



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE E ENGENHARIA CIVIL,
ARQUITETURA E URBANISMO**

**UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA A AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO HÍDRICA DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS POR AGROQUÍMICOS: CASO DA SUB-BACIA DO
RIO DAS ANTAS, BUENO BRANDÃO, MG**

Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis

**Campinas
2008**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE E ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA A AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO HÍDRICA DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS POR AGROQUÍMICOS: CASO DA SUB-BACIA DO
RIO DAS ANTAS, BUENO BRANDÃO, MG

Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Saneamento e Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Ruben Bresaola Júnior

Campinas
2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

B665u Boulomytis, Vassiliki Terezinha Galvão
Utilização de geotecnologias para a avaliação do potencial de degradação hídrica das águas superficiais por agroquímicos: caso da sub-bacia do Rio das Antas, Bueno Brandão, MG / Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis. --Campinas, SP: [s.n.], 2008.

Orientador: Ruben Bresaola Júnior.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura.

1. Sistemas de informação geográfica. 2. Agrotóxicos. 3. Batata. 4. Degradação ambiental. 5. Águas superficiais. I. Bresaola Junior, Ruben. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura. III. Título.

Titulo em Inglês: The use of geo-technologies to evaluate the potentiality of hydro-degradation in superficial waters by agro-chemicals: case of Antas River watershed, Bueno Brandão, MG

Palavras-chave em Inglês: GIS, Agro-chemicals, Potato cropping, Hydro-degradation, Superficial waters

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Maria Teresa Françoso, Carlos Alberto Felgueiras

Data da defesa: 29/08/2008

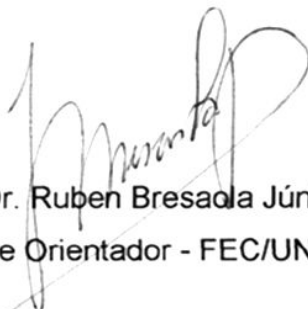
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE E ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis

UTILIZAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA A AVALIAÇÃO DO
POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO HÍDRICA DAS ÁGUAS
SUPERFICIAIS POR AGROQUÍMICOS: CASO DA SUB-BACIA DO
RIO DAS ANTAS, BUENO BRANDÃO, MG

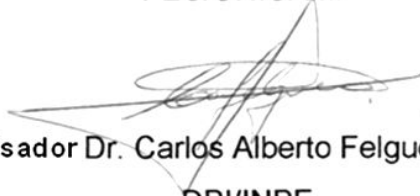
Dissertação de Mestrado aprovada pela Comissão Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Ruben Bresciani Júnior
Presidente e Orientador - FEC/UNICAMP



Profª. Drª. Maria Teresa Françoso
FEC/UNICAMP



Pesquisador Dr. Carlos Alberto Felgueiras
DPI/INPE

Campinas, SP
29 de agosto de 2008

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xi
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 BATATICULTURA	6
3.1.1 Importância biológica e social da batata	6
3.1.2 Produção da batata no Brasil e em Minas Gerais	7
3.1.3 Fatores ambientais intervenientes no plantio da batata	10
3.1.4 Sistema produtivo da batata	11
3.1.5 Cultivo da batata	13
3.1.6 Produção integrada da batata	15
3.2 AGROQUÍMICOS UTILIZADOS NA BATATICULTURA	17
3.2.1 Introdução	17
3.2.2 Fertilizantes	17
3.2.2.1 Efeitos do nitrogênio, fósforo e potássio no ambiente	20
3.2.3 Agrotóxicos	22

3.2.3.1	<i>Agrotóxicos empregados na bataticultura em Bueno Brandão, Sul de MG</i>	26
3.2.4	<i>Dinâmica comportamental e processos de interação</i>	28
3.3	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)	29
3.3.1	<i>Definição de Geoprocessamento e SIG</i>	29
3.3.2	<i>Representações computacionais do espaço geográfico</i>	30
3.3.3	<i>Modelo de orientação de objetos para dados geográficos</i>	33
3.3.4	<i>Processamento de Imagens</i>	35
3.3.4.1	<i>Classificação de Imagens</i>	36
3.3.4.2	<i>Segmentação de Imagens</i>	38
3.3.5	<i>Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL)</i>	40
3.3.6	<i>Aplicações de SIG em estudos ambientais</i>	43
3.3.7	<i>Estruturação de dados geo-ambientais para avaliação da degradação hídrica de águas superficiais</i>	43
3.4	PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO	45
3.4.1	<i>Potencial de infiltração e escoamento superficial</i>	45
3.4.2	<i>Declividade</i>	52
3.5	ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)	54
4	MATERIAL E MÉTODOS	56
4.1	<i>ÁREA DE ESTUDO</i>	56
4.2	<i>MATERIAL UTILIZADO</i>	58
4.3	<i>MÉTODO DE TRABALHO</i>	59
ETAPA I	ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	59

ETAPA II	CADASTRO DOS BATATICULTORES E REGISTRO ESPACIAL DAS ÁREAS DE PLANTIO AMOSTRADAS	60
ETAPA III	MONTAGEM DOS PLANOS DE INFORMAÇÃO E MAPAS TEMÁTICOS DE APP, DRENAGEM E DECLIVIDADE	61
ETAPA IV	REGISTRO E CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM	63
ETAPA V	INTEGRAÇÃO DE DADOS A PARTIR DA LINGUAGEM LEGAL	65
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5.1	<i>ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS</i>	67
5.2	<i>CADASTRO DOS BATATICULTORES E REGISTRO ESPACIAL DAS ÁREAS DE PLANTIO AMOSTRADAS</i>	70
5.3	<i>GERAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS DE APP, DRENAGEM E DECLIVIDADE</i>	76
5.4	<i>PROCESSAMENTO DA IMAGEM</i>	81
5.5	<i>MANIPULAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS</i>	87
6	CONCLUSÕES	89
7	SUGESTÕES	92
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
	ANEXOS	103
	ANEXO A – REGIÕES DO ESTADO DE MINAS GERAIS	104
	ANEXO B – BATATICULTURA	105
	ANEXO C – AGROTÓXICOS	109
	ANEXO D – PROGRAMA NA LINGUAGEM LEGAL	116
	ANEXO E – DADOS CADASTRAIS	121

LISTA DE FIGURAS

1	Produção de batatas do Brasil e de Minas Gerais de 1994 a 2006	7
2	Média Percentual da Produção de Batata nas Mesorregiões de MG (2001-2005)	8
3	Média Percentual de Produção de Batata no Sul de Minas (2001-2005)	8
4	Produção dos cinco municípios que mais se destacam na Microrregião do Sul de Minas (2001-2005)	9
5	Área cultivada de Batata no Brasil – Safras: das águas (1 ^a), da seca (2 ^a) e do inverno (3 ^a), de 1990/1991 a 2000/2001	13
6	Sistema de produção integrada da batata	15
7	Pragas e doenças no ciclo da batata - Produtos indicados para aplicação	24
8	Modelo geral de um banco de dados geográficos com as suas entidades e representações espaciais	33
9	Representação dos procedimentos para a leitura e registro da imagem no módulo IMPIMA e software SPRING	36
10	Diagrama sintático que representa o programa de linguagem LEGAL	41
11	Modelagem de dados para a avaliação da degradação hídrica de águas superficiais	44
12	Alguns subtipos de estrutura de torrões no solo: (a) prismática; (b) colunar; (c) blocos angulares; (d) blocos sub-angulares; (e) laminar; (f) grumoso ou granular.	49
13	Estabilidade de agregados do solo em função do conteúdo de argila	51
14	Perfil hipotético do solo apresentando cada um de seus principais horizontes	52
15	Localização da área de estudo (Sub-Bacia do Rio das Antas)	57
16	Mapa temático parcial de solos na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG, compreendida pela área do retângulo	58
17	Telas de criação do banco de dados <i>BuenoBrandao</i> (a) e do projeto, <i>Sub_Bacia_Antas</i> (b), com a descrição da área de estudo no software SPRING	67

18	OMT-G desenvolvido durante o estudo para o planejamento da integração entre todas as entidades espaciais e cadastrais	68
19	Mapa elaborado a partir da disposição dos pontos adquiridos pelo GPS de navegação nas áreas de plantio de batatas e da sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG	71
20	Gráfico do percentual das áreas de bataticultura em função de características do modelo aplicado durante o plantio na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG	75
21	Mapa temático com pontos cadastrais das áreas de plantio, drenagem, curvas de nível e delimitação da sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG	77
22	(a) Amostras de curvas de nível (com valor numérico da altimetria de cada ponto da grade) importadas para o SPRING como MNT; (b) Geração da TIN com triangulação do tipo Delaunay	78
23	Classificação da declividade em valores percentuais	79
24	Registro da imagem LANDSAT TM5 de 16/08/2007 no software SPRING utilizando-se da imagem da carta altimétrica do IBGE (1972)	81
25	Tela operacional do software SPRING com o aspecto do registro da imagem LANDSAT TM5 de 16/08/2007	83
26	Imagem segmentada por crescimento de regiões, utilizando-se do classificador de Bhattacharyya com limiar de aceitação de 99%	84
27	Imagem classificada em região ao tipo de uso do solo na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG	85
28	Classificação das áreas com potencial de degradação hídrica por agroquímicos nas águas superficiais, na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.	87
A1	Mesorregiões e Microrregiões do Estado de Minas Gerais	104
E1	Tela operacional do software SPRING com a tabela de dados cadastrais levantados <i>in loco</i> em cada uma das propriedades	121

LISTA DE TABELAS

1	Sistemas produtivos na bataticultura das regiões do Alto Paranaíba/Triângulo Mineiro e Sul de Minas	12
2	Diferença entre os sistemas de produção de batata dos tipos convencional, integrado e orgânico	16
3	Etapas, agentes e produtos dos processos do ciclo biogeoquímico do nitrogênio	20
4	Classificação dos agrotóxicos de acordo com a sua função	23
5	Principais efeitos agudos e crônicos causados pela exposição aos agrotóxicos de acordo com o grupo químico a que pertencem	25
6	Principais agrotóxicos empregados na bataticultura, comercializados em Bueno Brandão, MG	26
7	Determinação das concentrações de organofosforados na Bacia do Rio Mogi-Guaçu	27
8	Comparação para o uso de estruturas vetoriais e matriciais em mapas temáticos	31
9	Vantagens e desvantagens no uso de representações matriciais em malha triangular e grade regular	32
10	Comparação entre alguns conceitos e nomenclaturas de alguns tipos de SIG da atualidade	35
11	Sintaxe da linguagem LEGAL	42
12	Caracterização do escoamento superficial a partir da classificação do potencial de infiltração	45
13	Classificação da condutividade hidráulica em função das propriedades físicas do solo.	46
14	Classificação granulométrica das partículas ou fragmentos do solo	47
15	Classificação granulométrica das classes e subclasses texturais do solo	48
16	Classificação granulométrica predominante dos agregados das partículas ou fragmentos do solo em cada subtipo estrutural	50

17	Velocidade média de escoamento superficial (m s^{-1}) em função da declividade (%) e do tipo de superfície do terreno	53
18	Modelo do formulário para cadastro, localização e coleta de dados dos produtores de batata e seus locais de plantio	61
19	Análise de risco à degradação dos recursos hídricos por escoamento superficial	65
20	Banco de dados geográficos referentes à pesquisa na área de estudo	69
21	Dados cadastrais sobre 18 lavouras de batata em Bueno Brandão, MG	73
22	Área correspondente à faixa de declividade na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG	80
23	Área correspondente a cada tipo de uso de solo na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG	86
24	Área correspondente a cada classe de risco à degradação hídrica por agroquímicos nas águas superficiais da sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG	88
B1	Maquinário utilizado na bataticultura	105
C1	Ficha Técnica do Agrotóxico <i>ASTRO</i>	109
C2	Ficha Técnica do Agrotóxico <i>BRAVONIL 500</i>	111
C3	Ficha Técnica do Agrotóxico <i>CURZATE BR</i>	111
C4	Ficha Técnica do Agrotóxico <i>DITHANE PM</i>	112
C5	Ficha Técnica do Agrotóxico <i>KARATE ZEON</i>	113
C6	Características dos ingredientes ativos dos agrotóxicos	114
C7	Critérios para a determinação do potencial de transporte associado ao sedimento	115
C8	Critérios para a determinação do potencial de transporte dissolvido em água	115
D1	Programa na linguagem <i>LEGAL</i> desenvolvido durante o estudo para a integração dos dados no software <i>SPRING</i>	116
E1	Dados cadastrais levantados no questionamento dos agricultores no formato de importação para o software <i>SPRING</i>	122

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

A+B	Horizontes Superficiais Solo
ABASMG	Associação dos Bataticultores do Sul de Minas Gerais
ABBA	Associação da Batata Brasileira
ACISBB	Associação Comercial, Industrial e de Serviços de Bueno Brandão
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APP	Área de Preservação Permanente
ATP	Trifosfato de Adenosina
BDG	Banco de Dados Geográficos
CIB	Centro de Inteligência da Batata
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CS	Suspensão de Encapsulado
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
DT₅₀	Meia-vida do produto
E	Valor estimado
ES	Escoamento superficial
ETA	Estações de Tratamento de Água
EW	Emulsão óleo em água
G-B-R	<i>Green –Blue-Red</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
ha	hectare
HP	Pó molhável
IA	Ingrediente Ativo
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGA	Instituto de Geociências Aplicada
ima_n	Imagem n
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

K_H	Constante de Henry
K_{oc}	Coeficiente de Adsorção
L	Coordenada espectral
LEGAL	Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico
LV	Latossolo Vermelho
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MAXVER-ICM	Máxima Verossimilhança – <i>Integrated Conditional Mode</i>
MNT	Modelo Numérico de Terreno
OMT-G	Técnica de Modelagem de Geo-objetos
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PI	Plano de Informação
PIf	Potencial de infiltração
<i>pixel</i>	<i>Picture Elements</i>
RES	Resolução
RNA	Ácido Ribonucléico
SC	Suspensão Concentrada
SIAT	Serviço Integrado de Arrecadação Tributária e Fiscal
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
TIN	<i>Triangular Irregular Network</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
x	Coordenada espacial do eixo x
y	Coordenada espacial do eixo y

*A minha mãe **Jaci** pelo seu exemplo de dinamismo, alegria e generosidade...*

*Ao meu pai **Ioannis** por seu companheirismo e amor inigualável...*

*Ao meu marido **Marcos** e filho **João Marcos**, por serem a minha razão de
viver!!*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, por ter iluminado o caminho de minha vida.

A **minha mãe**, que embora não esteja fisicamente presente, sempre me ensinou a lutar
pelos meus sonhos e a ter perseverança.

Ao **meu pai**, por ser meu melhor amigo e por ter me ajudado a cuidar do meu filhinho
durante a minha pesquisa.

Ao **meu marido**, pela sua compreensão e por entender a minha independência,
ousadia e vontade em estar no mundo acadêmico.

Ao **meu filhinho João Marcos**, por ser a minha motivação a lutar por tudo que acredito
ser correto e verdadeiro.

Ao **meu orientador**, por aceitar a minha dedicação nesta pesquisa, e pela amizade e
compreensão em todos os momentos difíceis.

A **todos os professores** que me lecionaram as disciplinas de saneamento na **FEC-UNICAMP** e de geoprocessamento no **DPI-INPE**, pela competência, sabedoria e
dedicação que tiveram com todos os seus alunos.

