistemas, para a preservação ambiental e para a conservação da biodiversidade*. Ele se opõe aos procedimentos de escarificação dos solos que alterando a estrutura dos solos podem ser facilitadores da percolação das substâncias químicas para o lençol freático.

3.2 – Renovação e/ou Expansão do Canavial

As recomendações técnicas para a renovação (reforma) do canavial referem-se ao plantio em longas faixas em nível ou em blocos; a colheita deve ser feita sem a queima prévia, isto é, crua, e mecanizada onde a topografia e a pedregosidade permitirem. Também é importante avaliar a fertilidade natural dos solos onde será realizada a renovação e/ou expansão e ajustá-la às exigências das variedades das áreas de cultivo, e ao clima. Também é necessário avaliar os graus de infestação de pragas nos solos assim como o sistema viário, a conservação dos acessos e a distância compatível com a atividade e seus custos. Recomenda-se também a rotação de cultura com soja ou amendoim pelos benefícios ambientais e econômicos

3.3 – Subprodutos da cultura da cana-de-açúcar

As perspectivas para o cultivo se ampliaram de tal forma que os subprodutos da cana vêm se tornando fonte importante de renda. As fibras componentes do bagaço podem ser usadas de diversas formas: na produção de energia elétrica que é feita

através da queima desta biomassa e na produção de vapor em caldeiras que tocam turbinas de etanol das Usinas e Destilarias de São Paulo, permitindo inclusive, que algumas usinas se tornem auto-suficientes na geração de energia, possibilitando a distribuição de seus excedentes (<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=907>). Resíduos da produção vêm sendo utilizados eficazmente como fertilizantes. A exemplo, o vinhoto (Foto 7), também conhecido como vinhaça ou restilo, obtido da destilação da cana-de-açúcar, é resultante da clarificação do caldo e do bagaço, e rico em potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes (http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev86_moagem.htm). A torta de filtro, mistura de bagaço moído e lodo da decantação, muito rica em fósforo, pode também ser utilizada como adubo ou como biogás. O lodo, resíduo pastoso e malcheiroso que sobra da destilação do caldo, é um subproduto da produção de álcool etílico (etanol), que contém elevados teores de potássio, água e outros nutrientes, e por estas características é utilizado em conjunto com a irrigação para fertilizar a própria lavoura da cana-de-açúcar (Foto 8). Na verdade todos os resíduos da agroindústria canavieira podem ser reaproveitados.



Foto 7 – Fertilização com vinhoto
 Fonte: Foto Gerson Sobreira. In: <http://www.terrastock.com.br/images/full/B2563.JPG>



Foto 8 – [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro: Culltura_cana-de-açúcar_REFON_. jpg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Cultura_cana-de-açúcar_REFON_.jpg)

O aproveitamento desses subprodutos da cana-de-açúcar cresceu em decorrência da mudança cambial severa que ocorreu em 1999 e encareceu a importação dos adubos químicos. Esses produtos substituíram consideravelmente a importação de adubos para a fertilização dos solos e o aumento da sua utilização fez crescer uma nova fonte de renda para os produtores. Produtos que inicialmente eram despejados

nos rios, poluindo os cursos d'água, vêm gradativamente agregando valor à atividade canavieira.

Além da eficiência demonstrada pela lavoura na produção de açúcar e álcool, testes recentes têm também demonstrado a eficiência da sua utilização como biodiesel. Esses testes, aplicados em motores demonstraram rendimento equivalente ao produto derivado do petróleo e que não há emissão de enxofre nessa queima. Produzido segundo as especificações da ANP, a produção nacional em grande escala poderá diminuir a dependência externa e beneficiar a balança comercial. Usinas brasileiras já demonstram interesse em também investir no produto. Por outro lado o interesse na maior diversificação da produção implica também no aumento substancial do uso de agrotóxicos na bacia.

3.4 – Os Agrotóxicos

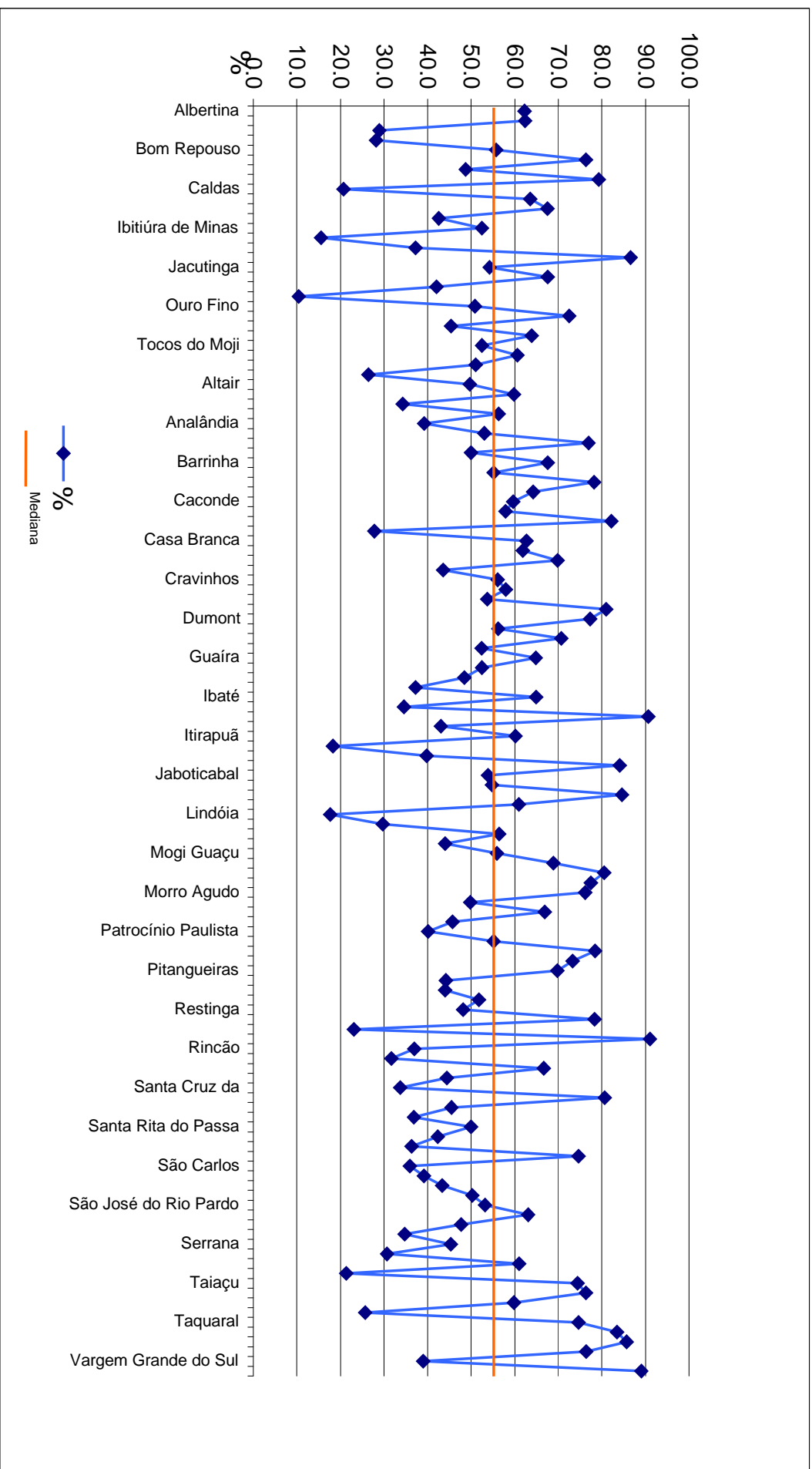
Os produtos utilizados no controle de pragas, doenças e plantas daninhas nas lavouras recebem diferentes nomenclaturas. Para as indústrias químicas produtoras eles são denominados produtos fitossanitários ou defensivos agrícolas; na nomenclatura internacional o nome mais empregado é pesticida (ART, 1998, apud SILVA, 2004). Porém, no Brasil o termo definido pela Lei Federal 7802 de 11/07/89⁹ (BRASIL, 1989), é agrotóxico, sendo por tal razão a nomenclatura adotada neste estudo. Essas substâncias são usadas para matar ou controlar organismos nocivos ou destrutivos das lavouras. Para cada lavoura e objetivo existem tipos específicos.

A publicação do IBGE, Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (2004) mostrou que o uso de agrotóxico no Brasil aumentou de 2,3 kg/ha para 2,8 kg/ha, uma elevação de 22%. Considerando que esse é um valor médio, supõe-se que na bacia do Rio Pardo, dado o crescimento da lavoura da cana-de-açúcar, esse percentual

⁹ A Lei 7802 dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins.

pode ser mais elevado. O gráfico 11 apresenta o percentual de estabelecimentos dos municípios da bacia que utilizaram agrotóxicos no ano do Censo Agropecuário (Censo 2006, IBGE); demonstrando existir uma média elevada, superior a 50%.

Gráfico 11 - Percentual de Uso de agrotóxicos nos estabelecimentos, segundo os Municípios – 2006



Os agrotóxicos de acordo com sua origem química são classificados como inorgânicos, orgânicos e orgânicos sintéticos. E, de acordo com sua composição e finalidade são classificados como acaricidas, bactericidas, fungicidas, herbicidas, inseticidas, nematicidas, rodenticidas e moluscicidas, porém os mais freqüentemente utilizados na lavoura da cana-de-açúcar são:

- os fungicidas, via de regra são utilizados fungicidas cúpricos, ditiocarbamatos, sulfurados, mercuriais, antibióticos, carbamatos, nitrobenzênicos e derivados da stalmidas (Bortolozzo, 2007);
- os herbicidas são derivados de substâncias inorgânicas, orgânicas, uréias, compostos amônicos, fenóis, fenoxiácidos e
- os inseticidas como clorofosforados, fosforados, sistêmicos ou carbamatos (sistêmicos e não sistêmicos); (www.sindag.com.br). Ministério da Agricultura, Ministério da Saúde).

Outro tipo de classificação se refere ao seu grau de toxicidade:

Classe I A: Extremamente tóxico. Algumas gotas podem matar uma pessoa.

Classe I B: Altamente tóxico. De uma pitada a uma colher mata uma pessoa.

Classe II: Regularmente tóxico. Uma colher de chá a duas colheres de sopa pode matar.

Classe III: Pouco tóxico. Duas colheres de sopa a dois copos pode matar uma pessoa.

Classe IV: Praticamente atóxicos. De dois copos a um litro podem matar.

A rotulação recebida por cada produto agrotóxico de acordo com sua classe toxicológica é a seguinte:

| | | |
|------------|------------------------------|----------------|
| Classe I | Extremamente tóxicos | Faixa Vermelha |
| Classe II | Altamente tóxicos | Faixa Amarela |
| Classe III | Medianamente tóxicos | Faixa Azul |
| Classe IV | Pouco ou muito pouco tóxicos | Faixa Verde |

Essas substâncias, quando manipuladas inadequadamente podem causar intoxicações de vários tipos (<http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias/6300>):

Aguda – é considerada quando os sintomas surgem rapidamente, após algumas horas após a exposição excessiva a produtos altamente tóxicos, por curto período. Pode ocorrer de forma branda, moderada ou grave, dependendo da quantidade do veneno absorvido. Os sinais e sintomas são nítidos e objetivos.

Subaguda – quando é ocasionada por exposição moderada ou pequena a produtos altamente tóxicos ou medianamente tóxicos. Surge de forma mais lenta e os principais sintomas são subjetivos e vagos, tais como dor de cabeça, fraqueza, mal-estar, dor de estômago e sonolência.

Crônica – é caracterizada quando tem surgimento mais tardio, após meses ou anos de exposição pequena ou moderada a produtos tóxicos ou a múltiplos produtos, acarretando danos irreversíveis, tais como paralisias e neoplasias.

3. 4.1- Características e Propriedades dos Agrotóxicos

O papel dos agrotóxicos é o de matar pragas, mas quando suas propriedades ultrapassam os limites da tolerância podem representar perigo para a vida animal, incluindo os seres humanos. Essas substâncias são toxinas que geralmente têm efeito prejudicial para a saúde. Sua aplicação contamina os solos, a água e o ar, e a exposição constante pode causar problemas crônicos que, muitas vezes, são mais graves aos seres não-alvos do que a forma aguda. O perigo é maior quando esses agrotóxicos não permanecem na área de aplicação e alcançam outras áreas, tornando-se fonte de exposição para outros organismos. Quando ocorre contaminação dos solos ou das águas torna-se difícil e dispendiosa sua remoção.

Para se saber se um agrotóxico pode ser perigoso, para o homem e para o ambiente é necessário conhecer algumas de suas propriedades e a dinâmica de interação com os meios solo/água, atmosfera. Algumas terminologias e conceitos, obtidos no Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos (1996), intrínsecos à essas substâncias foram sintetizados e são apresentados a seguir:

Ingrediente ativo – é o produto químico ou composto que no caso de um agrotóxico é o material destinado para matar as pragas-alvo e que tem potencial perigoso. A toxina do ingrediente ativo é transportada pelas demais substâncias presentes, em geral, inertes (não reativa).

Toxicidade

Ela é definida em função da exposição do não-alvo às substâncias nocivas. As medidas da toxicidade de uma substância são dadas pela Dose Letal (DL) e pela Concentração Letal (LC), que são:

LD₅₀

A LD₅₀ é a quantidade que deve haver dentro ou sobre o corpo de um determinado animal para matar metade da população infectada e em um determinado período de tempo. Essas quantidades são dadas em termos de mg/kg de toxinas por kg do animal testado. A informação LD₅₀ calculada para ratos pode ser utilizada para estimar a LD₅₀ para o ser humano, multiplicando por 70 (a média kg massa de seres humanos). Essa conversão é uma estimativa que pode não calcular limites de exposição humana com precisão. Ao se analisar a questão da LD₅₀ deve-se perguntar qual é a probabilidade de seres humanos e outros animais entrarem em contacto com uma quantidade perigosa de uma determinada substância?

LC₅₀

O padrão de LC₅₀ refere-se à quantidade de um material que ao entrar em contato com o alvo poderá matar metade desta população, podendo também ser letal para populações existentes em um corpo de água ou no ar. Em outras palavras, se o LC₅₀ está presente na água em uma concentração de toxinas para matar um determinado tipo de peixe, este nível poderá matar além da metade desses peixes.

Formulação

Os agrotóxicos podem ter várias formas físicas ou formulações. Podem ser vendidos nas formas de grânulos dispersáveis em água, poeiras, aerossóis, emulsionados concentrados, fluxos concentrados, soluções, iscas sólidas ou iscas líquidas. Os tipos de formulações influenciam a forma de deposição na superfície do solo. Podem também regular ou influenciar sua absorção pelas plantas ou o seu movimento no perfil do solo, nas enxurradas ou na irrigação.

Dose Efetiva

A dose efetiva refere-se à quantidade necessária para matar, por exemplo, uma praga. Quando esta quantidade for inferior à dose efetiva, é muito provável não se obter a eliminação da praga, porém o agrotóxico terá sido introduzido no meio ambiente. Ao contrário, quando a quantidade for superior à dose efetiva, polui-se também o ambiente.

Meia-vida

A meia-vida refere-se ao tempo necessário para que a substância possa degradar metade da sua concentração, isto é, se um agrotóxico tem uma meia-vida de 10 dias, após este tempo, eles continuam a decompor no mesmo ritmo. Em geral, quanto maior a meia-vida, maior será o potencial de

seu movimento no meio ambiente por mais tempo. A meia-vida de um agrotóxico depende de outros fatores, tais como a umidade do solo, a temperatura, oxigênio disponível, populações microbianas, pH do solo, degradação fotossintética, entre outros.

Ingestão Diária Aceitável - ADI ou Resíduo Insignificante

ADI é um termo antigo que referencia uma dose que produz efeitos toxicológicos negligenciáveis. Comumente é utilizado para estabelecer um nível de resíduos de agrotóxicos tolerável para a alimentação humana ou para produtos animais. O termo ADI foi substituído pelo termo resíduo insignificante que se refere a qualquer quantidade de uma substância química remanescente em uma mercadoria ou em um grupo de matérias-primas agrícolas, e que resulta em uma ingestão diária considerada toxicologicamente insignificante.

Nível Máximo Contaminante - MCL

O nível máximo contaminante refere-se aos produtos químicos tóxicos regulamentados, embora não se apliquem especificamente aos agrotóxicos. Eles são agrupados com todos os produtos químicos tóxicos que podem afetar a saúde humana quando encontrados em determinadas concentrações acima do estabelecido em água potável. A lei que regula o abastecimento de água potável deve prevenir a contaminação da água e o monitoramento do serviço deve cuidar para que não se ultrapasse os limites aceitáveis de contaminação.

Conhecer o comportamento dessas substâncias na bacia foi essencial, pois ela é um dos maiores consumidores de agrotóxicos de uso agrícola do país. Esse consumo em grande parte é praticado na lavoura da cana, revestindo-se assim de maior interesse para a pesquisa.

3.4.2 – Agrotóxicos utilizados na bacia e os danos causados

Os agrotóxicos são substâncias poluentes e podem ser quimicamente transformadas pelos organismos dos solos ou pelo contato com a água do solo ou das chuvas. Elas podem ser absorvidas pelas plantas ou por outros organismos do solo e, eventualmente, podem ser ingeridas através dos alimentos; podem também ser transportadas pelas chuvas para os corpos d'água; ou ainda uma outra possibilidade é que as substâncias sendo voláteis passariam para a atmosfera. A forma como essa transformação ocorrerá dependerá da rota que as substâncias assumem no

ambiente. Nesse trabalho foram tratados os fungicidas, herbicidas e inseticidas, utilizados na lavoura da cana-de-açúcar e que têm potencial para contaminação dos solos e da água.

Segundo informações do site **Ecol News** (<http://www.ecolnews.com.br/agrotoxicos/index.htm>), *o emprego de agrotóxicos tem implicado em terríveis problemas relacionados à contaminação ambiental e à saúde pública*. Dados da OMS divulgados por essa revista eletrônica estimam o uso dessas substâncias na ordem de 3 milhões de toneladas/ano, expondo, só no meio agrícola, mais de 500 milhões de pessoas. Também revela que as intoxicações agudas nos países em desenvolvimento alcançam cerca de 1 milhão, com 20 mil mortes/ano, enquanto que as intoxicações crônicas apresentam estimativas em torno de 700 mil casos/ano. Desses, 37 mil casos/ano de câncer são desenvolvidos nesses países e 25 mil casos/ano se transformam em seqüelas persistentes. Para a Ecol News (Op.Cit.) isto ocorre em razão da falta de controle no uso dessas substâncias químicas tóxicas, aliado ao grande desconhecimento que a população, em geral, tem sobre os riscos e perigos decorrentes do uso dos agrotóxicos para a saúde.

Estima-se que as taxas de intoxicações humanas no país sejam muito altas, pois há muita sub-notificação de ocorrência de agravos à saúde. Segundo a Organização Mundial da Saúde – OMS (http://www.eerp.usp.br/saudeambiental/saude_outros.pdf) para cada caso notificado de intoxicação ter-se-ia 50 outros não notificados. Dados do SINITOX - Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (2006) dão conta de que foram notificados no país aproximadamente 9914 casos registrados por intoxicação devido ao uso de agrotóxicos agrícolas e domissanitários, o que sugere que as intoxicações e as doenças decorrentes representam problema grave de saúde pública. O custo do tratamento desses eventos para o Sistema de Saúde cresce, e, no entanto, poderiam ser evitados se as medidas de controle e de vigilância fossem mais ativas, com os setores responsáveis cumprindo com suas obrigações legais. José Lutzemberg, renomado cientista brasileiro, já em 1975 comentava que

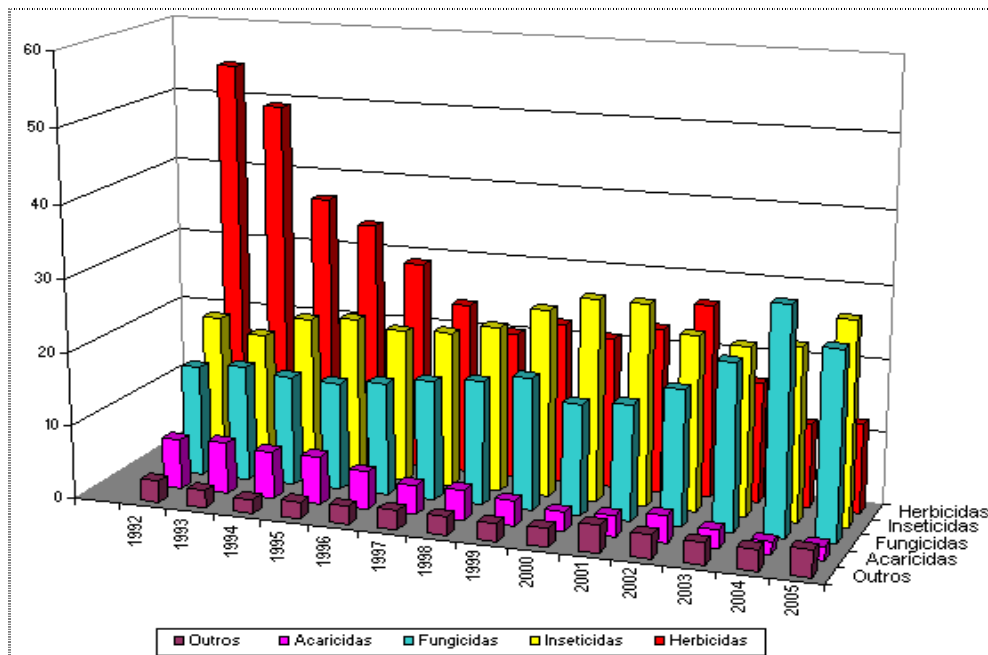
a medicina moderna controla muito bem as enfermidades infecciosas, mas verificamos hoje um avanço vertiginoso das enfermidades degenerativas. Saúde do solo, da planta, do animal e do homem são uma coisa só. Se

aumentam as enfermidades degenerativas é porque decai a qualidade do ambiente. Venenos como o Aldrin, Dieldrin, Chlordano e DDT, por exemplo, são eficientes justamente porque são persistentes, porque permanecem muito tempo no ambiente sem decompor-se. Outros venenos, menos persistentes como o Parathion, Metasystox, Dimethoate, são eficientes porque são fulminantes. Os problemas ambientais dos métodos de combate agroquímico, portanto, são decorrentes não somente, como se quer crer, do “mau uso” dos produtos, mas da própria natureza desse tipo de tecnologia.

O cientista aponta também o tempo de persistência no meio ambiente exemplificando o que ocorre com o DDT, cuja meia vida no meio ambiente é de cerca de 10 anos. Isto significa que ao aplicarmos hoje uma quantidade de 100kg, em 10 anos estarão circulando ainda 50 kg, em 20 anos serão 25 kg, em 30 anos 12,5kg e assim por diante.

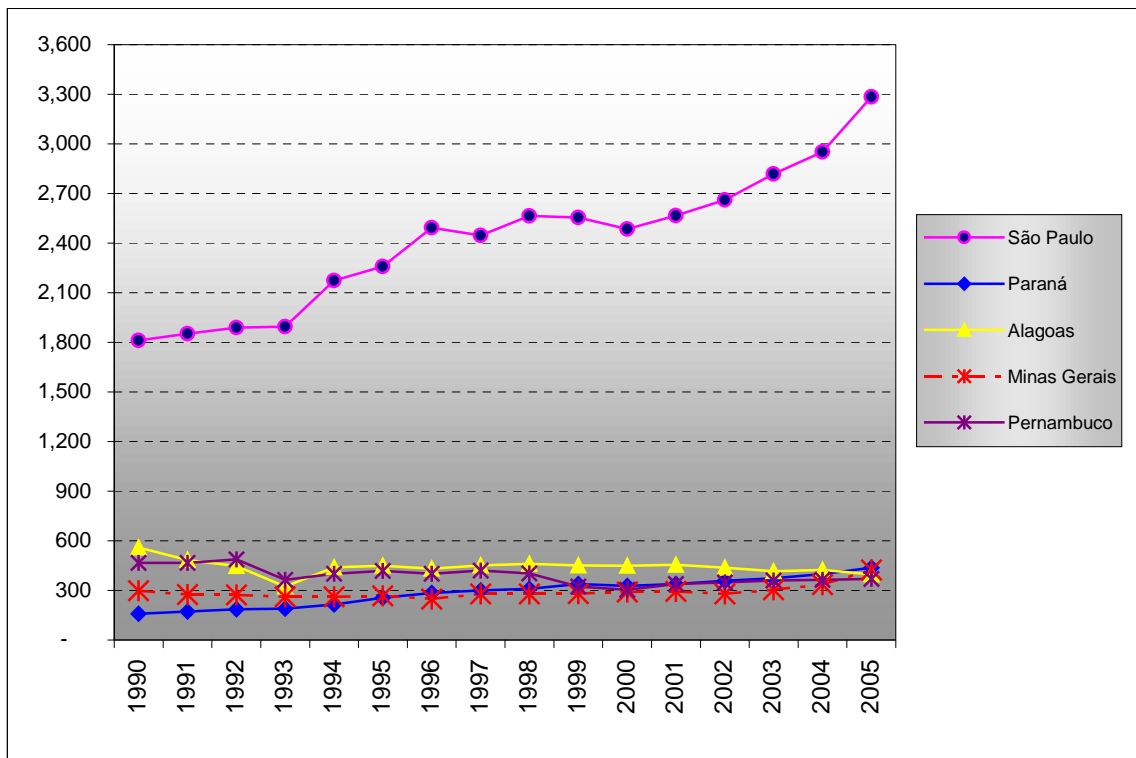
Do ponto de vista das indústrias fabricantes, a venda dessas substâncias cresce e se dissemina para todas as culturas (Graf. 12) e não apenas no cultivo da cana-de-açúcar. No caso da cana-de-açúcar a lavoura está se expandindo não apenas em função dos incentivos como também pelo rendimento que ela oferece ao produtor, especialmente em São Paulo, como é possível observar no gráfico 13. O distanciamento que o estado de São Paulo assume no contexto nacional é de tal ordem que ele já é hoje responsável pela maior produção de açúcar e álcool de todo o país (Gráf. 14)

Gráfico 12 - Brasil: Vendas de defensivos agrícolas - 1992 a 2005



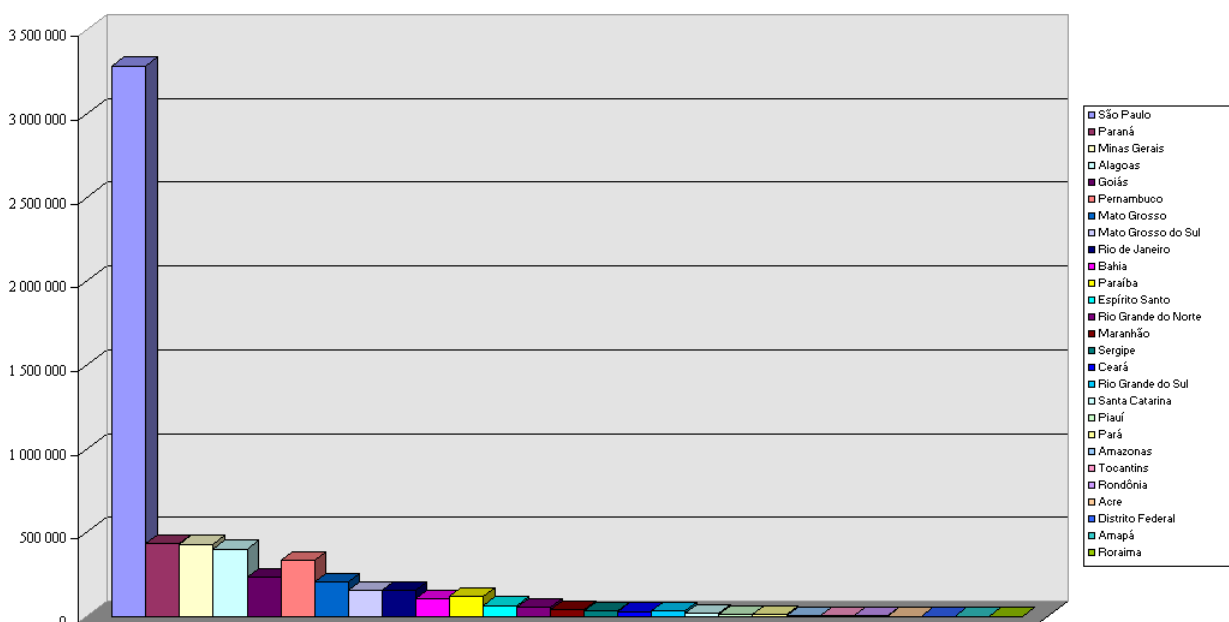
Fonte: SINDAG (www.sindag.org.br)

Gráfico 13 - Brasil: Área colhida com cana de açúcar – 1990 a 2005



Fonte: IBGE. Produção Agrícola Municipal, 1990-2005

Gráfico 14 - Área colhida com cana-de-açúcar, segundo as Unidades da Federação produtoras – 2006



Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2006.

Com esta produção o estado de São Paulo é também um dos que mais empregam agrotóxicos nas lavouras de cana-de-açúcar. O estado detém o registro de 173 marcas e 63 princípios ativos de agrotóxicos para esta lavoura, dos quais 132 marcas são de herbicidas, 29 de inseticidas e 5 de fungicidas, discriminadas, por classes toxicológica de seus princípios ativos, conforme quadro abaixo:

| Classes | % |
|---------|--------|
| I | 8,30 |
| II | 20,80 |
| III | 66,70% |
| IV | 4,40% |

Dentre eles pode-se citar: Acetocloro, Ametrina, Atrazina, Azafenidina, Clomazona, Diuram, 2,4-D, Glifosato, Halossulfuram, Hexazinona, Imazapique, Imazapir, Isoxaflutol, MCPA, Metribuzin, MSMA, Paraquaque, Pendimetalina, Picloram, Sulfentrazone, Simazina, Tebutiuram, Trifloxissulfuram sódico, e Trifluralina (IBAMA).

No caso da lavoura da cana-de-açúcar predomina o uso dos herbicidas entre os agrotóxicos. Estudo sobre a distribuição dos agrotóxicos nos vários compartimentos ambientais (água, solo, sedimento, caule e raiz) na cultura da cana-de-açúcar, realizado por Silva (2004), utilizando Modelo de Mackay (1991), aponta para as preferências de cada tipo de substância em relação a estes compartimentos. O autor apresenta vários diagramas resultantes da aplicação do modelo. Para cada agrotóxico existe um comportamento diferenciado em relação às culturas analisadas no estudo. O inseticida endosulfan, por exemplo, apresentou preferência pelos compartimentos caule e raiz, enquanto a maioria dos herbicidas analisados apresentaram afinidade em se distribuir na água.

No quadro 6 são apresentadas as principais substâncias utilizadas na lavoura da cana-de-açúcar e suas características físico-químicas. Essas características foram inseridas em uma tabela geral, para serem avaliadas de forma integrada com as demais das variáveis do meio solo/água objetivando a construção de indicadores.