Aos **Professores Eduardo, João Pedro, Eymar** e em especial, **Carlos Felgueiras**,
por terem me ensinado a manipular as ferramentas do software SPRING e por terem
sido tão pacientes e generosos comigo.

A funcionária **Valéria** do INPE, pela boa vontade em me ajudar a pesquisar as imagens
adequadas para o meu estudo.

A **minha prima Aline**, por ter me auxiliado na revisão da língua portuguesa de meu
trabalho.

Às **professoras Maria Teresa e Ângela**, por terem contribuído com uma série de
orientações na minha banca de qualificação.

Finalmente, aos **bataticultores de Bueno Brandão** que contribuíram com o
questionamento elaborado no estudo.

*“Ao vencido, ódio ou compaixão;
ao vencedor, as batatas”.*

(Romance *Quincas Borba*, de Machado de Assis)

*“Já que não te foi dado o poder de criar,
não te é dado o direito de destruir”.*

(Budha)

BOULOMYTIS, Vassiliki Terezinha Galvão. **Utilização de Geotecnologias para a Avaliação do Potencial de Degradação Hídrica das Águas Superficiais por Agroquímicos: Caso da Sub-Bacia do Rio das Antas, Bueno Brandão, MG.** 2008. 140f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Saneamento e Ambiente) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

RESUMO

Na região de Bueno Brandão, Sul de MG, a sub-bacia do Rio das Antas está localizada à montante da captação de águas para o abastecimento público municipal e é passiva de degradação qualitativa devido, principalmente, às atividades agropecuárias impactantes. A bataticultura se destaca entre elas devido às seguintes características: uso intensivo de agroquímicos, plantio em terrenos com declividades superiores a 20% e proximidade ou intervenção em Áreas de Preservação Permanente (APP). Deste modo, esta foi a área de estudo escolhida, a fim de fornecer um pré-diagnóstico ambiental através do uso de geotecnologias. Alguns locais de plantio de batatas foram pontualmente cadastrados, utilizando-se de um GPS de navegação, onde foram obtidos dados referentes aos agroquímicos utilizados nas lavouras. Estes pontos cadastrais foram utilizados como amostras no processo de classificação supervisionada da imagem de satélite LANDSAT TM5, adquirida no período de pré-plantio de julho/agosto de 2007. O software utilizado como Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi o SPRING, versão 4.3.3 (2007). A classificação de risco da sub-bacia foi obtida após a realização de operações lógicas e algébricas com os mapas temáticos de APP, de uso do solo e de declividades gerados durante o estudo, e comprovou a potencialidade de degradação hídrica das águas superficiais por agroquímicos. Através deste estudo, observou-se que com as ferramentas utilizadas e as informações qualitativas das bacias, é possível monitorar fenômenos diferenciados e evidenciar os possíveis pontos de maior degradação ambiental.

Palavras-Chave: Sistema de Informação Geográfica, agrotóxicos, batata, degradação ambiental, águas superficiais.

BOULOMYTIS, Vassiliki Terezinha Galvão. **The Use of Geo-technologies to Evaluate the Potentiality of Hydro-degradation in Superficial Waters by Agro-chemicals: Case of Antas River Watershed, Bueno Brandão, MG.** 2008. 140f. Thesis (Master of Science in Civil Engineering, Sanitary and Environmental Area) – College of Civil Engineering, Architecture and Urbanism, State University of Campinas, Campinas.

ABSTRACT

In the county of Bueno Brandão, South of MG, the Antas River Watershed is located before the water supply area and is susceptible to hydro-degradation due to the damaging agricultural activities-chemicals was evaluated by the use of geo-technologies. The potato cropping is a remarkable activity among them due to the following features: intensive use of agro-chemicals, cropping in places that have slopes higher than 20%, close to or in permanent preservation areas (APP). Therefore, this was the chosen area of study, in order to provide an environmental pre-diagnosis by the use of geo-technologies. Some potato areas were individually registered, using a navigation GPS, where it was possible to obtain data regarding the agro-chemicals used in the cropping. These data locations were used as samples in the under-supervision classification process of the satellite image LANDSAT TM5, achieved in the period of preparation of the land in July/August of 2007. The software used as a Geographic Information System (GIS) was the SPRING, version 4.3.3 (2007). The classification of risk of the watershed was obtained after the implementation of logical and algebraic operations with the thematic maps of APP, use of land and slope generated during the study, and confirmed the potentiality of hydro-degradation in Superficial Waters by agro-chemicals. Through this study, it was observed that by the use of the available tools and qualitative watershed information, it is possible to monitor different phenomenon and display the possible places of higher environmental degradation.

Key-Words: GIS, agro-chemicals, potato cropping, Hydro-degradation, superficial waters.

1 INTRODUÇÃO

Para que haja sustentabilidade da vida humana, é imprescindível que a água de consumo tenha condições mínimas de potabilidade. Para isso, a maioria dos municípios é dotada de estações de tratamento de água convencionais, que visam abastecer a área urbana.

Uma parte da área dos municípios é constituída de atividades ditas de característica rural, que se encontram praticamente desprovidas de atendimentos sanitários, onde pode ser destacado um sistema específico de tratamento de água. Deste modo, os moradores consomem a água de cisternas ou surgências, sendo ambas com a ausência de qualquer tipo de tratamento, ou condicionamento para um uso mais nobre.

As águas de rios e lagos, ou simplesmente superficiais, são comumente utilizadas para a irrigação de lavouras e dessedentação de animais, que posteriormente virão a suprir direta ou indiretamente, a cadeia alimentar da população.

A degradação hídrica pode ocorrer de modo quantitativo ou qualitativo. No modo quantitativo são observados os lançamentos em grande escala nos corpos d'água, e no qualitativo, o tipo de fonte contaminante é o que determina a degradação. Pode-se destacar na área rural a poluição proveniente de esgotos domésticos, abatedouros ou matanças clandestinas de animais, bovinocultura de corte ou leiteira, laticínios, utilização de agroquímicos no plantio de culturas diversas, entre outros empreendimentos. Normalmente ocorre o lançamento de efluentes diretamente nos cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento. Além disso, também é comum a

disposição de resíduos em áreas impróprias, próximas de nascentes, e o escoamento superficial no solo devido às águas pluviais, contaminando tanto os sedimentos como as águas de rios e lagos. Deste modo, as fontes pontuais de poluição podem causar a deteriorização das águas subterrâneas, devido ao processo de lixiviação, e das águas superficiais, por escoamento superficial.

Na bataticultura, são geralmente utilizados os acaricidas, fungicidas, herbicidas, inseticidas, nematicidas e fertilizantes, com a predominância de sais de nitrogênio, fósforo e potássio. Durante a etapa de pré-plantio, o local se encontra desprovido de vegetação e com o solo desagregado. Assim sendo, ocorre o aumento da susceptibilidade do solo à erosão hídrica e à lixiviação de todos os produtos aplicados no mesmo para a correção de suas propriedades e para a prevenção de pragas e doenças, as quais podem ocorrer durante o desenvolvimento da lavoura. Essa situação é agravada devido à ausência de uma rotação de culturas, adubação verde ou práticas mecânicas de conservação do solo e da água, como terraços ou curvas de nível (KITAMURA, 1994).

O plantio da batata deve ser feito em local ensolarado, de temperatura amena, com muita água disponível para a irrigação. Além disso, o terreno deve apresentar boas características de aeração, baixa compactação e facilidade de drenagem, pois a planta não tolera encharcamento. No que diz respeito ao sistema produtivo da batata, em locais de relevo acidentado há elevado risco na ocorrência de erosão e o custo é mais oneroso, devido à impossibilidade do uso de sistemas mecanizados.

Apesar das características propícias de fertilidade natural do solo, abundância de recursos hídricos disponíveis e do desenvolvimento histórico da bataticultura em Bueno Brandão, o manejo do solo para a produção dessa cultura vem sendo implantado de modo inadequado em muitos locais, devido ao seu relevo acidentado. Medidas conservacionistas são pouco empregadas e a ocorrência de desmatamento nas margens dos cursos d'água é predominante na região. Deste modo, torna-se possível o escoamento superficial das águas pluviais sobre os locais de plantio e o transporte de

sedimentos aos rios, lagos e nascentes, os quais podem ser efêmeros, perenes e intermitentes, provocando e acelerando o assoreamento dos mesmos.

Segundo Lima e Valarini (1996), durante a fase inicial da avaliação dos impactos ambientais causados por atividades agrícolas, é importante conhecer o histórico de ocupação da área e a sua relação com os fatores ambientais e socioeconômicos, sistemas de produção agrícola, capacidade do terreno para diferentes tipos de uso e atitudes dos produtores.

De acordo com a Organização Não-Governamental (ONG) Místicos Campos (2005), a bataticultura de Bueno Brandão, MG, tem o maior número de produtores na região à montante do local de captação de água pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). Este fato pode acarretar na contaminação da água consumida pela população da área urbana e também da rural, que estiver à jusante das áreas de plantio, devido ao uso intensivo de agroquímicos. Entretanto, deve-se destacar que a bataticultura tem sido responsável pelo desenvolvimento social e econômico da região, gerando uma elevada oferta de empregos diretos e indiretos no município.

As Estações de Tratamento de Água (ETA) convencionais, como a de Bueno Brandão, não são eficientes no tratamento de águas que sofreram mudanças químicas quando em contato com agroquímicos. Assim sendo, o local escolhido para a pesquisa foi o da sub-bacia do Rio das Antas, uma vez que uma possível degradação hídrica, devido ao uso de agroquímicos na bataticultura, pode afetar a qualidade da água consumida pela população e desencadear uma série de efeitos danosos à mesma.

Segundo Brigante et al. (2003b), os sedimentos tornam-se fontes de contaminantes com potencial para funcionar como um *pool* de substâncias tóxicas introduzidas nos ambientes aquáticos, podendo liberar na coluna d'água, compostos químicos acumulados por décadas.

Nesta pesquisa, as informações referentes ao tipo e manejo do solo, defensivos utilizados na bataticultura e características de drenagem da sub-bacia foram tratadas como fenômenos geográficos, que foram, posteriormente, agrupados e inter-relacionados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) a fim de possibilitar a reprodução e a geração de novos dados. De acordo com Hartshorne (1978), devem ser estudados os relacionamentos entre os fenômenos geográficos, e não os fenômenos individuais.

Os SIG têm sido muito utilizados em estudos ambientais para a coleta, armazenamento, tratamento, recuperação, manipulação e visualização das informações espaciais, e permitem a tomada de decisões com base na análise dos dados. Entretanto, a sua implantação efetiva pode ser onerosa e um mau planejamento pode levar ao malogro todas as expectativas de benefícios que se objetivaram com a sua implantação (FERREIRA, 2005)

A incoerência na escolha de locais de amostragem em cursos d'água, devido à falta de conhecimento prévio de áreas propensas à degradação hídrica, possibilita a geração de falsos resultados. Ou seja, podem ser geradas informações de que na região, como um todo, não há risco de contaminação, uma vez que somente os locais não sujeitos à mesma foram amostrados. Assim sendo, seria mais adequado realizar um pré-diagnóstico ambiental para identificar as áreas de risco, onde devem ser feitas amostragens *in loco* a fim de propiciar resultados que caracterizem verdadeiramente o local.

Geralmente, os municípios de pequeno porte não possuem recursos para a implantação adequada de um SIG. Assim sendo, um dos objetivos desta pesquisa foi o de desenvolver um método que possibilitasse um pré-diagnóstico do potencial de degradação hídrica no compartimento ambiental das águas superficiais devido ao uso de agroquímicos em quaisquer tipos de culturas.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho foi de levantar e avaliar as áreas susceptíveis à degradação hídrica por agroquímicos utilizados na bataticultura da sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, Sul de MG, utilizando-se de geotecnologias e dados disponíveis sobre as características hidrográficas, de relevo e tipo de solo do local, além de entrevistas com os agricultores.

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- a) Desenvolver um método de trabalho para que outras pesquisas relativas à degradação hídrica possam ser realizadas para quaisquer tipos de culturas;
- b) Propiciar dados mais restritivos em um pré-diagnóstico ambiental, para que possam ser escolhidos locais adequados à realização de uma amostragem dos cursos d'água, por pesquisadores ou agentes de planejamento ambiental e fiscalização;
- c) Produzir mapas temáticos de fácil entendimento aos agricultores e órgãos fiscalizadores, para que possam ser escolhidos locais adequados ao plantio de batatas na região, além de verificar a necessidade de serem utilizadas medidas conservacionistas nos locais que oferecem maior risco de degradação hídrica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BATATICULTURA

3.1.1 Importância biológica e social da batata

A batata é uma das culturas mais consumidas mundialmente, pois representa um papel importante na nutrição humana. O consumo médio mundial é de aproximadamente 32kg/ano por pessoa (KATO, 2008).

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu 2008 como o “Ano Internacional da Batata”, de modo a promover a importância da cultura ao combate mundial à fome e à pobreza, além de salientar o risco ambiental devido ao manejo inadequado de seu cultivo. De acordo com Melo (2008), a batata é o terceiro alimento com o maior valor biológico, atrás somente do ovo e do leite. O valor biológico indica o percentual do alimento digerido utilizado pelo corpo humano.

Segundo Ribeiro ⁽¹⁾ [2007] apud Rocha (2007), a bataticultura no Sul de Minas oferece atualmente 120 mil empregos diretos e indiretos. O conjunto das pequenas beneficiadoras de batatas também contribui com a geração de empregos e renda nos municípios.

⁽¹⁾ José Daniel Rodrigues Ribeiro é secretário da Associação dos Bataticultores do Sul de Minas (ABASMG)

Muitas vezes, em pequenos municípios, como no caso de Bueno Brandão, a vida sócio-econômica da população depende da bataticultura, direta e indiretamente. Silva ⁽²⁾ (2008) afirma que, quando a safra da batata tem um resultado negativo no mercado, ocorre recessão em todos os setores.

3.1.2 Produção da batata no Brasil e em Minas Gerais

De acordo com a Associação da Batata Brasileira (ABBA) (2008), de 1995 a 2003, o Brasil ocupou o 21º lugar na produção mundial de batata e 2º lugar na América do sul. No Brasil, o estado de Minas Gerais é o maior produtor de batatas. As produções do país e de Minas Gerais, de 1994 a 2006, podem ser observadas no gráfico da figura 1. Os outros estados que se destacam na produção nacional são, respectivamente, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Bahia.

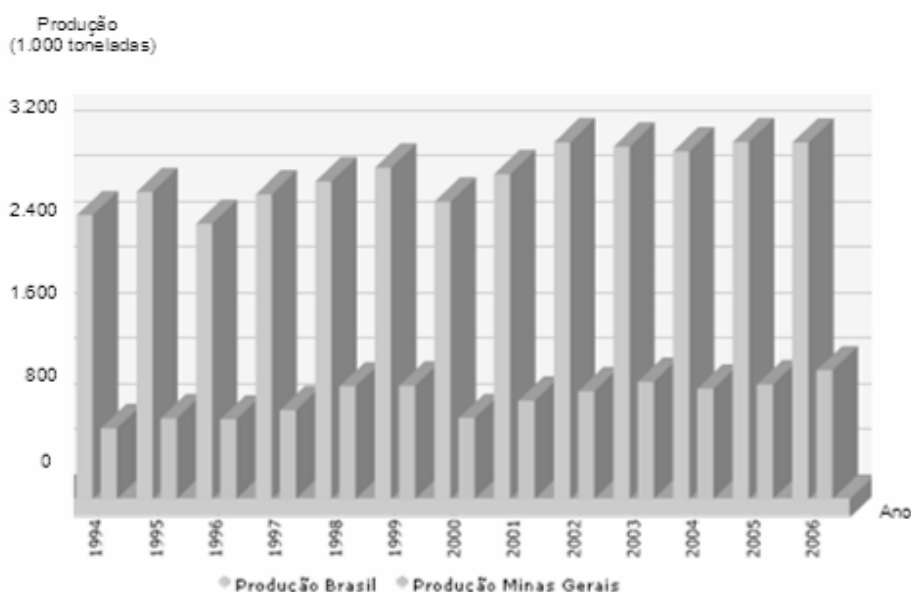


Figura 1: Produção de batatas do Brasil e de Minas Gerais de 1994 a 2006

Fonte: CENTRO DE INTELIGÊNCIA DA BATATA (CIB) (2008)

⁽²⁾ Anderson Beghini da Silva é presidente da Associação Comercial, Industrial e de Serviços de Bueno Brandão (ACISBB) desde 2005.

Na figura 2, pode-se observar a média da produção de batatas em cada uma das Mesorregiões de MG, de 2001 a 2005. O Sul de Minas ocupa o 1º lugar na produção estadual, com mais de 50% do total.

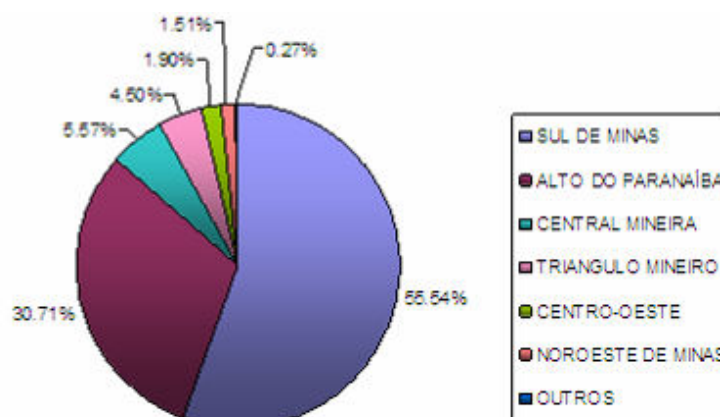


Figura 2: Média Percentual da Produção de Batata nas Mesorregiões de MG (2001-2005)
 Fonte: Adaptação do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) [2008b]

Na figura 3 pode-se observar a média da produção de batatas nas Microrregiões do Sul de Minas que mais se destacam, de 2001 a 2005. Na liderança encontra-se de Pouso Alegre, da qual faz parte o município de Bueno Brandão.

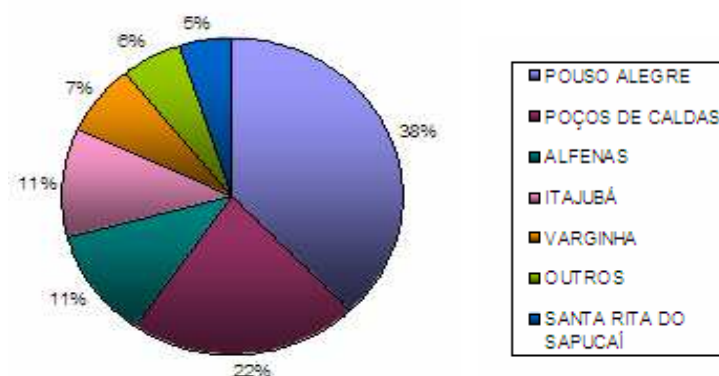


Figura 3: Média Percentual da Produção de Batata no do Sul de Minas (2001-2005)
 Fonte: Adaptação do IBGE [2008b]

O município de Bueno Brandão ocupa o 5º lugar na produção de batatas do Sul de Minas e 3º, na Microrregião de Pouso Alegre (IBGE, 2008b). Na figura 4

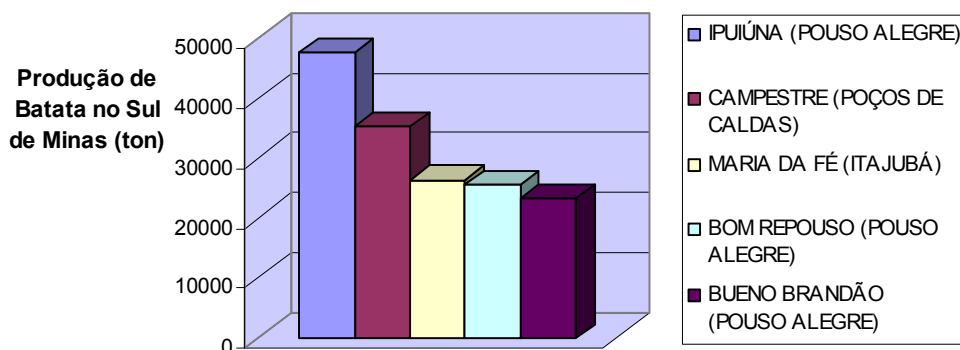


Figura 4: Produção dos cinco municípios que mais se destacam na Microrregião do Sul de Minas (2001-2005)

Fonte: Adaptação do IBGE [2008b]

O município de Bom Repouso, que ocupa o 2º lugar, confronta a divisa do município de Bueno Brandão e encontra-se à montante da sub-bacia do Rio das Antas, onde se localiza a nascente do Rio Mogi-Guaçu.

Em 2007, houve grande crescimento e desenvolvimento tecnológico do Alto Paranaíba, tendo destaque, segundo o IBGE (2008b), os municípios de Perdizes, Sacramento e Santa Juliana.

Devido às características de relevo e clima propícias da região, os produtores podem utilizar de técnicas modernas de plantio e colheita com um sistema mecanizado de alta produtividade (VILELA ⁽³⁾, 2007).

⁽³⁾ José Maurício Vilela é um dos associados da empresa Irmãos Vilela e produtor de batatas no Alto Paranaíba, principalmente em Santa Juliana, MG.

3.1.3 Fatores ambientais intervenientes no plantio da batata

O desenvolvimento da batata no seu local de plantio depende das condições ambientais que o local apresenta. Os principais fatores são as temperaturas do solo e do ar, o comprimento do dia, a intensidade de radiação luminosa, o suprimento de água e a textura do solo.

É importante que a temperatura do solo seja entre 12 e 28°C durante a brotação, sendo esta melhor entre 21 e 24°C. Mas, para a formação dos tubérculos, a temperatura do solo deve ser entre 15 e 24°C, para evitar a formação de deformações nos mesmos. Já para a temperatura do ar, sua melhor faixa é entre 15 e 20°C, pois caso contrário o desenvolvimento da parte aérea passa a ser desproporcional à sua capacidade fotossintética, fazendo com que o suprimento de carboidratos na planta dificulte o seu crescimento. Além disso, com o aumento da temperatura, a área foliar por grama de matéria seca diminui, e aumenta a taxa respiratória da planta. Ocorre também o aumento da evapotranspiração, e com o pequeno sistema radicular da planta, devido ao número limitado de tubérculos, aumenta também a demanda pelo consumo d'água. Assim, as temperaturas podem afetar tanto a quantidade, quanto o tamanho dos tubérculos. Em locais com temperaturas mais baixas, principalmente as noturnas, o número de tubérculos costuma ser maior. Em dias mais curtos, o processo de tuberização ⁽⁴⁾ é acelerado, mas o desenvolvimento da parte aérea e dos tubérculos, e a duração do ciclo são limitados, além da resistência horizontal a certas doenças também diminuir. Havendo baixa luminosidade, ocorre o crescimento da parte aérea da planta, aumentando a respiração da planta, sem o proporcional aumento da taxa fotossintética, reduzindo a produção e a qualidade dos tubérculos (LOVATO, 2005).

(4) Tuberização: s.f. *Transformação da parte inferior do caule ou dos órgãos radiculares de certos vegetais em tubérculos ou em pseudobulbos.* (Definição. Disponível em <<http://hostdime.com.br/dicionario/tuberizacao.htm1>>. Acesso em 09 nov. 2007).

Em relação às propriedades do solo, Filgueira (1999) afirma que a textura média, em terrenos não muito argilosos ou compactos, propicia um ótimo desenvolvimento à planta e aos tubérculos, desde que haja disponibilidade hídrica e arejamento adequados.

Lovato (2005) afirma que as raízes dos tubérculos são muito débeis com baixa capacidade de penetração no solo. Além disso, devido à alta taxa de transpiração, a planta é muito sensível quanto à falta de água. Já a boa aeração é importante para a atividade microbiana e respiração radicular da planta.

3.1.4 Sistema produtivo da batata

No que diz respeito às características químicas do solo, Filgueira (1999) afirma que a fertilidade do solo pode ser melhorada através da implantação das inúmeras técnicas agrônômicas disponíveis. Entretanto, para que as operações possam ser mecanizadas, o terreno deve apresentar topografia plana ou com baixa declividade. Em terrenos muito acidentados, além do custo para o plantio ser mais elevado, há maior risco à erosão e complexidade nas operações.

Assim, o modo de plantio da batata varia de acordo com as características de relevo do local. Ou seja, se o local é plano, o sistema tende a ser mecanizado. Já se o local possui relevo acidentado, o plantio tende a ser manual, ou semi-mecanizado.

Na tabela 1 podem ser observados os sistemas produtivos das duas regiões de maior produção de batata em MG, ou seja, Alto Paranaíba/Triângulo Mineiro e Sul de Minas, considerando-se que o relevo e o clima são completamente distintos entre um local e outro (CIB, 2008).

No Anexo B encontra-se o maquinário básico que tem sido mais empregado na bataticultura, contendo suas respectivas características de operacionalidade.

Tabela 1: Sistemas produtivos na bataticultura das regiões do Alto Paranaíba/Triângulo Mineiro e Sul de Minas.

Região			Municípios do Alto Paranaíba/Triângulo Mineiro	Municípios do Sul de Minas
Área Colhida em 2007			16.259 ha	22.230 ha
Produção em 2007			501.565 t	575.080 t
Produtividade em 2007			30,85 t/ha	25,87 t/ha
Preparo do Solo	mecanizado		100%	56%
	manual		-	31%
	semi-mecanizado com manual		-	13%
Plantio da Cultura	mecanizado		78%	6%
	manual		-	75%
	semi-mecanizado		-	13%
	semi-mecanizado com mecanizado		22%	-
	semi-mecanizado com manual		-	6%
Tratos Culturais	mecanizado		100%	13%
	manual		-	38%
	semi-mecanizado com mecanizado		-	12%
	semi-mecanizado com manual		-	37%
Colheita	mecanizado		11%	-
	manual		-	19%
	semi-mecanizado		66%	19%
	semi-mecanizado com mecanizado		23%	-
	semi-mecanizado com manual		-	50%
	mecanizado com manual		-	12%
Sistema de Irrigação	1ª safra	aspersão convencional	33%	94%
		não irrigam	67%	-
		não plantam	-	6%
	2ª safra	aspersão convencional	23%	88%
		aspersão convencional com pivô central	55%	-
		não irrigam	22%	-
		não plantam	-	12%
	3ª safra	aspersão convencional	-	75%
		aspersão convencional com pivô central	56%	-
		pivô central	44%	-
		não plantam	-	25%

Fonte: Adaptação de CIB (2008)

Na região do Alto Paranaíba/Triângulo Mineiro, a partir da pesquisa do CIB (2008) verificou-se que o uso de roçadeiras em 78% dos municípios não se alterou, mas o uso de outras máquinas agrícolas aumentou em 33% nos últimos anos. No Sul de Minas, o uso de tratores aumentou em 69%, enquanto o de roçadeiras se manteve estável, e o de outras máquinas aumentou 44%. Este fato mostra que os produtores têm investido na compra de equipamentos, embora o uso dos mesmos não seja adequado em muitos locais, devido ao relevo acidentado do local.

3.1.5 Cultivo da batata

A colheita da batata no Brasil ocorre em três safras diferentes no período de um ano: a safra das águas, comumente com plantio de agosto a dezembro e colheita de dezembro a março, concentrando 52% da oferta anual, e maior participação dos estados do Paraná e Minas Gerais; a safra da seca, com plantio de janeiro a março e colheita de abril a julho, correspondendo a 30% da oferta anual, e maior participação do estado do Paraná; e a safra de inverno, com plantio de abril a julho e colheita de agosto a novembro, correspondendo a 18% da oferta anual, e maior participação dos estados de São Paulo e Minas Gerais (GODOY, 2001). Na figura 5, pode-se observar a distribuição das áreas de plantio durante as três safras, respectivamente.

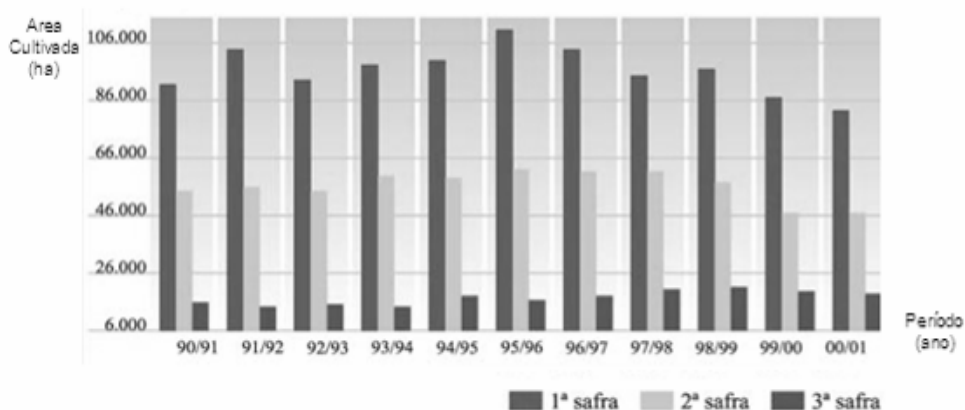


Figura 5: Área cultivada de batata no Brasil – Safras: das águas(1ª), da seca(2ª) e do inverno (3ª), de 1990/1991 a 2000/2001.

Fonte: IBGE [2001] apud GODOY (2001)

Segundo Vilela (2007), o solo deve ser primeiramente aerado, remexendo os 30 cm da sua camada superficial. Em seguida, deve ocorrer o destorroamento e nivelamento da superfície de plantio. Neste período, muitos produtores fazem a análise do solo para determinar como o mesmo deve ser corrigido, tanto em relação ao pH, como aos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK). Alguns produtores mais tradicionalistas optam por não fazer a análise, correndo o risco de não utilizarem os produtos adequados para a sua correção.

Após a calagem e introdução de NPK, o solo deve ser remexido e nivelado novamente. É feito então, o traçado das linhas, ou sulcamento, onde o solo é misturado com a mistura de NPK, podendo então ser pulverizado. Em seguida, poderá ser feita a amontoa, ou seja, o aterramento dos tubérculos-sementes, de modo a protegê-los da luz solar. (VILELA, 2007).

Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas [2008] apud CIB (2008), tanto a calagem quanto a adubação devem ser feitas sempre com base em análise de solo. Apesar da batata ter tolerância à variação da acidez do solo, o tubérculo é muito exigente em sais de cálcio como nutriente. Portanto, de acordo com Filgueira (1999), a calagem deve ser realizada em duas etapas, ou seja, metade antes da primeira aeração e a outra metade depois da gradagem, de modo a distribuir o calcário uniformemente, corrigindo a camada em até 30 cm de profundidade. No plantio, o NPK deve ser aplicado, quando necessário, em cobertura, antes da amontoa. Entretanto, a adubação nitrogenada deve ser parcelada, de modo a evitar grande concentração salina sobre a semente e a sua perda do nutriente por lixiviação.

A batata exige o consumo elevado de água, mas é intolerante ao encharcamento. A sua produção no inverno, no mesmo local de plantio, com rotação de cultura apenas no verão, é uma prática inadequada, pois pode levar o solo à compactação, ocasionando problemas relacionados à drenagem irregular, como o aumento de moléstias de origem fúngicas de solo e de fitotoxidade por toxicações com ferro e manganês (CIB, 2008).

De 10 a 15 dias após o término do ciclo produtivo (ou seja, de 3 a 4 meses após o plantio, quando ocorre a seca das ramas), poderá então ser feita a colheita dos tubérculos.

3.1.6 Produção integrada da batata

O sistema de produção integrada da batata, além de econômico, visa atender a qualidade final do produto, priorizando a utilização do manejo adequado e o emprego racional dos agroquímicos, de modo a minimizar o impacto ambiental e a melhorar a qualidade da saúde humana. Assim, o objetivo geral do sistema é de elevar os padrões de qualidade e competitividade da batata, através do manejo sustentável da produção agrícola.

De acordo com o CIB (2008), nesta metodologia que visa preservar os recursos naturais, algumas das medidas a serem implantadas são: a substituição dos insumos poluentes; a utilização de batata-semente certificada; a adoção do manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas; o emprego da rotação de culturas e de medidas conservacionistas de proteção ao solo; o tratamento das águas residuárias e o monitoramento ambiental, conforme o desenho esquemático apresentado na figura 6.



Figura 6: Sistema de produção integrada da batata.

Fonte: CIB (2008)

Segundo Young (2008), o uso de tecnologias limpas possibilita reverter o custo em benefício, através de ganhos no rendimento e na produtividade. Portanto, o sistema de produção integrada da batata, poderia se relacionar à situação denominada *win-win*, onde o ganho de competitividade ocorre concomitantemente ao ganho social. Isso só é possível através do ganho ambiental porque, não se pode conceber a falta de análise ou responsabilidade em relação aos impactos causados sobre as pessoas direta ou indiretamente atingidas por um novo empreendimento (BRUNS, 2008). Na bataticultura o novo empreendimento poderia ser considerado como um novo local de plantio que, através do manejo inadequado na produção agrícola, torna possível a contaminação ou destruição dos recursos naturais da área de entorno, podendo afetar, diretamente, toda uma população.

Na tabela 2 podem ser observadas as principais diferenças entre os sistemas de produção empregados na bataticultura. No sistema integrado de plantio, verifica-se uma menor possibilidade de impacto ambiental, considerando-se a adoção de práticas conservacionistas, o uso controlado de agroquímicos, o plantio de sementes certificadas e o monitoramento de doenças e pragas.

Tabela 2: Diferença entre os sistemas de produção de batata dos tipos convencional, integrado e orgânico.

Prática	Convencional	Integrada	Orgânica
Manejo do Solo	Uso intensivo de máquinas agrícolas. Ausência de práticas conservacionistas.	Preparo mínimo. Práticas conservacionistas e rotação de culturas.	De acordo com a entidade certificadora. Práticas conservacionistas e rotação de culturas recomendadas.
Produtos fitossanitários	Uso intensivo	Uso controlado. Monitoramento de doenças e pragas.	Produtos naturais ou alternativos. Monitoramento de doenças e pragas.
Fertilização	Uso de fertilizantes utilizando-se ou não a análise do solo e folhas.	Fertilização química e orgânica baseada no resultado de análise do solo e folhas.	Somente orgânicos.
Batata-semente	De acordo com a legislação do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)	Obrigatório o uso de batata certificada.	A critério das entidades certificadoras.

Fonte: Adaptação do CIB (2008).

3.2 AGROQUÍMICOS UTILIZADOS NA BATATICULTURA

3.2.1 Introdução

Desde a pré-história, o homem pratica a agricultura convivendo com os problemas de pragas e doenças que destroem as suas colheitas. Há cerca de mil anos atrás, os chineses já utilizavam compostos de arsênio para combater as mesmas e assegurar o seu sustento (CARRARO, 1997). Deste modo, os produtos agrícolas utilizados nos dias de hoje não devem ser impugnados pela sociedade, mas sim, questionados: Devem ser utilizados no local? A quantidade e o modo de utilização são adequados? Estão sendo implantadas medidas conservacionistas?

Na agricultura, os produtos químicos utilizados, ou também chamados de “agroquímicos”, são os fertilizantes e os agrotóxicos. Além da mobilidade dos mesmos no solo, pode ocorrer o seu deslocamento no ambiente através dos deslocamentos de massas de ar e das águas oriundas de chuvas superficiais, para locais distantes dos locais de cultivo.

A fim de que seja possível avaliar os impactos ambientais que ocorrem através do uso de agroquímicos, é necessário que haja pleno conhecimento da tipologia dos mesmos, além de sua mobilidade no compartimento ambiental a ser estudado.

3.2.2 Fertilizantes

Os fertilizantes são nutrientes necessários para uma determinada cultura, que são aplicados no solo, em decorrência da insuficiência dos mesmos para o desenvolvimento natural da planta que se pretende cultivar. Apesar de não serem considerados como um fator importante de poluição dos solos, os mesmos podem ser depositados nos sedimentos dos cursos d’água ou nas partes mais baixas do relevo, devido à erosão que ocorre nas partes mais altas e o respectivo assoreamento nas

regiões mais baixas, ou seja, após o escoamento superficial das águas sobre as áreas de plantio (MESQUITA et al., 1999).

Os produtores de batata fazem, geralmente, uma única adubação de nitrogênio no plantio, ou então, uma adubação de cobertura com N, junto com a operação de amontoa (20 a 30 dias após o plantio). Entretanto, Vieira et al. (2002) recomendam o uso do parcelamento da adubação nitrogenada e potássica na cultura da batata, pelo fato de proporcionar menor perda por lixiviação (K e N), menor perda por volatilização (N), redução do efeito salino e desenvolvimento de plantas menores e resistentes, com menor risco de lesões nas hastes.

Na pesquisa de Silva et al. (2000), pôde-se observar que maiores concentrações residuais de P e K solúveis estiveram presentes nas parcelas que receberam adubação, e a dosagem equivalente a $4t\ ha^{-1}$ da fórmula 4-16-8 (NPK) proporcionou os maiores teores residuais de P e K no solo. Também foi observado um maior acréscimo do efeito residual do P, em relação ao K, ao elevar-se a dosagem de $2t\ ha^{-1}$ para $4t\ ha^{-1}$ de fertilizante, provavelmente devido à perda de K por lixiviação (RITCHEY, 1982).

Barroso e Silva (1992) afirmam que os nitratos solúveis se incorporam às águas de escoamento superficial e de lixiviação, e os fosfatos aos sedimentos arrastados, uma vez que o fósforo é adsorvido pelas partículas do solo.

De acordo com Machado (2007) o fósforo é o mineral mais impactante das águas continentais e tem sido considerado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas.

Raij (1991) afirma que o fósforo é o nutriente mais limitante dos solos brasileiros, e não apresenta risco expressivo direto às águas subterrâneas por lixiviação, sobretudo devido ao seu processo de fixação no solo. Segundo o autor, quando o pH é baixo o fósforo é fixado por hidróxidos de ferro e alumínio, e em pH elevado, a fixação é por meio de compostos de cálcio. Portanto, a eutrofização dos rios e lagos é provavelmente

devida ao fósforo proveniente dos esgotos sanitários (MESQUITA et al., 1999), que de acordo com Metcalf e Eddy (2003) apresentam de 4 a 15mg/L de fósforo.

Vieira (1988) afirma que a compreensão da fertilidade do solo e da relação química das partículas do mesmo, depende da identificação dos compostos fosfatados precipitados ou fixados. A fixação ocorre por meio da sua ligação com óxidos de ferro ou de alumínio, argila-silicatada ou calcário. O autor explica que os óxidos hidratados de ferro e alumínio têm carga variável em função do pH do sistema pedológico. Quando o pH é fortemente ácido (2,5 a 5,0), estes óxidos reagem com os íons fosfatos originando hidro-xisfosfatos insolúveis. Estes não são aproveitáveis pelas plantas, devido à sua composição predominante na forma de colóide mineral e por isso, ocasionam a infertilidade do solo.

De acordo com Costa (2001), o não revolvimento do solo diminui o contato entre os colóides e os íons fosfato, tornando menos intensas as reações de adsorção, e aumentando a disponibilidade de fósforo para as plantas.

A contaminação das águas superficiais devido aos fosfatos utilizados como fertilizantes na agricultura pode ocorrer se os mesmos forem aplicados de modo inadequado no local de plantio. Logo, se a aplicação é feita em larga escala, e não há tempo suficiente para que o mineral seja fixado às partículas do solo, as águas das chuvas podem vir a carrear seus sedimentos para os cursos d'água, principalmente se estes não contarem com a proteção de mata ciliar.

Segundo Yost et al. (1981) nos solos que possuem alta capacidade de retenção de fósforo e quando o manejo dos fertilizantes fosfatados é adequado, parte do nutriente permanece no solo de forma disponível às plantas por uma série de sucessivos cultivos.

3.2.2.1 Efeitos do nitrogênio, fósforo e potássio no ambiente

Na bataticultura, o emprego indiscriminado de fósforo e nitrogênio vem ocasionando relevante preocupação nos efeitos nocivos que o mesmo pode representar à qualidade das águas subterrâneas e superficiais, e consequentemente, à saúde humana.

O nitrogênio possui um dos ciclos biogeoquímicos mais complexos da natureza. A sua importância aos seres vivos se deve à responsabilidade pela constituição de proteínas e ácidos nucleicos. Entretanto, este elemento somente pode ser utilizado pelas plantas na forma reativa e não como composto inerte. Portanto, é necessária a ligação de nitrogênio às moléculas de hidrogênio, carbono ou oxigênio. Neste processo algumas bactérias, fungos e cianobactérias fazem primeiramente a nitrosação, onde ocorre a transformação do íon amônio (NH_4^+) em nitritos (NO_2^-), e em seguida a nitratação, onde os nitritos são transformados em nitratos (NO_3^-). Na tabela 3 podem ser observados os agentes responsáveis e os produtos formados nas etapas do ciclo biogeoquímico do nitrogênio.

Tabela 3: Etapas, agentes e produtos dos processos do ciclo biogeoquímico do nitrogênio

Etapas do Ciclo Biogeoquímico do Nitrogênio		Agente	Equação Simplificada
Fixação		Bactéria Rhizobium e Nostoc (alga cianofícia)	$\text{N}_2 \rightarrow \text{sais nitrogenados}$
Amonização		Bactérias decompositoras	$\text{N}_{\text{orgânico}} \rightarrow \text{NH}_4$
Nitrificação	Nitrosação	Bactérias Nitrosomonas e Nitrosococcus	$\text{NH}_4 \rightarrow \text{NO}_2$
	Nitratação	Bactéria Nitrobacter	$\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$
Desnitrificação		Bactérias Desnitrificantes (Pseudomonas)	$\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$

Fonte: Adaptação de PESSIN [2008]

Para que os compostos nitrogenados sejam eficientes no enriquecimento do solo é necessária a atuação das bactérias fixadoras de nitrogênio, presentes nas raízes de plantas do tipo leguminosas. Como os nitratos não se dissolvem facilmente em argilas, o excesso de nitrogênio tende a permanecer no sistema na forma de nitrato, podendo causar a contaminação dos cursos d'água, por escoamento superficial, ou das águas subterrâneas, por lixiviação.

Segundo Alaburda e Nishihara (1998), o nitrato é geralmente encontrado em baixos teores nas águas superficiais, podendo atingir maiores concentrações em águas profundas. Nas águas de abastecimento, o seu consumo pode induzir a metemoglobinemia, principalmente nas crianças menores de 3 meses de idade ou adultos com gastroenterites, anemia, porções do estômago removidas cirurgicamente e mulheres grávidas, além de formar nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas. Por outro lado, o nitrito pode induzir a metemoglobinemia às pessoas que o ingerirem diretamente, independente de sua idade.

O fósforo é um elemento essencial para a constituição de Trifosfato de Adenosina (*ATP*), Ácido Desoxirribonucleico (*DNA*) e Ácido Ribonucleico (*RNA*). Berton (1994) relata que, devido à baixa mobilidade do fósforo no solo, ele representa pouca ameaça às águas subterrâneas, mas grande risco às águas superficiais. Neste caso a sua perda ocorre por escoamento superficial, podendo ocasionar a eutrofização dos cursos d'água. A ingestão de fósforo em altas doses pode ocasionar a redução na absorção de ferro e zinco pelo organismo (LUDOVICE, 2003).

De acordo com Brigante et al. (2003a) em pesquisa realizada na nascente do Rio Mogi-Guaçu, em Bom Repouso, MG, foi verificada a concentração de fosfato inorgânico e total, a duas ou três vezes superior à concentração presente nas demais nascentes, devido aos prováveis efeitos da agricultura e da ausência de práticas conservacionistas no solo da área de entorno da nascente.

Segundo Costa (2001), as plantas fazem o aproveitamento de potássio, através da absorção do mesmo pelas suas raízes. A movimentação do nutriente ocorre através do deslocamento do íon em solução aquosa, a favor de um gradiente de concentração, ou seja, de uma região de maior para uma de menor concentração. Deste modo, no caso de uma aplicação inadequada de adubação potássica, ou em terrenos compostos por solo do tipo arenoso, deve ocorrer lixiviação e possível, contaminação das águas subterrâneas.

3.2.3 Agrotóxicos

A definição de agrotóxicos, de acordo com a Lei Federal nº 7.802 de 11/07/89, alterada pela Lei Federal nº 9.974 de 06/06/00, é expressa como:

Agrotóxicos são os produtos e os componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso nos setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas e de outros ecossistemas e também em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento.

A mudança da terminologia de *Defensivo Agrícola* para *Agrotóxico*, foi feita após grande mobilização da sociedade civil brasileira organizada, a fim de evidenciar a toxicidade desses produtos ao meio ambiente e à saúde humana. Estes agroquímicos também são popularmente chamados de praguicidas ou pesticidas, devido à sua função principal de controlar insetos, pragas e plantas daninhas de culturas na fase de preparo do solo, plantio, armazenamento e distribuição (PORTAL FARMÁCIA, 2008).

Os componentes dos agrotóxicos são definidos como "*os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins*", e a sua classificação é referente à função e ao grupo químico aos quais os mesmos pertencem, e à sua toxicidade (BRASIL, 1989).