Quadro 6 – Valores das características físico-químicas dos agrotóxicos utilizados na cultura da cana-de-açúcar

| Pesticidas | Peso molecular ($g\ mol^{-1}$) | Pressão Vapor (Pa) | Kow | Solubilidade ($mg\ L^{-1}$) | Lei de Henry ($Pa.m^3\ mol^{-1}$) | Koc ($mL\ g^{-1}$) |
|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------|----------------------------------|--|-------------------------|
| 2,4-D | 140,5 | 0,00001 | 2,13796 | 23180 | 0,00001 | 0,06 |
| acetochlor | 269,8 | 0,4 | 13803,84265 | 223 | 0,48394 | 1,02173 |
| alachlor | 269,8 | 0,002 | 1230,26877 | 170,31 | 0,0032 | 0,29062 |
| aldicarb | 190,3 | 0,00119 | 304579,3963 | 4930 | 0,00004 | 0,02 |
| ametrina | 227,3 | 0,00036 | 426,57951 | 200 | 0,00041 | 0,3 |
| atrazina | 215,7 | 0,00003 | 316,22776 | 33 | 0,00015 | 0,173 |
| bifenthrin | 422,9 | 0,00002 | 1000000 | 0,001 | 102 | 302 |
| carbofuran | 221,3 | 0,00007 | 33,11311 | 351 | 2,05 E-07 | 0,04435 |
| carfentrazone-ethyl | 412,2 | 0,00001 | 2290,8677 | 12 | 0,00024 | 0,40154 |
| clomazone | 239,7 | 0,0192 | 316,22776 | 1100 | 0,00419 | 0,562 |
| diuron | 233,1 | 1,10 | E-06 | 707,94578 | 36,4 7,04 E- | 06 0,4 |
| endosulfan | 406,9 | 0,00083 | 54954,09 | 0,32 | 1,48 | 20 |
| flumioxazin | 354,3 | 0,00032 | 674,37448 | 1790 | 0,00006 | 0,21034 |
| halosulfuron | 434,8 | 0,00001 | 0,95807 | 1650 | 2,6352E-06 | 0,00702 |
| imazapic | 275,3 | 0,00001 | 2,47172 | 2150 | 1,28 E-06 | 0,01150 |
| imazetapir | 289,3 | 0,00001 | 10,96478 | 140 | 0,00002 | 0,02496 |
| imidacloprid | 255,7 | 9,00 E-10 | 3,71535 | 610 | 3,7726 E-10 | 0,01422 |
| metribuzin | 214,3 | 0,00005 | 39,81072 | 1050 | 0,00001 | 0,03023 |
| metsulfuron methyl | 381,4 | 3,30 E-10 | 0,01819 | 550 | 2,30 E-10 | 0,00089 |
| msma | 162 | 0,00001 | 0,79432 | 14 | 0,00011 | 1,555 |
| oxyfluorfen | 361,7 | 0,00002 | 29512,092 | 0,116 | 0,08325 | 1,51683 |
| paraquat | 257,2 | 0,00001 | 4,5 | 700000 | 9,00 E-09 | 1000 |
| pendimethalin | 281,3 | 0,004 | 151356,125 | 0,3 | 3,75066 | 3,54925 |
| simazine | 201,7 | 2,94 E-06 | 125,89254 | 6,2 | 0,00005 | 0,277 |
| tebuthiuron | 228,3 | 0,0027 | 61,65950 | 2500 | 0,00024 | 0,06128 |
| thiamethoxam | 291,7 | 6,60 E-09 | 0,74131 | 4100 | 4,70 E-10 | 0,00615 |
| triadimenol | 295,8 | 6,00 E-07 | 1905,46071 | 62 | 2,862 E-06 | 0,36486 |
| tricolorfon | 257,4 | 0,0005 | 2,69153 | 0,12 | 4,40 E-07 | 0,02 |
| triflumuron | 358,7 | 4,00 E-08 | 81283,05162 | 0,025 | 0,13005 | 2,56884 |
| | | | | | | |

Fonte: Silva, Celso Luiz da - Análise da vulnerabilidade ambiental aos principais pesticidas recomendados para os sistemas de produção de algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, citros, milho e soja /Celso Luiz da Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

4 – MÉTODO E METODOLOGIAS

4.1 – Definição do Problema

Este estudo parte da necessidade de interar características de geoambientes com aquelas de contaminantes usados na agricultura. O caminho para realizar as interações está apoiado em dois conceitos principais e em procedimentos que se acoplam a cada temática. Os dois conceitos são vulnerabilidade ambiental e sistema, que serão discutidos adiante.

Os procedimentos iniciam com a identificação das áreas de ocorrência da cana-de-açúcar, passam pelo inventário e caracterização dos agrotóxicos usados nesta lavoura e tem continuidade com a identificação das relações destes produtos com os solos e água. A etapa final se materializa sob a forma de um sistema de consultas prévias de indicadores do potencial para contaminação por agrotóxicos do ambiente do cultivo da cana-de-açúcar na bacia do Rio Pardo, e que constitui o resultado da pesquisa que, no seu conjunto, oferece uma base de análise para responder à hipótese proposta. Todos os resultados gerados em cada etapa estão vinculados em um banco de dados de forma a oferecer ao usuário possibilidade de manipular suas próprias consultas, e agregar novas informações.

A existência de efeitos decorrentes da aplicação de agrotóxicos no meio natural já é discutida há muito tempo, porém, julgou-se necessário estudar o problema, avaliando o potencial para contaminação dos geoambientes solo/água frente ao emprego destas substâncias.

O objeto da investigação é, pois, a contaminação dos geoambientes por agroquímicos. Tal objeto envolve dois “produtos” antagônicos: o meio natural e substâncias sintetizadas. Em se tratando de agroquímicos as relações que se estabelecem com os geoambientes afetam em primeira instância a atmosfera, os solos e as águas. Considerando que o solo é um meio dinâmico e funcional, tal como o ar e a água, mas que tem um sentido, maior, de permanência, posto que, menos móvel do que os dois últimos, este estudo limitar-se-á ao meio solo. Entretanto, pelo seu dinamismo e pelas relações que se estabelecem entre a fração sólida dos solos e a água, consideraremos esta última como parte da análise sobre as contaminações. Embora a morfologia tenha papel importante nessa dinâmica, especialmente o material erodido que modifica a qualidade dos terrenos, não foi possível nesta tese contar com as informações relativas ao relevo em razão da dificuldade dessas informações não serem compatíveis com os demais temas trabalhados. Seu papel na análise sistêmica é fundamental, porém a indisponibilidade da informação adequada aos objetivos não permitiu a inserção deste tema na análise.

Pelo lado das substâncias sintéticas, de composições variadas, de múltiplos efeitos e de eficiências, diferenciadas, optou-se pelo estudo dos agrotóxicos usados nos cultivos da cana-de-açúcar.

Tal recorte permite selecionar as variáveis, tanto dos solos como dos agrotóxicos, a inserir na análise a propósito da contaminação. Para se criar as condições facilitadoras para uma avaliação foi necessário considerar como tais variáveis da contaminação se relacionam. Por tal consideração julga-se pertinente estabelecer as variáveis intrinsecamente relacionadas ao meio solo-água que podem ter papel importante na dinâmica dos agrotóxicos e, aquelas relacionadas com os próprios agrotóxicos que permitem ou não a sua fixação neste meio. Disto decorre o

problema científico a ser estudado: como e quais as variáveis do meio solo-água potencializam a contaminação e como as variáveis afetas aos agrotóxicos dão a este meio um potencial para contaminação.

4.2 – Fundamentação Teórica e Conceitual

A interação entre as variáveis a serem consideradas na análise é a chave para a construção de indicadores, isto é, a combinação de uma dada variável, como por exemplo a capacidade de troca catiônica de um solo com a capacidade de adsorção de um dado agroquímico, a depender das suas características, permite indicar graus que vão da adsorção à mobilização dos agrotóxicos no meio solo/água. Tais indicadores revelam, portanto, potencial para contaminação do meio solo/água, enquanto as características das variáveis deste meio, isoladamente, são apenas suportes para incrementar ou não a mobilidade ou adsorção do poluente.

Essa capacidade do solo de potencializar ou não uma contaminação remete a uma das suas funções mais importantes – a de filtro. Quando essa função não se efetiva o efeito não protetor dos solos põe em risco a qualidade dos outros geoambientes, sobretudo, as águas de superfície e de subsuperfície. Tal comportamento pode ser entendido como vulnerabilidade.

Os conceitos de vulnerabilidade e de sistema que são usados neste trabalho servem à abordagem integrada, necessária para estabelecer relações entre as características das variáveis dos solos com as características físico-químicas dos agrotóxicos.

4.2.1 – Vulnerabilidade do Ambiente

O conceito de vulnerabilidade do meio ambiente tem sido tratado de diferentes formas, que variam segundo a interpretação que é feita de ambiente, ora tomando as características e condições do meio físico como referência, ora envolvendo análises mais complexas em que se introduz o homem como um elemento, quase sempre perturbador do sistema. CARDOSO DA SILVA (2008) afirma que a vulnerabilidade do meio natural é modificada pelos impactos da ação do homem, da

sua organização e que conhecê-los é fundamental para a interpretação da vulnerabilidade. Para SOKOLONSKI e DOMINGUES (2008) a vulnerabilidade ambiental pode ser determinada pelas pressões exercidas pelas atividades em confronto com a resistência do ambiente a estas pressões. Quando o balanço é positivo para as atividades ocorrem impactos, gerando desequilíbrios no sistema ambiental.

Considerando essa definição, vulnerabilidade manifesta-se no ambiente a partir de pressões externas a ele, daí os autores reconhecerem que se a pressão for forte, rompe-se a resistência do meio. O dicionário Caldas Aulete¹⁰ trás a definição de vulnerabilidade como o “caráter de ser vulnerável, o que quer dizer: o que é mais suscetível de ser danificado ou magoado, prejudicado ou destruído”. Por essa definição entende-se que vulnerabilidade é uma característica que pode ser afeta ao sujeito ou ao objeto. Isto é, o sujeito ou objeto tem uma suscetibilidade. Entende-se que para o meio natural e, tomando-se como foco o meio solo-água, a suscetibilidade pode ser entendida como a ausência de mecanismos de proteção para o próprio solo ou para os outros meios adjacentes em relação a um dado estímulo.

A vulnerabilidade, entretanto não é requisito para uma contaminação, pois esta última depende da relação do contaminante com o meio, a vulnerabilidade é, portanto, relativa.

Não se pode dizer o mesmo sobre o potencial para contaminação, pois este é a medida de uma relação. Assim, quanto mais alto o potencial para contaminação de um meio mais alto é o risco para as populações. Visto dessa maneira pode-se considerar o potencial para contaminação como uma medida ou pressuposto da salubridade do ambiente.

Considerando o que foi exposto introduz-se a hipótese de que o uso intensivo de agrotóxicos na lavoura da cana-de-açúcar, pelas suas propriedades físico-químicas

¹⁰ Dicionário contemporâneo da língua portuguesa Caldas Aulete. Francisco J. Caldas Aulete/Antonio Lopes dos Santos Valente. Edição brasileira original: Hamílcar de Garcia

em relação às características das variáveis dos solos na bacia do Rio Pardo gera problemas potenciais de contaminação no ambiente de cultivo da cana-de-açúcar.

Na prática a vulnerabilidade do meio solo/água aos agrotóxicos ainda é pouco estudada no Brasil, devido tanto aos poucos estudos sobre a dinâmica destes meios, como devido à necessidade de um grande volume de amostras para se determinar a presença de resíduos tóxicos nas áreas de lavouras em uma escala regional. Do ponto de vista da saúde, no entanto, o interesse no tema é cada dia maior devido ao crescimento dos registros de agravos¹¹ provenientes da contaminação dos indivíduos que trabalham com agrotóxicos nas lavouras.

No meio ambiente da cana-de-açúcar os registros relacionados ao uso de agrotóxicos nos solos trazem dados de tal magnitude e não se tem conhecimento de quão vulneráveis são esses geoambientes a essas substâncias. A grande quantidade dessas substâncias utilizadas na produção agrícola tem desenvolvido processos de contaminação da água, dos solos e de alimentos, chegando a se tornar uma das mais importantes questões de saúde pública no meio rural (HACON, 2004). A possibilidade de contaminação desses geoambientes pode estar diretamente relacionada com a vulnerabilidade destes meios, e pode também responder pela qualidade desses ambientes.

4.2.2 – Sistema

Em algumas linhas das ciências naturais o conceito sistêmico prevalece para o entendimento das relações entre elementos de um mesmo ou de outro sistema, compreendidas como relações de causalidade, isto é, onde há uma ligação entre variáveis analisadas – inclusive quando de origem diferentes, e que exercem papel importante para o entendimento dos processos que são desenvolvidos.

A abordagem sistêmica postula que todos os elementos influenciam e são influenciados reciprocamente. Sob essa consideração: características do solo podem

¹¹ Entende-se como agravos à saúde os danos à integridade física, mental e social dos indivíduos, provocados por doenças ou circunstâncias nocivas, como acidentes, intoxicações, abuso de drogas e lesões auto ou heteroinfligidas (IESUS, VII(2), Abr/Jun, 1998).

tornar uma substância mais solúvel ou pode aumentar sua vida média. Essa abordagem possibilita entender e reconhecer as relações que se desenvolvem e que ali ocorrem. Os elementos de um sistema possuem características próprias, podendo ser considerados como subsistemas, onde cada componente interage também com os elementos do sistema maior (CRISTOFOLETTI, 1999), criando uma rede de relações que pode se repetir infinitamente. Em um processo sistêmico é necessário se explorar todos os elementos dependentes ou associados de forma a se identificar todas as possibilidades das partes.

4.3 – O Método

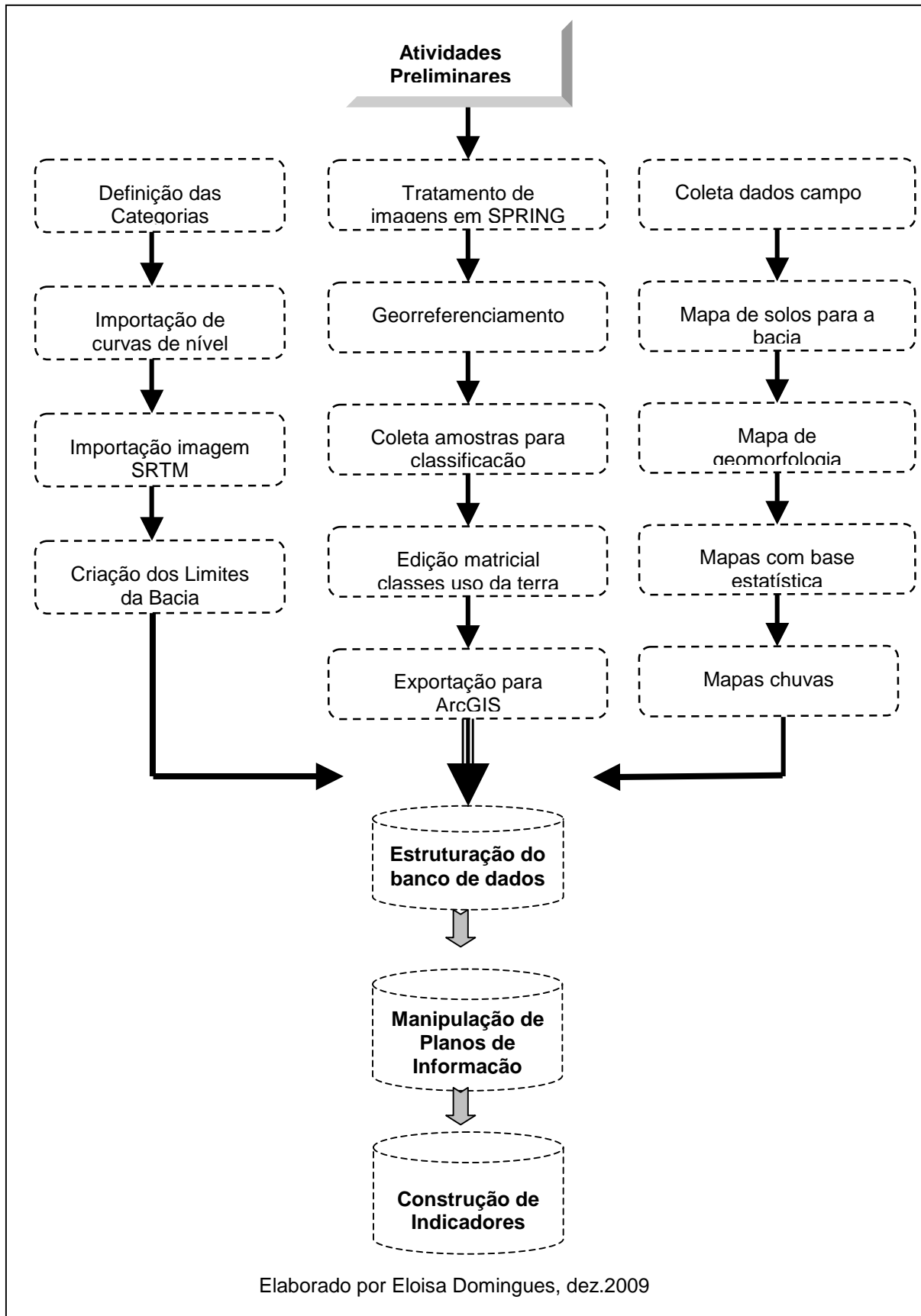
Dados analíticos sobre o funcionamento de cada solo¹² da bacia do Rio Pardo foram obtidos nos Levantamentos de Recursos Naturais, Folhas ao milionésimo SF.23 – Rio de Janeiro-Vitória e SF.22 – Paranapanema (autores in Projeto RADAMBRASIL, 1982 e no prelo) e analisados detalhadamente. Confrontados com dados da caracterização físico-química de cada agrotóxico utilizado na lavoura da cana-de-açúcar, possibilitam a formulação de hipóteses a propósito da fixação ou não dos agroquímicos no solo, e ou da sua mobilização e contaminação das águas de superfície e subsuperfície nessa bacia.

Embora este trabalho não tenha a pretensão de confirmar os fatos implicados nas hipóteses, pela impossibilidade de se empreender uma outra fase de obtenção de dados, ou seja uma nova fase experimental, a análise dos dados de partida permitiram uma série de deduções. Assim posto, pode-se creditar a este trabalho uma organização, segundo o método hipotético-dedutivo.

O fluxograma da figura 7 apresenta, de forma sintética, a organização do SIG da bacia do Rio Pardo, enquanto a estrutura do banco será apresentada no capítulo do 5.

¹² - Considerou-se apenas a legenda dos solos cabeça de chave da associação de solos. No entanto novas avaliações podem ser realizadas com toda a associação de solos.

Figura 7 - Organização do sistema de informação geográfica da bacia do Rio Pardo



A base de dados da bacia do Rio Pardo visa, principalmente, fornecer mecanismos de manipulação dos dados a ela agregados de modo a que novos produtos possam ser elaborados. Os conjuntos de informações podem ser representados por gráficos, pontos, tabelas, mapas e/ou relatórios, com saídas georreferenciadas, em diferentes formatos (vetor/linha ou matricial/imagem). Com a estruturação deste SIG pretende-se, também, desenvolver um modelo passível de ser aplicado para outras lavouras, desde que sejam inseridas as informações de seus respectivos agrotóxicos. Neste SIG da bacia do Rio Pardo todas as camadas foram referenciadas ao sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude) com o DATUM South America 1969.

PARTE II - RESULTADOS

5 – INSERÇÃO DOS TEMAS NO BANCO DE DADOS E MODOS DE ACESSO AO BANCO

5.1 – Inserção dos temas no banco de dados

A elaboração do banco de dados da bacia do Rio Pardo envolveu quatro (4) grandes fases: a concepção, o desenvolvimento, a elaboração dos indicadores e a análise dos resultados. Uma série de etapas dão conta da organização e operacionalização dos temas.

5.1.1 – Concepção:

Nesta fase foram definidos os temas e suas variáveis a serem abordados no banco de dados geográfico. Foram selecionadas apenas as de maior interesse para atender aos objetivos do trabalho, tais como drenagem, rodovias, bases estaduais, municipais e de setores do censo agropecuário 2006, imagens de satélites, mapa de uso da terra, mapa de solos, mapa de pluviosidade, mapa geomorfológico, tabelas de uso da cana de açúcar, tabelas de dados de chuva, tabelas com dados de população. A escolha das variáveis temáticas não exclui a possibilidade que o

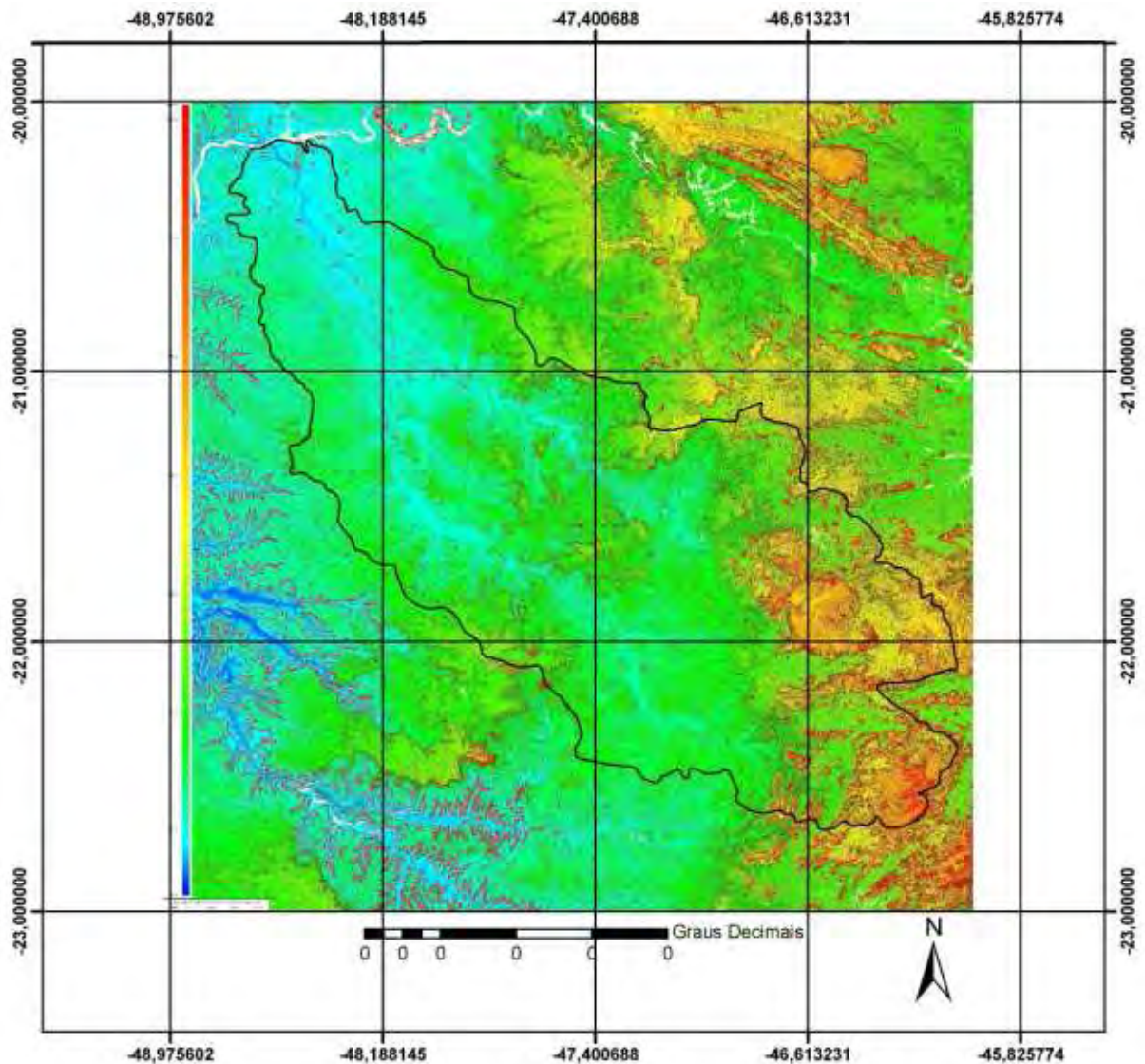
modelo oferece de se incluir no sistema outras variáveis que sejam relacionadas ao objeto da pesquisa.

A concepção do banco consistiu da preparação dos elementos temáticos para constituírem as principais entradas de dados que alimentarão o banco de dados e da delimitação da bacia hidrográfica do Rio Pardo, de modo a permitir se trabalhar com um recorte ao qual todos os temas fossem referenciados.

Assim a primeira tarefa foi definir os limites da bacia hidrográfica. O delineamento desses limites foi executado utilizando-se as imagens SRTM – Shuttle Remote Sensing Modelling (EMBRAPA, 2008), associadas com as feições de base topográfica referentes à drenagem e a níveis altimétricos de 100m, disponíveis nos arquivos digitais das Folhas ao milionésimo SF-22 e SF-23 e obtidos via Protocolo de Transferência de Arquivos (<ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas/topograficos/topo1000/editorada/>). Essas feições acopladas às imagens SRTM possibilitaram definir a linha de cumieira da bacia, separando a bacia do rio Pardo das drenagens da bacia do rio Sapucaí e do Tietê. Também foram utilizadas as bases cartográficas extraídas do Banco de Dados Integrado das Folhas ao Milionésimo – bCIMd.v2, em formato *shape*.

Esse procedimento para a delimitação foi executado utilizando-se o software SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, onde se procedeu a digitalização dos vetores que deram forma ao polígono da bacia. Definido o contorno da bacia (Fig. 8) foi possível ajustar ou recortar os demais temas a esta área.

Figura 8 – Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Pardo



Fontes: Imagens SRTM-Shuttle Remote Sensing Modelling. *Shuttle* Radar Topography Mission. <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm>; Cartas Topográficas e Limite Estadual IN: BaseCIMd.v2. www.ibge.gov.br/geociencias/cartografia

5.1.2 – Desenvolvimento:

Nesta fase foi estabelecida a estrutura do banco, apoiada na definição de indicadores temáticos, por tema de interesse. Para o tema uso da terra foi destacada a espacialização da lavoura da cana-de-açúcar, embora todo o conjunto da bacia tenha sido mapeado com suas tipologias de utilização. Para o tema solo foram definidos uma série de indicadores, que de forma sequencial e interrelacional possibilitaram novos indicadores. Os dados de precipitação média anual e do balanço hídrico oferecerão informações que permitirão ao usuário do banco verificar,

sazonalmente, o comportamento dos indicadores, frente à alterações no ritmo das chuvas. Esses dados permitiram espacializar as isoietas, porém os dados do balanço hídrico, por não estarem disponíveis para grande parte da bacia, são disponibilizados na forma de tabelas e gráficos.

5.1.3 – Elaboração:

Nesta fase foram definidos os procedimentos específicos de cada tema essencial ao banco de dados. Inicialmente esses temas foram estudados de forma individualizada e, posteriormente, seus resultados foram inseridos no banco, para apoiar a produção de sínteses e indicadores.

As técnicas de geoprocessamento foram ferramentas essenciais para a organização e produção das informações nas suas diversas etapas. Diferentes técnicas foram utilizadas de acordo com os formatos de entrada dos dados inseridos no banco (tabelas, vetores, imagens). A opção pelo programa Arc Gis para estruturar o banco de dados foi decisiva, para atender aos propósitos desta tese, pelas facilidades e serviços que ele oferece para manipular uma grande diversidade de informações e em diferentes formatos. No entanto outros programas também foram utilizados no processo de desenvolvimento dos temas, como, por exemplo, o SPRING para o mapeamento do uso da terra e para o tratamento dos mapas de solos e geomorfológico. A inserção de cada tema no banco se deu seguindo quatro (4) etapas.

5.1.3.1 – Etapas para inserção dos temas no banco

Síntese das Etapas

A primeira etapa refere-se ao mapeamento do uso da terra, que objetivou identificar as áreas com predomínio da cana-de-açúcar. O produto resultante é o mapeamento das classes de uso da terra à escala 1:250 000, obtido através da interpretação de imagens de satélite, de dados estatísticos e de trabalhos de campo.

A segunda etapa tratou da organização das informações referentes aos recursos naturais, solo, pluviosidade e capacidade de armazenamento de água nos solos, propriedades físico-químicas dos agrotóxicos em relação às variáveis dos solos e da elaboração de um mapa de isoietas e pela utilização de gráficos do balanço hídrico para verificação da capacidade de armazenamento de água nos solos.

A terceira etapa tratou de um conjunto de dados referentes a algumas séries estatísticas que foram inseridos neste banco e que têm origem em distintas bases de dados. Foram selecionadas as séries que mais poderiam ter relação com o tema cana-de-açúcar e agrotóxico.

Na quarta etapa estão as informações pontuais, como a localização das usinas e destilarias e as estações e postos pluviométricos.

Primeira etapa: mapeamento do uso da terra

No mapeamento do uso da terra, buscou-se delimitar as áreas onde predominava a lavoura da cana-de-açúcar. Para esta etapa se utilizou o programa SPRING (www.spring.inpe.br/download), versões 4.3.3 e 4.1.1, por oferecerem diferentes facilitadores em sua manipulação.

Optou-se pela manipulação das imagens LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite, sensor TM5 por apresentar resolução espacial de 30m, compatível com a escala regional adotada neste trabalho.

A interpretação do uso da terra na bacia foi executada por processamento digital das imagens e apoiada em informações dos trabalhos de campo, de dados estatísticos e de outros mapeamentos da cana-de-açúcar. Esse conjunto de dados tornou possível espacializar as áreas onde há concentração da lavoura, representativas na escala (1: 250 000).

Os trabalhos de campo foram realizados em 4 etapas, cujos percursos foram esquematizados no croqui apresentado na figura 9.

Figura 9 – Roteiro dos Trabalhos de Campo



Esses trabalhos permitiram checar a localização das áreas com a lavoura da cana-de-açúcar e a coleta de amostras dos vários padrões de imagem dessas áreas para inserção no processamento digital da classificação. A interpretação dos usos objetivou identificar as áreas cultivadas com cana-de-açúcar para correlacioná-las com informações sobre os solos; sobre os tipos e características dos agrotóxicos e

outros dados constantes da bacia. Nesse processo além da cana-de-açúcar outras lavouras foram indiretamente classificadas, gerando um mapa não apenas da cana-de-açúcar, mas dos principais padrões de usos.

As imagens utilizadas foram selecionadas, solicitadas e recuperadas via FTP no site do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE (www.dgi.inpe.br). Em sua maior parte as cenas se referem aos meses de abril/maio e junho/setembro de 2007 (Quadro 7), meses que antecedem a colheita, por tal razão podem apresentar altos índices de reflectância de clorofila da planta, facilitando a interpretação dos respectivos padrões de imagem.

Quadro 7 – Cenas utilizadas

| ÓRBITA | PONTO | PASSAGEM 1 | PASSAGEM 2 |
|--------|-------|------------|------------|
| 219 | 075 | 01/09/2007 | 28/04/2008 |
| 219 | 076 | 16/08/2007 | - |
| 220 | 074 | 06/07/2007 | 03/05/2008 |
| 220 | 075 | 08/09/2007 | 03/05/2008 |
| 220 | 076 | 20/06/2007 | - |
| 221 | 074 | 14/08/2007 | - |

Fonte: <http://www.dpi.inpe.br/>

Através do módulo IMPIMA as cenas foram convertidas para o formato .grib, que possibilita a importação no módulo SPRING, onde foi executado o georreferenciamento de cada uma. Ainda no módulo IMPIMA os pixels das imagens foram re-amostrados em duas vezes (60 m), objetivando a adequação à escala, bem como para agilizar o processamento das imagens.

Objetivando o mapeamento foi criado um banco de dados no ambiente do módulo SPRING para cada cena. Através desses bancos foi possível importar diferentes arquivos ou planos de informação (PI), em formato raster e vetor para apoiar as classificações. O primeiro passo então foi a importação das imagens Landsat em formato .grib e as imagens ortorretificadas do Programa Geocover 2000 (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>) em formato .tiff, para se executar o georreferenciamento.

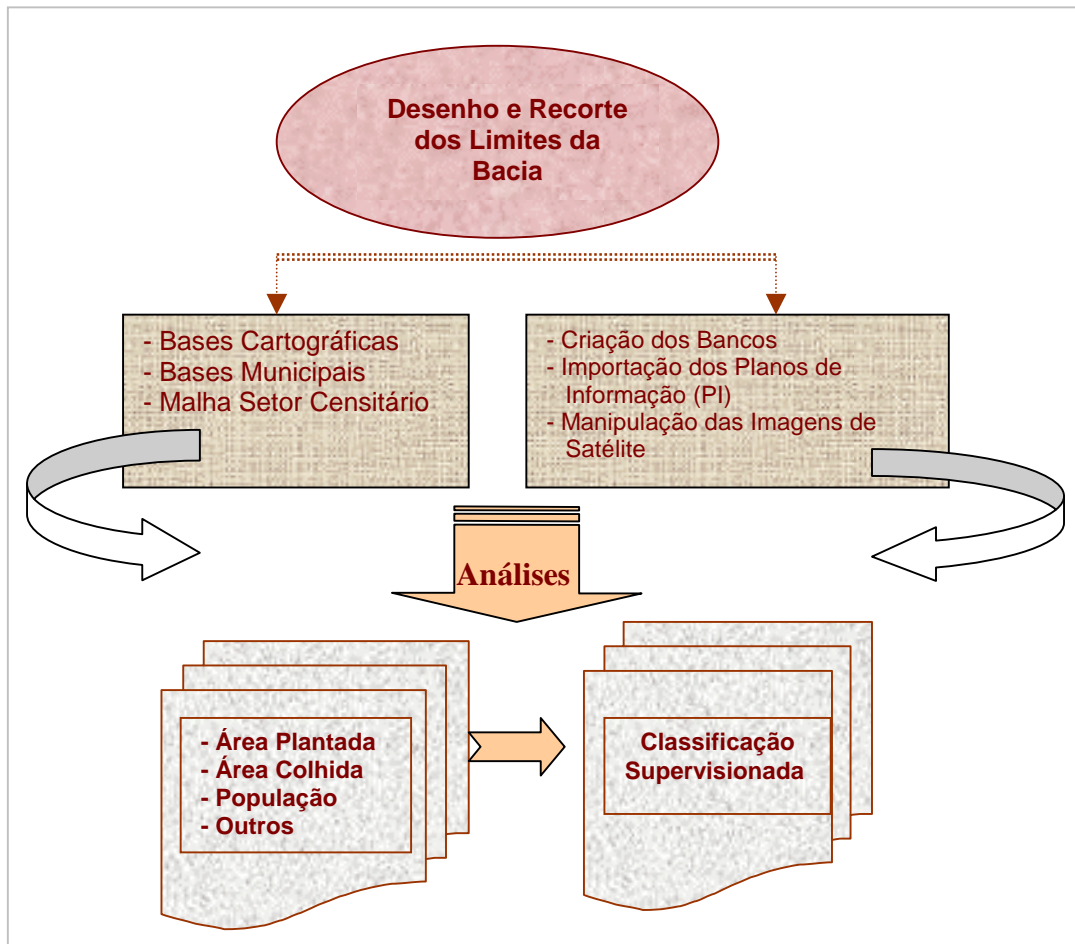
Na seqüência as imagens foram importadas para seus respectivos bancos, dando início aos processos de segmentação. A segmentação consistiu na fragmentação da imagem em inúmeros polígonos, formando o que no SPRING denomina-se “regiões”, cujos tamanhos variaram de acordo com os parâmetros fornecidos ao programa. Esses parâmetros dizem respeito a três (3) tipos de informação: similaridade entre os níveis de cinza a serem agregados em um mesmo segmento; ao tamanho da área a ser segmentada (área mínima); e ao tamanho do pixel. Os parâmetros utilizados para todas as cenas foram: similaridade 8; área 80 e pixel de 60 m.

O processamento da segmentação resulta em polígonos que puderam ser classificados digitalmente a partir da seleção de amostras das regiões, definindo-se previamente um tipo de uso para cada polígono (“região”) amostrado. A classificação preliminar foi realizada por dois processos: o processo automático (isoseg) para as cenas onde o comportamento espectral dos padrões de imagem das áreas com predomínio da cana-de-açúcar é uniforme, favorecido pelo relevo plano, e o processo supervisionado (bathascharia) para as cenas onde o maior parcelamento dos estabelecimentos e o relevo movimentado, contribuíram para que o classificador gerasse muitas inconsistências.

Em todas as classificações preliminares foram executadas edições matriciais para os ajustes das classes mal definidas. Essas edições se apoiaram nas informações obtidas nos trabalhos de campo e em informações acessórias, tais como os dados estatísticos do setor censitário do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2006); dados do mapeamento do programa CANASAT (INPE, 2009) e de outras fontes de informação, cartográficas e documentos estatísticos e textos.

O esquema da figura 10 apresenta um esquema dos principais procedimentos que são realizados para a classificação digital voltada para o mapeamento do uso da terra.

Figura 10 – Procedimentos operacionais no SPRING para classificação digital



Assim para a execução do mapeamento de cada cena (Órbita/Ponto), ou banco SPRING, foram realizados os procedimentos descritos anteriormente, e organizados com os seguintes Planos de Informação (PI):

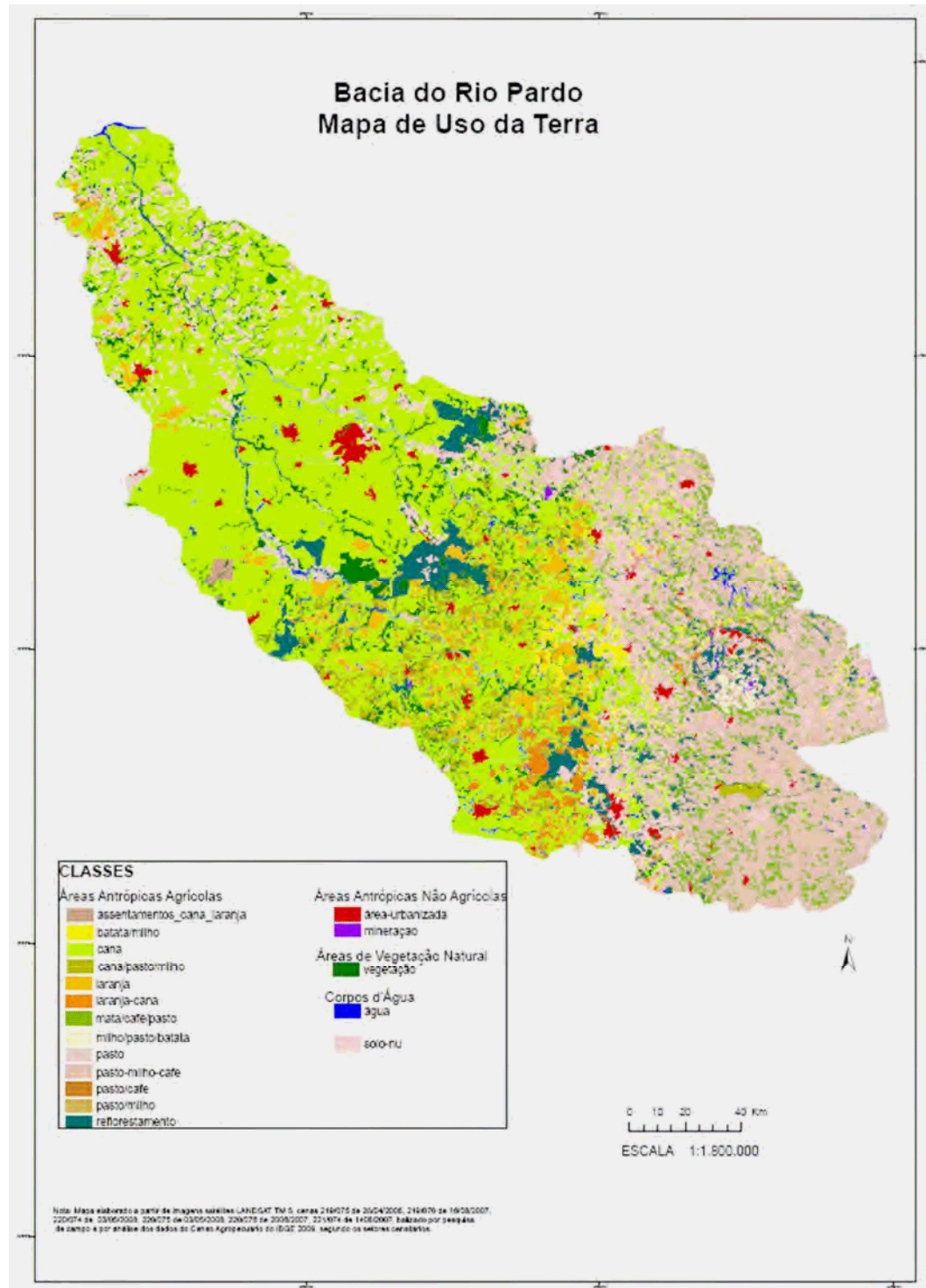
imagem grb, imagem segmentada, imagem sintética, imagem classificada Isoseg, imagem classificada Bathasharya (nível de confiança de 95%), shapes da malha municipal, correspondentes aos estados de São Paulo e Minas Gerais; imagem SRTM da bacia, limite da bacia em shape, adição de outros níveis de informação que apoiem a classificação.

Todos os Planos de Informação (PI) foram recortados pelos limites da bacia hidrográfica.

Para compor o mapa final (Fig. 11) as classificações resultantes de cada cena foram exportadas como ASCII para serem reunidas em um banco maior (bacia), onde

foram feitas as edições matriciais de ajustes entre cenas. Após esses ajustes foi gerado o mosaico da classificação final.

Figura 11 – Mapa de uso da terra da bacia do Rio Pardo



Finalizada esta etapa o mapa foi exportado do ambiente SPRING em formato shape para ser incorporado ao banco de dados em ambiente ARC Server.

Segunda etapa: Organização das informações referentes aos recursos naturais, solo e pluviosidade, e das correlações entre o meio solo/água com os agrotóxicos

- Mapa de solos e análises das suas variáveis frente aos agrotóxicos

Para a composição do mapa de solos e pela dificuldade de se encontrar mapas de solos do conjunto da bacia, por englobar terras de dois estados (Minas Gerais e São Paulo), utilizou-se os mapas das folhas ao milionésimo Rio de Janeiro e Paranapanema, gerados pelo Projeto RADAMBRASIL, que se encontram na mesma escala.

As análises que se seguem foram sucessivamente sendo adicionadas na tabela para finalmente se obter os indicadores do potencial para contaminação do meio solo/água frente aos agrotóxicos utilizados na cultura da cana-de-açúcar.

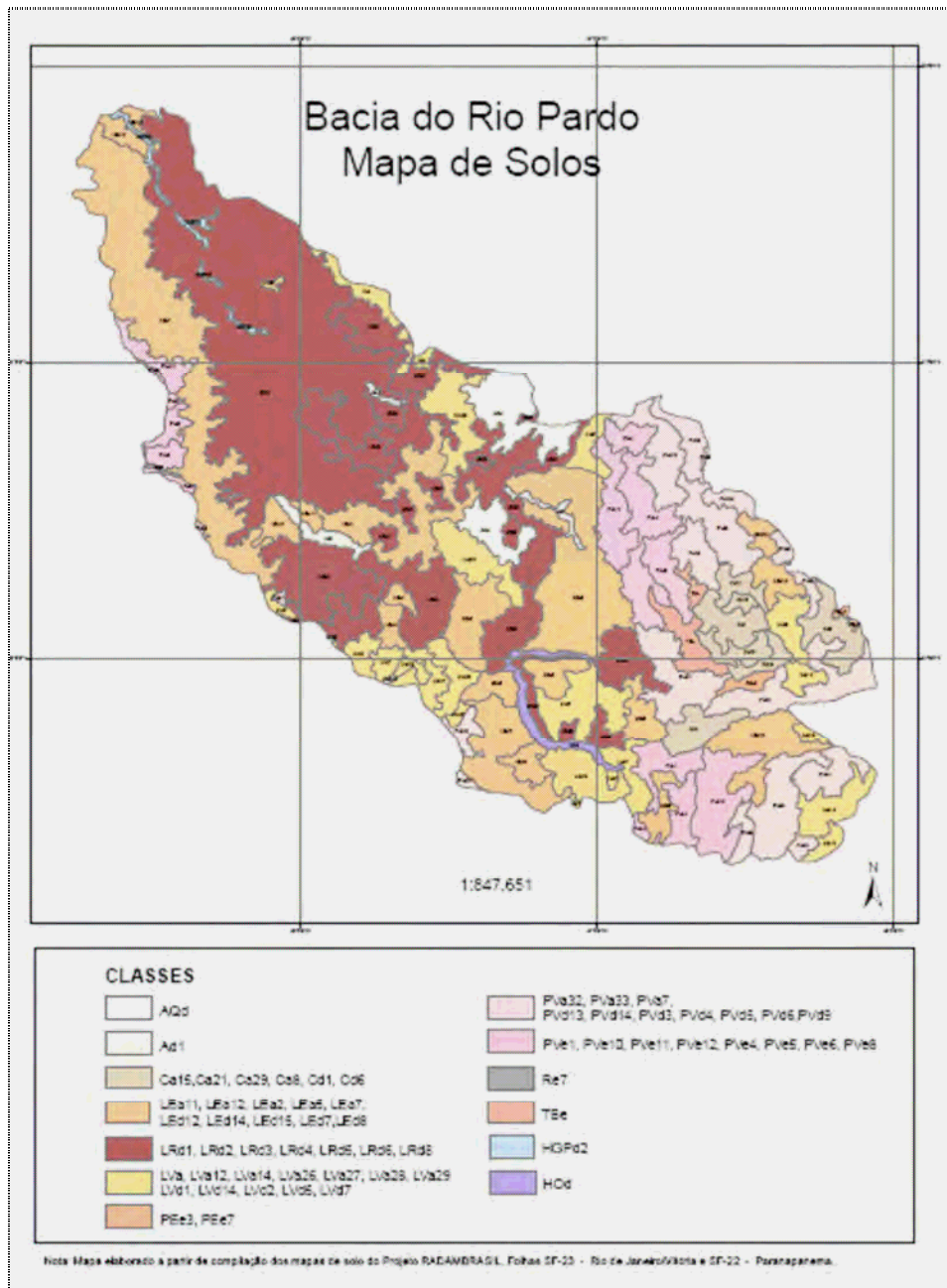
Assim, para o desenvolvimento e detalhamento das tabelas com as **variáveis do solo** foram feitas análises intermediárias dos resultados alcançados. Os resultados dessas avaliações são apresentados em uma tabela, contendo todo o conjunto de variáveis analisadas, que é apresentada em anexo. No entanto ela será subdividida para que os resultados obtidos sejam apresentados, e que se constituem em:

- a) solos;
- b) vulnerabilidade dos solos à contaminação das substâncias químicas;
- c) propriedades físico-químicas dos agrotóxicos;
- d) balanço da vulnerabilidade em relação às propriedades físico-químicas dos princípios ativos dos agrotóxicos; e potencial para contaminação do meio solo/água pelos agrotóxicos.
- e) potencial para contaminação do meio solo/água frente aos agrotóxicos

(a) As informações referentes aos solos foram obtidas nos Levantamentos de Recursos Naturais do Projeto RADAMBRASIL, folhas SF.23 - Rio de Janeiro/Vitória (1982) e SF.22 – Paranapanema (no prelo), volumes 32 e 37. A importância do mapa de solos nesse estudo é que ele fornece as variáveis às quais os agrotóxicos foram referenciados.

Como não existe um mapa do conjunto da bacia e a área de estudo ocupa parcialmente as duas folhas, foi necessário procedimentos para aglutinar essas informações. No caso da folha SF.23, ela foi escaneizada e georreferenciada para que fosse possível digitalizar os vetores correspondentes às classes temáticas. Isso foi realizado no SPRING. No que se refere à folha SF.22 – Paranapanema, embora tenha sido produzida pelo RADAMBRASIL em 1984, apenas será publicada pelo IBGE (responsável pelo acervo do Projeto RADAMBRASIL) em 2010. No entanto as informações foram gentilmente cedidas, em meio digital, pelos técnicos que trabalham na publicação do documento. Este arquivo (formato do Microstation) foi então reprojetoado e exportado para shape para que fosse possível reuni-lo à folha SF.23 e compor o mapa de solos da bacia (Fig. 12).

Figura 12 – Mapa de solos da bacia do Rio Pardo



Fonte: Brasil. DNPM. Levantamento de Recursos Naturais. Mapas de Solos das Folhas SF-23 Rio de Janeiro/Vitória e IBGE/DGC/UE-SC. Mapa de Solos da Folha SF-22 Paranapanema

As informações extraídas dos mapas e relatórios de solos foram organizadas e analisadas obtendo-se alguns indicadores relacionados com as características dos solos, conforme se segue. Tais informações referiram as variáveis dos solos que cruzadas com as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos potencializam ou não a contaminação do meio solo/água.

- Descrição dos perfis dos solos: nesta descrição foram destacadas as variáveis, textura, estrutura, estabilidade de agregados e a profundidade dos horizontes A e B, cujo cruzamento e análise permitiram a definição das classes de

condutividade hidráulica, apresentadas de forma resumida apenas para exemplificação no Quadro 8. A condutividade hidráulica informa sobre a capacidade que o solo tem em permitir que o agrotóxico alcance o lençol subterrâneo ou de permanecer mais tempo no solo. Ela é importante por ser um parâmetro que traduz a facilidade com que a água se movimenta ao longo do perfil de solo (SILVA, 2004; CALVET, 2003).

Quadro 8 – Características dos Solos e Classes de Condutividade Hidráulica

| SOLOS | Características dos Solos | | | | Classes de Condutividade e Hidráulica (mm/h ou cm/h) |
|--------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---|
| | Textura | Estrutura | Estabilidade de Agregados | Profundidade (Horiz. A+B) | |
| Ad1 | Argilosa e Media | Granular | Pouco estável | Muito profundo | MEDIA |
| AQd | Media | Grãos Simples | Instável | Muito profundo | ALTA |
| Ca8 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA |
| Ca15 | Muito Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA |
| Ca21 | Argilosa e Media | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA |
| Ca29 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA |
| Cd1 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA |
| Cd6 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA |
| HGPd2 | Argilosa | Bloco Angulares | Estável | Muito profundo | BAIXA |
| HOd | Orgânica | - | - | Profundo | ALTA |
| LEa2 | Argilosa | Granular\Sub-angular | Estável | Muito profundo | ALTA |
| LEa5 | Media | Granular | Pouco Estável | Muito profundo | MEDIA |
| LEa7 | Media | Granular | Pouco Estável | Muito profundo | MEDIA |
| LEa11 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Muito profundo | ALTA |
| LEa12 | Argilosa | Granular | Estável | Muito profundo | ALTA |
| LEd7 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Muito profundo | ALTA |
| LEd8 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Muito profundo | ALTA |
| LEd12 | Argilosa | Granular | Estável | Muito profundo | ALTA |

Fonte: Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais. Folhas SF.23 e SF.22. Pedologia

Na seqüência dessa análise o cruzamento das classes de condutividade hidráulica com as classes de porosidade e de declividade do terreno definiu os potenciais de infiltração e de escoamento superficial (Quadro 9). A análise da porosidade permite avaliar o espaço que pode ser preenchido pelo ar e/ou pela água. Dessa forma a

porosidade e a declividade em conjunto podem ser um indicador que baliza a avaliação da condutividade hidráulica e indica uma dada capacidade potencial de infiltração e escoamento e, portanto, de liberação ou não do agrotóxico para o ambiente.

Quadro 9 – Exemplo de Indicadores do Potencial de Infiltração e de Escoamento dos Solos

| SOLOS | Indicadores dos Potenciais de Infiltração e de Escoamento | | | | |
|--------------|---|------------|---------------|--------------------------|-------------------------|
| | Condutividade Hidráulica | Porosidade | %Declividade | Potencial de Infiltração | Potencial de Escoamento |
| Ad1 | MEDIA | Baixa | Baixa | Baixa | Baixa |
| AQd | ALTA | Alta | Baixa | Alta | Baixa |
| Ca8 | MEDIA | Media | Media a Alta | Média | Média |
| Ca15 | MEDIA | Baixa | Media | Média | Média |
| Ca21 | MEDIA | Media | Alta | Média | Alta |
| Ca29 | MEDIA | Media | Alta | Média | Alta |
| Cd1 | MEDIA | Media | Alta | Média | Alta |
| Cd6 | MEDIA | Media | Media a Alta | Média | Alta |
| HGPd2 | BAIXA | Baixa | Baixa | Baixa | Baixa |
| HOd | ALTA | Alta | Baixa | Alta | Baixa |
| LEa2 | ALTA | Alta | Baixa | Alta | Baixa |
| LEa5 | MEDIA | Media | Baixa | Média | Baixa |
| LEa7 | MEDIA | Alta | Baixa a Media | Média | Média |
| LEa11 | ALTA | Alta | Baixa | Alta | Baixa |
| LEa12 | ALTA | Alta | Baixa | Alta | Baixa |
| LEd7 | ALTA | Alta | Baixa | Alta | Baixa |
| LEd8 | ALTA | Alta | Baixa a Media | Alta | Média |
| LEd12 | ALTA | Alta | Alta a Media | Alta | Média |

O sistema poral, especialmente os poros gravitacionais do solo, permite a passagem do fluxo de água pelo perfil do solo. Essa fluirá mais fácil e diretamente de acordo com o tamanho e o arranjo poral. A conectividade entre os poros e o tamanho determina a maior ou menor capacidade de fluxos ao longo do perfil, isto é, a permeabilidade do solo. Grosso modo, e sem levar em conta a água que se move no solo por tensão, quanto menor for o poro mais lentamente a água fluirá; quanto maior for o poro melhor será o escoamento e mais rapidamente a água poderá escoar para o lençol freático, desde que as demais variáveis do solo não interfiram nesta dinâmica (CALVET, 2003), como por exemplo as propriedades de interface. Para balizar o papel da porosidade sobre os fluxos levou-se em conta a análise das

características da textura dos solos e dos tipos de argila existentes na bacia. Essas informações tiveram papel importante no processo da análise das características da textura dos solos e dos tipos de argila existentes na bacia. Nessa análise também levou-se em conta o percentual da declividade como um dos reguladores do tempo de percurso e a intensidade da vazão da água ao longo de uma pendente. Ela também tem estreita relação com o material do solo e com a porosidade, pois mesmo em declives acentuados parte da água recebida pelas chuvas poderá ficar retida no solo e contribuir para o processo de infiltração. As classes de porosidade refletem a avaliação dessas informações

As classes de declividade do terreno foram definidas segundo os intervalos percentuais consagrados e obtidas na descrição do perfil dos solos. O resultado dessa análise é apresentado em sua totalidade dentro do banco de dados.

(b) Vulnerabilidade dos solos à contaminação pelas substâncias químicas

Gomes, Spadotto e Pessoa (2002) desenvolveram método simplificado de avaliação da vulnerabilidade natural do solo em estudo sobre a avaliação de riscos de contaminação da água subterrânea, voltado para análises relativas à movimentação de agroquímicos. Nesse estudo os autores também consideraram a relação entre condutividade hidráulica e a declividade do relevo e definiram três classes gerais de vulnerabilidade, graduadas de **baixa (b)**, **média (m)** e **alta (a)**. Eles entendem a vulnerabilidade como sendo

a susceptibilidade de um compartimento, solo ou água, ser adversamente afetado por uma carga contaminante qualquer, conforme a proposição de FOSTER (1993) e do Instituto Geológico (SÃO PAULO, 1997) para aquíferos.

Nesta proposta entende-se como vulnerabilidade do meio solo/água o efeito não protetor dos solos à qualidade química das águas subsuperficiais, subterrâneas e de superfície frente às propriedades físico-químicas dos agrotóxicos. Dessa maneira, a análise da vulnerabilidade dos solos de serem contaminados ou de permitirem a contaminação do lençol freático passou pela ponderação qualitativa dos indicadores de infiltração e de escoamento (condutividade hidráulica, porosidade e declividade), balizada pelas informações referentes à soma total de bases (T), à capacidade de troca catiônica – CTC (Quadro 10), ao pH e pela quantidade de matéria orgânica do

solo. Essa análise informa sobre as condições que os solos oferecem para proteger, ou não, o lençol freático de uma possível contaminação pelos agrotóxicos. A vulnerabilidade das águas é, portanto, o resultado do balizamento das características da drenagem do solo e declividade do relevo frente às características de CTC, MO e porosidade dos solos.

Quadro 10 – Classes de vulnerabilidade dos meios solo/água¹³

| SOLOS | Vulnerabilidade* do meio solo/água | | | | |
|-------|------------------------------------|-------------|--------------------|-------|--------|
| | Valor CTC (cmol.kg-1) | %MO g/kg) | Drenagem | Solos | Lençol |
| Ad1 | 17,7/8,4 | 1,59/1,48 | mal drenado | a | M |
| AQd | 3,9/1,8 | 1,03/0,33 | excessivam.drenado | b | A |
| Ca8 | 11,6/6,9 | 3,74/2,14 | mod.drenado | m | M |
| Ca15 | 9,0/6,5 | | mod.drenado | m | M |
| Ca21 | | | mod.drenado | m | M |
| Ca29 | | | mod.drenado | m | M |
| Cd6 | 5,7/2,6 | 2,44/1,22 | mod.drenado | b | M |
| HGPd2 | | | mal drenado | a | A |
| HOd | 70,7/88,6 | 67,75/78,37 | mal drenado | a | B |
| LEa2 | 6,8/5,1 | 2,41 | acentuad. drenado | b | A |
| LEa5 | 6,7/1,5 | 2,75/0,58 | acentuad. drenado | b | M |
| LEd7 | 8,9/3,9 | 2,87/1,08 | bem drenado | b | A |
| LEd12 | 9,4/3,6 | 0/0 | bem drenado | m | A |
| LEd14 | 9,6/6,91 | 3,65/2,56 | bem drenado | m | M |
| LEd15 | 2,5 | 1,6 | bem drenado | b | A |
| LRd1 | 10,3/6,3 | 2,41/1,37 | bem drenado | m | M |
| LRd5 | 9,8/1,9 | 3,79 | bem drenado | m | M |
| LRd6 | 8,8/8,3 | 3,62/2,97 | bem drenado | m | M |
| LVa1 | 7,7/6,1 | 2,51/1,89 | bem drenado | b | A |

Fonte: Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de recursos naturais. Folhas SF.23 e SF.22. Pedologia

CLASSES: A=alta; M=média; B=baixa

Obs: os valores de MO foram calculados a partir dos dados de (CO*1,724), disponíveis nos relatórios das Folhas SF.23 e SF.22

* Efeito não protetor do solo para águas subterrânea e de superfície frente a qualidade química dos agrotóxicos.

(c) Propriedades físico-químicas dos agrotóxicos

As informações sobre as substâncias utilizadas no cultivo da cana-de-açúcar foram extraídas do SIA - Sistema de Informação sobre Agrotóxicos do Ministério da Agricultura/IBAMA/ANVISA (www.ma.gov.br), que disponibiliza dados sobre todos os tipos de agrotóxicos aprovados pelas agências de governo. Informações sobre as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos e as dosagens utilizadas dos produtos

¹³ Informações extraídas dos perfis de solos dos relatórios das Folhas SF 23 Rio de Janeiro e SF 22 Paranapanema do Projeto RADAMBRASIL.

empregados no cultivo da cana foram obtidas, complementarmente, nos sistemas EXTOXNET, EPA, OSU, Extension Pesticide Properties, além de teses, como a de Silva (2004). Os dados referentes às intoxicações por agrotóxicos foram obtidas nas bases de dados do SINAM - Sistema Nacional de Notificações de Agravos, do SINITOX – Sistema de Informações Toxicológicas e, acessoriamente, nas informações disponíveis na base do DATASUS. Tais informações possibilitaram correlações entre as características dos agrotóxicos com as dos solos, o que permitiu analisar o comportamento dessas substâncias e avaliar o potencial para contaminação do ambiente do cultivo da cana-de-açúcar. Essas informações foram inseridas na base de dados para gerarem consultas, quando correlacionadas com outras informações.

A condição do solo de se proteger e aos lençóis (água subsuperficial, subterrânea e de superfície) dessas substâncias depende das propriedades físico-químicas dos agrotóxicos. Ou seja, está na dependência da relação entre sua própria vulnerabilidade e a qualidade química dos agrotóxicos (Quadro 11). Tal relação pode ser entendida como o potencial para contaminação dos solos. Como cada princípio ativo dos agrotóxicos possui propriedades que podem ser facilitadoras ou não para permanecerem no meio solo ou na água dos ambientes aquáticos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos significa que as relações que se estabelecem são muito individualizadas e próprias das dinâmicas criadas por essas relações.

Os poluentes ou contaminantes, de acordo com suas características e em associação às características dos solos, podem ser transportados ou permanecerem nos solos. Não permanecendo nos solos podem se propagar em diversas direções, podendo alcançar o lençol freático e a cadeia alimentar. Permanecendo nos solos vão fazer parte da cadeia alimentar via absorção pelos cultivos. As informações sobre as propriedades dos agrotóxicos, como a adsorção, meia-vida no solo e na água; o peso molecular e a solubilidade em água são necessárias nessa análise.