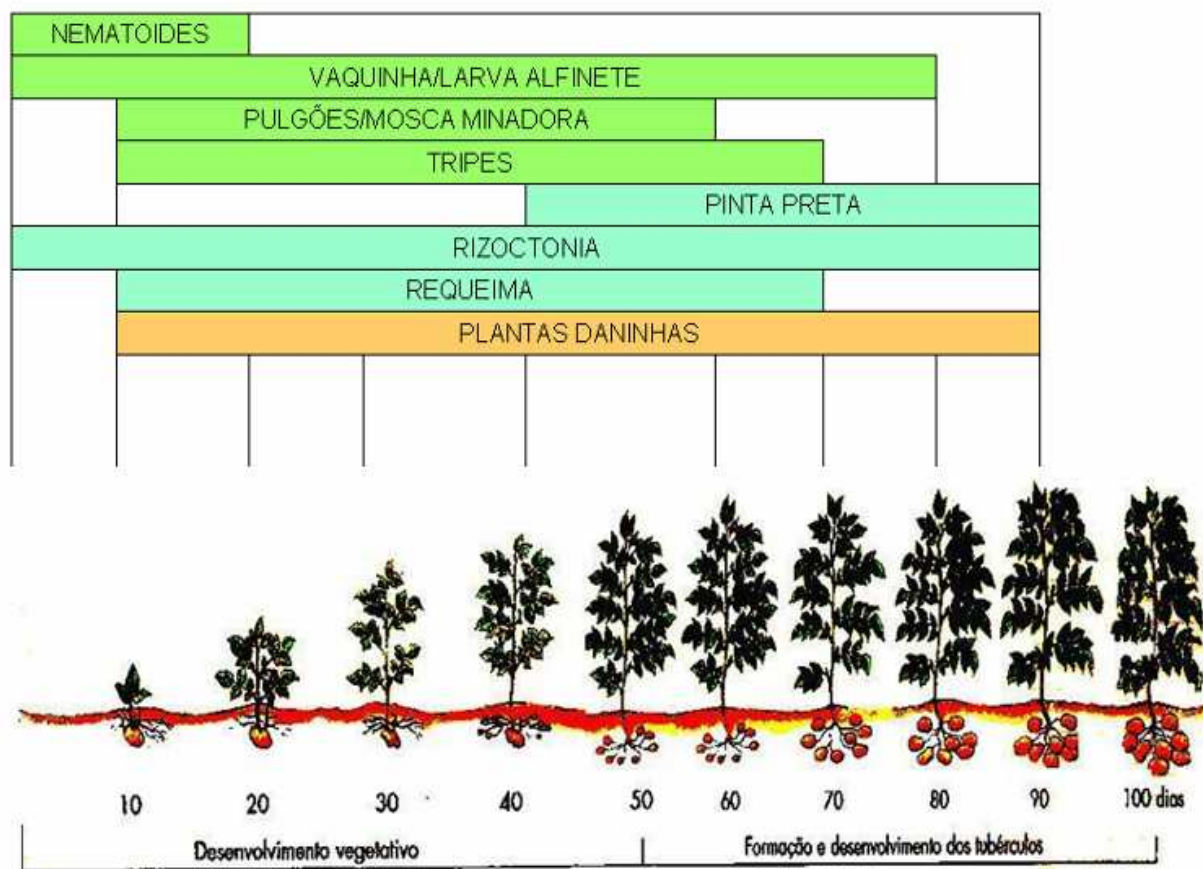
Na tabela 4 pode-se observar a classificação quanto ao tipo de controle de pragas e doenças a que cada grupo é destinado,

Tabela 4: Classificação dos Agrotóxicos de acordo com a sua função.

Tipos de Agrotóxicos	Função
Acaricidas	Combate aos ácaros.
Bactericidas	Combate a doenças causadas por bactérias.
Fungicidas	Combate a fungos.
Herbicidas	Combate de ervas daninhas.
Inseticidas	Controle de insetos, larvas e mosquitos.
Nematicidas	Combate a nematóides.
Raticidas	Combate a roedores.

Fonte: Adaptação de CARRARO (1997)

Na bataticultura, o emprego dos fertilizantes é feito durante o preparo do solo e plantio, antes da amontoa. Quanto aos outros agroquímicos, os seus períodos de aplicação são os seguintes: os nematicidas e alguns inseticidas devem ser aplicados logo após o plantio; os acaricidas e outros inseticidas devem ser aplicados 10 dias após o plantio, quando se inicia a brotação; os herbicidas, no pré e pós-plantio, 10 dias após a germinação da semente; e, os fungicidas, logo após o plantio e 10 dias depois. O uso dos fungicidas e inseticidas deve ser alternado, onde em um ciclo de 90 dias, a aplicação costuma ser de 10 a 15 vezes, de acordo com a sua necessidade, verificada pelo produtor *in loco* (VILELA, 2007). Na figura 7, é apresentado esquematicamente o desenvolvimento da batata com a presença de possíveis pragas e doenças, além dos tipos de agroquímicos que podem ser utilizados para o seu controle.



Produtos a serem utilizados:

Inseticidas, Nematicidas e Acaricidas	Acaricidas e Fungicidas	Herbicidas
---------------------------------------	-------------------------	------------

Figura 7: Pragas e doenças no ciclo da batata - Produtos indicados para aplicação.
 Fonte: Adaptação de BAYER CROPS SCIENCE [2006]

De acordo com Peres e Moreira (2007), a exposição aos agrotóxicos pode causar efeitos agudos e crônicos ao ser humano, como: dificuldade respiratória, lesões renais e hepáticas, Mal de Parkinson, cânceres, entre outras mais. Na tabela 5 podem ser observados os sintomas de intoxicação aguda e crônica devido ao contato do ser humano com agrotóxicos.

Tabela 5: Principais efeitos agudos e crônicos causados pela exposição aos agrotóxicos, de acordo com o grupo químico a que pertencem.

Classificação quanto à praga que controlam	Classificação quanto ao grupo químico	Sintomas de intoxicação aguda	Sintomas de intoxicação crônica
Inseticidas	Organofosforados/Carbamatos	Fraqueza	Efeitos neurotóxicos retardados
		Cólicas abdominais	Alterações cromossomiais
		Vômitos	Dermatites de contato
		Espasmos musculares	
		Convulsões	
	Organoclorados	Náuseas	Lesões hepáticas
		Vômitos	Arritmias cardíacas
		Contrações musculares involuntárias	Lesões renais
	Piretróides sintéticos	Irritações das conjuntivas	Neuropatias periféricas
		Espirros	Alergias
		Excitação	Asma brônquica
		Convulsões	Irritações nas mucosas
Fungicidas	Ditiocarbamatos		Hipersensibilidade
		Tonteiras	Alergias respiratórias
		Vômitos	Dermatites
		Tremores musculares	Mal de Parkinson
	Fentalamidas	Dor de cabeça	Cânceres
		-	Teratogêneses
Herbicidas	Dinitrofenóis/Pentaclorofenol	Dificuldade respiratória	Cânceres (PCP – formação de dioxinas)
		Hipertermia	Cloroacnes
		Convulsões	
	Fenoxiacéticos	Perda do apetite	Indução da produção de enzimas hepáticas
		Enjôo	Cânceres
		Vômitos	
		Fasciculação muscular	Teratogênese
	Dipiridilos	Sangramento nasal	Lesões hepáticas
		Fraqueza	Dermatites de contato
		Desmaios	Fibrose pulmonar
		Conjuntivites	

Fonte: PERES e MOREIRA (2007)

3.2.3.1 Agrotóxicos empregados na bataticultura em Bueno Brandão, MG

De acordo com Bento⁽⁵⁾ (2008), os principais agrotóxicos comercializados encontram-se na tabela 6. As informações técnicas sobre estes produtos foram obtidas a partir da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2008).

Tabela 6: Principais agrotóxicos empregados na bataticultura, comercializados em Bueno Brandão, MG.

Produto	Tipo	Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Classe Toxicológica	Classificação Ambiental
ABAMECTIN NORTOX	Acaricida - inseticida	Abamectina	Avermectinas	Perigoso - III	Perigoso - III
ABSOLUTO	Fungicida	Clorotalonil	Isoftalonitrila	Medianamente tóxico - III	Perigoso - III
AMISTAR 500WG	Fungicida	Azoxistrobina	Estrobilurina	Pouco tóxico - IV	Perigoso - III
ASTRO	Inseticida	Clorpirifós	Organofosforado	Medianamente tóxico - III	Muito perigoso - II
BRAVONIL 500	Fungicida	Clorotalonil	Isoftalonitrila	Extremamente tóxico - I	Muito perigoso - II
CURZATE BR	Fungicida	Cimoxanil + mancozebe	Acetamida + alquilenobis(ditiocarbamato)	Medianamente tóxico - III	Perigoso - III
DECIS 25CE	Inseticida	Deltametrina	Piretróide	Medianamente tóxico - III	Altamente perigoso - I
DITHANE PM	Acaricida - fungicida	Mancozebe	Alquilenobis (ditiocarbamato)	Medianamente tóxico - III	Muito perigoso - II
FROWNCIDE 500SC	Acaricida - fungicida	Fluazinam	Fenilpiridinilamina	Altamente tóxico - II	Altamente perigoso - I
FURADAN 50G	Inseticida - nematocida	Carbofurano	Metilcarbamato de benzofuranila	Medianamente tóxico - III	Muito perigoso - II
GRANUTOX	Acaricida - inseticida	Forato	Organofosforado	Extremamente tóxico - I	Registro Decreto 24.114/34 (não avaliado pelo IBAMA)*
LANNATE BR	Inseticida	Metomil	Metilcarbamato de oxima	Extremamente tóxico - I	Registro Decreto 24.114/34 (não avaliado pelo IBAMA)
KARATE ZEON 50CS	Inseticida	Lambda-cialotrina	Piretróide	Medianamente tóxico - III	Muito perigoso - II
MANZATE 800	Fungicida	Mancozebe	Alquilenobis (ditiocarbamato)	Medianamente tóxico - III	Registro Decreto 24.114/34 (não avaliado pelo IBAMA)
ORTHENE 750BR	Acaricida - inseticida	Acefato	Organofosforado	Pouco tóxico - IV	Perigoso - III
TAMARON BR	Acaricida - inseticida	Metamidofós	Organofosforado	Altamente tóxico - II	Muito perigoso - II

* IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)

Fonte: Adaptação de ANVISA (2008)

⁽⁵⁾ Geraldo Martins Bento é um dos proprietários da loja Agropecuária Ouro Branco, em Bueno Brandão MG.

O modelo agrícola predominante na região de Bueno Brandão interfere negativamente na qualidade dos recursos hídricos. Isso ocorre devido ao uso excessivo e inadequado de defensivos, à destruição da cobertura vegetal na área de entorno ao plantio e à intervenção em Áreas de Preservação Permanente (APP), que se encontram no entorno de nascentes e às margens dos cursos d'água.

Segundo Brigante et al. (2003b) os organofosforados, apesar de menor permanência no meio ambiente, podem ocasionar um efeito extremamente tóxico, pois são inibidores de acetilcolinesterase e seu acúmulo no ser humano pode ser fatal, tanto devido à exposição a baixos níveis de modo contínuo, quanto devido à intoxicação aguda. Na pesquisa realizada pelos autores, a fim de serem determinados os níveis de inseticidas organofosforados, Paration etil e Paration metil, nos sedimentos da bacia a montante do rio Mogi-Guaçu, foram coletadas amostras em três períodos distintos: agosto/2002 (período seco), novembro/2002 (início do período chuvoso) e março/2003 (período chuvoso). Os resultados obtidos pelos autores podem ser observados na tabela 7, e mostram uma mobilidade significativa dos organofosforados por escoamento superficial para os cursos d'água, a partir das amostras do início e de durante o período de chuvas, em relação às do período seco.

Tabela 7: Determinação das concentrações de organofosforados na Bacia do Rio Mogi-Guaçu.

Ponto	Local e Características	Paration etil (10 ⁻⁶ g/kg)			Paration metil (10 ⁻⁶ g/kg)		
		Ago/ 02	Nov/ 02	Mar/ 03	Ago/ 02	Nov/ 02	Mar/ 03
P13	Nascente do rio Mogi-Guaçu (Bom Repouso, MG), área de entorno com média atividade antrópica	1,23	123,74	145,96	4,97	126,16	160,96
P12	Rio Espraiado (Bom Repouso, MG), área de entorno com alta atividade antrópica (cultivo de batata)	0,68	15,77	8,52	1,11	13,89	6,52
P11	Rio Mogi-Guaçu (Tocos de Moji, MG), área de entorno com alta atividade antrópica (cultivo de batata e morango)	Nd*	5,03	7,48	2,65	3,34	2,52

Fonte: Adaptação de BRIGANTE et al. (2003b)

Nd = não detectado

3.2.4 Dinâmica comportamental e processos de interação

O comportamento dos agroquímicos a partir de sua aplicação no solo, quer seja um agrotóxico ou um fertilizante, é determinado pela ocorrência de vários processos, a saber: físicos, químicos, físico-químicos e biológicos. No ambiente depositado, os agroquímicos passam por processos de retenção (sorção), de transformação (degradação química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e escoamento superficial), além da interação entre eles. Esse comportamento varia não somente em decorrência dos processos pelos quais eles passam, mas também devido à sua estrutura e às suas propriedades, além das características ambientais dos locais onde eles são introduzidos, como: condições meteorológicas, composição de microorganismos existentes no solo, presença ou ausência de vegetação, quantidade de água em movimento na superfície e através do perfil do solo, topografia, tipo e manejo do solo. (GOMES et al., 2007).

Segundo Gomes et al. (2007), dos processos de transporte com os quais os agroquímicos se relacionam, os que causam maior preocupação são a lixiviação e o escoamento superficial. Através da lixiviação no solo, as substâncias químicas, em solução com a água, tendem a contaminar as águas subterrâneas, enquanto que o escoamento superficial favorece a contaminação das águas superficiais, através da adsorção às partículas do solo, ou em solução com a água.

De acordo com Spadotto et al. (2001) e Gomes et al. (2007), os métodos para a avaliação do comportamento dos agroquímicos no ambiente podem ser: valores limites, parâmetros de uma ou várias propriedades físicas; modelos analíticos ou numéricos, com valores medidos ou estimados; modelos computacionais, com simuladores comportamentais dos agroquímicos, e indicadores de alterações ambientais. Geralmente estes métodos requerem muitos dados, demandam altos gastos e não se encontram facilmente disponíveis. Portanto, os modelos mais simples, com poucos parâmetros que incorporam os modos dominantes comportamentais, podem representar a resposta para complexos processos naturais (DeCOURSEY, 1992).

3.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

3.3.1 Definição de Geoprocessamento e SIG

O termo geoprocessamento significa *“o conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais”* (CÂMARA e DAVIS, 1999). Também pode ser definido como *“a área do conhecimento que usa técnicas matemáticas e computacionais para tratar os processos que ocorrem no espaço geográfico”* (CÂMARA e MONTEIRO, 1999).

Há vários tipos de sistemas de funções em geoprocessamento, como os de: digitalização, conversão de dados, modelagem digital de terreno, processamento de imagens, informações geográficas, etc. As informações espaciais são tratadas em todos os sistemas, tendo cada um suas respectivas funções. Portanto, o SIG é o *“sistema computacional que materializa os conceitos do geoprocessamento”* (CÂMARA e MONTEIRO, 1999).

De acordo com Burrough (1986) o SIG é *“um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e mostrar dados espaciais sobre o mundo real para um conjunto particular de objetivos”*. Rocha (2000) apud Vieira (2001) complementa que SIG é:

Um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, recuperação, transformação, manipulação, modelagem, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos.

Cada uma das definições de SIG conjectura “a multiplicidade de usos e visões possíveis desta tecnologia e apontam para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização” (CÂMARA e DAVIS, 1999).