Quadro 11 – Propriedades físico-químicas dos agrotóxicos usados no cultivo da cana-de-açúcar

| Propriedades dos agrotóxicos | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------|----------------|-------------|--------------|-----------------|---|---|
| Nome Agrotóxico | Adsorção (Koc-mL g ⁻¹) | Meia-Vida (dias) | | | GUS | | | Peso Molecular (gmol ⁻¹) | Solubilidade média em água (mg/L) |
| | | Hidrolítico | Solo Aeróbio | Solo Anaeróbio | Hidrolítico | Solo aeróbio | Solo anaeróbico | | |
| | | | | | | | | | |
| 2,4-D | 45,0 | 39 | 34 | 333 | 1,9226575 | 1,6843148 | 5,648176 | 221,04 | 27,644 |
| Aalachlor | 131 | 30 | 20 | 5 | 3,7912137 | 3,0868487 | 0,6786087 | 269,8 | 200 |
| Aldicarbe | 239 | 28 | 2 | 2 | 3,4102342 | 1,1742779 | 1,1742779 | 190,26 | 5,87 |
| Ametrina | 3,45 | 28 | 53,2 | 189 | 5,250813 | 6,3658274 | 8,5680281 | 0 | 204 |
| Atrazina | 93 | 30 | 146 | 159 | 3,9400021 | 6,6889285 | 6,8371055 | 215,69 | 32 |
| Azafenidina | 2,81 | 30 | 186 | 51 | 5,4597787 | 8,6293455 | 6,3815744 | 0 | 16,7 |
| Bacillus Thuringiensis | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | | |
| Bifenthrin | 6,314 | 0 | 123 | 179,5 | | 7,5593159 | 8,2159532 | 422,87 | 0 |
| Carbofuran | 22 | 18 | 50 | 20 | | | | 221,26 | 351 |
| Diuron | 499 | 1,285 | 372 | 995 | 2,262488 | 7,5840712 | 9,2931918 | 233,1 | 36 |
| Endosulfan | 257,5 | 93,8 | 31,5 | 147,5 | 5,4780341 | 3,5824658 | 6,2643908 | 406,9 | 0 |
| Ethephon | 30 | 25,6 | 7,5 | 5,3 | 4,1558386 | 2,0231238 | 1,4199822 | 144,5 | 0 |
| Fipronil | 749 | 30 | 366 | 123 | 3,0340032 | 7,3794425 | 5,4851386 | 0 | 22 |
| Flumiozaxin | | | | | | | | | |
| Glyphosate | 6,92 | 35,0 | 96,0 | 22,0 | 0 | 0 | 0 | 169,1 | 11,6 |
| Halossulfurom-Metilico | 124 | 14 | 51 | 23 | 2,4910905 | 4,736859 | 3,3534897 | 0 | 1,65 |
| Hexazinone | 640 | 56 | 222 | 232 | 4,1865721 | 6,5792319 | 6,6557722 | 0 | 298 |
| Imidacloprid | 262 | 30 | 997 | 27 | 3,4901837 | 9,5764793 | 3,3071538 | 255,7 | 514 |
| MCPA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 200,6 | 160,149 |
| Metolachlor | 185 | 200 | 38,4 | 60,5 | 6,9369483 | 4,0701532 | 4,8598498 | 283,81 | 480 |
| Metribuzin | 106 | 4,76 | 140 | 276 | 0,6851219 | 6,5592063 | 7,7383305 | 214,3 | 1,032 |
| Metsulfuron-Methyl | 0,88 | 35,8 | 24 | 338,1 | 6,2710494 | 5,5763623 | 10,171698 | 381,362 | 0 |
| MSMA | 1,676 | 35 | 266 | 0 | 5,9519982 | 9,4752525 | | 161,96 | 1,040,000 |

Fonte: http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?; <http://extoxnet.orst.edu/pips/ghindex.html>;
<http://npic.orst.edu/npicfact.htm>

Adsorção: Processo que resulta na adsorção/dessorção do agrotóxico pelos constituintes minerais e orgânicos da matriz sólida do solo, que conduz à mobilidade reduzida do agrotóxico. Os parâmetros de referência são: $K_{oc} < 1,900$ tem potencial para contaminar o lençol; $K_{oc} > 1,900$ tem potencial para contaminar o solo.

Meia-Vida no solo: refere-se ao tempo médio de vida, em dias, que uma substância leva para ter degradada metade da quantidade empregada. Os parâmetros de referência são: meio hidrolítico: > 14 ; meio aeróbico > 690 ; meio anaeróbico > 9 .

GUS: parâmetro que aponta para o tempo/velocidade com que a substância chega às águas subterrâneas: $GUS < 1,8$ (Não sofre lixiviação); $1,8 < GUS < 2,8$ (Faixa de Transição); $GUS > 2,8$ (Provável Lixiviação).

Peso Molecular: ($g\ mol^{-1}$) (ou massa molecular relativa): seu uso é comum para simplificar representações de proporções químicas e no cálculo de concentração de substâncias. A massa molecular de uma substância é a massa de uma molécula dessa substância relativa à unidade de massa atômica u (igual a $1/12$ da massa do isótopo carbono-12, ^{12}C).

Solubilidade média em água: a solubilidade de um agrotóxico é a medida de quão prontamente a substância se dissolverá em água e é expressa (mg/L) como a máxima quantidade de agrotóxico que será dissolvida em 1L de água. O parâmetro de referência é: quando $> 3\ mg\ mL^{-1}$ existe possibilidade de contaminar o lençol.

A adsorção ocorre na superfície das argilas e nas substâncias húmicas do meio solo e por ser uma propriedade que interage com a capacidade de troca catiônica, tal interação pode permitir ou não a redução do transporte do agroquímico fazendo com que as moléculas adsorvidas atinjam ou não o lençol freático. Assim os solos com valores altos de matéria orgânica ou de CTC são solos que, teoricamente, retêm mais as substâncias tóxicas. Quando não houver percolação de água no interior dos solos a retenção dos agrotóxicos pode ser potencializada. Quando houver excesso de água as possibilidades de infiltração estarão aumentadas e portanto, aumentam as chances dos agrotóxicos chegarem ao lençol subterrâneo (CALVET, 2003).

A solubilidade dos agrotóxicos na água mostra a afinidade dessas substâncias com a água. Quanto mais solúvel o agrotóxico mais facilmente ele chegará ao lençol freático e às águas superficiais. O site Pesticides.org (www.pesticides.org) preconiza um valor limite $> 3\ mg\ mL^{-1}$ para a contaminação. Entretanto, tal propriedade não deve ser levada em conta isoladamente. Certas variáveis são importantes para minimizar a eficiência da solubilidade dos agrotóxicos no solo, sobretudo as propriedades que ocorrem nos sistemas de interface do solo-sólido; solo-líquido.

Variáveis como a porosidade, a capacidade de troca catiônica, o pH, a percentagem de argila e de MO e a condutividade hidráulica dos solos e a capacidade de adsorção do agroquímico devem ser levadas em conta para considerar o quão rápido o agrotóxico pode atingir os lençóis e as águas superficiais. Deve-se ressaltar, também, que, mesmo um agrotóxico pouco solúvel em água pode aceder aos lençóis freáticos e rios. Caso as variáveis pedológicas sejam propícias, tais como grande densidade de poros, poros grandes gravitacionais interconectados, baixa CTC e baixa adsorção do agrotóxico, este pode ser carregado pela água na forma particulada e atingir os ambientes aquáticos subsuperficiais, subterrâneos e superficiais via mananciais. Quanto maior a declividade mais facilmente o agrotóxico será carregado para as águas superficiais na forma solúvel ou particulada.

(d) Balanço do meio solo/água com os agrotóxicos

Nessa avaliação, para cada solo e cada agrotóxico, ponderou-se qualitativamente a vulnerabilidade do meio solo/água com as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos: capacidade de adsorção, meia vida e peso, balizados pelos valores de referência de cada um. Nos quadros se seguem (11, 12, 13 e 14) são exemplificadas as sucessivas etapas de análise para se avaliar o potencial de contaminação dos solos e da água. Dado o volume de variáveis, apenas o agrotóxico 2,4D foi considerado nesses exemplos e também apenas para alguns solos. O quadro completo com as informações está disponível em anexo. Dessa forma apresenta-se no quadro 12 um exemplo de balanço para o produto 2,4D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) frente ao meio ambiente solo/água.

Quadro 12 – Balanço das propriedades do 2,4D frente ao meio solo/água

| Solos | Para o solo | Para o Lençol | | |
|-------|-------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | Meio hidrolítico do solo | Meio aeróbico do solo | Meio anaeróbico do solo |
| Ad1 | alto | alto | médio | alto |
| AQd | baixo | alto | médio | alto |
| Ca8 | médio | baixo | médio | médio |
| Ca15 | baixo | médio | médio | médio |
| Ca21 | médio | médio | médio | alto |
| Ca29 | alto | médio | médio | médio |
| Cd1 | médio | médio | médio | médio |
| Cd6 | baixo | baixo | baixo | médio |

| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| HGPd2 | alto | alto | alto | alto |
| HOd | alto | baixo | baixo | baixo |
| LEa2 | baixo | alto | alto | alto |
| LEa5 | baixo | médio | médio | médio |
| LEd7 | baixo | alto | alto | alto |
| LEd12 | baixo | alto | alto | alto |

O balanço qualitativo para o meio água é o resultado da relação entre a vulnerabilidade do lençol com as propriedades físico-químicas e com os meios ambientes do solo (hidrolítico, aeróbico e anaeróbico) (Quadro 13). Considerou-se meio hidrolítico quando o solo apresentou drenagem acentuada ou excessiva; meio aeróbico quando o solo apresentou boa drenagem e anaeróbico quando o solo é mal drenado. Os solos medianamente drenados foram considerados como transição entre os meios aeróbico e anaeróbico.

Quadro 13 – Balanço das propriedades do agrotóxico 2,4D frente ao meio água

| Solos | Meio Ambiente dos Solos | Vulnerabilidade dos Lençóis | Propriedade dos Agrotóxicos | Balanço para o meio água | |
|-------|-------------------------|-----------------------------|--|--------------------------|-------|
| Ad1 | Anaeróbico | Media | Koc: (Koc-mL g ⁻¹) = 45 Meia Vida (dias): - Meio hidrolítico = 39; Meio aeróbico= 34; Meio Anaeróbico= 333 | alto | |
| AQd | Hidrolítico | Alta | | Alto | |
| Ca8 | Aeróbico/anaeróbico | Media | | médio | |
| Ca15 | Aeróbico/anaeróbico | Media | | Medio | |
| Ca21 | Aeróbico/anaeróbico | Media | | Médio | |
| Ca29 | Aeróbico/anaeróbico | Media | | Medio | |
| Cd1 | Aeróbico/anaeróbico | Media | | Médio | |
| Cd6 | Aeróbico/anaeróbico | Media | | baixo | |
| HGPd2 | Aneróbico | Alta | | Peso Molecular = 221,04 | Alto |
| HOd | Anaeróbico | Baixa | | | baixo |
| LEa2 | Hidrolítico | Alta | Alto | | |
| LEa5 | Hidrolítico | Media | Medio | | |
| LEd7 | Aeróbico | Alto | Alto | | |
| LEd12 | Aeróbico | Alto | Alto | | |

e) Potencial para contaminação do meio solo/água frente aos agrotóxicos

A classe resultante do balanço do meio solo em confronto com os valores da solubilidade média dos agrotóxicos em água, e depois para os meios hidrolítico,

aeróbicos e anaeróbicos, define o indicador do potencial para contaminação do meio solo, enquanto o confronto entre o balanço do meio água com os valores de GUS¹⁴ para meios hidrolítico, anaeróbico e aeróbico definem os indicadores do potencial para contaminação do lençol subsuperficial e das águas superficiais (Quadro 14).

Quadro 14 - Potencial para contaminação do Agrotóxico 2,4D, segundo os tipos de solos e as características dos agrotóxicos

| SOLOS | Balanço das propriedades do 2,4D com o meio solo/água | | | | Potencial para contaminação do 2,4D | | |
|-------|---|--------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|------------------|
| | Para o solo | Para o Lençol | | | Solos | Água Subsuperficial | Água Superficial |
| | | Meio hidrolítico do solo | Meio aeróbico do solo | Meio anaeróbico do solo | | | |
| Ad1 | alto | alto | médio | alto | A | A | A |
| AQd | baixo | alto | médio | alto | B | A | B |
| Ca8 | médio | baixo | médio | médio | M | B | A |
| Ca15 | baixo | médio | médio | médio | M | M | M |
| Ca21 | médio | médio | médio | alto | M | M | M |
| Ca29 | alto | médio | médio | médio | A | M | M |
| Cd1 | médio | médio | médio | médio | M | M | A |
| Cd6 | baixo | baixo | baixo | médio | B | M | A |
| HGPd2 | alto | alto | alto | alto | A | A | A |
| HOd | alto | baixo | baixo | baixo | A | M | B |
| LEa2 | baixo | alto | alto | alto | B | A | B |
| LEa5 | baixo | médio | médio | médio | B | M | B |
| LEd7 | baixo | alto | alto | alto | B | A | B |
| LEd12 | baixo | alto | alto | alto | B | A | B |

A = Alto; M = Médio e B = Baixo

Nessa análise os meios hidrolíticos, aeróbicos e anaeróbicos, referidos para GUS, foram considerados para os meios ambientes dos solos. Isto é, quando o ambiente dos solos é hidrolítico, ou aeróbico, ou anaeróbico, tais meios influem na liberação ou não do agrotóxico para as águas, segundo os valores de GUS para cada agrotóxico (Quadro 15).

¹⁴ A solubilidade de um pesticida em água é uma medida de quão rapidamente o produto químico se dissolve na água e é normalmente expressa como a quantidade máxima do agrotóxico que vai dissolver em um litro de água. As unidades típicas de concentração são mg por litro (mg/L), que é aproximadamente igual a partes por milhão (ppm) ou microgramas por litro (µg/L), que é aproximadamente igual a partes por bilhão (ppb). Quanto maior for esse número, mais solúvel o pesticida será em água, e mais facilmente ele será transportado para fora do local de aplicação pelo escoamento das águas pluviais ou da água de irrigação. O departamento de Califórnia dos pesticidas regulamentou que os pesticidas com uma solubilidade em água superior a 3 mg/L tem potencial para contaminar as águas subterrâneas. Na realidade, pesticidas e solubilidade de água inferior a 3 mg/L foram encontrados em águas subterrâneas, de modo que este não é garantia (1).

Quadro 15 – Potencial para contaminação do meio solo/água frente ao agrotóxico 2,4D

| SOLOS | Balanço das propriedades do 2,4D frente ao meio solo/água | | | | Potencial para contaminação do meio solo/água frente ao 2,4D | | | |
|-------|---|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|--|----------|---------------------|------------------|
| | Para o solo | Para o Lençol | | | | Solos | Água Subsuperficial | Água Superficial |
| | | Qd. Meio solo é hidrolítico | Qd. Meio solo é aeróbico | Qd. Meio solo é anaeróbico | Qd. Meio solo é de transição (aeróbico/anaeróbico) | | | |
| Ad1 | alto | | | alto | | A | A | A |
| AQd | baixo | alto | | | | B | A | B |
| Ca8 | médio | | | | médio | B | A | A |
| Ca15 | baixo | | | | médio | B | A | M |
| Ca21 | médio | | | | médio | B | A | M |
| Ca29 | alto | | | | médio | M | M | M |
| Cd1 | médio | | | | médio | B | A | A |
| Cd6 | baixo | | | | baixo | B | A | A |
| HGPd2 | alto | | | alto | | A | A | A |
| HOd | alto | | | baixo | | A | A | M |
| LEa2 | baixo | alto | | | | M | A | B |
| LEa5 | baixo | médio | | | | M | M | B |
| LEd7 | baixo | | alto | | | B | A | B |
| LEd12 | baixo | | alto | | | B | A | B |

A = Alto; M = Médio e B = Baixo

Valores de GUS para o 2,4D em meio hidrolítico = 1,92

Valores de GUS para o 2,4D em meio aeróbico = 6,80

Valores de GUS para o 2,4D em meio anaeróbico = 11,20

Valores de solubilidade = 27,644

- Pluviosidade e balanço hídrico

Os dados referentes à distribuição média temporal das chuvas (Tab. 2) foram obtidos a partir das informações constantes no banco de dados MSDHD – Microsistema de Dados Hidrometeorológicos do acervo do DNAEE – Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica. Na seleção dos dados pluviométricos privilegiou-se as estações/postos pluviométricos com os maiores períodos de observação (series superiores a 15 anos), além de sua expressão espacial na bacia e seu entorno. Essas estações/postos pluviométricos estão georreferenciados por coordenadas geográficas no banco de dados. A partir das informações de latitude e longitude das estações/postos eles foram inseridos no software SPRING, objetivando espacializar sua localização e as informações de cada um.

Tabela 2 – Precipitação pluviométrica média anual

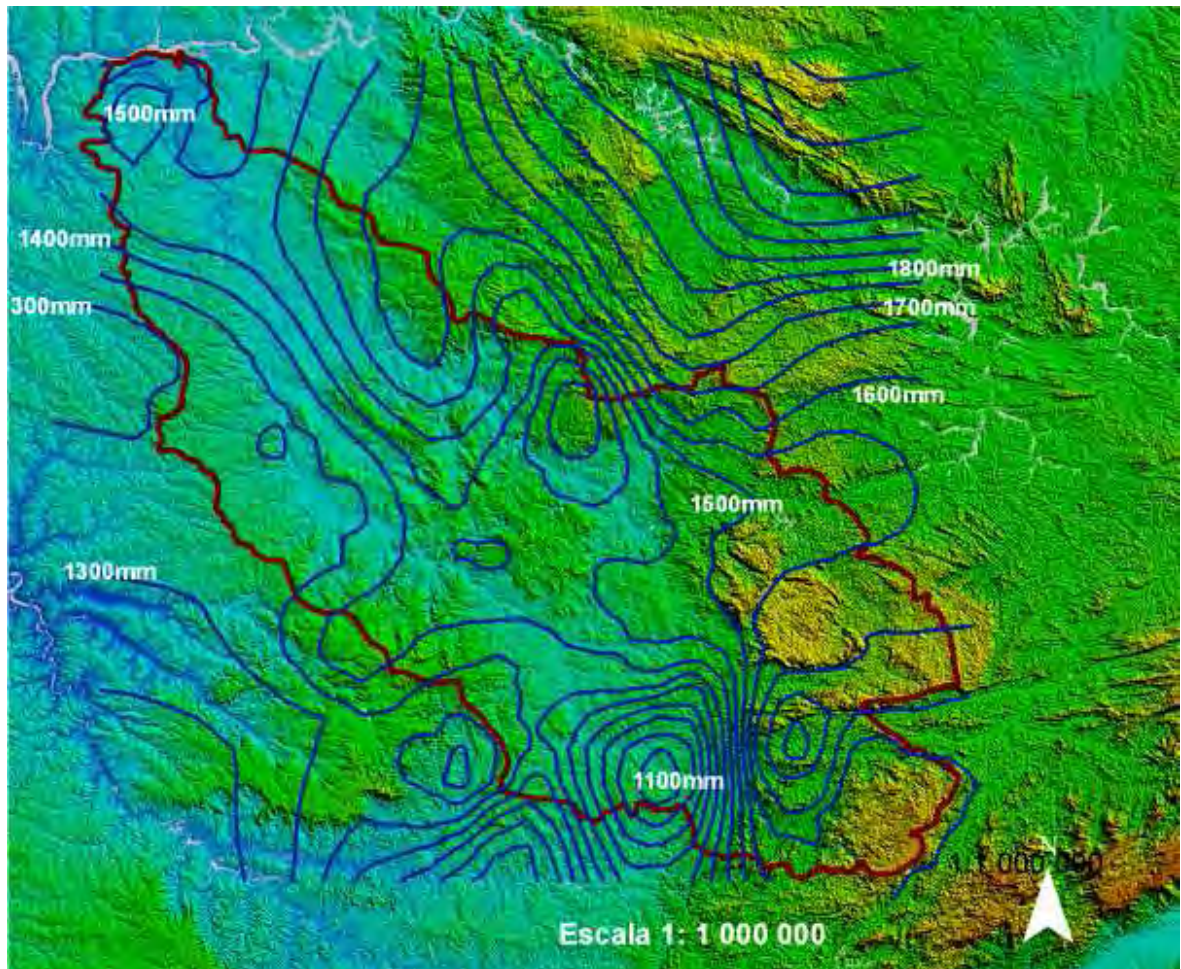
| COD | PERIODO-SERIE | TOTAL ANUAL | PER. CHUV | TOTAL | % | TRIMESTR - TOTAL(mm) | % | PER. SECO | TRIMESTRE | TOTAL (mm) | % |
|---------|---------------|-------------|-------------|--------|----|----------------------|-------|-----------|-----------|------------|------|
| 2047032 | 1986/97 | 1621.5 | OUT/ABR (7) | 1399.8 | 86 | DEZ/FEV | 764.8 | JUN/AGO | JUN/AGO | 82.3 | 10.7 |
| 2048002 | 1981/97 | 1403.0 | OUT/MAR (6) | 1175.4 | 83 | DEZ/FEV | 699.8 | MAI/SET | JUN/AGO | 55.6 | 4.7 |
| 2048003 | 1986/82 | 1433.8 | OUT/MAR (6) | 1223.5 | 85 | NOV/JAN | 691.2 | MAI/SET | JUN/AGO | 52.9 | 3.4 |
| 2048004 | 1987/97 | 1438.6 | OUT/MAR (6) | 1189.7 | 83 | DEZ/FEV | 693.4 | MAI/SET | JUN/AGO | 54.8 | 3.8 |
| 2048011 | 1988/97 | 1421.7 | OUT/MAR (6) | 1165.5 | 82 | DEZ/FEV | 688.5 | MAI/SET | JUN/AGO | 63.7 | 5.5 |
| 2048020 | 1980/97 | 1444.8 | OUT/MAR (6) | 1208.2 | 84 | DEZ/FEV | 728.9 | MAI/SET | JUN/AGO | 64.8 | 4.5 |
| 2048033 | 1983/97 | 1493.4 | OUT/MAR (6) | 1197.3 | 80 | DEZ/FEV | 712.3 | MAI/AGO | JUN/AGO | 84.2 | 5.7 |
| 2048090 | 1982/97 | 1504.5 | OUT/MAR (6) | 1250.5 | 83 | DEZ/FEV | 754.3 | MAI/SET | JUN/AGO | 60.5 | 4 |
| 2048091 | 1982/97 | 1558.7 | OUT/ABR (7) | 1406.9 | 90 | DEZ/FEV | 779.7 | MAI/SET | JUN/AGO | 63.7 | 5.5 |
| 2048092 | 1982/97 | 1485.1 | OUT/MAR (6) | 1226.1 | 83 | DEZ/FEV | 734.5 | MAI/SET | JUN/AGO | 56.3 | 3.8 |
| 2048093 | 1982/97 | 1392.6 | OUT/MAR (6) | 1121 | 80 | DEZ/FEV | 711.1 | MAI/SET | JUN/AGO | 64 | 4.6 |
| 2146001 | 1986/97 | 1447.2 | OUT/MAR (6) | 1147.6 | 79 | DEZ/FEV | 682.6 | JUN/AGO | JUN/AGO | 75.8 | 5.2 |
| 2146013 | 1970/97 | 1450.9 | OUT/MAR (6) | 1154.6 | 80 | DEZ/FEV | 682 | JUN/AGO | JUN/AGO | 95.8 | 6.7 |
| 2146026 | 1970/97 | 1608.3 | OUT/MAR (6) | 1255.6 | 78 | NOV/JAN | 750.5 | JUN/AGO | JUN/AGO | 90.3 | 5.6 |
| 2146028 | 1988/97 | 1552.4 | OUT/MAR (6) | 1213.4 | 78 | DEZ/FEV | 728.8 | JUN/AGO | JUN/AGO | 85.6 | 5.5 |
| 2146029 | 1988/97 | 1560.7 | OUT/MAR (6) | 1235.2 | 79 | DEZ/FEV | 752.2 | JUN/AGO | JUN/AGO | 90.3 | 5.8 |
| 2146030 | 1975/97 | 1526.6 | OUT/MAR (6) | 1210.8 | 79 | DEZ/FEV | 733.9 | JUN/AGO | JUN/AGO | 76 | 4.9 |
| 2146080 | 1987/97 | 1560.3 | OUT/MAR (6) | 1253.8 | 80 | DEZ/FEV | 741.9 | JUN/AGO | JUN/AGO | 65.3 | 4.2 |
| 2146081 | 1987/97 | 1591.2 | OUT/ABR (7) | 1359.5 | 85 | DEZ/FEV | 736.4 | JUN/AGO | JUN/AGO | 74.1 | 4.7 |
| 2147011 | 1987/97 | 1450.3 | OUT/MAR (6) | 1161.2 | 80 | DEZ/FEV | 701.2 | MAI/AGO | JUN/AGO | 81.3 | 5.6 |
| 2147022 | 1986/97 | 1470.1 | OUT/MAR (6) | 1183.4 | 80 | DEZ/FEV | 690.8 | MAI/AGO | JUN/AGO | 83.6 | 5.7 |
| 2147034 | 1987/97 | 1431.2 | OUT/MAR (6) | 1133 | 79 | DEZ/FEV | 656.3 | MAI/AGO | JUN/AGO | 93.2 | 6.5 |
| 2147035 | 1986/97 | 1436.1 | OUT/MAR (6) | 1096.7 | 76 | DEZ/FEV | 660 | JUN/AGO | JUN/AGO | 83.5 | 5.8 |
| 2147165 | 1981/97 | 1435.1 | OUT/MAR (6) | 1148.1 | 80 | DEZ/FEV | 668.9 | JUN/AGO | JUN/AGO | 76.6 | 5.3 |
| 2148050 | 1986/97 | 1388.7 | OUT/MAR (6) | 1125.7 | 81 | DEZ/FEV | 676.3 | MAI/SET | JUN/AGO | 72.4 | 5.3 |
| 2148053 | 1980/80 | 1296.6 | OUT/MAR (6) | 1064.5 | 82 | DEZ/FEV | 669.3 | ABR/SET | JUN/AGO | 81.4 | 6.3 |
| 2246003 | 1986/97 | 1414.4 | OUT/MAR (6) | 1114.6 | 79 | DEZ/FEV | 666.6 | JUN/AGO | JUN/AGO | 93.3 | 6.6 |
| 2246009 | 1986/97 | 1061.1 | NOV/MAR (5) | 723.7 | 68 | DEZ/FEV | 476.9 | MAI/SET | JUN/AGO | 84.2 | 8 |
| 2246052 | 1973/97 | 1732.1 | OUT/ABR (7) | 1487.2 | 86 | DEZ/FEV | 831.2 | JUN/AGO | JUN/AGO | 139.3 | 8 |
| 2246056 | 1986/97 | 1494.2 | OUT/MAR (6) | 1107.4 | 74 | DEZ/FEV | 652.1 | MAI/AGO | JUN/AGO | 113.3 | 7.6 |
| 2246131 | 1981/97 | 1281.6 | OUT/MAR (6) | 1120.5 | 87 | DEZ/FEV | 649.7 | JUN/AGO | JUN/AGO | 86.2 | 6.7 |
| 2247054 | 1986/97 | 1670.5 | OUT/MAR (6) | 1358.6 | 81 | DEZ/FEV | 848 | JUN/AGO | JUN/AGO | 82.9 | 5 |

Fonte: DNAEE. Microsistema de Dados Hidrometeorológicos

Após o tratamento de consistência dos dados das estações e postos pluviométricos da bacia, eles foram inseridos no software ArcGIS a partir de suas latitudes e longitudes (X e Y). Para que essas informações pudessem ter melhor expressão espacial, buscou-se um modelo de interpolação de pontos no plano xy que fosse de fácil manipulação para agregar as informações na base de dados. Como o software ArcGIS apresenta vários interpoladores, foram realizados estudos preliminares com cada um dos métodos, sendo o método Spline o que melhor refletiu a distribuição espacial média das chuvas na bacia. Esse método agrega os dados definindo curvas interpoladas aos pontos de longitude e latitude, de forma mais suave que os demais. No entanto, pela sua automação, o delineamento dos traçados resultantes demandou ajustes ao relevo regional, fator importante na distribuição das chuvas, objetivando obter uma melhor expressão espacial da dinâmica das chuvas anuais, bem como para suavizar o traçado das curvas (Fig. 13).

A interpolação no software, pelo método spline, foi rapidamente produzida, reduzindo significativamente o tempo de trabalho anteriormente realizado de forma manual e, por não exigir sistemas muito complexos, responde eficazmente na elaboração de curvas interpoladoras.

Figura 13 – Distribuição Média Anual das chuvas. Período 1960-1997



Para a análise do balanço hídrico da bacia foram coletados dados no Banco de Dados Climáticos do Brasil (<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/index.php?UF=sp>), porém a quantidade de informações ali disponíveis para a área foram insuficientes para analisar a deficiência e o excesso de água e correlacioná-los com a dinâmica dos agrotóxicos. Embora não tenha sido possível construir cartogramas que representassem a distribuição espacial da deficiência e excesso hídricos os dados foram incorporados ao banco de dados do Rio Pardo.

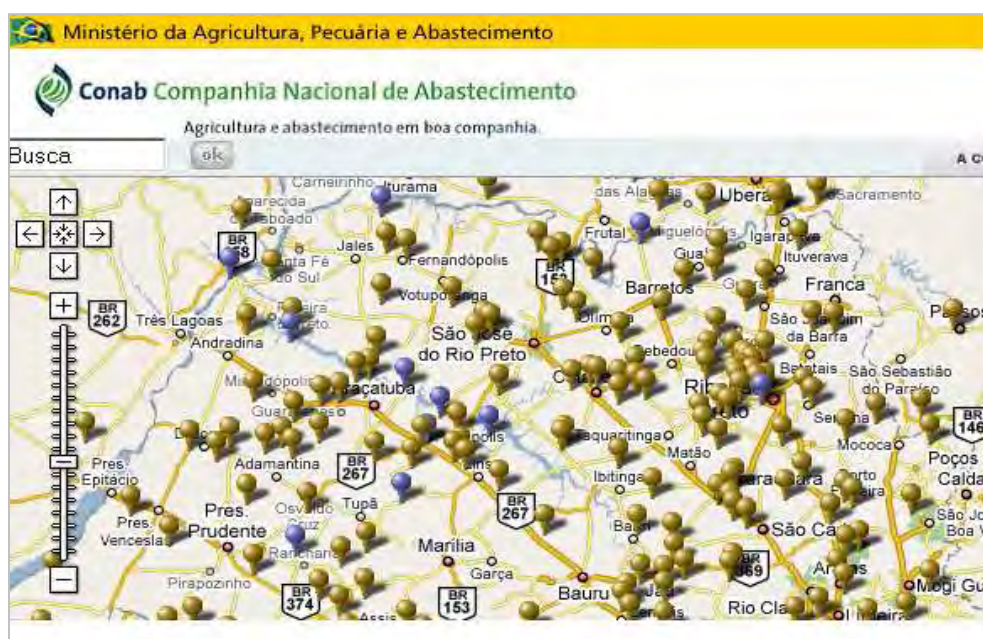
Terceira etapa: Nesta etapa se tratou de dados que compõem as séries estatísticas inseridas nesse banco. Esses dados têm origem em diferentes bases de dados, tais como as do IBGE (www.ibge.gov.br), das Secretarias Estaduais de Agricultura, do Planejamento, da Saúde, entre outras, dos estados de São Paulo e Minas Gerais. Esses dados se referem à área dos estabelecimentos agropecuários com cultivo da

cana-de-açúcar, por setor censitário (IBGE), área de cultivo da cana por município (CANASAT); população residente; densidade populacional (Censo Demográfico, 2000) e população ocupada na lavoura (Censo Agropecuário, 2006). Para apoiar a utilização desses dados foram selecionados arquivos das bases cartográficas do IBGE (www.ibge.gov.br/cartografia), etc. Esses dados também se encontram disponíveis no banco de dados e foram fundamentais para ratificar o mapeamento do uso da terra, realizado a partir das imagens de satélite, assim como possibilitaram identificar a densidade populacional da bacia. Permitem também correlacionar a quantidade de pessoas com o potencial de contaminação por tipo de agrotóxico.

Quarta etapa: Informações pontuais sobre a localização das usinas e destilarias e estações e postos pluviométricos

Também foram inseridas no banco informações pontuais referentes à localização das usinas e destilarias na forma de tabela, contendo as coordenadas geográficas de cada uma (www.anp.gov.br), bem como os pontos referentes às estações e postos pluviométricos. A localização das unidades produtoras de açúcar e álcool (Fig. 14) pode apoiar análises de impacto de seus rejeitos no meio ambiente. Sua localização, indiretamente, aponta para uma área core do cultivo da cana-de-açúcar.