3.3.2 Representações computacionais do espaço geográfico

Para o melhor entendimento das representações computacionais do espaço geográfico, é importante conhecer o processo responsável pela transmissão das informações geográficas do mundo real para o ambiente computacional, o qual, segundo Gomes e Velho (1995), resume-se na abordagem do paradigma dos quatro universos: do mundo real, matemático ou conceitual, de representação e de interpretação.

O universo do mundo real consiste no conjunto de entidades da realidade ou fenômenos geográficos a serem modeladas no sistema, como tipos pedológicos do solo, cadastro urbano e rural, características do relevo, rede hidroviária, entre outras.

No universo conceitual, as entidades do mundo real precisam ser definidas matematicamente para que possam ser representadas. Neste universo ocorre a distinção entre classes formais de dados geográficos, que são os *geo-campos numéricos ou temáticos*, *redes* e *geo-objetos*. O modelo de *geo-campos* representa a variação dos fenômenos geográficos com diferentes distribuições em uma superfície contínua do espaço geográfico. No modelo de objetos, os fenômenos geográficos possuem características distintas e identificáveis (CÂMARA e MEDEIROS, 2003).

No universo de representação, as entidades definidas no universo conceitual são associadas a representações geométricas. Elas podem ser do tipo vetorial e matricial. Nas estruturas vetoriais o dado é representado por coordenadas das fronteiras de cada entidade geográfica, do modo mais próximo possível à sua realidade, através de pontos, linha e polígonos. No matricial, o novo dado é construído pixel a pixel em uma matriz, que representa o espaço geográfico como uma superfície plana. Estas células ou *pixels* (da abreviação do inglês, *picture elements*, a qual em português significa

elementos da figura) definem a resolução do sistema, que é dada pela relação entre o tamanho da célula no mapa ou documento e a área por ela coberta no terreno (CÂMARA e MEDEIROS, 2003).

A partir do princípio de que não existem limites fixos no contorno de um fenômeno geográfico, Burrough e McDonnell (1998) afirmam que os mapas temáticos podem gerar erros topológicos na superposição e interseção dos mesmos. Portanto, é importante comparar as vantagens e as desvantagens do armazenamento matricial e vetorial para os geo-campos temáticos, a fim de que o tipo adequado para cada caso seja o escolhido.

Na tabela 8 pode ser observada a comparação entre as estruturas vetoriais e matriciais para mapas temáticos, em vários aspectos diferentes.

Tabela 8: Comparação para o uso de estruturas vetoriais e matriciais em mapas temáticos

<i>Aspecto</i>	<i>Representação Vetorial</i>	<i>Representação Matricial</i>
Relações espaciais entre objetos	Relacionamentos topológicos entre objetos disponíveis	Relacionamentos espaciais devem ser inferidos
Ligação com banco de dados	Facilita associar atributos a elementos gráficos	Associa atributos apenas a classes do mapa
Análise, Simulação e Modelagem	Representação indireta de fenômenos contínuos Álgebra de mapas é limitada	Representa melhor fenômenos com variação contínua no espaço Simulação e modelagem mais fáceis
Escala de trabalho	Adequado tanto a grandes quanto a pequenas escalas	Mais adequado para pequenas escalas (1:25.000 e menores)
Algoritmos	Problemas com erros geométricos	Processamento mais rápido e eficiente.
Armazenamento	Por coordenadas (mais eficiente)	Por matrizes

Fonte: CÂMARA e MONTEIRO (1999)

Para as classes do tipo geo-campo numérico, as representações podem ser em grades regulares ou malhas triangulares. Segundo Felgueiras (1999), para a geração da grade regular são feitas interpolações a partir de valores amostrais que variam em função da grandeza medida. Na malha triangular, ou no inglês *Triangular Irregular Network* (TIN), a estrutura representa uma superfície através de triângulos interligados. A exatidão da superfície depende de quão equiláteras são as faces dos triângulos. Nos SIG com modelos numéricos de terreno (MNT) é mais comum a utilização do método de triangulação de *Delaunay* com restrição de região.

A partir da tabela 9 verifica-se que as grades regulares são melhores para representar terrenos uniformes, embora haja dificuldade para a adaptação a fenômenos distintos no mesmo mapa, uma vez que a grade de amostragem é fixa. As malhas triangulares representam terrenos complexos facilmente, sem a necessidade de ser incorporado um excesso de dados.

Tabela 9: Vantagens e desvantagens no uso de representações matriciais em malha triangular e grade regular

	Malha Triangular	Grade Regular
Vantagens	Melhor representação do relevo complexo	Facilita o manuseio e conversão
	Incorporação de restrições como linhas de crista	Adequada para dados não-altimétricos
Desvantagens	Complexidade de manuseio	Representação de relevo complexo
		Cálculo de declividade

Fonte: CÂMARA et al. (1999)

No universo de implementação são utilizadas as linguagens de programação, nas quais o sistema disponibiliza algoritmos para a manipulação dos dados geográficos.

Através de análises espaciais, e utilizando-se das diversas técnicas de geoprocessamento, é possível gerar informações a respeito das variáveis provenientes de diferentes níveis de informação geográfica. Assim, no universo de interpretação, são tomadas as decisões corretas para o tratamento das informações, com o número de

variações desejável. Segundo Pires et al. (2000), uma regra de decisão é a combinação de critérios múltiplos, complementares ou conflitantes, para uma determinada avaliação que visa um objetivo específico.

3.3.3 Modelo de orientação de objetos para dados geográficos

Durante a etapa de estruturação do banco de dados geográficos é necessário verificar uma série de conceitos básicos de geoprocessamento, de modo a obter as informações ou dados adequados para serem manipulados posteriormente.

As entidades espaciais a serem manipuladas devem ser inicialmente especificadas e correlacionadas. Os conceitos de geo-campos e geo-objetos devem ser atribuídos a todas as categorias dos planos de informação (PI) ou layers (do inglês, camadas) e posteriormente, as suas representações geográficas (matriciais ou vetoriais), os relacionamentos espaciais, as estruturas topológicas e as restrições de integridade espacial. Portanto, a utilização de uma estruturação do banco de dados geográficos propicia uma visão integrada do problema a ser modelado. A figura 8 mostra o modelo geral de orientação de dados a objetos, adotado na maioria dos atuais sistemas de informação geográfica.

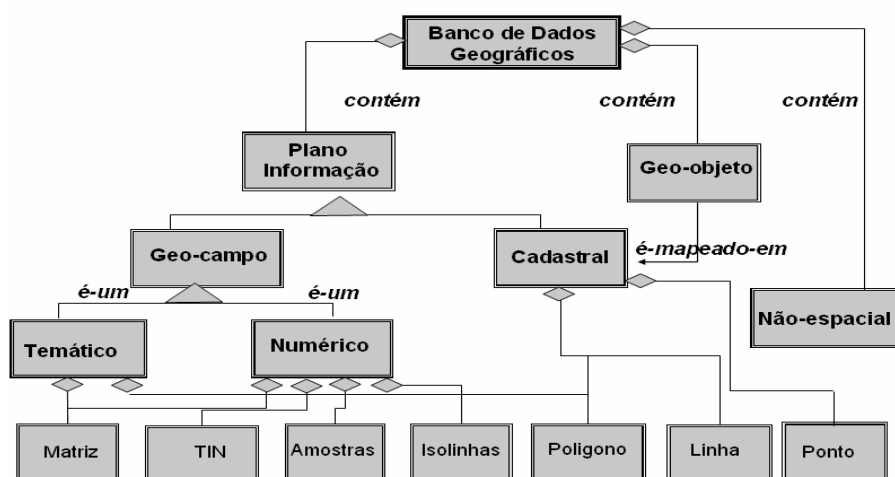


Figura 8: Modelo geral de um banco de dados geográficos com as suas entidades e representações espaciais. Fonte: CÂMARA e MONTEIRO (1999)

A Técnica de Modelagem de Geo-objetos (OMT-G) (que vem do inglês, *Geo-Object Modelling Technique*) apresenta maior expressividade na representação do Banco de Dados Geográficos (BDG), devido à indicação dos conceitos de orientação a objetos.

As nomenclaturas e os conceitos de geo-objetos e geo-campos podem ser diferentes, dependendo do SIG a ser utilizado. A partir da tabela 10 pode-se verificar como são chamados os dados geográficos de alguns tipos de SIG da atualidade, segundo Câmara et al. (1999) e Eastman (1998).

Tabela 10: Comparação entre alguns conceitos e nomenclaturas de alguns tipos de SIG da atualidade.

SPRING	ArcGIS	OpenGIS	TerraLib	IDRISI
Inclui conceitos de rede, geo-campos numéricos e temáticos, e geo-objetos como mapa cadastral;	Os geo-campos são chamados de surfaces (do inglês, superfície) e os geo-objetos de features (do inglês, feições);	Os geo-campos são chamados de coverage (do inglês, exposição) e os geo-objetos de feature collection (do inglês, coleção de feições);	Os conceitos de geo-campos e geo-objetos são implícitos	Os geo-campos são chamados de coverage (do inglês, exposição) e os geo-objetos de feature collection (do inglês, coleção de feições);
As imagens são modeladas como geo-campos numéricos.	As imagens são modeladas como geo-campos numéricos; As redes também são chamadas de networks (do inglês, redes).	Não tem conceito sobre o PI ou layer.	O conceito do PI é usado para a organização do Banco de Dados Geográficos (BDG).	Inclui conceitos de redes e de PI (chamado de plano identificador de feições).

Fonte: Adaptação de CÂMARA et al. (1999) e EASTMAN (1998).

3.3.4 *Processamento de Imagens*

Há várias fontes de dados para o SIG, e uma das mais importantes para a análise ambiental é a representada pelo sensoriamento remoto. As imagens obtidas através do uso de satélites garantem uma aquisição contínua de dados para qualquer lugar do mundo em curtos intervalos de tempo.

O processamento de imagens pode ser feito através do uso de programas computacionais ou softwares de SIG, e inclui operações básicas como: realce, correção, filtragem, classificação, com ou sem segmentação, e transformação, dependendo do software utilizado e da finalidade de uso da imagem.

Entretanto, o analista precisa encontrar a combinação das bandas espectrais e a época do ano em que os padrões distintos possam ser encontrados, e isso não é uma tarefa trivial (EASTMAN, 1998).

Para a escolha das imagens de um satélite deve-se ter conhecimento de sua resolução espacial e espectral. A resolução espacial está relacionada ao tamanho do pixel nas imagens e a resolução espectral, ao número e largura das bandas espectrais.

As imagens do satélite LANDSAT TM5, ou seja, do sensor TM (abreviação do termo em inglês *Thematic Mapper*), são multiespectrais, pois constituem uma coleção de imagens de uma mesma cena, em um mesmo instante, obtida por vários sensores com respostas espectrais diferentes. A resolução espacial é de 30m, e os sensores cobrem a área de 185kmx185km, a cada 16 dias. As sete bandas coletadas com as suas respectivas regiões no espectro eletromagnético são (EASTMAN, 1998):

- Banda 1: região do azul (0,45-0,52 μ m);
- Banda 2: região do verde (0,52-0,60 μ m);
- Banda 3: região do vermelho (0,63-0,69 μ m);
- Banda 4: região do infravermelho próximo (0,76-0,90 μ m);

- Banda 5: região do infravermelho médio ($1,55-1,75\mu\text{m}$);
- Banda 6: região do infravermelho termal ($10,4-12,5\mu\text{m}$);
- Banda 7: região do infravermelho médio ($2,08-2,35\mu\text{m}$).

Utilizando-se do software SPRING e de seu módulo IMPIMA (CÂMARA et al., 1996), são adotados alguns procedimentos para a leitura e registro da imagem de satélite. Inicialmente é realizado o processo de leitura e conversão da imagem 1 (ima1), geralmente em arquivos dos formatos BTMP e JPEG, para a imagem 2 (ima2), no formato GRIB, pelo módulo IMPIMA, a fim de que a imagem seja passiva de ser importada pelo SPRING. Em seguida, no software SPRING, a imagem é convertida de ima2 para ima3, durante o seu processo de registro, onde cada banda (ou plano de informação - PI) é representada por um arquivo GRIB. Estas etapas podem ser observadas no desenho esquemático da figura 9.

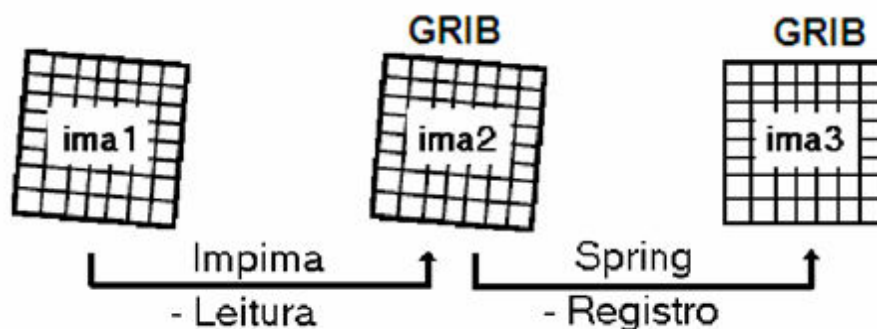


Figura 9: Representação dos procedimentos para a leitura e registro da imagem no módulo IMPIMA e software SPRING.

Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE) (2005)

3.3.4.1 Classificação de Imagens

O processo de classificação de imagens consiste em estabelecer qual é o grupo de pixels que pertence a uma determinada classe. Através deste processo ocorre a

tomada de decisão para o reconhecimento de padrões homogêneos de uma imagem (VENTURIERI e SANTOS, 2003).

Segundo INPE (2005):

A informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem espectral, onde cada "pixel" tem as coordenadas espaciais x , y e a coordenada espectral L , que representa a radiância de um alvo no intervalo de comprimento de onda de uma banda espectral. Cada "pixel" de uma banda possui uma correspondência espacial com um outro "pixel", em todas as outras bandas.

Os métodos para a classificação digital das imagens podem ser divididos em função ou não do conhecimento prévio de algumas áreas do estudo. Quando isso ocorre, a classificação é chamada de *supervisionada* e as áreas conhecidas são utilizadas como amostras em uma fase de *treinamento* do algoritmo classificador, que opera com base na distribuição de probabilidade de cada classe selecionada (ADENIYI, 1985). O treinamento é o reconhecimento da assinatura espectral de cada uma das classes (INPE, 2005).

Em uma classificação *não-supervisionada* ocorre uma análise de agrupamento para a identificação de atributos espaciais (no inglês, chamados de *clusters*) formados por pixels com similaridade espectral (VENTURIERI e SANTOS, 2003).

Nos métodos supervisionados os classificadores podem ser *pixel a pixel*, onde se utiliza a informação espectral isolada de cada pixel para a determinação de regiões homogêneas, ou *por regiões*. Nesta última, o algoritmo classificador também utiliza a informação espacial que envolve a relação dos pixels com seus vizinhos (REIS et al., 2005).

De acordo com INPE (2005), durante o treinamento supervisionado o usuário deve identificar uma área de amostragem representativa e homogênea, não deixando de incluir toda a variabilidade dos níveis de cinza para cada uma das classes em questão. O autor recomenda que mais de uma área de treinamento seja adquirida por

classe, com o maior número de informações disponíveis. Além disso, para que a classificação seja estatisticamente confiável, o mesmo afirma que são necessários de 10 a 100 pixels de treinamento por classe, e que, quanto maior é a variabilidade entre as classes, maior deve ser o número de pixels utilizados durante a amostragem, a fim de obter precisão no reconhecimento de cada uma das classes.

Segundo Venturieri e Santos (2003), durante a classificação supervisionada de temas agrícolas e florestais, é importante adquirir um valor mínimo de amostras igual a três vezes o número de bandas que integram a imagem utilizada. Entretanto, os autores afirmam que a seleção destas amostras de treinamento deve refletir a variabilidade de cada categoria na área de estudo, não existindo um número ideal de amostras para representar a classe de interesse. O conhecimento prévio das classes que deverão ser mapeadas e das amostras de treinamento pode ser teórico (conhecimento do comportamento espectral) ou prático (como visitas em campo ou análise de fotografias aéreas) (NOVO, 1992).

O software SPRING dispõe de três algoritmos classificadores do tipo pixel a pixel: MAXVER (do método estatístico de máxima verossimilhança), MAXVER-ICM (do inglês, *Integrated Conditional Modes*, ou seja, de modo integrado condicional) e Distância Euclidiana.

O classificador MAXVER considera pontos individuais da imagem, enquanto que o MAXVER-ICM considera também a dependência espacial entre os pixels na classificação. O algoritmo da distância Euclidiana utiliza a mesma para associar um pixel a uma determinada classe (INPE, 2005).

3.3.4.2 Segmentação de Imagens

Em relevos acidentados ou onde o comportamento radiométrico dos pixels não é regular, pode ocorrer uma limitação quanto ao uso do classificador *pixel a pixel*, ou

seja, uma série de pixels pode não ser classificada, ou sê-lo de modo incorreto. Para sanar este tipo de problema tem sido utilizada a técnica de segmentação de imagens, que aborda o agrupamento de pixels com características semelhantes em tons e texturas, formando regiões homogêneas, para serem posteriormente submetidas à classificação (VENTURIERI e SANTOS, 2003).

Os autores afirmam que, durante o agrupamento de um novo pixel a um segmento adjacente, a junção somente ocorre se for atendido o critério de similaridade. No caso de um novo pixel ser adicionado ao segmento, características como a média e a variância são redefinidas, e a segmentação ocorre até o pixel atingir uma zona problema. Estes podem ser agrupados em regiões próximas ou permanecer isolados, sem qualquer tipo de associação.

Para a classificação pós-segmentação no software SPRING pode-se utilizar de três tipos de algoritmos: Isoseg, Bhattacharyya e ClaTex.

O Isoseg agrupa dados de modo não supervisionado, onde as regiões são caracterizadas por suas áreas e atributos estatísticos, como média e matriz de covariância. Este tipo de algoritmo de "clustering" não supõe nenhum conhecimento prévio da distribuição de densidade de probabilidade dos temas, como ocorre no algoritmo de máxima verossimilhança. A técnica procura agrupar regiões, a partir da medida de similaridade entre elas, que no caso consiste na distância de Mahalanobis⁽⁶⁾, entre a classe e as regiões candidatas a relação de pertinência com esta classe. O limiar de similaridade pode ser definido como:

...uma distância de Mahalanobis, onde todas as regiões pertencentes a uma determinada classe estão distantes da classe por uma distância inferior a esta. Quanto maior o limiar, maior será esta distância e conseqüentemente, menor será o número de classes detectadas pelo algoritmo (INPE, 2005).

⁽⁶⁾ Distância de Mahalanobis: *def. É um estimador conceitual da distância entre um vetor aleatório e uma distribuição gaussiana específica usando índices de dispersão e massa.* (Definição. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Mahalanobis_distance>. Acesso em 02 jul. 2008).

O princípio do classificador de Bhattacharyya é análogo ao do Isoseg, porém a medida usada é a *Distância de Bhattacharyya*⁽⁷⁾, que mede a separabilidade entre um par de classes espectrais, ou seja, a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. Este algoritmo não é automático e requer a interação do usuário para o fornecimento de amostras durante a fase de treinamento para a classificação da imagem pós-segmentação.

O algoritmo classificador ClaTex é do tipo supervisionado e utiliza a distância de Mahalanobis para medir a similaridade entre as classes durante o agrupamento de regiões.

3.3.5 Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL)

A linguagem LEGAL é baseada no modelo de dados do software SPRING. Esta linguagem de programação é utilizada para efetuar a integração dos dados através de operações booleanas. Os operadores da linguagem atuam sobre dados com os seguintes modelos: Numérico, Imagem, Temático, Cadastral e Objeto.

⁽⁷⁾ Distância de Bhattacharyya: *def. É a distância que mede a similaridade entre duas distribuições discretas de probabilidade. Geralmente é utilizada para medir a separabilidade entre classes durante o processo de classificação..* (Definição. Disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Bhattacharyya_distance>. Acesso em 02 jul. 2008).

Os programas da linguagem LEGAL são constituídos por uma lista de sentenças que descrevem as operações que serão implementadas. Estas operações são estruturadas em quatro grupos: *Declarações* de variáveis; *Instanciações* de variáveis; *Operações* da álgebra de mapas; *Comandos* de controle (INPE, 2005). Observa-se na figura 10 o diagrama sintático que representa a estruturação do programa.

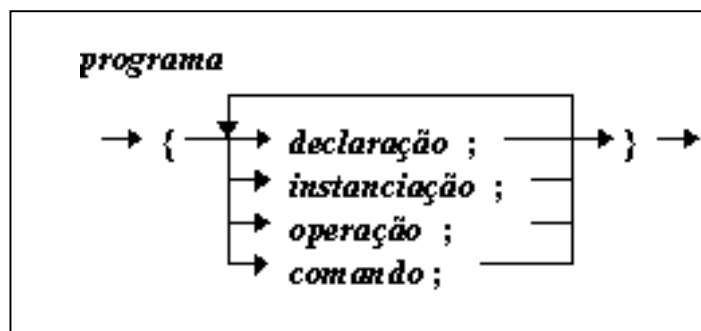


Figura 10: Diagrama sintático que representa o programa da linguagem LEGAL.

Fonte: INPE (2005)

No grupo das declarações são definidas as variáveis que serão associadas aos dados, fornecidos ou produzidos pelo programa. Cada variável é associada a uma categoria, que caracterizará o plano de informação representado no decorrer do programa.

Nas instanciações as variáveis são associadas aos planos de informações, e ocorre a recuperação dos dados já existentes no BDG ou são criados novos dados.

As operações, simples ou complexas, atribuem o resultado de uma expressão algébrica a uma variável previamente declarada ou instanciada.

O fluxo do processamento do programa depende dos comandos de controle, que são fundamentais para modelar situações que envolvem a execução alternativa, condicional ou repetitiva de conjuntos de operações.

Na tabela 11 pode ser observada a sintaxe da linguagem LEGAL, com a descrição dos operadores do grupo das instanciações e das operações.

Tabela 11: Sintaxe da linguagem LEGAL

GRUPO	OPERADOR	DESCRIÇÃO
INSTANCIÇÕES	RECUPERE	Associa um plano de informação existente do projeto corrente a uma variável previamente declarada;
	NOVO	Cria um novo geo-campo no banco de dados e requer parâmetros, dependendo da representação geométrica associada;
OPERAÇÕES	ATRIBUA	Gera um plano de informação temático efetuando o mapeamento de geo-classes com bases em resultados de expressões lógicas (Booleanas);
	FATIE	Gera um plano de informação temático a partir de um PI numérico. As regras de processamento são baseadas em uma tabela de fatiamento criada através do operador Novo;
	PONDERE	Gera um PI numérico a partir de um PI temático. As regras de processamento são baseadas em uma tabela de ponderação criada através do operador Novo;
	RECLASSIFIQUE	Mapeia novamente um PI temático para um outro PI temático. Este re-mapeamento é realizado segundo uma tabela de reclassificação;
	RECLATRIB	Gera um PI temático em função dos atributos definidos para objetos representados em PI cadastral;
	MEDIAZONAL	Calcula o valor médio dentro de cada zona (região) de um PI;
	ESPACIALIZE	Permite que os valores referentes de um certo atributo sejam mapeados em um geo-campo temático ou numérico;
	ATUALIZE	Realiza operações zonais entre geo-campos e geo-objetos, onde os atributos do geo-objeto são atualizados a partir do resultado de operações booleanas sobre as classes dos geo-campos temáticos de entrada;

Fonte: Adaptação de CÂMARA et al. (1999)

3.3.6 *Aplicações de SIG em estudos ambientais*

Muitos estudos para a avaliação dos possíveis impactos ambientais vêm sendo realizados a partir do desenvolvimento dos SIG. Por meio da estruturação do BDG, diversas rotinas de apoio à decisão podem ser aplicadas para a geração de novos dados ou mapas. Estes resultados poderão mostrar a vulnerabilidade de uma região a um ou vários tipos de variáveis, contidas nas categorias dos planos de informação ou de feições.

De acordo com Pires et al. (2000), os SIG apresentam a vantagem de contemplar o rigor matemático da análise, como de oferecer a possibilidade de visualizar os resultados intermediários e finais de forma simples. Portanto, pode-se dizer que o uso de sistemas de informações geográficas é imprescindível para o planejamento ambiental, pois pode propiciar maior eficiência e flexibilidade para o tratamento dos dados, com inúmeras aplicações a nível gerencial, operacional e estratégico.

3.3.7 *Estruturação de dados geo-ambientais para a avaliação da degradação hídrica de águas superficiais*

A avaliação do potencial de degradação hídrica, com o uso de técnicas de geoprocessamento, pode ser realizada, inicialmente, através da obtenção de informações a respeito dos tipos de solo e relevo, da hidrografia local, do método de plantio, dos agroquímicos empregados e da época do cultivo. A integração desses dados segundo operações booleanas pode mostrar quais são as áreas com maior risco de contaminação.

De acordo com Neves et al. (2003), primeiramente deve ser escolhido qual é o compartimento ambiental a ser estudado, e no caso da pesquisa o que está sendo abordado é o das águas superficiais. Isso é importante, pois as relações entre as variáveis dos PI variam em função do objeto de estudo. Para uma melhor compreensão, através da analogia entre o estudo da degradação hídrica das águas

subterrâneas e das superficiais, pode-se perceber que os fatores intervenientes em cada uma delas são diferenciados.

Na figura 11 observa-se um exemplo de modelagem de dados geográficos para a avaliação do impacto ambiental por agroquímicos.

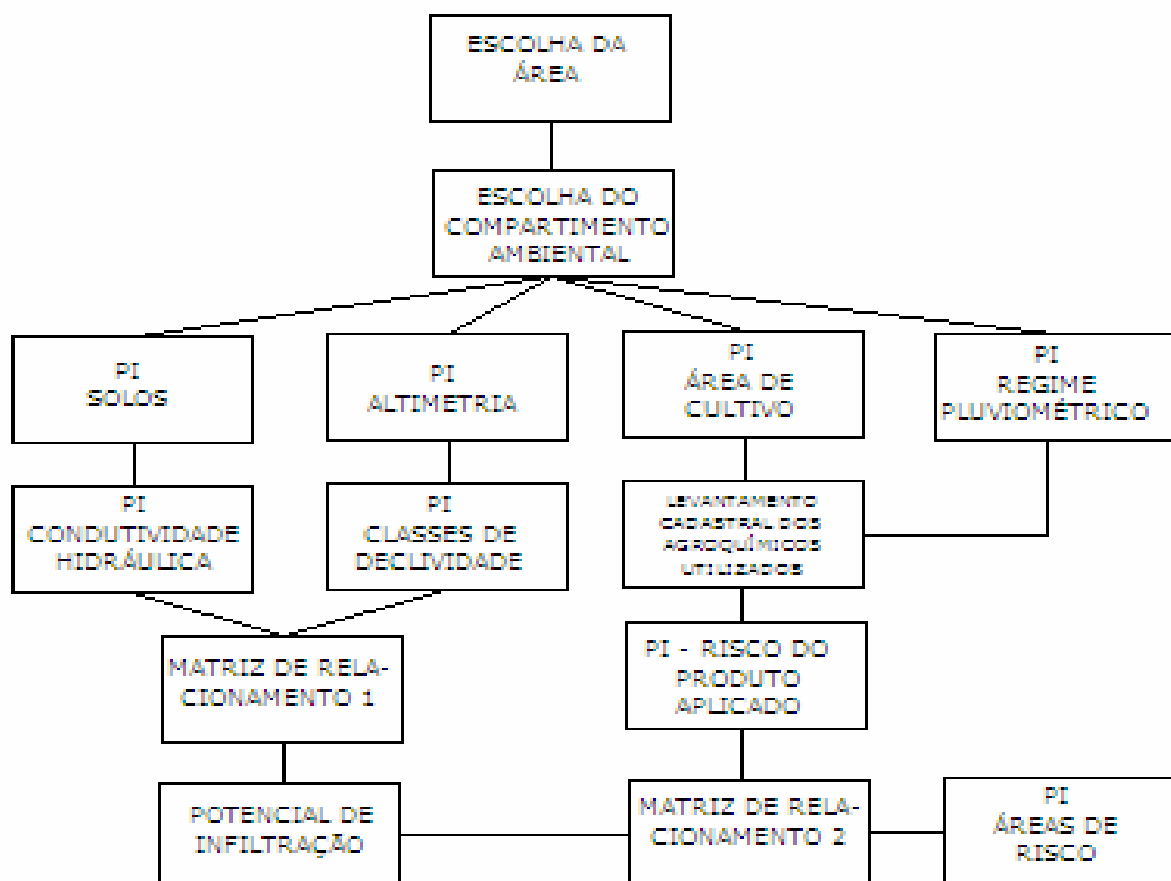


Figura 11: Modelagem de dados para a avaliação da degradação hídrica de águas superficiais.

Fonte: Adaptação de NEVES et al. (2003)

3.4 PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

3.4.1 Potencial de infiltração e escoamento superficial

Segundo Neves et al. (2003), a relação inversa entre o potencial de infiltração e o de escoamento superficial de água no solo, e a maior facilidade para a determinação prática do primeiro parâmetro, tornam o mesmo muito importante para a avaliação do potencial de degradação hídrica relativo às águas superficiais. De acordo com a pesquisa destes autores devem ser levantados os parâmetros da condutividade hidráulica e da declividade do solo, visando classificar o potencial de infiltração como baixo, médio ou alto.

A condutividade hidráulica é a capacidade que o solo saturado possui de permitir a passagem da água pelo mesmo. Segundo Vieira (1988), este é um parâmetro muito importante para a determinação da quantidade de água que penetra no perfil do solo até encontrar o lençol freático.

A tabela 12 mostra a classificação do escoamento superficial das águas no solo, uma vez que este parâmetro tem característica inversa à do potencial de infiltração.

Tabela 12: Caracterização do escoamento superficial a partir da classificação do potencial de infiltração.

Condutividade Hidráulica	Declividade							
	Baixa (<3%)		Suave (3 a 8%)		Alta (8 a 20%)		Muito alta (>20%)	
	Plf	ES	Plf	ES	Plf	ES	Plf	ES
Baixa	Médio	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Média	Alto	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Alta	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Alto

Onde: Plf = Potencial de Infiltração; ES = Escoamento Superficial.