Figura 14 – Localização das Usinas de Açúcar e Álcool na bacia do Rio Pardo



Fonte: <http://geote.conab.gov.br/pagina/usinasgoogle.php>

5.2 – Estruturação do banco de dados

Conforme o roteiro inicial, apresentado na figura 7, sobre a organização do sistema de informação geográfica da bacia do Rio Pardo é necessário que os dados sejam inseridos no banco antes de serem manipulados. Para tal é necessário que eles estejam apoiados em uma estrutura que favoreça a formulação e execução de consultas ajustando-se ao modelo conceitual definido. A organização dos dados e das informações é fundamental para que sejam estabelecidos os protocolos de manipulação dessas consultas, definindo o modelo lógico que está apoiado nos aplicativos do ArcGIS Server, 9.2.

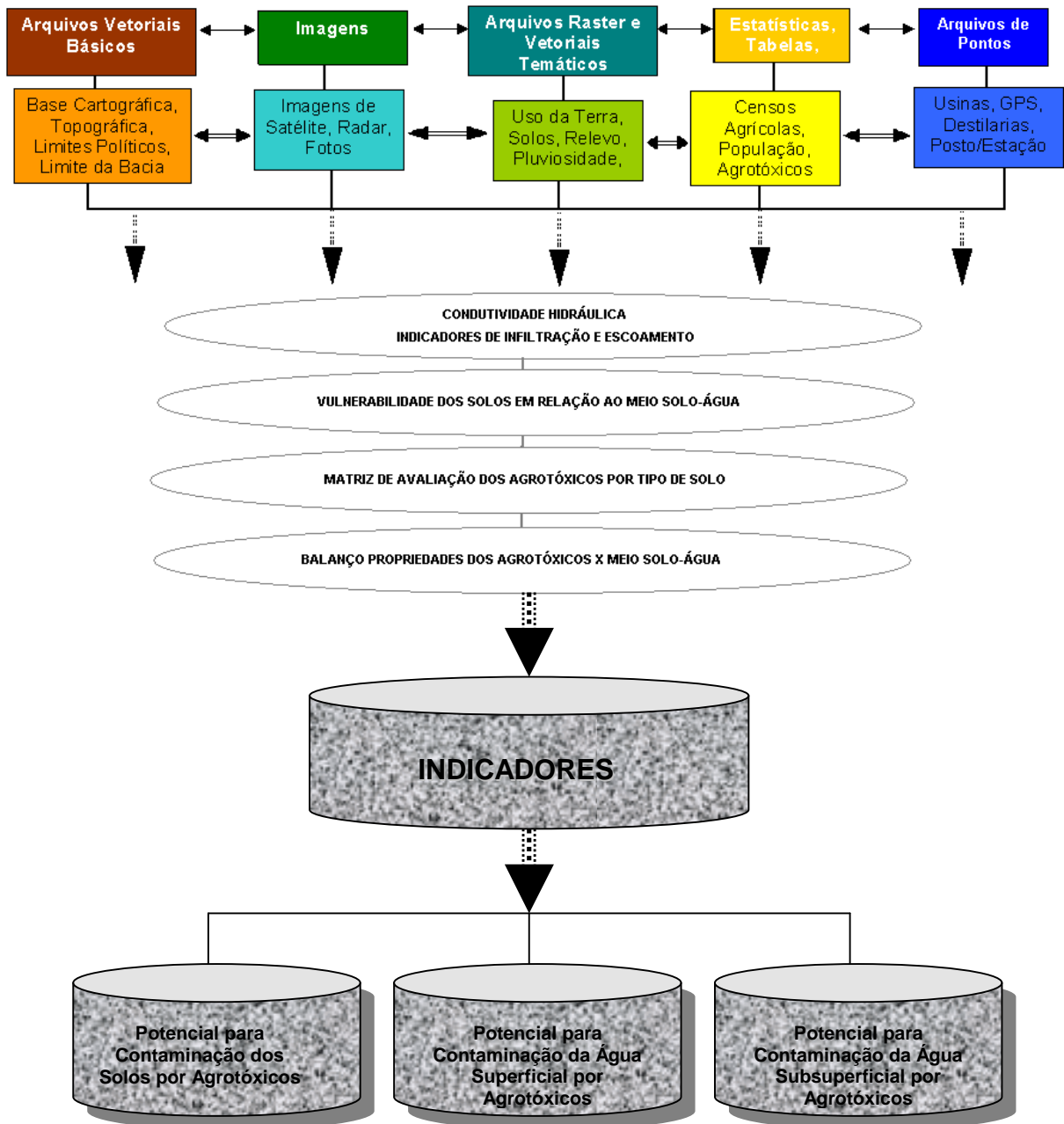
A representação gráfica do modelo apresentado na figura 15 define o modelo físico (MER) e busca apresentar esta estrutura ao leitor, e orientar apontando para as possibilidades de relacionamentos modeladas. Nessa modelagem, os relacionamentos associam duas ou mais entidades (N,N) ou (M,N).

5.2.1 – Formulação das consultas

Esta fase é referente às consultas que podem ser desenvolvidas quando se deseja construir um indicador, um novo produto ou apenas analisar relações entre variáveis no banco, através da manipulação de planos de informação. As consultas são feitas relacionando-se variáveis para se produzir indicadores, sejam referentes ao potencial para contaminação do meio ambiente da cana-de-açúcar por alguma das substâncias inseridas no banco, sejam relacionando classes de uso com determinado agroquímico, ou ainda relacionando essas informações com estatísticas da população ou de saúde.

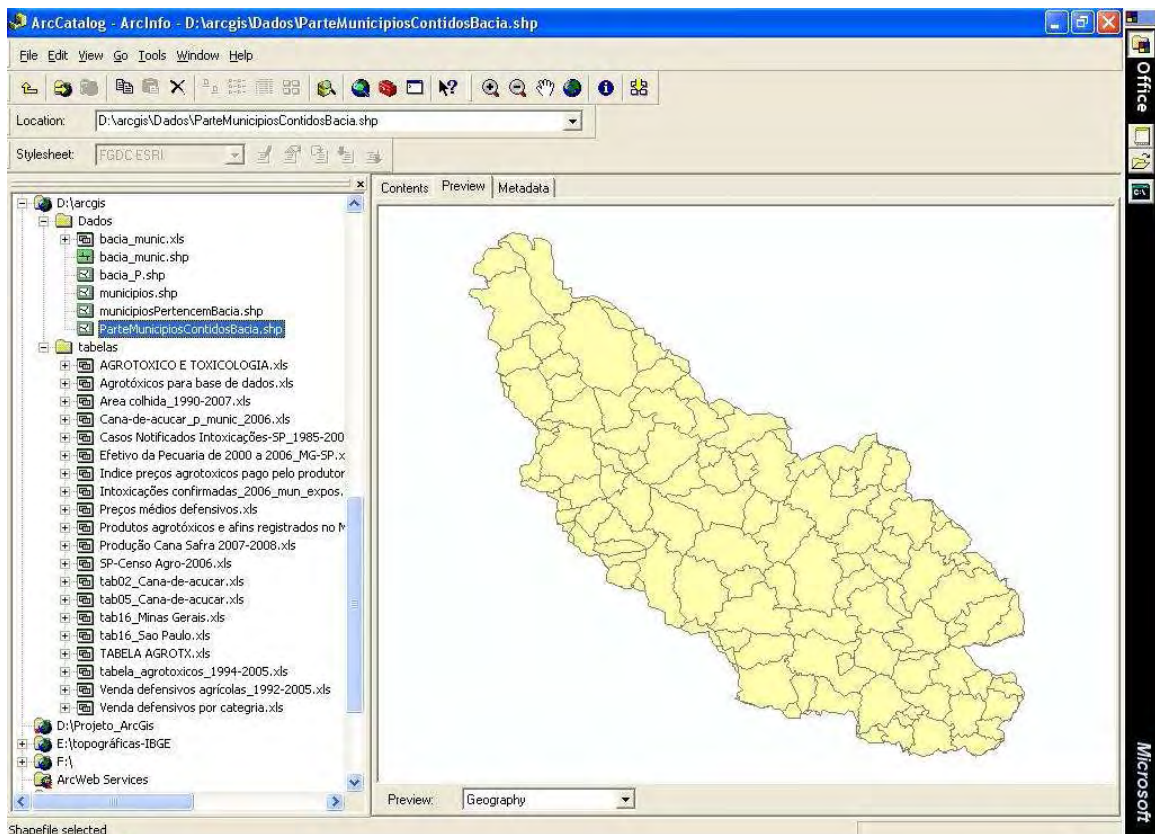
Nessa fase, através do aplicativo ArcGIS 9.2, a formulação das consultas para produção de indicadores permite que as informações inseridas no banco de dados geográfico sejam analisadas de forma binária ou ternária, segundo o interesse, ou em conjuntos de agregações para que indicadores mais complexos possam ser produzidos.

Figura 15 – Estrutura do Banco de Dados



Em seu desenho, conforme já enunciado, foram introduzidas varias camadas, ou planos de informação, que incluem arquivos *raster*, como classificações de uso, arquivos vetoriais, arquivos de pontos (Fig. 16).

Figura 16 – O SIG e as camadas de informação



Para a construção das consultas foram utilizadas ferramentas disponíveis no programa ArGIS, conforme os passos apresentados nas figuras, 17, 18 e 19:

- Passo 1: ferramenta *join* (união): esta ferramenta possibilita juntar os arquivos e salvá-los em formato shape (Fig.17). Para isso é importante que as tabelas referentes a esses arquivos tenham os mesmos códigos de referência, para tornar possível a ligação e a construção dos indicadores. A figura 18 exemplifica o passo 2 da consulta em que se utiliza o *join* entre a tabela de potencial para contaminação dos solos, água superficial e água subsuperficial pela ametrina, segundo os tipos de solos para gerar as classes de potencial. A figura 19 demonstra o passo 3, onde a consulta é propriamente definida e onde é possível cartografar as classes de potencial para contaminação, por classes de potencial (baixo, médio e alto), por tipo de substância e segundo os tipos de solos. Para tal utiliza-se a ferramenta “select” para o potencial contaminação dos solos alta; ou “select” para o potencial contaminação dos solos média, ou “select” para o potencial contaminação dos solos baixa.

Figura 17 – Passo 1

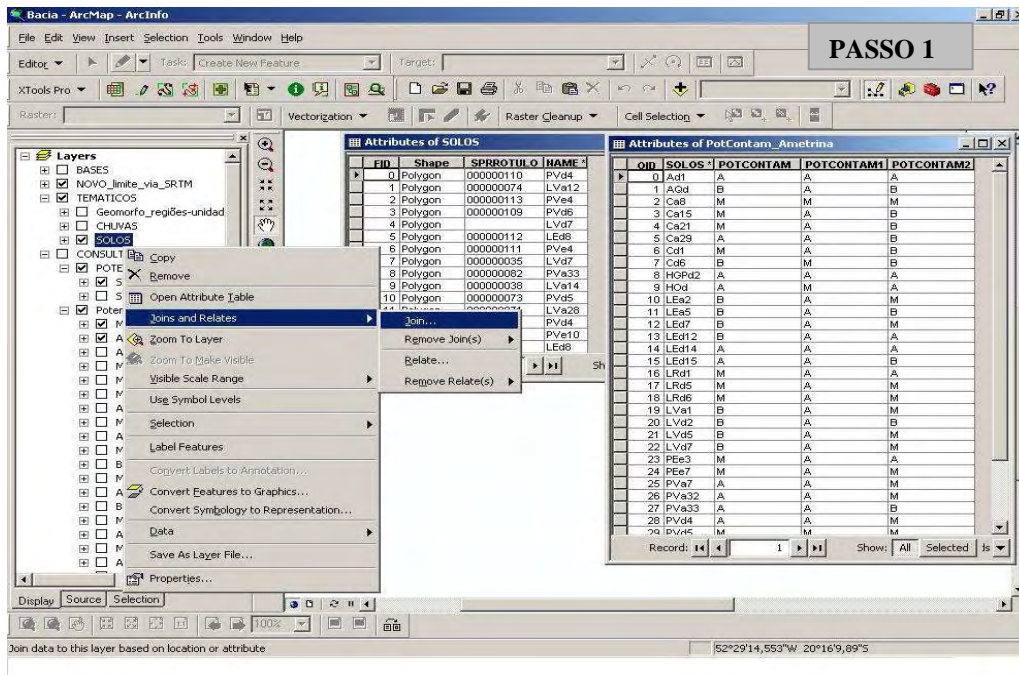


Figura 18 – Passo 2

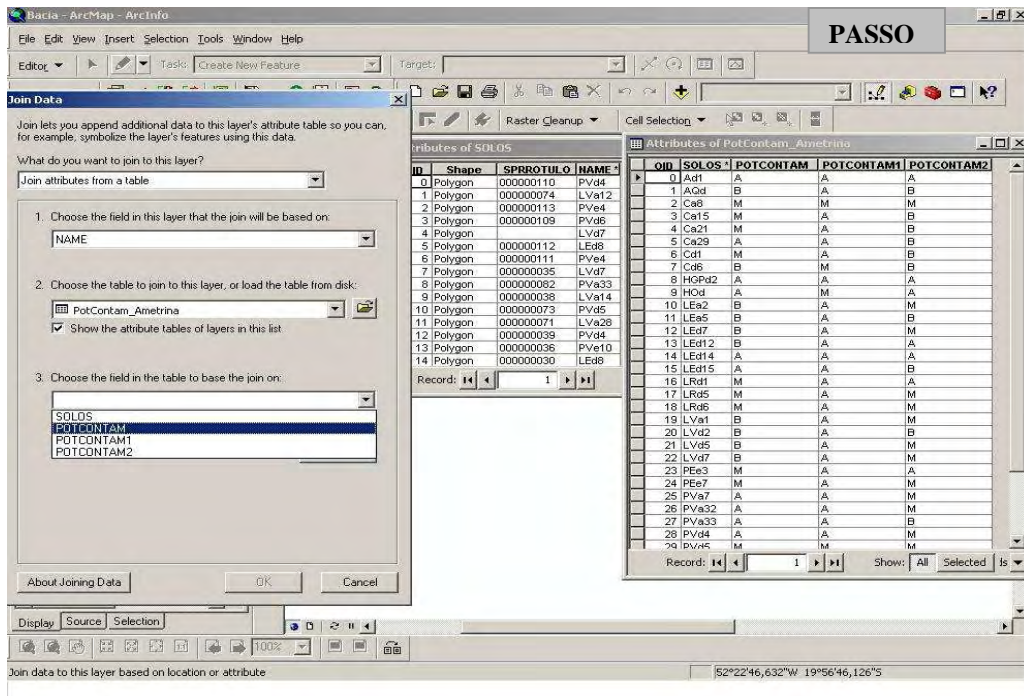


Figura 19 – Passo 3

The screenshot displays the ArcMap interface with the following components:

- Table of Contents:** Shows a tree view with layers like 'TEMATICOS', 'SOLOS', and 'POTENCIAL DE CONTAMINACAO'.
- Attributes of SOLOS Table:**

| solos_poligon.NAME | PotContam_Ametrina.OID | PotContam_Ametrina.SOLOS | PotContam |
|--------------------|------------------------|--------------------------|-----------|
| PVd4 | 28 | PVd4 | A |
| LVa12 | <Null> | <Null> | <Null> |
| PVe4 | 32 | PVe4 | M |
| PVd6 | <Null> | <Null> | <Null> |
| LVd7 | 22 | LVd7 | B |
| LEd8 | <Null> | <Null> | <Null> |
| PVe4 | 32 | PVe4 | M |
| LVd7 | 22 | LVd7 | B |
| PVa33 | 27 | PVa33 | A |
| LVa14 | <Null> | <Null> | <Null> |
| PVa5 | 29 | PVa5 | M |
| LVa28 | <Null> | <Null> | <Null> |
| PVd4 | 28 | PVd4 | A |
| PVe10 | <Null> | <Null> | <Null> |
- Select By Attributes Dialog:**
 - Layer: SOLOS
 - Method: Create a new selection
 - Expression: "solos_poligon.NAME"
 "PotContam_Ametrina.OID"
 "PotContam_Ametrina.SOLOS"
 "PotContam_Ametrina.POTCONTAM_1"
 "PotContam_Ametrina.POTCONTAM1"
 "PotContam_Ametrina.POTCONTAM2"
 - Operator: =
 - Value: NULL
 - SQL Statement: SELECT * FROM solos_poligon_PotContam_Ametrina WHERE: "PotContam_Ametrina.POTCONTAM_1" = 'A'
- Map View:** Shows a spatial distribution of soil types with a color-coded legend. A 'PASSO 3' label is overlaid on the map area.

O objetivo da demonstração dessas consultas foi discutir a potencialidade do banco para realizar relacionamentos entre suas variáveis inseridas e permitir a espacialização destes cruzamentos. Essa espacialização permite avaliar o adensamento e a extensão da contaminação do meio ambiente da cana-de-açúcar pelos agrotóxicos. Entende-se por adensamento quando uma dada área contém contaminação por mais de um (1) tipo de agrotóxico.

As características dos solos e as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos foram organizadas em uma planilha, cujos dados foram correlacionados de maneira analógica para fornecer os indicadores do potencial para a contaminação do meio solo/água pelos agrotóxicos. A partir desses indicadores é possível avaliar a que tipo de risco determinada área ou região está submetida, especialmente quando nelas ocorre classe com alto potencial para contaminação do meio solo/água pelos agrotóxicos. Dessa forma, a proposta do banco fornece a abertura de novas “frentes” de análises, inclusive para a indicação de testes laboratoriais, quando de interesse do usuário. O banco assim se configura como uma primeira possibilidade de abordagem para as avaliações de risco.

A planilha pode ser utilizada pelos usuários para replicar o modelo usado de modo que algumas informações pudessem ser discriminadas e correlacionadas umas às outras, para que fosse possível a construção de indicadores do potencial para contaminação. Alguns desses indicadores são apresentados na forma de cartogramas, como anteriormente referidos, para que se pudesse visualizar a extensão espacial da distribuição do potencial para contaminação espacialmente, na área da cana da bacia do Rio Pardo.

Embora tenham sido produzidas algumas consultas prévias para 11 substâncias, como exemplificadas nos conjuntos de cartogramas apresentados nas figuras 20 a 30, isto não exclui a possibilidade de outras consultas serem definidas, de acordo com o interesse do usuário. As possibilidades de se estabelecer relações (cruzamentos) de informações existentes no banco poderão gerar uma série de novos indicadores. Tais indicadores, já construídos, constituem uma das chaves de acesso às análises do banco de dados.

Figura 20 – Potencial de Contaminação por Acetator

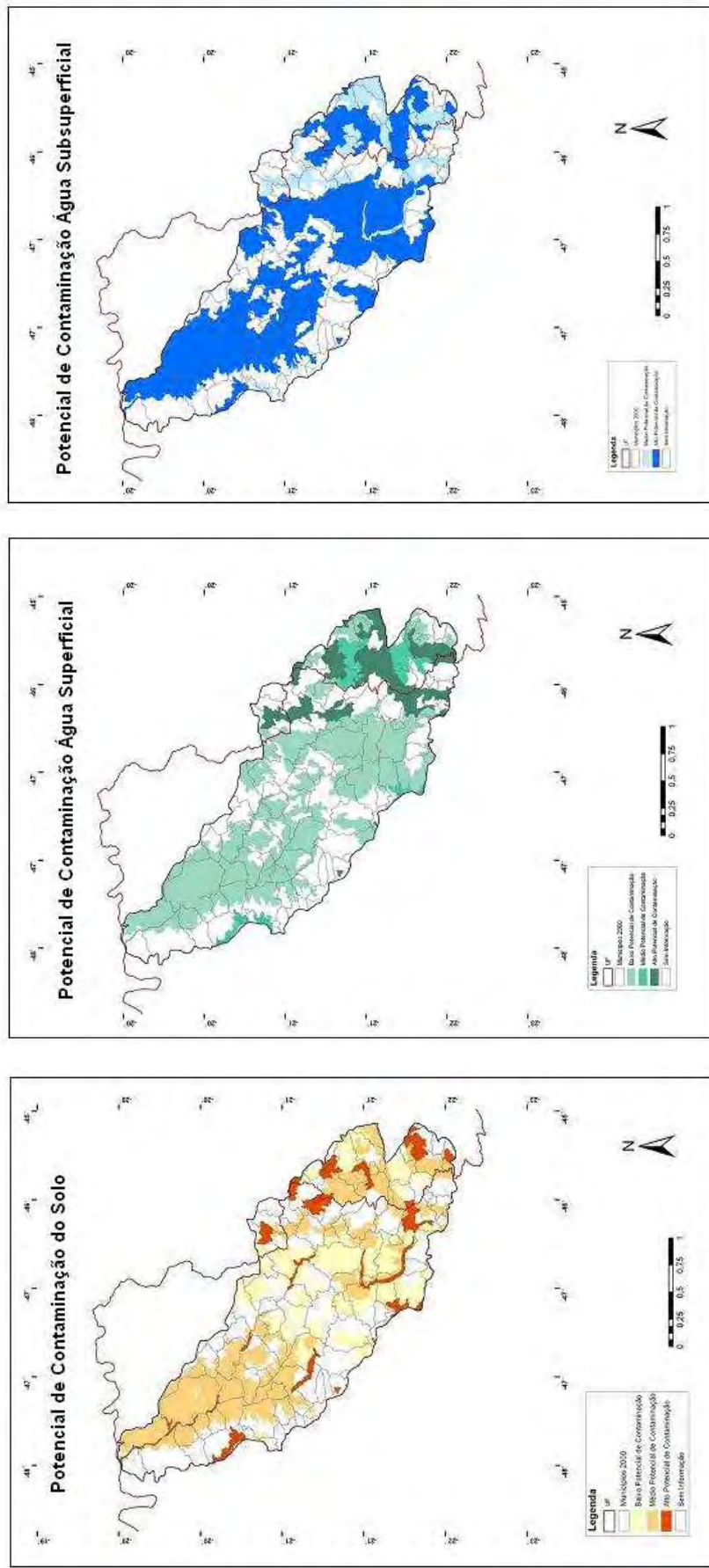


Figura 21 – Potencial de Contaminação por Ametrina

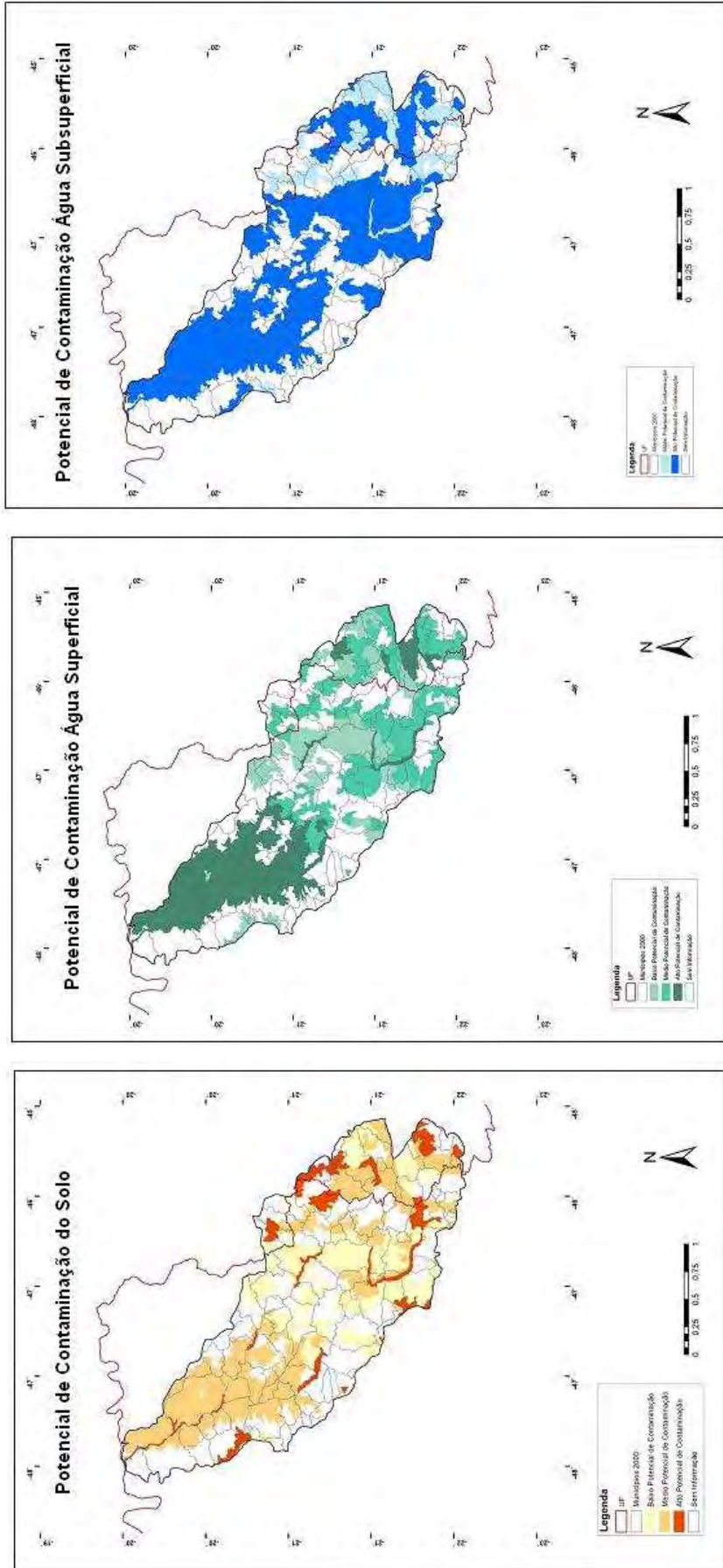


Figura 22 – Potencial de Contaminação por Diurom

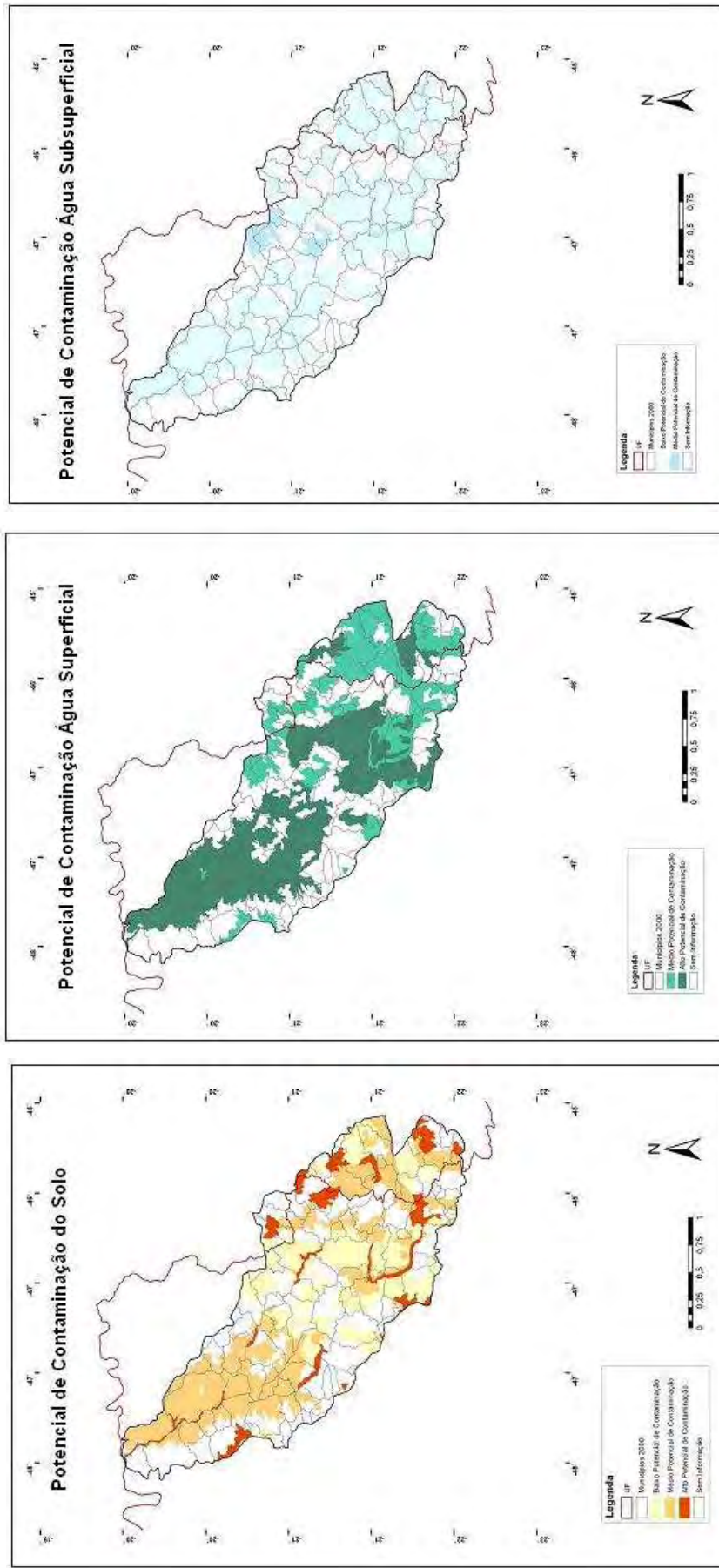


Figura 23 – Potencial de Contaminação por Endossulfam

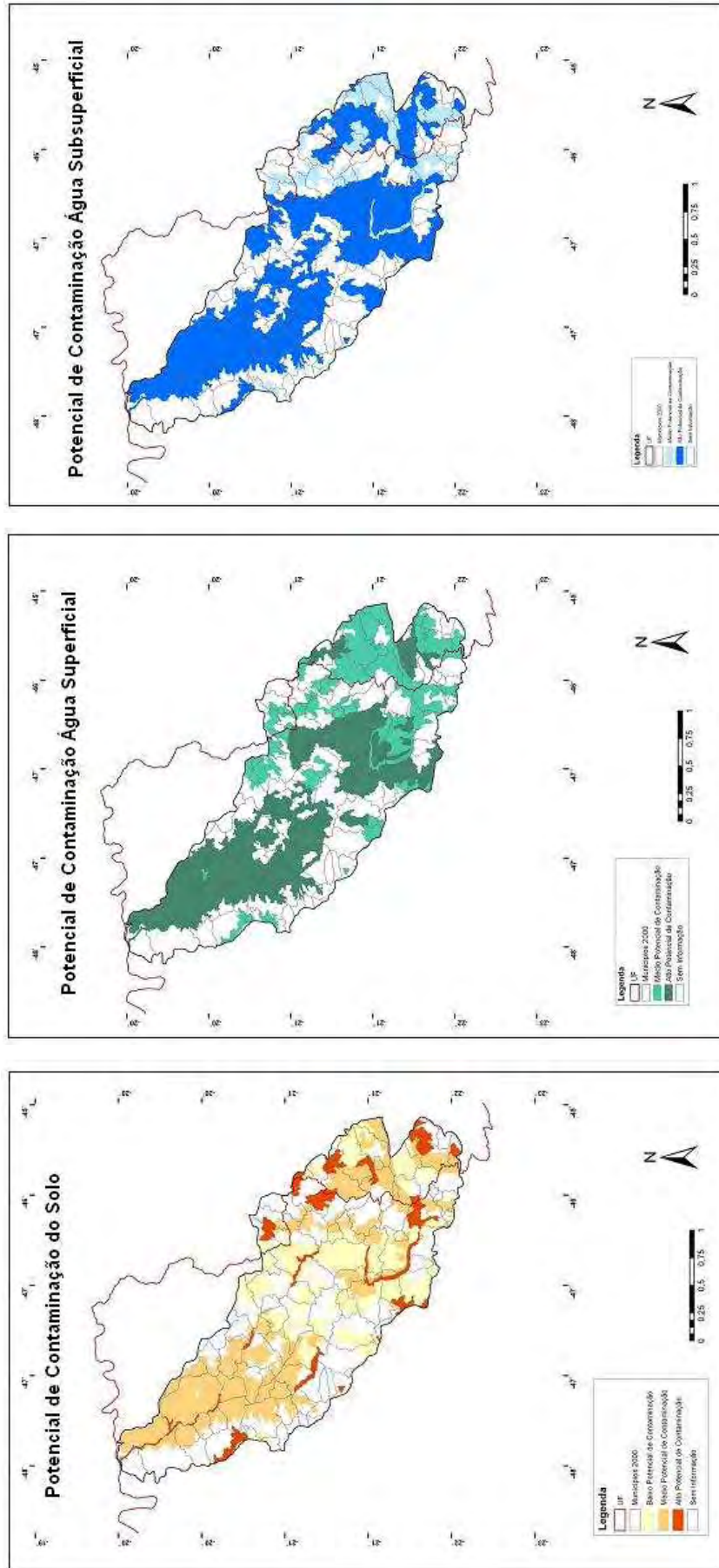


Figura 24 – Potencial de Contaminação por Flumyzim

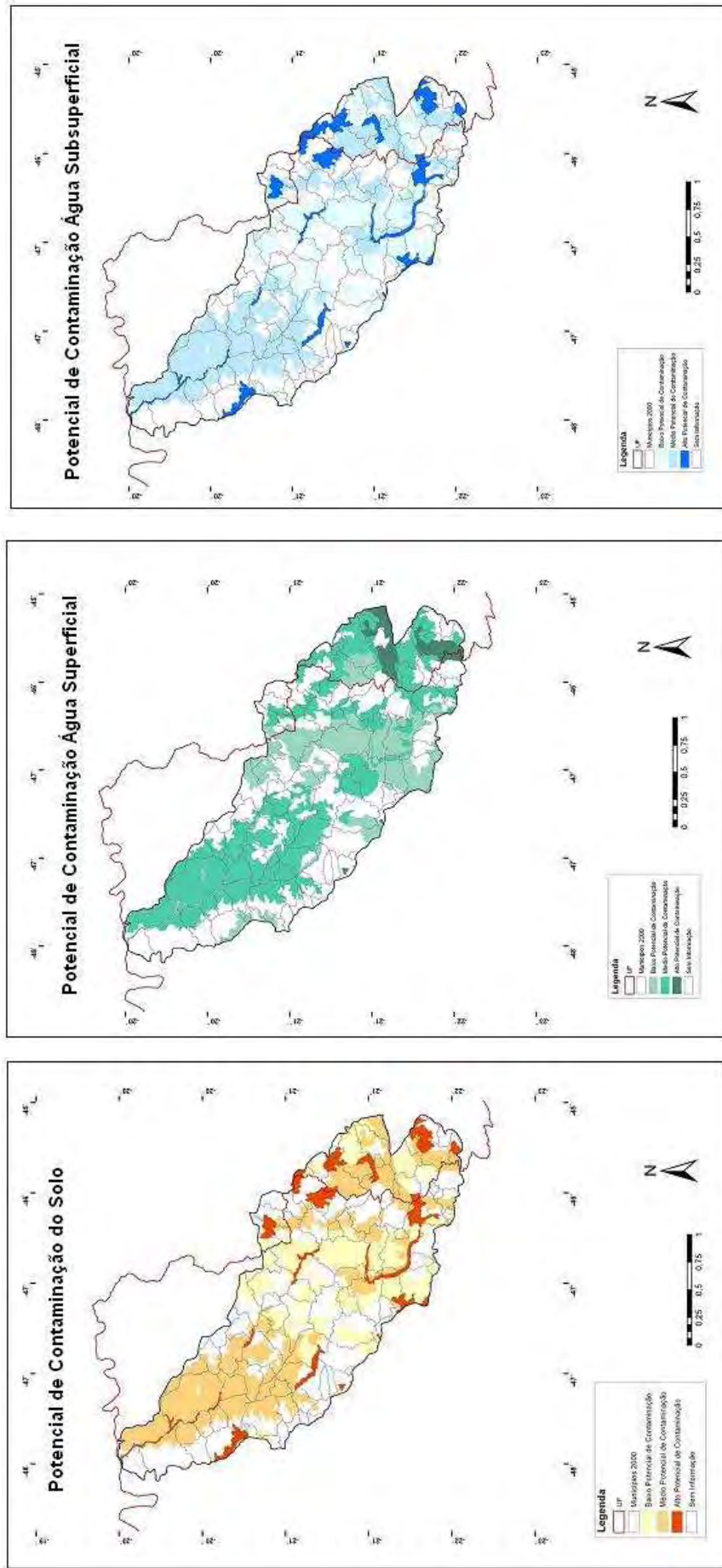


Figura 25 – Potencial de Contaminação por Hexazinone

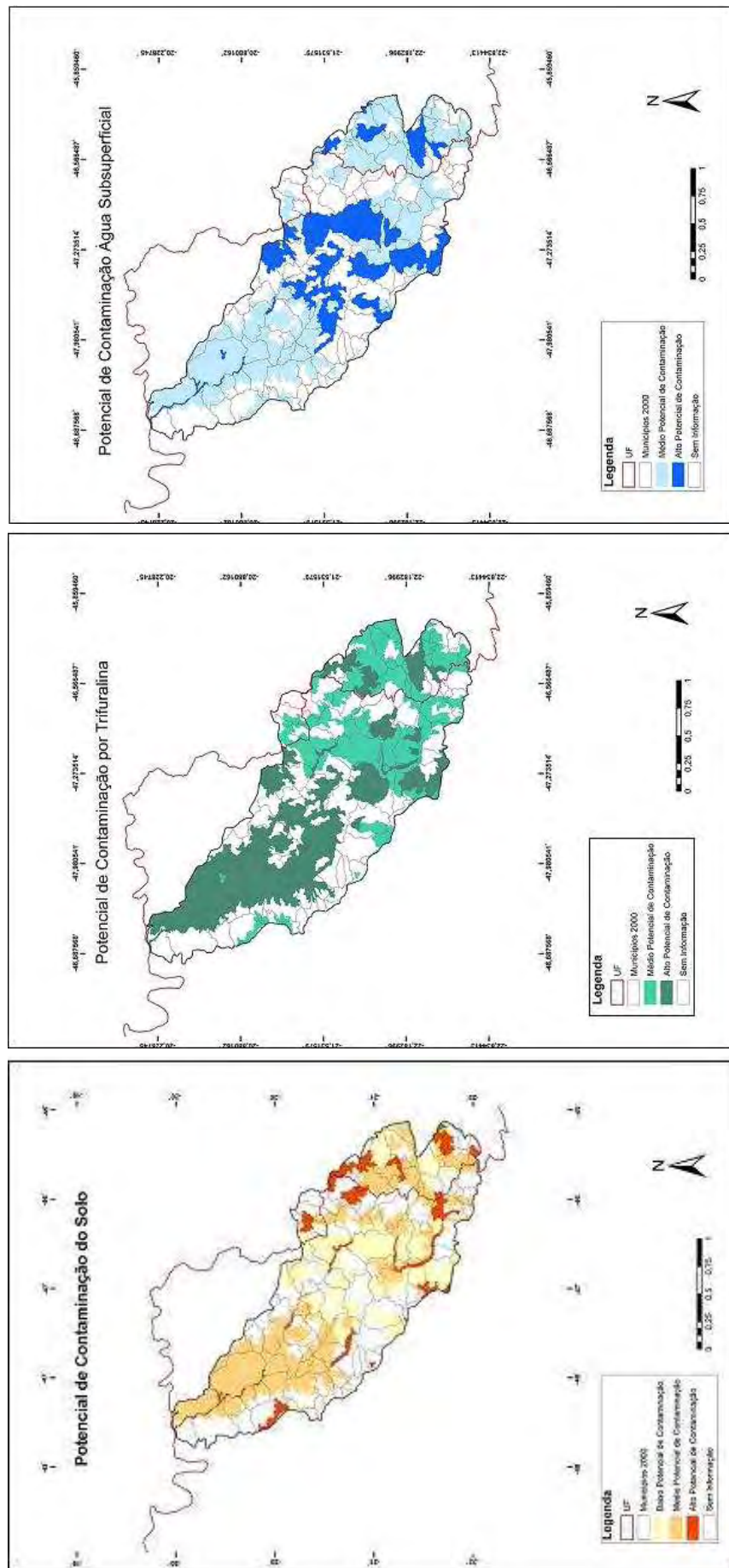


Figura 26 – Potencial de Contaminação por MSMA

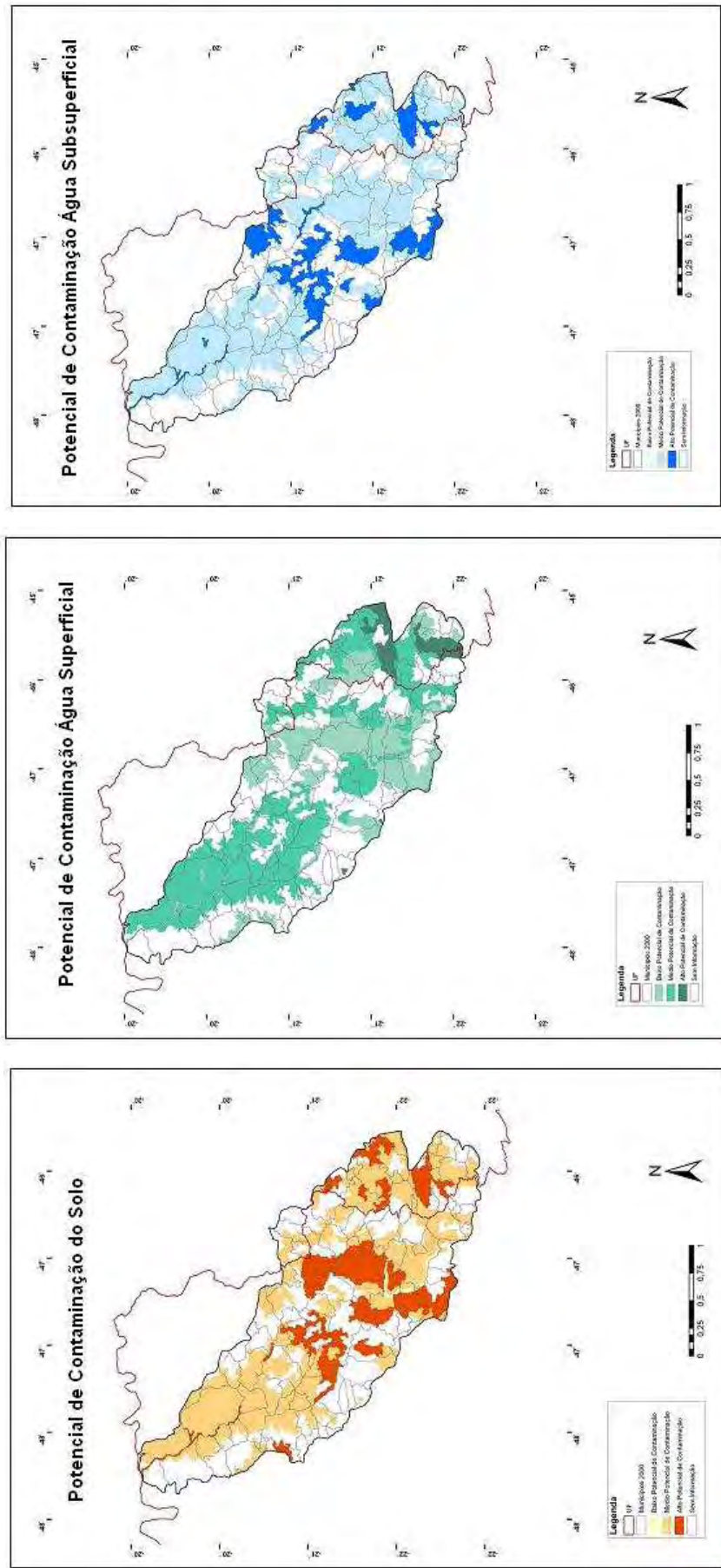


Figura 27 – Potencial de Contaminação por Paraquate

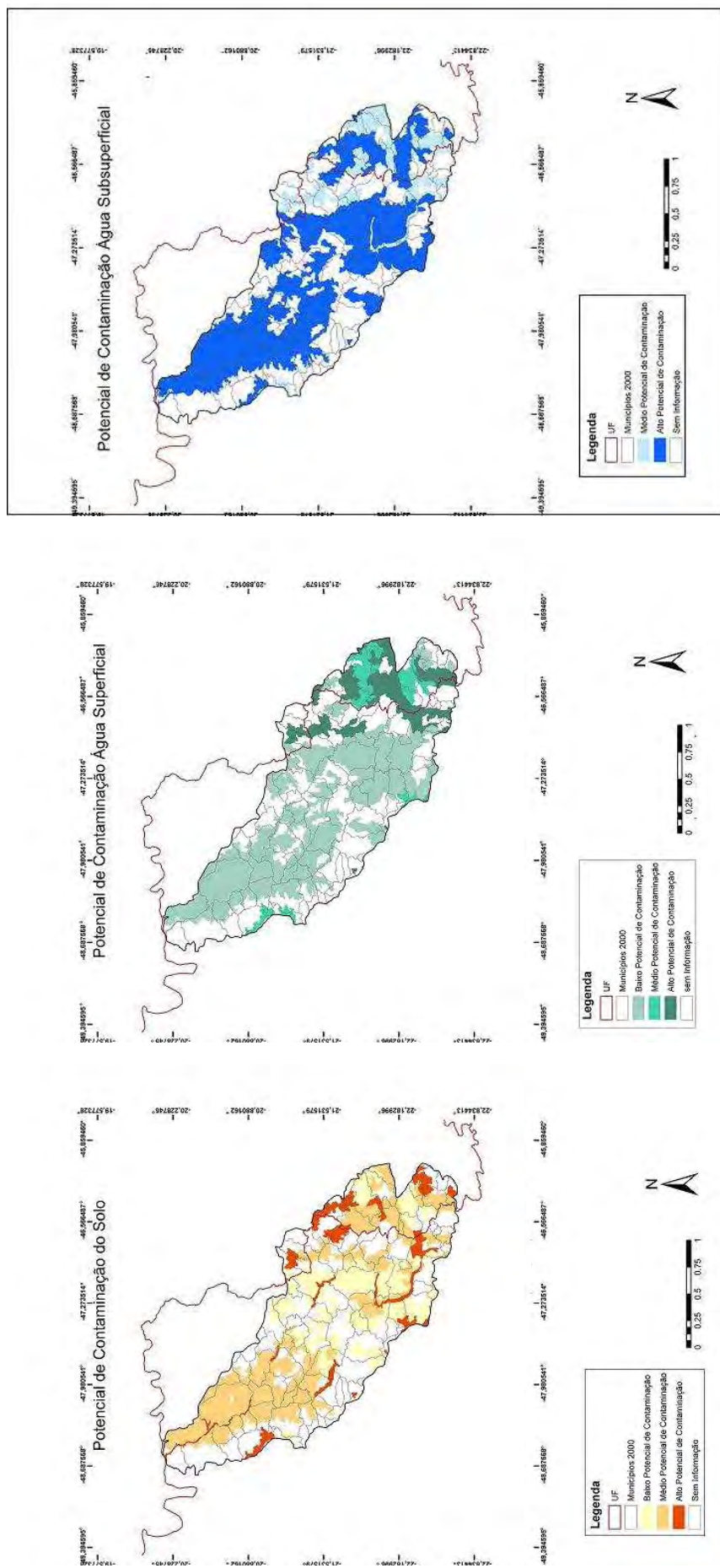


Figura 28 – Potencial de Contaminação por Trifuralina

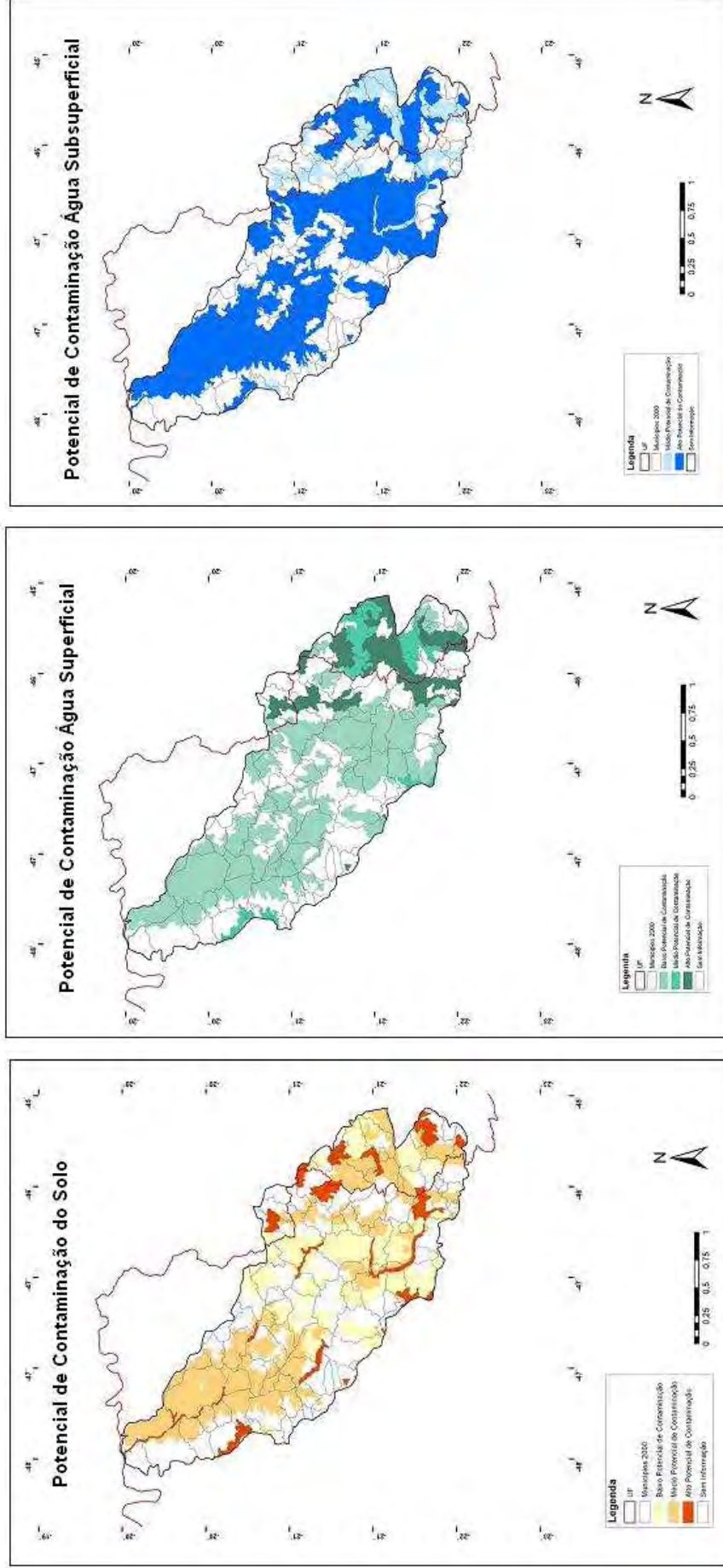


Figura 29 – Potencial de Contaminação por Pendimetaina

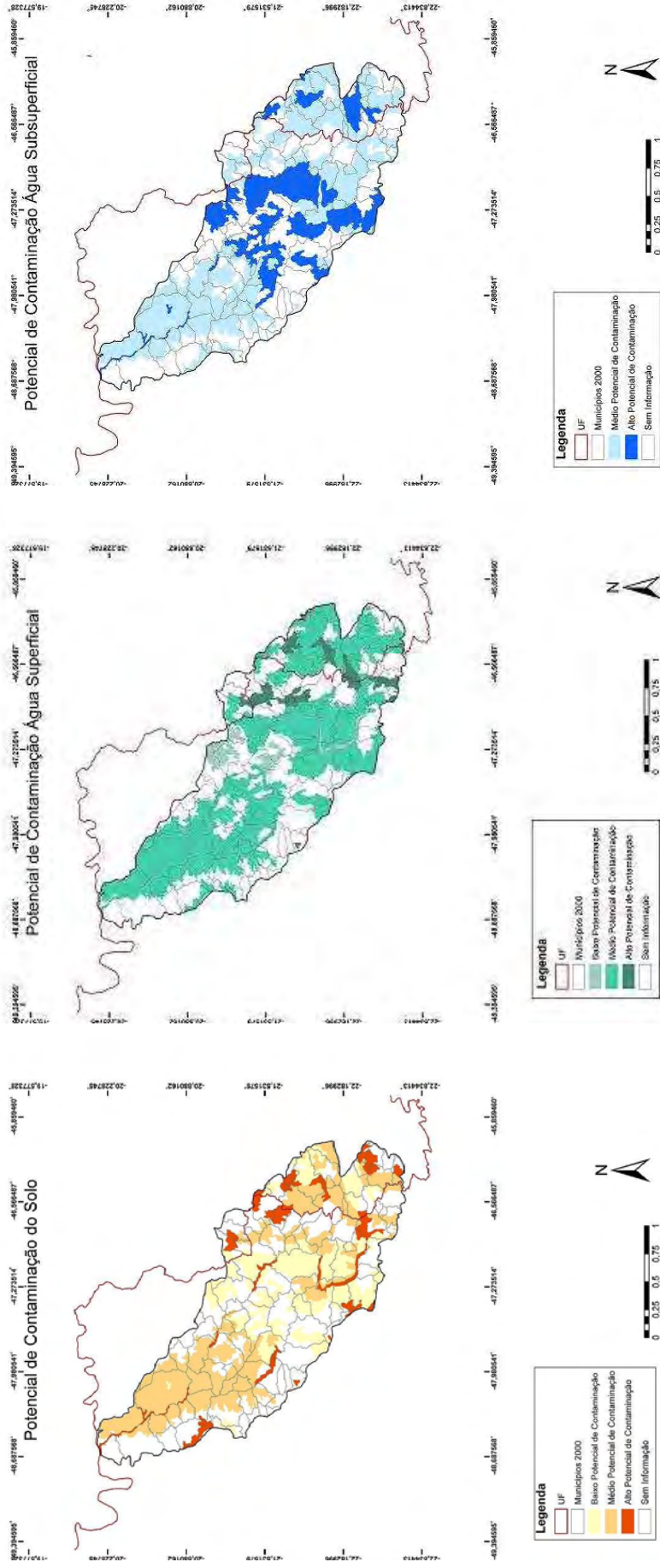
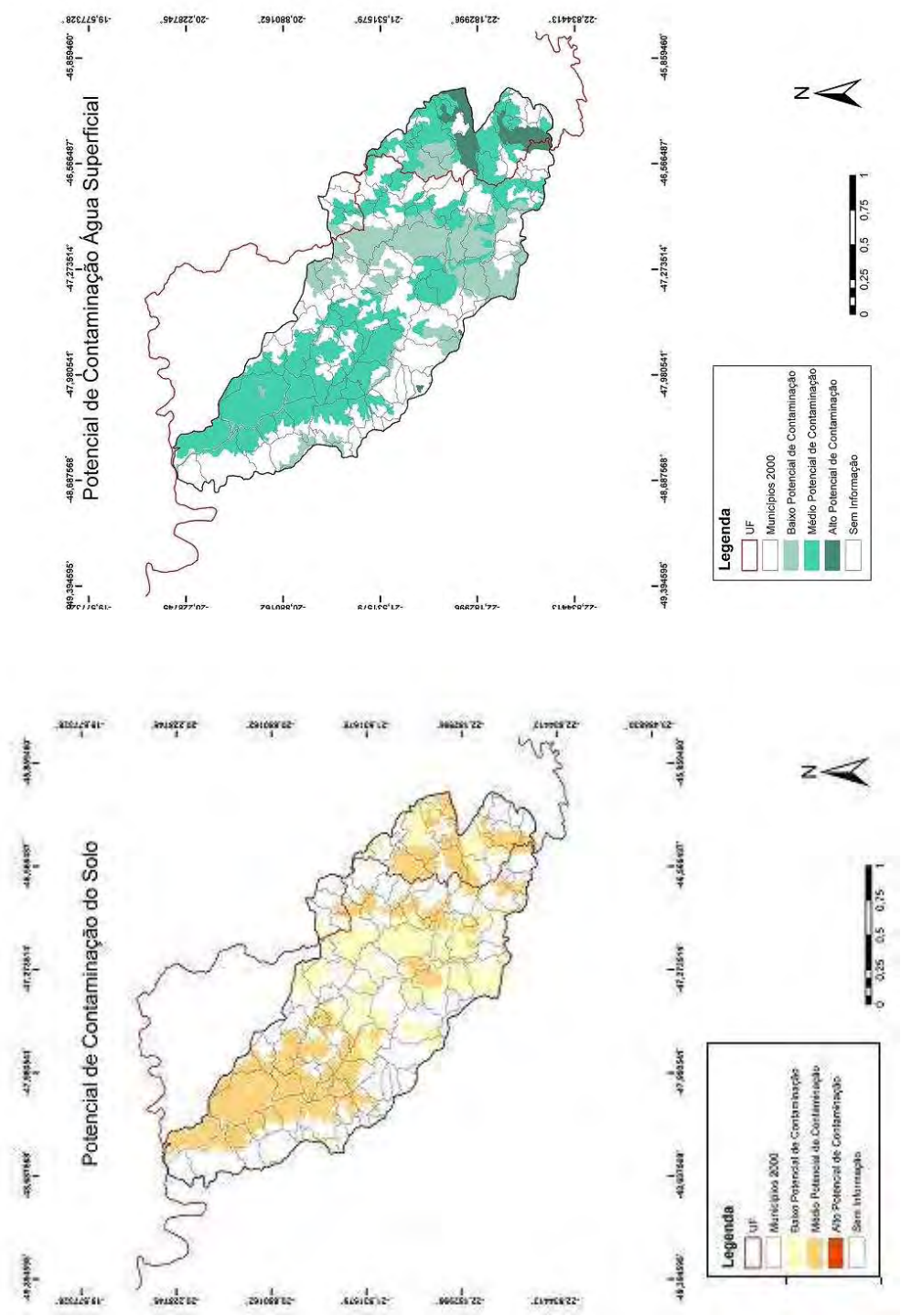


Figura 30 – Potencial de Contaminação por Tebutiurrom



6 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS DOS PRINCIPAIS TEMAS INSERIDOS NO BANCO DE DADOS

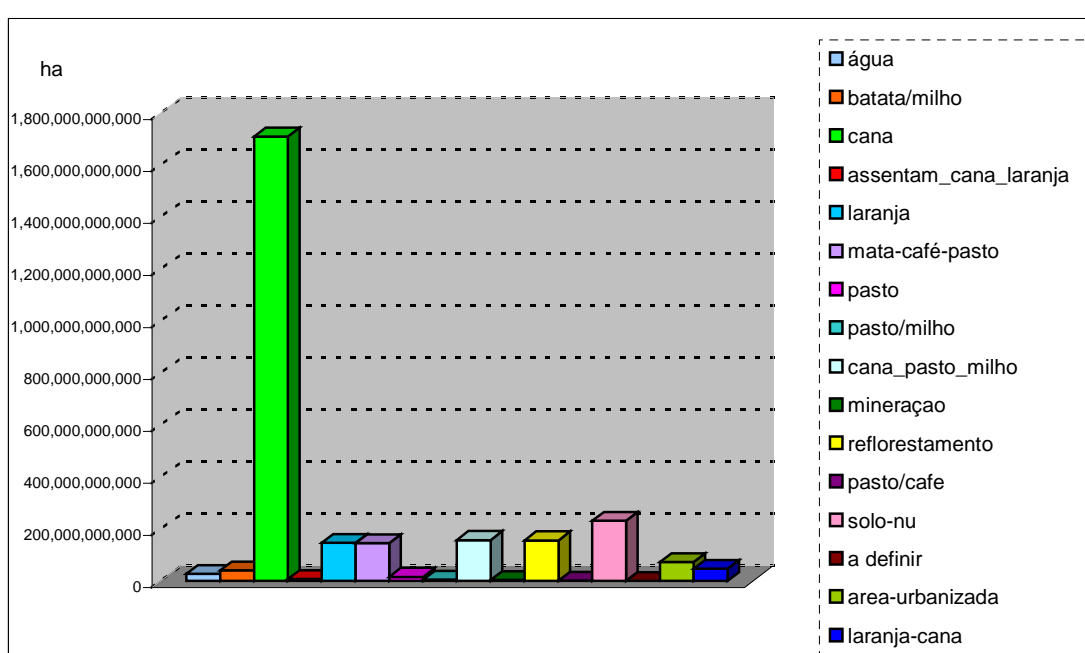
Este capítulo trata da análise e interpretação de alguns dos resultados obtidos com o estudo dos temas: uso da terra, potencial para contaminação do ambiente solo/água, pluviosidade e balanço hídrico.

6.1 – O uso da terra na bacia do Rio Pardo

O mapeamento do uso da terra na bacia, resultante da interpretação de imagens orbitais, não apresentou diversidade espacial muito grande, ao contrário há um grande predomínio da cultura da cana-de-açúcar, cujas áreas, eventualmente, se alternam com outros cultivos. As classes resultantes desse mapeamento, por razões de escala, foram representadas na forma de associação de padrões de utilização, conforme apresentado no mapa do capítulo 5. O cultivo da cana-de-açúcar tem suas maiores extensões sobre os relevos planos ou com baixa declividade, que em sua maior parte se localizam, no Estado de São Paulo. Nos dados extraídos do software SPRING, referentes a esse mapeamento (Gráf. 15)

pode-se observar a expressão que a lavoura da cana-de-açúcar tem na bacia. No Estado de Minas Gerais, por apresentar relevos de serras e morros, com graus de declividade mais acentuados, torna-se mais difícil o desenvolvimento da lavoura nos moldes do agronegócio. Assim os padrões de utilização mais representativos são as associações das pastagens e do cultivo de café entre si ou com outras lavouras, como o milho, batata, ou mesmo com áreas de reflorestamento, porém pouco expressivas para o mapeamento isolado na escala desse trabalho.

Gráfico 15 – Área das Classes de Mapeamento

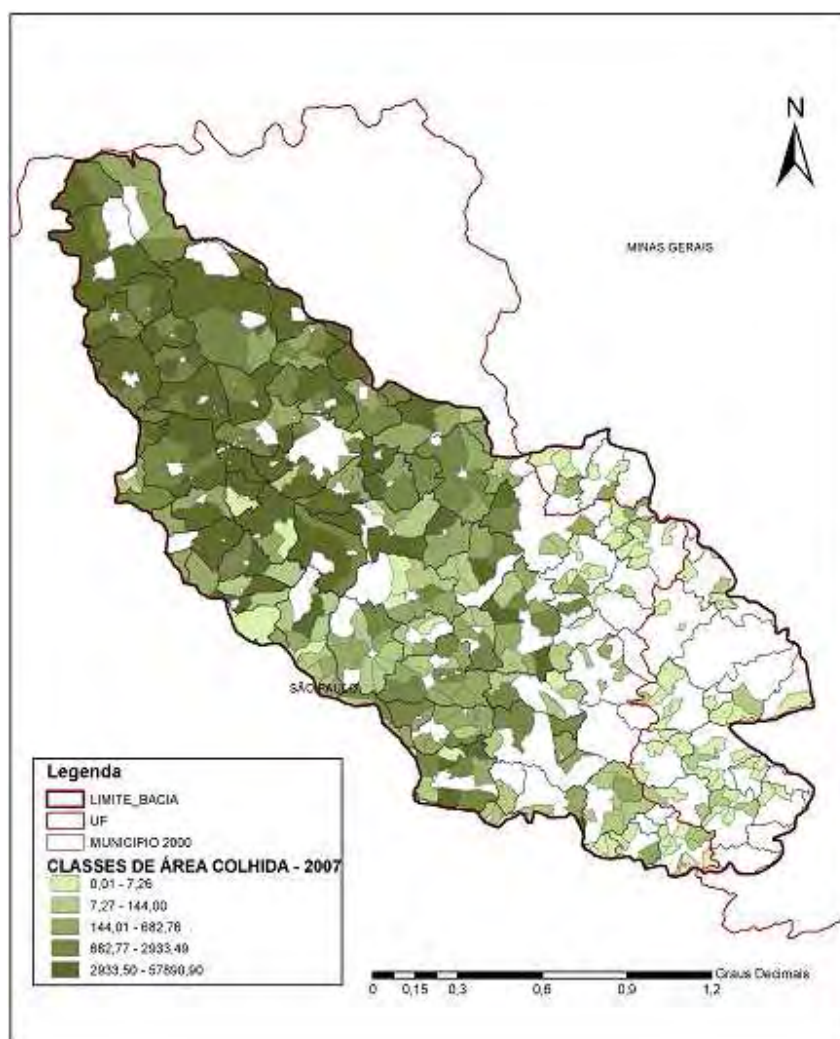


O resultado desse mapeamento quando comparado com o elaborado a partir dos dados de área colhida, obtidos no censo por setores censitários¹⁵ dos estabelecimentos agropecuários (Censo Agropecuário do IBGE, 2009) é bastante positivo (Fig. 30). O mesmo ocorre quando se comparou o mapa de uso da bacia com o mapeamento do programa CANASAT (www.dsr.inpe.br/mapdsr/), que visa o acompanhamento anual das safras da cana-de-açúcar. Embora a origem dos dados seja distinta, os três documentos apresentam perfil semelhante da

¹⁵ - unidade de coleta do recenseador, que corresponde a um conjunto mínimo de estabelecimentos passível de ser investigado por uma pessoa.

distribuição da lavoura, com uma concentração das áreas canavieiras nos municípios paulistas da bacia.

Figura 31 – Área colhida com cana-de-açúcar, segundo os setores censitários - 2006



Fonte: IBGE. Censo Agropecuário, 2006

6.2 – Potencial para contaminação do ambiente solo/água frente aos agrotóxicos na bacia do Rio Pardo: exemplo 2,4D

Os resultados aqui tratados referem-se apenas ao exemplo do agrotóxico 2,4D e para um pequeno conjunto de classes de solos, conforme explicitado no capítulo anterior. Essa opção decorreu da grande quantidade de possibilidades de análises existentes no banco para se avaliar o potencial para contaminação: dos solos, da água superficial e da água subsuperficial, em relação às 12 substâncias e para os 62 tipos de solos que ocorrem na bacia. Com essa análise buscou-se exemplificar as possibilidades de estudos que hoje o banco comporta e que podem ser extraídas.

A análise dos mapas, extraídos do banco, que contém o potencial para contaminação do meio solo/água, revelam uma distribuição das classes de maneira inversamente distribuídas.

Os indicadores que representam o potencial para a contaminação dos solos pelo agrotóxico 2,4D indicam que o maior potencial está disseminado em toda a bacia, entretanto ocupam áreas restritas em pequenas manchas de solos. O cruzamento desse indicador com o mapa de solos, obtido no banco de dados, revelam que tais solos são aqueles que possuem drenagem impedida, o que configura meio anaeróbico, ou que apresentam alto conteúdo de matéria orgânica, o que também configura um meio anaeróbico. Em tal meio o valor de GUS, para o agrotóxico 2,4D é alto. Entretanto, para esse mesmo meio, o valor da meia vida para tal agrotóxico e o valor de Koc são, também, altos. O fato da meia vida e de Koc serem altos e considerando que as variáveis dos solos são propícias a retenção do agrotóxico, o potencial para a contaminação desses solos é alta. Ao mesmo tempo, as águas dos lençóis e de superfície que circulam nessas áreas de solo, apresentam, também, alto grau de contaminação. Os valores altos de GUS e da solubilidade do agrotóxico e a relação estreita desses solos com os mananciais parecem ser os responsáveis pela alta contaminação das águas. Apenas o solo HOd apresenta média contaminação das águas superficiais, isso decorre, provavelmente, por conta da presença da grande quantidade de matéria orgânica

desse solo. Tal característica aliada ao alto valor de Koc do agrotóxico permite a retenção do 2,4D no solo.

Os indicadores de potenciais médios para a contaminação dos solos estão distribuídos de maneira mais ou menos contínua no NW da bacia, e de maneira esparsa no SE da bacia.

O cruzamento desses indicadores com o mapa de solos apontam manchas de solos latossólicos vermelho escuros e de caráter álico, em relevo de baixo declive, mas, com porosidade alta a média, baixa CTC e baixo conteúdo de matéria orgânica e para um cambissolo também de caráter álico e situado em relevo com declividade alta com grande potencial de escoamento das águas superficiais, além de uma porosidade média e baixo conteúdo de matéria orgânica. Tais características aliadas aos altos valores de GUS e de solubilidade do 2,4D são contrabalançadas pelo valor da meia vida em meio hidrolítico e em meio de transição, como é o caso dos latossolos e do cambissolo, propiciando um potencial para a contaminação médio para estes solos.

A contaminação das águas apresenta indicadores diferenciados. As águas subsuperficiais e superficiais afetas ao cambissolo apresentam indicadores médios de contaminação. Considerando as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos (GUS e Solubilidade), propiciadoras da depleção do 2,4D dos solos, e o indicador médio de potencial para a contaminação do solo, entende-se a ocorrência de um indicador de contaminação médio das águas de superfície e de subsuperfície. O mesmo não ocorre para as águas afetas às áreas dos latossolos Vermelho escuros. A contaminação das águas subsuperficiais é diferenciada, vai de indicador médio a alto, que, possivelmente estão relacionados a pequenas diferenciações nas variáveis dos solos que possibilitam ou não a depleção do agrotóxico. Entretanto, a contaminação das águas superficiais têm indicadores de contaminação baixa, provavelmente, mais estreitamente relacionada com características afetas ao relevo com declividade baixa.

Indicadores de potencial baixo para a contaminação dos solos encontram-se distribuídos em toda a bacia e correspondem aos solos câmbicos álicos e distróficos e aos Latossolos Vermelho Escuros distróficos. Pelas suas características, tais solos apresentam uma baixa capacidade de retenção do agrotóxico 2,4D o que confere a eles um baixo potencial para contaminação e, permitem, portanto, prevalecer as propriedades do agrotóxico que são potencializadoras da depleção deste, para as águas. Assim, para as águas de subsuperfície a contaminação é alta para todos os solos, enquanto para as águas de superfície esta contaminação apresenta indicadores que vão do baixo ao alto. Tal diversidade, possivelmente, está relacionada com as diferenças de características do relevo e/ou das características de retenção do agrotóxico no solo.

A análise e interpretação dos dados expostos revelaram que o potencial para contaminação dos solos pela substância 2,4D na bacia do Rio Pardo é, em geral, baixo. Entretanto para as águas subsuperficiais ele é alto e para as superficiais, em média, ele é médio. Tal intensidade de contaminação das águas subsuperficiais é extremamente preocupante, principalmente pela larga distribuição que tal contaminação ocupa na bacia. Por outro lado, essa contaminação potencial aliada ao médio potencial de contaminação das águas de superfície agravam mais o problema.

6.3 Análise e interpretação da pluviosidade e do balanço hídrico na bacia do rio Pardo

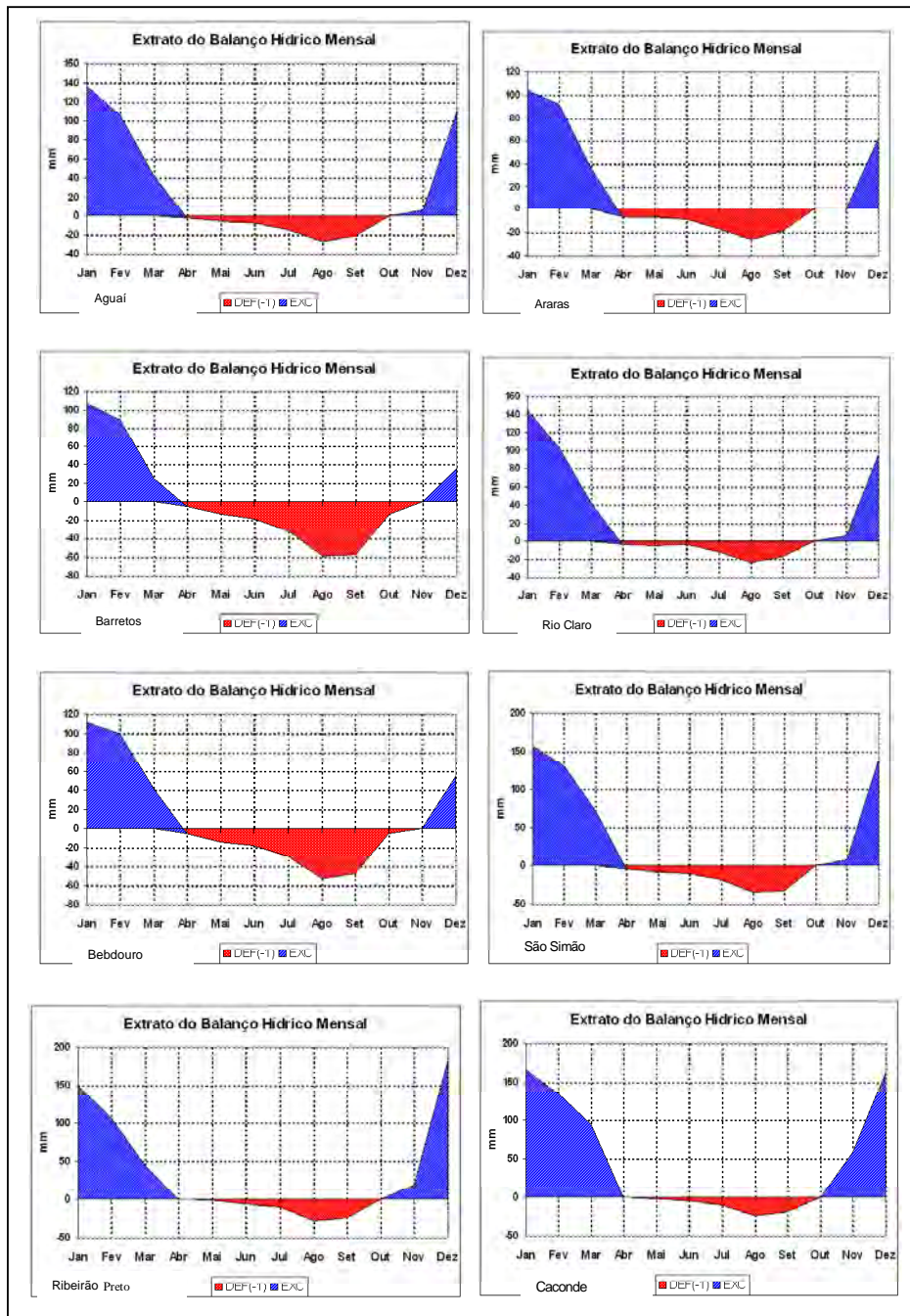
Gráficos ilustrativos do balanço hídrico (Fig. 31) de alguns municípios da bacia (<http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/index.php-UF=sp>) permitem interpretar que a deficiência hídrica mais severa ocorre, principalmente, nos meses de julho, agosto e setembro, meses de colheita. O trimestre mais chuvoso

ocorre de dezembro a fevereiro. A distribuição das chuvas (Fig. 13) revela que os gradientes maiores ocorrem no SE da bacia.

Os balanços aliados aos índices de pluviosidade (Fig. 31) permitem indicar que as chuvas têm papel importante na dinâmica dos agrotóxicos, apontando para a possibilidade de nos meses de maior concentração de chuvas elas favorecerem o carreamento das substâncias tóxicas para os cursos d'água; enquanto que nos meses de maior deficiência hídrica nos solos essas substâncias podem permanecer nas argilas por período mais prolongado, podendo dessa forma potencializar ou não a ação de determinada substância de acordo com o seu comportamento. Aquelas substâncias altamente solubilizáveis e com uma meia vida pequena, muito provavelmente terão pouca atuação nos meios solo/água no período chuvoso por conta do efeito de diluição. Ao contrário se o percentual de inclinação do terreno, aliado a chuvas intensas, evidencia áreas com pendentes acentuadas, essas áreas oferecem maiores condições para o escoamento e menor possibilidade de infiltração das águas para o lençol, o que eleva, temporariamente, o potencial de contaminação das águas superficiais.

O mesmo raciocínio pode ser utilizado para se analisar o comportamento do agrotóxico nos solos no período seco, quando estiagens longas não favorecem o escoamento das águas. Neste caso, a contaminação pode ser temporariamente mais forte nos solos.

Figura 32 – Balanço Hídrico Normal de Thornthwaite & Mather, 1955 para alguns municípios da bacia do Rio Pardo



7 – CONCLUSÃO

Os dados analisados na primeira parte desta tese permitiram tecer alguns comentários à guisa de conclusão. Tais comentários dizem respeito às conseqüências da expansão da cana-de-açúcar e a eficiência do método de pesquisa. Na segunda parte – resultados –, foram expostos os modos de encadeamento para a construção do banco de dados e para o cruzamento e análises conjuntas das variáveis dos solos e dos agrotóxicos, de maneira analógica. Foram introduzidos, também, na segunda parte, alguns resultados obtidos com a análise e interpretação dos dados. As informações contidas nos capítulos desta segunda parte embasaram as conclusões quanto à eficiência do banco de dados e quanto ao potencial para a contaminação do meio ambiente do cultivo da cana de açúcar pelo agrotóxico.

Diante do sucesso do etanol como combustível alternativo e da perspectiva de expansão do cultivo da cana-de-açúcar para a maior parte do país, esta lavoura tem assumido papel importante, econômica e politicamente, no cenário nacional pelas perspectivas promissoras para a exportação desse biocombustível. Os

incentivos a sua produção são muitos e seu crescimento deverá continuar, abrindo novas frentes de ocupação em outras regiões.

Na bacia do Rio Pardo a cana-de-açúcar já domina todas as áreas aptas, do ponto de vista agrônomo e é responsável pelo crescimento da cadeia produtiva, onde a agroindústria tem papel importante nos processos de desenvolvimento da atividade, em especial pelo aprimoramento de tecnologias que possibilitam a obtenção de maior produtividade e melhores rendimentos para os produtores.

Embora a expansão da lavoura da cana-de-açúcar favoreça a produção de uma gama de rejeitos aproveitáveis, ela também favorece o uso de maiores quantidades de agrotóxicos. Frente a esse paradoxo pode-se identificar duas linhas de análise para o cultivo da cana-de-açúcar. Uma linha “verde ou ecológica”, pois alavanca o aproveitamento dos subprodutos, tais como ração, energia do bagaço, a vinhaça e a torta de filtro para fertilizantes, tanto para reduzir a poluição, do ar, do solo e da água, como também para se inserir nos mercados ecológicos, como o mercado de carbono. Uma outra, não independente da primeira, que poderia ser chamada de linha “marron”, refere-se à expansão da própria lavoura, a cuja expansão se credita o aumento considerável do uso de agrotóxicos e conseqüentemente, a expansão e o aumento da contaminação do meio solo/água.

Em oposição aos benefícios dados pela utilização dos subprodutos da cana-de-açúcar, a perspectiva da expansão de seu cultivo, com ou sem irrigação, principalmente na região Centro-Sul do Brasil implica em maior consumo de agroquímicos na lavoura. Decorrente dessas perspectivas considera-se, pois, importante que maior atenção seja dada a essa lavoura, tanto nas questões relacionadas com o seu meio ambiente como com a saúde da população. Sob esse enfoque considera-se que a metodologia desenvolvida para o banco de dados é uma ferramenta que atende a essas finalidades.

Considerando que embora as informações sobre possíveis impactos advindos das transformações recentes na expansão da cadeia produtiva da cana-de-açúcar ainda são insuficientes ou pouco conhecidas, e que, pelos dados dos sistemas de produção, é possível depreender que em todas as etapas de cultivo da cana-de-açúcar – plantio, tratos e colheita -, existem possibilidades de impacto para os meios solo e água, julga-se que o banco de dados, como ferramenta de interpretação de dados, contribui de forma eficiente para a espacialização e o controle dos impactos, dentre eles aqueles provenientes da contaminação do meio ambiente do cultivo da cana-de-açúcar por agrotóxicos. Considera-se que esta tese traz contribuições importantes, especialmente no que se refere à apresentação de uma metodologia para avaliar o potencial de contaminação dos agrotóxicos, utilizando as informações físicas e químicas do meio solo-água e o comportamento dos agrotóxicos sobre ele. O SIG da bacia do rio Pardo desenvolvido nesta tese, com uma base de dados estruturada, resulta como um modelo passível de ser utilizado como alerta precoce de contaminação. Os resultados obtidos, e exemplificados nos quadros do potencial para contaminação do meio solo/água, permitem afirmar que eles apontam áreas com diferentes graus de potencial para contaminação, frente a cada substância avaliada. Além disso, o cruzamento de informações no banco, de forma relacional, também permite afirmar que esse sistema se apresenta como um modelo replicável para outros tipos de análises.

Como todo banco este, também, carece ser aperfeiçoado. Os resultados alcançados devem ser utilizados também para a validação, através de provas laboratoriais. A análise conjunta de dados e informações permitirão novos níveis de detalhamento, assim como também o aprimoramento das informações ali constantes.

O uso do método hipotético-dedutivo que norteou a pesquisa, mais os “caminhos” fornecidos pela idéia de sistema, através do qual fluiu a pesquisa foram fundamentais na construção do raciocínio para a análise do capítulo das variáveis

do meio solo/água e dos agrotóxicos, para se chegar, finalmente, ao potencial para contaminação do meio solo/água. A inserção no banco de dados de todos os indicadores obtidos com a manipulação e cruzamento de dados durante a análise permitiu novas combinações com outras temáticas, mas também a espacialização de tais indicadores. Dessa maneira, essa ferramenta de geoinformática se mostrou, extremamente, eficiente quanto às possibilidades de ampliar as combinações, e novos cruzamentos de dados, como de agilizar as tarefas. Os resultados assim apresentados através do banco podem apontar questões de relevância que venham a demandar estudos de mais detalhe para corroborar os resultados.

O banco de dados configura-se, pois, como uma ferramenta essencial para apoiar questões relacionadas aos problemas do uso de agrotóxicos. É uma ferramenta de apoio à avaliação e diagnóstico ambiental, permitindo a produção de relatórios que subsidiem a prevenção e/ou a remediação ambiental. Também os dados disponibilizados de informações sobre as substâncias tóxicas e suas interações com os outros temas ambientais, inseridos no banco, dão a ele o caráter de possibilitar ao usuário fazer a gestão das exposições tóxicas.

O banco permite, entre outras tarefas, subsidiar o planejamento territorial com estudos da dinâmica da ocupação e das mudanças na paisagem. Permite também apoiar a gestão do potencial de contaminação na bacia, objetivando reduzir os problemas das contaminações. De posse das informações do banco o produtor poderá optar pela utilização de substâncias que não sejam potencializadas por determinadas características do meio solo/água. O mesmo raciocínio pode ser aplicado em mudanças no aporte de água pelas chuvas.

A extensão da cana de açúcar na bacia revelada pelo mapa de uso da terra demonstra haver uma simplificação das formas de utilização da terra em torno da lavoura da cana de açúcar, em detrimento de uma maior diversidade de produtos, o que do ponto de vista ecológico torna o ecossistema mais eficiente. Tal extensão

está em acordo com os dados obtidos no censo e com os mapeamentos do Programa CANASAT.

Quanto ao potencial de contaminação do ambiente do cultivo da cana de açúcar na bacia do Rio Pardo pela substância 2,4D, este está estreitamente ligado com a extensão e alta contaminação do lençol, o que evidencia uma alta insalubridade, pelo menos, do meio compreendido pelas águas de subsuperfície e de superfície. A análise da pluviosidade e do balanço hídrico evidencia que a contaminação potencial pode variar no tempo. Entretanto, a contaminação potencial, alta e extensa, deve suscitar um alerta, pois, as águas de subsuperfície e de superfície são recursos para a alimentação dos mananciais (subsuperfície) e, portanto, para o abastecimento da população.

A título de recomendação se sugere estudos mais específicos para a validação da metodologia, com o apoio de análises laboratoriais a partir de coletas sistemáticas, orientadas por amostragem, segundo os tipos de solos avaliados nesta tese. Sugere-se ainda a inserção na base de dados de variáveis relativas à percolação da água no solo para enriquecer as avaliações do potencial para contaminação do meio solo/água.

8. REFERÊNCIAS

- ABARCA, C. D. G. - **Inovações Tecnológicas na Agroindústria da Cana-De-Açúcar no Brasil**. www.abepro.org.br/biblioteca/ENECEP1999_A0105.PDF
- **Adubação verde com leguminosas no rendimento da cana-de-açúcar e no manejo de plantas infestantes**/Elaine Bahia Wutke; Roberto Antônio Arévalo. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. Série Tecnologia APTA. 28p. (Boletim Técnico IAC, 198).
- AGROFIT - **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário**. Disponível em http://www.agricultura.gov.br/portal/page?_pageid=33,1223368&_dad=portal&_schema=PORTAL
- ALVES, Brasileiro e Brito – **Episteme**. Porto Alegre, n. 19, p. 139-148, jul./dez. 2004
- ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal. Disponível em www.andef.com.br Acesso em abril de 2006
- Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis / Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. – Rio de Janeiro : ANP, 2009. v.: gráf., tab.
- ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em www.anvisa.gov.br Acesso em abril de 2006
- ARANTES, Paulo Eduardo – **A precariedade da vida na sociedade do risco**. Painel do 8º Congresso Brasileiro de Saúde Coletiva e 11º Congresso Mundial de Saúde Pública. In: Revista RADIS, nº 50, out-2006. Disponível em www.ensp.fiocruz.br/radis/50/pdf/radis_50.pdf
- ARAÚJO, Dinaldo do N. **Modelo Lógico de Banco de Dados Proposto para uma Contabilidade de Partida Múltipla**. Revista Adcontar, Belém, v.4, n.2, p.27-44, nov. 2003
- **Arranjo Produtivo Local de Piracicaba** (Apla), Associação dos Fornecedores de Cana de Piracicaba (Afocapi), Associação Nacional de Defesa Vegetal (Andef), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico (CNPq),

- Cooperativa dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo (Coplacana) e Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (Orplana).
- ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES (115.000-6). Norma Reguladora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. NR-15
 - BERLINGUER, Giovanni – **Novas Fronteiras em Ciência e Tecnologia: o que isto significa para a saúde coletiva?** Conferência magna do 8º Congresso Brasileiro de Saúde Coletiva e 11º Congresso Mundial de Saúde Pública. In: Revista RADIS, nº 50, out-2006. Disponível em www.ensp.fiocruz.br/radis/50/pdf/radis_50.pdf
 - BLANCO, F.M. Garcia - **Controle das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar.** IX Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico. Cana-de-açúcar. Anais. Catanduva – SP. 8 e 9 de outubro de 2003. - In:http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/IX_RIFIB/blanco.PDF
 - BORTOLOZZO, Adriane Regina et Al. - **Produção de morangos no sistema semihidropônico.** Circular Técnica nº 62. Bento Gonçalves, RS. Out. 2007
 - BRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Mapa de Solos. Folha SF.23 - Rio de Janeiro. Vol. 32. Rio de Janeiro, 1982
 - BRASIL. Lei Federal 7802 de 11/07/89. 1989.
 - BRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Mapa de Geomorfologia. Folha SF.23 - Rio de Janeiro. Vol. 32. Rio de Janeiro, 1982
 - Brasil Colonial. Disponível em <http://gian-hogan.blogspot.com/2007/06/.html>
 - BUSS, Paulo – **Globalização, pobreza e saúde.** Conferência magna do 8º Congresso Brasileiro de Saúde Coletiva e 11º Congresso Mundial de Saúde Pública. In: Revista RADIS, nº 50, out-2006. Disponível em www.ensp.fiocruz.br/radis/50/pdf/radis_50.pdf
 - Cafeicultura. Revista do Agronegócio do Café. Disponível em <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=3903>
 - CALVET, R. – Les Sols. Propriétés et fonctions. Tome 1: **constitution et structure, phénomènes aux interfaces.** Editions France Agricole. 2003
 - _____ b - Les Sols. Propriétés et fonctions. Tome 2: Les Sols. Propriétés et fonctions.

- CANAOESTE. Disponível em http://www.canaoeste.com.br/estatisticas/setor_fev2008/emprego_maodeobra_estadosp.pdf. Acessado em 12 de junho de 2006
- CARDOSO DA SILVA, Teresa - **Metodologia dos estudos integrados para o zoneamento ecológico-econômico**. IBGE/UE-BA. Documento Interno. Salvador, 1987
- Constituição Brasileira da República Federativa do Brasil de 1988. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constitui%C3%A7ao.htm.
- CECARELLI, I. C. F. **Caracterização Geotécnica do Meio Físico com uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto** - Proposição Metodológica. – Boletim de Resumos Expandidos nº 380 CONGRESSO BRASILEIRO de GEOLOGIA, 1994, Balneário Camboriú – SC. Anais: Balneário Camboriú: 1994.453 p.
- CORAZZA, R. ICASSATTI – **Reflexões sobre o papel das políticas ambientais e de ciência e tecnologia na modelagem de opções produtivas “mais limpas” numa perspectiva evolucionista: um estudo sobre o problema da disposição da vinhaça**. Disponível em http://www.eco.unicamp.br/projetos/gestao_ambiental.html Acessado em maio de 2008
- DATASUS - Banco de dados do Sistema Único de Saúde. Disponível em www.datasus.gov.br
- **DNAEE – Departamento Nacional de Água e Energia**. MSDHD – Microsistema de Dados Hidrometeorológicos . Acervo
- DOMINGUES, Eloisa - **Indicadores Ambientais para a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**. Fundação Getúlio.Vargas/CIDS-Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável da. Abr-maio.2000.Trabalho de Consultoria
- _____ - **A Aplicação do Modelo DPSEEA no Curso Básico de Vigilância Ambiental em Saúde**: algumas observações. Simpósio Internacional sobre a Construção de Indicadores para a Gestão Integrada de Saúde Ambiental. Recife/PE, 17 e 18 de junho de 2004

- DOMINGUES, Eloisa; SOKOLONSKI, Helge H. - **Tipologias de uso e impactos ambientais na bacia do rio São Francisco**. Inédito, no prelo. 2008
- FISCHER, Daniela; Guimarães, Lia Buarque de Macedo; Schaeffer Cíntia - **Percepção de Risco e Perigo: Um Estudo Qualitativo no Setor de Energia Elétrica**. *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Curitiba – PR, 23 a 25 de outubro de 2002
- Goettlich, P. - **Nosso Futuro Roubado**. Texto original revisado pelo autor em 02 de julho de 2003. Capturado de <http://www.nossofuturoroubado.com.br/old/disruptorestexto.htm>. Acessado em 30 de setembro de 2009.
- Goettlich, M. 2005 - **Fundamentals of Naturopathic Endocrinology** . Edited by Dr Friedman Michael. CCNM Press (2005) ISBN 1-897025-02-5.
- EXTTOXNET - EXtension TOXicology NETwork. Disponível em <http://exttoxnet.orst.edu/ghindex.html>
- HACON, Sandra et al. **Buscando herramientas y soluciones integrales a los problemas de medio ambiente y salud en América Latina y el Caribe** . PNUMA (2004), *GEO 4 ALC: Principales problemas Ambientales*. Documento Borrador. 2004
- HARA, Lauro Tsutomu - **Técnicas de Apresentação de Dados em Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, orientada por Dr. Gilberto Câmara Neto e Dr. Raimundo Almeida Filho, aprovada em agosto de 1997. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/dpi/teses/lauro/> Acessada em 16 de agosto de 2009
- IBGE. Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro. 2009
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE/DPE/COAGRO. Abril 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA –Território. Disponível em www.ibge.gov.br/SIDRA/Território/
- IDRC-International Development Research Center of Canada. **Abordagem EcoHealth**. 2003

- IFDM-Índice de Qualidade de Vida e Desenvolvimento Municipal. 2009-
http://webmais.com/_file/pdf/ifdm-2006.pdf
- Programa Geocover. **Imagens Geocover Ortorectificadas**. Disponível em
<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>.
- Lei 9433/97. <http://www.lei.adv.br/9433-97.htm>
- Lei 7802 de 11/07/89: <http://www.lei.adv.br/7802-89.htm>
- LIEBER, Renato R., ROMANO-LIEBER Nicolina S. - **Risco, incerteza e as possibilidades de ação na saúde ambiental**. Revista Brasileira de Epidemiologia. Vol. 6, Nº 2, São Paulo jun. 2003
- MACEDO, Ricardo Kohn de – **Gestão Ambiental: os instrumentos básicos para a gestão ambiental de territórios e de unidades produtivas**. Rio de Janeiro : ABES : AIDIS, 1994.
- **Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos**. Ministério da Saúde/ Secretaria de Vigilância Sanitária/ Departamento Técnico-Normativo/ Divisão de Meio Ambiente e Ecologia Humana e OPAS/OMS - Organização Pan-Americana da Saúde. Brasília, 1996
- **Mapa de Classes de Cana de açúcar**. Programa CANASAT. Disponível em www.dsr.inpe.br/mapdsr/
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, (http://www.agricultura.gov.br/pls/portal/docs/PAGE/MAPA/MENU_LATERAL/AGRICULTURA_PECUARIA/CANA_DE_ACUCAR_AGROENERGIA/SR_ESTATISTICAS/PDF%20-%20BALAN%20C7O%20NACIONAL_0.PDF) 2005
- Modelo CAPA - **Calculadora para Avaliação de Pesticidas no Ambiente**. Disponível em www.trentu.ca/envmodel
- Oliveira, Georgino H; Gomes, Melissa M; Drumond, Thais L. - **Importância da linha de base pré-exposição das colinesterases (ChES) no controle ocupacional a praguicidas organofosforados e carbamatos**. Rev. bras. toxicol;18(1):43-48;2005.
- OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde. Manual de Vigilância da Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos. Ministério da Saúde/ Secretaria de

Vigilância Sanitária/ Departamento Técnico-Normativo/ Divisão de Meio Ambiente e Ecologia Humana e OPAS/OMS - Brasília, 1996

- PND - II Plano Nacional de Desenvolvimento -1975-79. Brasília, 1975

- **Política Estadual de Saneamento do Estado de São Paulo**. Disponível em <http://www.recursoshidricos.sp.gov.br/politica.htm>, acessado em 05.12.2006

- PRADO, R. DE Mello - Dissertação de Mestrado, apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP. Mar, 2000.

- **Produção Integrada de Cana-de-açúcar**. 12/05/08. Piracicaba, SP. Acessado em <http://www.agrosoft.org.br/agropag/100853.htm> em 01.12.2009.

- RATTNER, Henrique – **Science and Technology on the Threshold of the New Century, in Human Dimensions of Global Environmental Change**, Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 2001

- RIBEIRO, W. Costa – **Desenvolvimento Sustentável e Segurança Ambiental Global**. *REVISTA BIBLIOGRÁFICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES*. *Biblio 3W*. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9796. Depósito Legal: B. 21.742-98. Nº 312, 14 de septiembre de 2001. Disponível em <http://www.ub.es/geocrit/b3w-312.htm>

- ROSEIRO M. N. V., et al. – **Projeto Índice de Desenvolvimento Humana Municipal e Índice de Condições de Vida do Município de Ribeirão Preto – SP: buscando a revelação da iniquidade social e econômica**. In: http://www.eerp.usp.br/saudeambiental/saude_outros.pdf Acessado em 03 de janeiro de 2010.

- Silva, Celso Luiz da – **Análise da vulnerabilidade ambiental aos principais pesticidas recomendados para os sistemas de produção de algodão, arroz, café, cana-de-açúcar, citros, milhos e soja** / Celso Luiz da Silva. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

- SANCHÉZ, R. O. & CARDOSO DA SILVA, T. – **Zoneamento Ambiental: uma estratégia de ordenamento da diversidade paisagística territorial**. In: *Taller Internacional sobre Ordenamento Geoecológico de los Paisajes*. La Habana.15-20 noviembre, 1993.11p.

- SINAN - Sistema **Nacional de Notificações de Agravos de Notificações**. Disponível em www.saude.gov.br/sinanweb
- SINDAG – Sindicato Nacional das Indústrias de Produtos para Defesa Agrícola. Acessado em www.sindag.com.br
- SINITOX – Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas. Disponível em www.fiocruz.br/sinitox/
- **Sistemas de Produção Integrada do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Embrapa Transferência de Tecnologia. Simpósio sobre Sistema de Produção Integrada
- SOUTO, Daphnis Ferreira In: Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança. a Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança – SOBES. Disponível em <http://www.sobes.org.br/artigos.htm>
- SOUZA, R. de Attayde Barros de - **Análise de destino ambiental e comparação de pesticidas através do modelo de multimeios**- CAPA. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia. Rio de Janeiro: PUC-Rio, Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, 2003. 98 f.: il.; 30 cm
- SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. Disponível em www.inpe.br
- TAMBELLINI, Anamaria Testa ; CÂMARA, Volney de Magalhães - **The thematic of health and environment in the process of development in the field of public health: historical, conceptual and methodological aspects**. Ciência & Saúde Coletiva, 1998, vol.3, n. 2, ISSN 1413-8123.
- TRICART J. – **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente,1).
- UNEP – United Nations Environment Program - **Pesticides Consumption corresponds to the quantities of pesticides used in (or sold to) the agricultural sector**. 2001 - Disponível em http://geodata.grid.unep.ch/mod_table/table.php . Acessado em maio de 2008.

- RANGEL, Maria Ligia (2007) - **INTERDISCIPLINARIDADE E TRANSVERSALIDADE: OPERACIONALIZANDO O CONCEITO DE RISCO NO ÂMBITO DA VIGILÂNCIA SANITÁRIA.** revista_V30.pmd
- RATTNER, Henrique - **Abordagem sistêmica, interdisciplinaridade e desenvolvimento sustentável.** In: Revista Espaço Acadêmico, nº 56. jan/2006. Mensal. ISSN 1519.6186. Ano V.
- RATZSH ANDREAZZI, Marco Antonio; BARCELOS, Christovam; HACON, Sandra - **Velhos indicadores para novos problemas: a relação entre saneamento e saúde** (Revisão de literatura) Revista Panamericana de Salud Pública v. 22, n. 3 2007-09
- TAUIL, P. L. – **Controle de Agravos à Saúde: Consistência entre Objetivos e Medidas** Preventivas. Departamento de Saúde Coletiva da Universidade de Brasília. Faculdade de Ciências da Saúde, Departamento de Saúde Coletiva, Universidade de Brasília. Capturado in http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/iesus_vol7_2_opinioao.pdf. IESUS, VII(2), Abr/Jun, 1998.
- TEIXEIRA, Olívio Alberto. **Interdisciplinaridade: problemas e desafios.** Revista RBPG, 2008
- Thome, R. – Interoperabilidade em Geoprocessamento: **Conversão entre modelos conceituais de sistemas de informação geográfica e comparação como padrão open gis.** Tese de mestrado defendida em 29 de setembro de 1998.
 - **Uso correto de agrotóxicos diminui impacto ambiental.** In: http://www.conpet.gov.br/comofazer/comofazer_int.php?segmento=&id_comofazer_serie=74

ANEXOS

Anexo 1 – Mapa de Uso da Terra da Bacia do rio Pardo
(Mapa encartado)

Anexo 2 – Mapa de Solos da Bacia do rio Pardo
(Mapa encartado)

Anexo 3 - Indicadores de Solos

| SOLOS | CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA | | | | | | Classes | | | | |
|-------|--------------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|--|----------------|-------------|------------|--|--|
| | Textura | Estrutura | Estabilidade de Agregados | Profundidade (Horiz A+B) | Classe mm/h ou cm/h) | POROSIDADE (cm ³ /100cm ³ (1)) | Decividade (%) | Infiltração | Escoamento | | |
| Ad1 | Argilosa e Media | Granular | Pouco estável | Muito profundo | MEDIA | Media | Baixa | M | B | | |
| AQd | Media | Grãos Simples | Instável | Muito profundo | ALTA | Alta | Baixa | A | B | | |
| Ca8 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA | Media | Media a Alta | B | A | | |
| Ca15 | Muito Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA | Media | Media | M | M | | |
| Ca21 | Argilosa e Media | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA | Media | Alta | B | A | | |
| Ca29 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA | Media | Alta | B | A | | |
| Cd1 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA | Media | Alta | B | A | | |
| Cd6 | Argilosa | Granular | Pouco estável | Pouco profundo | MEDIA | Media | Media a Alta | M | A | | |
| HGPd2 | Argilosa | Granular | Estável | Muito profundo | BAIXA | Baixa | Baixa | B | A | | |
| HOd | Orgânica | .. | .. | Profundo | ALTA | Alta | Baixa | M | A | | |
| LEa2 | Argilosa | Granular\Sub-angular | Estável | Mto Prof. (200cm) | ALTA | Baixa | Baixa | M | M | | |

| LEa5 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Media | Baixa | M | M |
|-------|---------------------------|---------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|---------------|---|---|
| LEa7 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Media | Baixa a Media | M | M |
| LEa11 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | B | B |
| LEa12 | Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LEd7 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LEd8 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa a Media | M | M |
| LEd12 | Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Alta a Media | M | M |
| LEd14 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular\Subangular (maciça e porosa) | Estável | Mto Prof. | MEDIA | Baixa | Alta a Media | B | A |
| LEd15 | Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LRd1 | Muito Argilosa e Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LRd2 | Muito Argilosa e Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Media a Baixa | M | M |
| LRd3 | Muito Argilosa e Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Alta a Media | B | A |
| LRd4 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Baixa | Baixa | A | B |
| LRd5 | Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LRd6 | Muito Argilosa | Granular\Subangular | Estável | Mto Prof. | MEDIA | Baixa | Baixa | M | B |
| LRd7 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LRd8 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa a Media | M | M |
| LVa1 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Media a Alta | M | A |
| LVa12 | Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Media a Alta | M | A |

| | Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Alta a Media | M | A |
|-------|--|------------------------------------|---------------|-----------|-------|-------|---------------|---|---|
| LVa14 | Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Alta a Media | M | A |
| LVa26 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Media | Baixa | M | B |
| LVa27 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Media | Baixa | M | B |
| LVa28 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Media | Baixa a Media | M | M |
| LVa29 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Media | Media a Alta | B | A |
| LVd1 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LVd2 | Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Baixa | M | B |
| LVd5 | Argilosa e Muito Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Media | M | M |
| LVd7 | Media | Granular | Pouco Estável | Mto Prof. | MEDIA | Media | Baixa | M | B |
| LVd14 | Argilosa | Granular | Estável | Mto Prof. | ALTA | Baixa | Alta | M | A |
| PEe3 | Argilosa e Media\Argilosa | Bi.Subangular | Estável | Profundo | MEDIA | Baixa | Media a Alta | M | A |
| PEe7 | Muito Argilosa | Granular\Bi.Subangular e angulares | Estável | Profundo | MEDIA | Baixa | Alta | B | A |
| PVa7 | Media\argilosa e Argilosa | Granular\Bi.Angulares e Subangular | Estável | Profundo | MEDIA | Baixa | Alta a Media | B | A |
| PVa32 | Arenosa\media | Bi.Subangular | Pouco Estável | Profundo | BAIXA | Media | Alta | B | A |
| PVa33 | Media\argilosa e Media\muito argilosa | Bi.Subangular | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Media a Baixa | B | M |
| PVd3 | Media\argilosa e Argilosa\muito argilosa | Bi.Subangular | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta a Media | B | A |
| PVd4 | Media\argilosa e Argilosa | Bi.Subangular | Estável | Profundo | MEDIA | Baixa | Alta | B | B |
| PVd5 | Media\argilosa e Argilosa | Granular\ Bi. Subangular | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta | B | A |
| PVd6 | Argilosa\muito argilosa | Bi.Subangular | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta | B | A |

| | | Estavel | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta | B | A |
|-------|---|---------------|-----------|-------|-------|---------------|---|---|
| PVd9 | Media\argilosa e Argilosa\ muito argilosa | Estavel | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta | B | A |
| PVd13 | Argilosa\muito argilosa e Media\argilosa | Estavel | Profundo | BAIXA | Baixa | Media a Alta | B | A |
| PVd14 | Argilosa\muito argilosa e Media\argilosa | Estavel | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta | B | A |
| PVe1 | Argilosa\muito argilosa | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta a Media | B | A |
| PVe4 | Media\argilosa e Argilosa\muito argilosa | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Alta | B | A |
| PVe5 | Media\argilosa e Argilosa\ muito argilosa | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Baixa | B | M |
| PVe6 | Media\argilosa e Media\muito argilosa | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Baixa | B | M |
| PVe8 | Media\argilosa e Media\muito argilosa | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Baixa a Media | B | M |
| PVe10 | Media\argilosa | Estável | Profundo | MEDIA | Baixa | Alta | B | A |
| PVe11 | Argilosa\muito argilosa | Estável | Profundo | BAIXA | Baixa | Baixa a Media | B | M |
| PVe12 | Media\argilosa | Estavel | Profundo | MEDIA | Baixa | Baixa | M | M |
| Re7 | Media e Argilosa | Pouco Estável | Raso | MEDIA | Media | Alta | M | A |
| TBe | Muito Argilosa | Estavel | Mto.Prof. | BAIXA | Baixa | Media a Alta | B | A |

Anexo 4 – Informações dos perfis dos solos da bacia do rio Pardo

| Valores de Referência para efeito de correlação | baixa= menos de 10 cmolc kg-1; moderadamente baixa= 10-20 cmolc kg-1; moderadamente alta= 20-30 cmolc kg-1; alta= 30-50 cmolc kg-1; muito alta, mais de 50 cmolc kg-1; muito alta= mais de 50 cmolc kg-1 | alto= maior que 45 g kg-1 (4,5%) médio= de 15 g a 45 g kg-1 (1,5% a 4,5%) baixo= menos de 15 g kg-1 (1,5%) | ligeiramente ácido = 6,0 e 7,0 moderadamente ácido= 5,5 e 6,0 muito ácido = 4,5 a 5,0 extremamente ácido = menor que 4,5 |
|---|---|--|---|
| Perfis dos solos da bacia do rio Pardo | | | |
| SOLOS | Valor C* (cmolc.kg-1) | MO** (CO*1,724) (g/kg) | PH*** (KCl) (1:2,5)* |
| Ad1 | 17,7/8,4 | 1,59/1,48 | 4,6/4,4 |
| AQd | 3,9/1,8 | 1,03/0,33 | 4,2/4,3 |
| Ca8 | 11,6/6,9/5,0/4,1/2,0 | 3,74/2,14/1,43/0,76/0,43 | 3,9/4,1/4,3/4,7/5,7 |
| Ca15 | 9,0/6,5/9,6 | .. | 3,9/4,0/3,9 |
| Ca21 | .. | .. | .. |
| Ca29 | .. | .. | .. |
| Cd1 | .. | .. | .. |
| Cd6 | 5,7/2,6/0,7 | .. | 4,6/5,8/6,4 |
| HGPd2 | .. | .. | .. |
| HOd | 70,7/88,6/39,4/3,5 | .. | 3,6/3,4/3,1/3,5 |
| LEa2 | 6,8/5,1/2,7/3,0/2,5/2,4 | .. | 4,1/3,9/4,0/4,1/4,3/4,3 |
| LEa5 | 6,7/1,5 | .. | 4,3/4,8 |
| LEa7 | .. | .. | .. |
| LEa11 | .. | .. | .. |
| LEa12 [P] | .. | .. | .. |
| LEd7 | 8,9/3,9 | .. | 4,5/4,5 |
| LEd8 | .. | .. | .. |

| | | | | | | |
|-------|--|---|--|----|-------------------------------------|---------|
| LEd12 | | 9,4\3,6 | | .. | | 4,7\5,2 |
| LEd14 | | 9,6\6,9\1\5,09\3,86\4,08\4,17\5,66/ 6,50 | | .. | 3,9\4,0\4,6\5,2\5,0\4,5\3,8\3,8 | |
| LEd15 | | 2,5 | | .. | 5,8 | |
| LRd1 | | 10,3\6,3\4,7\2,6\2,2\1,6\1,6\1,3\1,4 | | .. | 5,6\6,0\6,3\6,4\6,5\6,5\6,5\6,5\6,6 | |
| LRd2 | | .. | | .. | 6 | |
| LRd3 | | .. | | .. | .. | |
| LRd4 | | .. | | .. | .. | |
| LRd5 | | 9,8\1,9 | | .. | 4,1\5,7 | |
| LRd6 | | 8,8\8,3\4,6\4,6\1\4,1\3,2 | | .. | 4,9\4,5\5,0\4,7\4,8\5,1\5,4 | |
| LRd7 | | .. | | .. | .. | |
| LRd8 | | .. | | .. | .. | |
| LVa1 | | 7,7\6,1\4,8\3,6\3,2\2,6\2,2 | | .. | 3,9\3,9\4,0\4,3\4,4\4,8\4,7 | |
| LVa12 | | .. | | .. | .. | |
| LVa14 | | .. | | .. | .. | |
| LVa26 | | .. | | .. | .. | |
| LVa27 | | .. | | .. | .. | |
| LVa28 | | .. | | .. | .. | |
| LVa29 | | .. | | .. | .. | |
| LVd1 | | .. | | .. | .. | |
| LVd2 | | 4,3\1,2 | | .. | .. | |
| LVd5 | | 4,0\2,0 | | .. | 4,4\5,0 | |
| LVd7 | | 1,8\1,5 | | .. | 4,2\4,7 | |
| LVd14 | | .. | | .. | .. | |
| PEe3 | | 18,4\16,9\13,0\10,5\8,5\6,8 | | .. | 6,6\6,3\5,6\5,7\5,7\5,8 | |
| PEe7 | | 8,1\8,9\6,8\5,1\4,0 | | .. | 4,6\5,1\5,7\5,9\6,0 | |
| PVa7 | | 9,7\4,9 | | .. | 4,2\4,2 | |
| PVa32 | | 9,2\4,6 | | .. | 4,8\4,1 | |
| PVa33 | | 8,8\6,1 | | .. | 4,2\3,9 | |
| PVd3 | | .. | | .. | .. | |
| PVd4 | | 8,6\5,8 | | .. | 4,1\4,6 | |

| | | | | | |
|-------|------------------|----|----|-----------------|--|
| PVd5 | | | | | |
| PVd6 | 11,1\5,7\5,6\4,9 | .. | .. | 4,2\4,2\4,3\4,2 | |
| PVd9 | .. | .. | .. | .. | |
| PVd13 | .. | .. | .. | .. | |
| PVd14 | 9,1\4,5 | .. | .. | 4,1\5,3 | |
| PVe1 | 9,2\4,3 | .. | .. | 4,5\5,8 | |
| PVe4 | 6,8\4,8 | .. | .. | 4,5\5,7 | |
| PVe5 | .. | .. | .. | .. | |
| PVe6 | .. | .. | .. | .. | |
| PVe8 | 5,9\3,8\4,2\3,8 | .. | .. | 4,9\5,1\5,7\5,4 | |
| PVe10 | .. | .. | .. | .. | |
| PVe11 | .. | .. | .. | .. | |
| PVe12 | 7,6\4,1\4,0 | .. | .. | 4,3\4,1\4,0 | |
| Re7 | .. | .. | .. | .. | |
| TBe | .. | .. | .. | .. | |

Fonte:

.. Não existem perfis para todos os solos

* - Capacidade de troca de cátions: o número total de cátions trocáveis que um solo pode reter é chamado de capacidade de troca de cátions (CTC). Assim, quanto mais alta for a CTC de um solo, mais cátions ele pode reter. Os três principais fatores que afetam a CTC do solo são a textura, a quantidade e tipo de argila e o teor de matéria orgânica. A CTC pode ser classificada como: baixa, menos de 10 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; moderadamente baixa, 10-20 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; moderadamente alta, 20-30 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; alta, 30-50 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; e muito alta, mais de 50 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

** - São reconhecidos como valores altos de MO aqueles solos cujos teores de MO são maiores que 45 g kg^{-1} (4,5%); como valores médios, de 15 g a 45 g kg^{-1} (1,5% a 4,5%); e como valores baixos aqueles com menos de 15 g kg^{-1} (1,5%) de MO.

*** - O pH é uma importante propriedade química do solo, particularmente em relação à disponibilidade de nutrientes e à presença de elementos tóxicos

(<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/solos.htm>)

ANEXO 5 – Produtos Agrotóxicos Registrados na ANVISA e Presentes no Cultivo da Cana-de-Açúcar

| Agrotóxicos | Cód | Nº CAS | Grupo Químico | Nome Químico | IDA (mg/Kg pc) | Classe Toxicológica |
|--------------------------------------|------------|---------------|---------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|
| A04 – Ácido Giberélico | A04 | 77-06-5 | giberelina | (3S,3aS,4S,4aS,7S,9aR,9bR,12S)-7,12-dihydroxy-3-methyl-6-methylene-2-oxoperhydro-4a,7-methano-9b,3-propeno [1,2-b]furan-4-carboxylic acid (2,4-dichlorophenoxy) acetic acid | não determinado | IV |
| A06 – Alacloro | A06 | 15972-60-8 | cloroacetanilida | 2-chloro-2',6'-diethyl-N-methoxymethylacetanilide | 0.005 | III |
| A07 – Aldicarbe | A07 | 116-06-3 | metilcarbamato de oxima | 2-methyl-2-(methylthio) propionaldehyde O-methylcarbamoyloxime | 0.003 | I |
| A11 – Ametrina | A11 | 834-12-8 | triazina | N2-ethyl-N4-isopropyl-6-methylthio-1,3,5-triazine-2,4-diamine | | III |
| A12 – Asulam | A12 | 3337-71-1 | sulfanilcarbamat | methyl sulfanilylcarbamate | 0.05 | III |
| A14 – Atrazina | A14 | 1912-24-9 | triazina | 6-chloro-N2-ethyl-N4-isopropyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine | | III |
| A24 – Acetocloro | A24 | 34256-82-1 | cloroacetanilida | 2-chloro-N-ethoxymethyl-6'-ethylacet-o-toluidide | | III |
| azafenidina | A28 | 68049-83-2 | triazolona | methyl sulfanilylcarbamate | | |
| A41 – Amicarbazona | A41 | 129909-90-6 | triazolinona | 4-amino-N-tert-butyl-4,5-dihydro-3-isopropyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazole-1-carboxamide | 0.02 | III |
| A43 – Acetato de (Z)-11-hexadecenila | A43 | 34010-21-4 | acetato insaturado | (Z)-hexadec-11-en-1-yl acetate | | IV |
| A44 – Acetato de (Z)-7-dodecenila | A44 | 14959-86-5 | acetato insaturado | (Z)-dodec-7-en-1-yl acetate | | IV |
| A45 – Acetato de (Z)-9-tetradecenila | A45 | 16725-53-4 | acetato insaturado | (Z)-tetradec-9-en-1-yl acetate | | IV |
| B26 – Bifentrina | B26 | 82657-04-3 | piretróide | 2-methylbiphenyl-3-ylmethyl (Z)-(1RS,3RS)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate | 0.02 | II |
| C06 – Carbofurano | C06 | 1563-66-2 | metilcarbamato de benzofuranila | 2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate | 0.002 | I |
| C08 – Cianazina | C08 | 21725-46-2 | triazina | 2-(4-chloro-6-ethylamino-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-methylpropionitrile | | |
| C35 – Clomazona | C35 | 81777-89- | isoxazolidinona | 2-(2-chlorobenzyl)-4,4-dimethyl-1,2-oxazolidin-3-one | 0.04 | III |

| | | | | | | |
|--|-------|-------------|---------------------------|--|-------|-----|
| I20 – Imazapique | I20 | 104098-48-8 | imidazolinona | (RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)-5-methylnicotinic acid | | II |
| I22 – Iodosulfurom-Metilico-Sódico | I22 | 144550-36-7 | sulfoniluréia | methyl 4-iodo-2-[3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)ureidosulfonyl] benzoate, sodium salt | 0.03 | I |
| M04 – MCPA | M04 | 94-74-6 | ácido ariloxialcanóico | (4-chloro-2-methylphenoxy)acetic acid | | III |
| M19 – Metribuzim | M19 | 21087-64-9 | triazinona | 4-amino-6-tert-butyl-4,5-dihydro-3-methylthio-1,2,4-triazin-5-one | | III |
| M24 – MSMA | M24 | 2163-80-6 | organoarsênico | sodium hydrogen methylarsonate | | II |
| M26.1 – Metsulfurom-Metilico | M26-1 | 74223-64-6 | sulfoniluréia | methyl 2-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)carbamoylsulfamoyl)benzoate | 0.01 | III |
| M36 – N-2'S-metilbutil-2-metilbutilamida | M36 | 179826-31-4 | amida | N-2'S-methylbutyl-2-methylbutylamide | | IV |
| M40 – Mesotriona | M40 | 104206-82-8 | trietona | 2-(4-mesy-2-nitrobenzoyl)cyclohexane-1,3-dione | 0.005 | I |
| O06 – Oxadiazona | O06 | 19666-30-9 | oxadiazolona | 5-tert-butyl-3-(2,4-dichloro-5-isopropoxyphenyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one | | III |
| O10 – Oxifluorferm | O10 | 42874-03-3 | éter difenílico | 2-chloro- α,α -trifluoro-p-tolyl 3-ethoxy-4-nitrophenyl ether | | III |
| P01.1 – Diclreto de Paraquate | P01-1 | 1910-42-5 | bipiridílio | 1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride | 0.004 | I |
| P05 – Pendimetalina | P05 | 40487-42-1 | dinitroanilina | N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylylene | | III |
| P07 – Picloram | P07 | 1918-02-1 | ácido piridinocarboxílico | 4-amino-3,5,6-trichloropyridine-2-carboxylic acid | | III |
| S03 – Simazina | S03 | 122-34-9 | triazina | 6-chloro-N2,N4-diethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine | | III |
| S08 – Sulfosato | S08 | 81591-81-3 | glicina substituída | trimethylsulfonium N-(phosphonomethyl)glycinate | | III |
| S09 – Sulfentrazona | S09 | 122836-35-5 | triazolona | 2',4'-dichloro-5'-(4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H-1,2,4-triazol-1-yl) methanesulfonanilide | 0.01 | I |
| S11 – Sulfometurom-metilico | S11 | 74222-97-2 | sulfoniluréia | methyl 2-(4,6-dimethylpyrimidin-2-yl)carbamoylsulfamoyl)benzoate | 0.02 | III |
| T05 – Tebutiurom | T05 | 34014-18-1 | uréia | 1-(5-tert-butyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3-dimethylurea | | II |
| T17 – Triadimefom | T17 | 43121-43-3 | triazol | 1-(4-chlorophenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-one | 0.03 | III |

| | | | | | | |
|----------------------------------|-------|-------------|------------------------------------|--|--------|-----|
| T21 – Triclorfom | T21 | 52-68-6 | organofosforado | dimethyl 2,2,2-trichloro-1-hydroxyethylphosphonate | 0.01 | II |
| T24 – Trifluralina | T24 | 1582-09-8 | dinitroanilina | α, α -trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropyl-p-toluidine | | III |
| T31 – Triadimenol | T31 | 55219-65-3 | triazol | (1RS,2RS;1RS,2SR)-1-(4-chlorophenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol | 0.05 | II |
| T34 – Triflumurom | T34 | 64628-44-0 | benzoiureia | 1-(2-chlorobenzoyl)-3-(4-trifluoromethoxy phenyl)urea | 0.007 | IV |
| T37 – Terbufós | T37 | 13071-79-9 | organofosforado | S-tert-butylthiomethyl O,O-diethylphosphoro dithioate | 0.0002 | I |
| T45 – Tiazopir | T45 | 117718-60-2 | ácido piridinocarboxílico | methyl 2-difluoromethyl-5-(4,5-dihydro-1,3-thiazol-2-yl)-4-isobutyl-6-trifluoromethyl nicotinate | | III |
| T48 – Tiametoxam | T48 | 153719-23-4 | neonicotinóide | 3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro)amine | 0.02 | III |
| T55.1 – Trifloxissulfurom-sódico | T55-1 | 145099-21-4 | sulfonilureia | sodium 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-[3-(2,2,2-trifluoroethoxy)-2-pyridylsulfonyl]urea | 0.1 | II |
| T56 – Trinexapaque-etílico | T56 | 95266-40-3 | ácido dioxociclohexano carboxílico | ethyl 4-cyclopropyl(hydroxy)methylene-3,5-dioxocyclohexanecarboxylate | 0,05 | II |

Fonte: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/index.htm>

ANEXO 6 – Propriedades dos Agrotóxicos Utilizados na Lavoura da Cana-de-Açúcar

| Valores Referenciais | | Coeficiente de adsorção à matéria orgânica: Koc < 300-500 mL g-1; Koc < 1,900 tem potencial para contaminar lençol; Koc > 1,900 para contaminar o solo | Maior que 14 dias | Meia vida no solo (DT50 no solo); > 14-21 dias; | Meia vida na água (DT50 na água) > 175 dias. | muito baixos valores < que 1,0 ; baixos valores de 1,0 - 2,0 ; moderados 2,0 - 3,0 ; elevados de 3,0-4,0, e muito elevado quando os valores são superiores a 4,0 | Peso Molecular (g mol ⁻¹) | Solubilidade em água > 3 mg/L | |
|-------------------------------------|--------------------------------|--|-------------------|---|--|--|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Nº CAS (Chemical Abstrat Substance) | Nome Agrotóxico ⁽¹⁾ | | | | | | | | Adsorção (Koc-mL g-1) |
| | | | Hidrólise | Solo Aeróbico | Solo Anaeróbio | | | | |
| 34256-82-1 | ACETOCHLOR | | | Dados Insuficientes | | | | | |
| 94-75-7 | 2,4-D | 45,0 | 39 | 34 | 333 | 1,922658 | 1,684315 | 5,648176 | 27,644 |
| 15972-60-8 | ALACHLOR | 131 | 30 | 20 | 5 | 3,791214 | 3,086849 | 0,6786087 | 269,8 |
| 116-06-3 | ALDICARBE | 239 | 28 | 2 | 2 | 3,410234 | -1,17428 | -1,174278 | 190,26 |
| 834-12-8 | AMETRINA | 3,45 | 28 | 53,2 | 189 | 5,250813 | 6,365827 | 8,5680281 | 0 |
| 129909-90-6 | AMICARBAZONE | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | |
| 1912-24-9 | ASULAN | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | |
| 68049-83-2 | ATRAZINA | 93 | 30 | 146 | 159 | 3,940002 | 6,688928 | 6,8371055 | 215,69 |
| 68038-71-1 | AZAFENIDINA | 2,81 | 30 | 186 | 51 | 5,459779 | 8,629345 | 6,3815744 | 0 |
| 82657-04-3 | BACILLUS THURINGIENSIS | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | |
| 1563-66-2 | BIFENTHRIN | 6,314 | 0 | 123 | 179,5 | | 7,559316 | 8,2159532 | 422,87 |
| 21725-46-2 | CARBOFURAN | 0 | 18 | 22 | 20 | | | | 221,26 |
| 81777-89-1 | CIANAZINA | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------|-------|------|---------------------|------|----------|----------|-----------|--------|--------|
| 40487-42-1 | PARAQUAT DICHLORIDE | 10 | 30 | 620 | 644 | 4,908485 | 10,16957 | 10,235543 | 257.2 | 626 |
| 87392-12-9 | PENDIMETHALIN | 310,6 | 28 | 1,32 | 60 | 3,296431 | -2,00991 | 4,6204036 | 281.3 | 0,28 |
| 122-34-9 | SIMAZINE | 340 | 28 | 110 | 71 | 3,257153 | 5,634092 | 4,8735545 | 201.66 | 6 |
| 122836-35-5 | SULFENTRAZONA | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | | |
| 74222-97-2 | SULFOMETURON-METHYL | 89 | 30 | 52 | 116 | 3,959095 | 4,914623 | 6,308442 | 0 | 4,25 |
| 34014-18-1 | TEBUTHIURON | 90 | 395 | 1,22 | 1,52 | 8,432146 | -1,6088 | -1,226868 | 0 | 2,6 |
| 13071-79-9 | TERBUFOS | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | | |
| 153719-23-4 | THIAMETHOXAM | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | | |
| 117718-60-2 | THIAZOPIR | 204 | 30 | 274 | 338 | 3,598855 | 7,441372 | 7,8060366 | 0 | 2 |
| 43121-43-3 | TRIADIMEFON | 364 | 1,76 | 6 | 23 | -1,57905 | 0,551504 | 2,88581 | 293.75 | 64 |
| 55219-65-3 | TRIADIMENOL | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | | |
| 52-68-6 | TRICHLORFON | 1,59 | 35,1 | 6,58 | 1,87 | 5,979831 | 3,071506 | 0,8859693 | 257.44 | 120 |
| 145099-21-4 | TRIFLOXISSULFUROM-SODICO | | | Dados Insuficientes | | 0 | 0 | 0 | | |
| 95266-40-3 | TRIFLURALIN | 12 | 32 | 168,7 | 37,3 | 4,941419 | 7,829279 | 5,2076541 | 335.32 | 0,3 |
| 1582-09-8 | TRINEXAPAQUE-ETILICO | 440 | 456 | 0,2 | 13 | 7,992407 | -5,43933 | 1,8123207 | 252.3 | 11,367 |

0 = sem informação

Fontes:

(1) http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

(1) http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/firm_pesquisa_agrotoxico.asp

(2) http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?

(2) <http://extoxnet.orst.edu/pips/ghindex.htm>

(2) <http://npic.orst.edu/npicfact.htm>

(3) http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/firm_dados_ingrediente.asp?IVarAux=1&Coding=9

(4) <http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/>

http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref_waterair1.html#WaterSolubility

Constante de Henry: KH <10-2 Pa m3 mol-1 (<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v11n2/artigo20.pdf>)

Anexo 7 – Potencial de Contaminação do Meio Solo-Água (Planilhas encartadas)