Fonte: Adaptação de NEVES et al. (2003)

A classificação da condutividade hidráulica depende de algumas propriedades físicas do solo, ou seja, da sua classe, textura, estrutura dominante, estabilidade dos

agregados e profundidade dos horizontes A+B (NEVES et al., 2003). Deste modo, a partir do conhecimento da classe do solo na área de estudo, pode-se verificar quais são as possíveis propriedades associadas ao mesmo, de acordo com o que é mostrado na tabela 13, para os diferentes tipos de latossolo.

Tabela 13: Classificação da condutividade hidráulica em função das propriedades físicas do solo.

Classe do solo	Textura dominante	Estrutura dominante	Estabilidade dos agregados	Profundidade dos horizontes A+B	Condutividade Hidráulica
Latossolo roxo	Argilosa	Blocos angulares a sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
Latossolo vermelho escuro	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilo-arenosa	Granular	Pouco estável	Profundo	Média
	Arenosa	Granular	Pouco estável	Profundo	Média
Latossolo vermelho amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Alta
	Argilo-arenosa	Granular	Pouco estável	Profundo	Média
	Arenosa	Granular	Instável	Profundo	Média
Latossolo amarelo	Argilosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média
	Argilo-arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média
	Arenosa	Blocos sub-angulares	Estável	Profundo	Média

Fonte: Adaptação de NEVES et al. (2003)

A textura do solo refere-se às proporções de partículas ou fragmentos de argila, silte e areia que compõem o mesmo, de acordo com a sua granulometria. A classificação granulométrica dessas partículas ou fragmentos podem ser observadas na tabela 14.

Tabela 14: Classificação granulométrica das partículas ou fragmentos do solo.

Partículas ou Fragmentos do Solo	Limites dos Diâmetros na Classificação Americana (mm)	Limites dos Diâmetros na Classificação Internacional (mm)
AREIA MUITO GROSSA	2,000 – 1,000	-
AREIA GROSSA	1,000 – 0,500	2,000 – 0,200
AREIA MÉDIA	0,500 – 0,250	-
AREIA FINA	0,250 – 0,100	0,200 – 0,020
AREIA MUITO FINA	0,100 – 0,050	-
SILTE	0,050 – 0,002	0,020 – 0,002
ARGILA	< 0,002	< 0,002

Fonte: Adaptação de VIEIRA (1988)

A classificação *americana* difere-se da *internacional* por ser mais específica quanto à diferença granulométrica entre os fragmentos do solo. Deste modo, ao invés de abordar a granulometria entre a areia grossa, a fina, o silte e a argila, a classificação americana também o faz em relação às partículas de dimensões intermediárias.

As classes das texturas são: areia, areia franco, franco arenosa, franca, franco siltosa, silte, franco argilo arenosa, franco argilosa, franco argilo siltosa, argilo arenosa, argilo siltosa e argila. Para cada uma das classes são atribuídas subclasses, de acordo com as frações de cada tipo de partícula ou fragmento no solo. Na tabela 15 podem ser observadas as classes e subclasses da textura do solo com as respectivas frações de partículas e fragmentos que as compõem.

Tabela 15: Classificação granulométrica das classes e subclasses texturais do solo.

Classes	Frações	Subclasses	Frações
AREIA	$\geq 85\%$ de areia; e, silte (%) + 1,5 argila (%) $\leq 15\%$.	AREIA GROSSA	$\geq 25\%$ de areia muito grossa ou grossa; e, $< 50\%$ de outro tipo de areia.
		AREIA	$\geq 25\%$ de areia grossa ou média; e, $< 50\%$ de areia muito fina.
		AREIA FINA	$\geq 50\%$ de areia fina; ou, $\leq 25\%$ de areia muito grossa, grossa e média e $\leq 50\%$ de areia muito fina.
		AREIA MUITO FINA	$\geq 50\%$ de areia muito fina.
AREIA FRANCO	Limite superior: 85% a 90% de areia; e, silte (%) + 1,5 argila (%) $\leq 15\%$; Limite inferior: 70% a 85% de areia; e, silte (%) + 2,0 argila (%) $\leq 30\%$;	AREIA FRANCO GROSSA	$\geq 25\%$ de areia muito grossa e grossa; e, $< 50\%$ de outro tipo de areia.
		AREIA FRANCO	$< 50\%$ de areia muito fina.
		AREIA FRANCO FINA	$\geq 25\%$ de areia grossa ou média.
		AREIA FRANCO MUITO FINA	$< 50\%$ de areia muito fina.
FRANCO ARENOSA	$\leq 20\%$ de argila, e, silte (%) + 2,0 argila (%) $\geq 30\%$ a 52% de areia; ou, $\leq 7\%$ de argila, e, $\leq 50\%$ de silte, e 43% a 52% de areia.	FRANCO ARENOSA GROSSA	$\geq 25\%$ de areia muito grossa e grossa; e, $< 50\%$ de outro tipo de areia.
		FRANCO ARENOSA	$\geq 30\%$ de areia muito grossa, grossa e média; ou, $\leq 25\%$ de areia muito grossa, e $\leq 30\%$ de areia muito fina e fina.
		FRANCO ARENOSA FINA	$\geq 30\%$ de areia fina, e, $\leq 30\%$ de areia muito fina; ou, 15% - 30% de areia muito grossa, grossa e média.
		FRANCO ARENOSA MUITO FINA	$\geq 30\%$ de areia muito fina; ou, $\geq 40\%$ de areia muito fina (com 0,5 areia (%) = muito fina, e $\leq 15\%$ de areia muito grossa, grossa e média.
FRANCA	7% a 27% de argila, 28% a 50% de silte, e $\leq 52\%$ de areia.	-	-
FRANCO SILTOSA	$\geq 50\%$ de silte, e 12% a 27% de argila; ou, 50% a 80% de silte, e $\leq 12\%$ de argila.	-	-
SILTE	$\geq 80\%$ de silte, e $\leq 12\%$ de argila.	-	-
FRANCO ARGILO ARENOSA	20% a 35% de argila, $\leq 28\%$ de silte, e $\geq 45\%$ de areia.	-	-
FRANCO ARGILOSA	27% a 40% de argila e 20% a 45% de areia.	-	-
FRANCO ARGILO SILTOSA	27% a 40% de argila, e $\leq 20\%$ de areia.	-	-
ARGILO ARENOSA	$\geq 35\%$ de argila e $\geq 45\%$ de areia.	-	-
ARGILO SILTOSA	$\geq 40\%$ de argila e $\geq 40\%$ de silte.	-	-
ARGILA	$\geq 40\%$ de argila, $\leq 45\%$ de areia, e $\leq 40\%$ de silte.	-	-

Fonte: Adaptação de VIEIRA (1988)

A estrutura dominante do solo está relacionada à reunião das partículas unitárias em compostas ou agregadas, as quais se associarão e darão origem aos torrões, dos quais é possível distinguir alguns tipos e subtipos, de acordo com o aspecto, a espessura e o diâmetro dos mesmos. Alguns dos tipos e subtipos de torrões podem ser observados na figura 12.

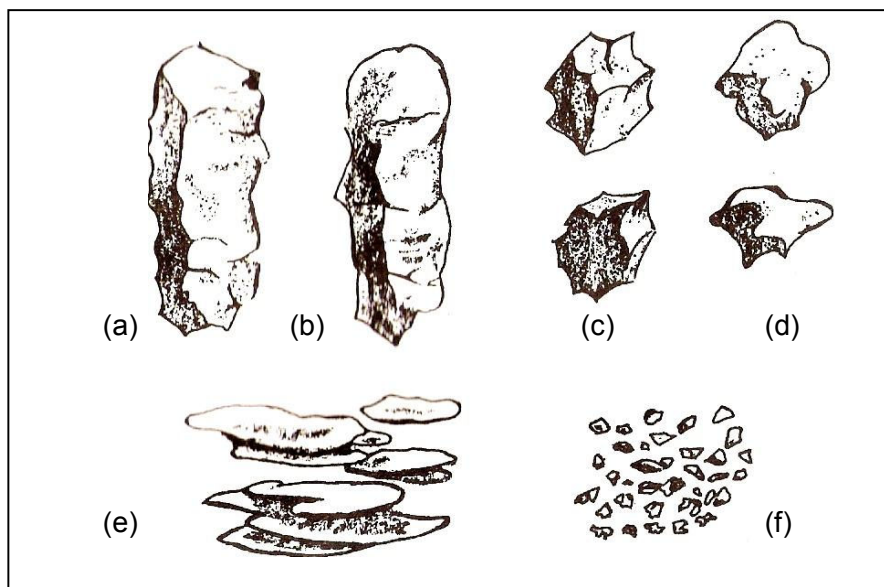


Figura 12: Alguns subtipos de estrutura de torrões no solo: (a) prismática; (b) colunar; (c) blocos angulares; (d) blocos sub-angulares; (e) laminar; (f) grumoso ou granular.
Fonte: EUA (1951) apud VIEIRA e VIEIRA (1983)

O aspecto de cada um dos tipos e subtipos estruturais possui características específicas quanto ao arranjo, distribuição e formato das faces ou vértices, que são detalhadas a seguir (VIEIRA, 1988):

- estrutura laminar - possui dimensão vertical limitada e muito menor que as outras, com arranjo em torno de uma linha horizontal, e faces geralmente horizontais;
- estrutura prismática – possui dimensões limitadas, sendo a horizontal muito menor que a vertical, com arranjo em torno de uma linha vertical, faces verticais bem definidas e angulares; o subtipo prismático possui a

cabeça sem formato arredondado, e o colunar, com formato arredondado;

- estrutura em blocos - semelhante aos esferóides ou poliedros, sendo as 3 dimensões definidas na mesma ordem e magnitude, com arranjo em torno de um ponto; o subtipo angular possui faces planas, com a maioria dos vértices em ângulos vivos, e sub-angular, possui uma mistura de faces angulares e planas, com muitos vértices no formato arredondado;
- estrutura granular – semelhante aos esferóides ou poliedros, de menor dimensão, com faces planas ou arredondadas, dependendo dos torrões que os circundam; o subtipo grumoso possui estrutura porosa, e o subtipo granular, não porosa.

A dimensão da estrutura do solo pode ser relacionada à granulometria dos agregados de partículas ou fragmentos com um subtipo estrutural predominante, a qual pode ser observada na tabela 16.

Tabela 16: Classificação granulométrica predominante dos agregados das partículas ou fragmentos do solo em cada subtipo estrutural.

Estrutura		Dimensão das unidades estruturais (mm)				
Tipo	Subtipo	Muito Pequena	Pequena	Média	Grande	Muito grande
Laminar	-	<1	1 - 2	2 - 5	5 - 10	>10
Prismática	Prismático	<10	10 - 20	20 - 50	50 - 100	>100
	Colunar	<10	10 - 20	20 - 50	50 - 100	>100
Estrutura em Blocos	Angular	<5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	>50
	Sub-angular	<5	5 - 10	10 - 20	20 - 50	>50
Granular	Granular	<1	1 - 2	2 - 5	5 - 10	>10
	Grumoso	<1	1 - 2	2 - 5	-	-

Fonte: Adaptação de VIEIRA e VIEIRA (1983)

De acordo com Vieira (1988), o efeito dos diferentes tipos de argila na estabilidade dos agregados dos solos é uma característica agrícola muito importante. Na figura 13 é possível verificar que, de acordo com o aumento da composição do solo por argila, ocorre o aumento da estabilidade estrutural dos agregados.

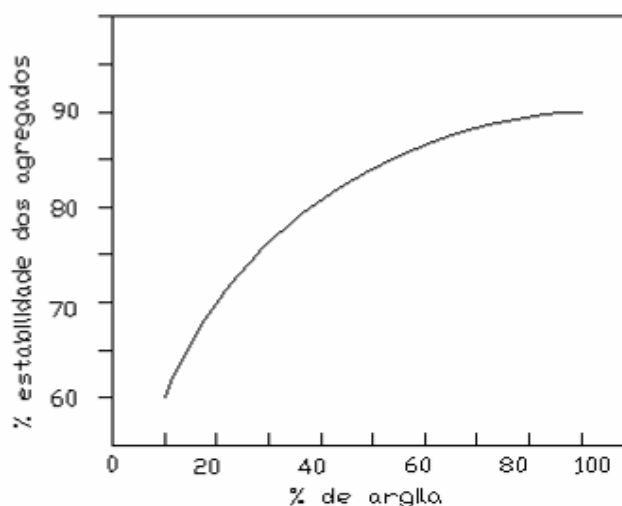


Figura 13: Estabilidade de agregados do solo em função do conteúdo de argila.

Fonte: Adaptação de KEMPER (1983) apud VIEIRA (1988)

Mazurak (1978) apud Vieira (1988), relata que as investigações da área de geotecnia têm mostrado que, os minerais de argila com superfícies maiores tendem a originar solos com maior estabilidade do que os de superfícies menores.

Para que seja feita a caracterização morfológica do solo, deve ser utilizada a nomenclatura em que, as letras maiúsculas indicam os horizontes e os índices indicam as subdivisões de cada um. Os horizontes são as zonas do solo, aproximadamente paralelas, que possuem propriedades dos diversos processos genéticos combinados. A letra O representa a parte orgânica do solo, as letras A e B caracterizam o *SOLUM*, ou seja, o solo propriamente dito, a letra C, o material alterado pelo intemperismo e a R, a rocha inalterada, como mostra a figura 14 (VIEIRA, 1988).

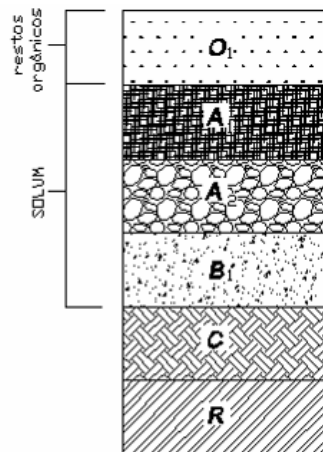


Figura 14: Perfil hipotético do solo apresentando cada um de seus principais horizontes.

Fonte: Adaptação de KEMPER (1983) apud VIEIRA (1988)

3.4.2 Declividade

A declividade pode ser definida como a inclinação da superfície do solo em relação ao plano horizontal. Segundo Vieira (1988), as classes da declividade, de acordo com as limitações ao uso do solo, são as seguintes:

- Classe A: declives suaves ou praticamente planos, inferiores a 3%;
- Classe B: pouco inclinado e ligeiramente ondulado ou com declives moderados, com inclinações entre 3% e 8%;
- Classe C: declives moderados a fortes, áreas de ligeiramente movimentadas a movimentadas, com inclinações entre 8% e 20%;
- Classe D: declives fortes, entre 20% e 45%;
- Classe E: declives muito fortes, superiores a 45% e inferiores a 75%;
- Classe F: íngreme, com declives superiores a 75%.

As velocidades médias de escoamento superficial variam em função da declividade e do tipo de cobertura do terreno (PORTO et al., 2000). Na tabela 17 podem ser observadas as velocidades do escoamento superficial para diferentes percentuais de declividade e tipos de superfície do terreno. Observa-se que, quanto maior é a declividade, maior é a velocidade de escoamento, para todos os tipos de superfície do terreno.

Tabela 17: Velocidade média de escoamento superficial (m s^{-1}) em função da declividade (%) e do tipo de superfície do terreno.

Tipo de Superfície do Terreno	Declividade (%)			
	0-3	4-7	8-11	>12
Florestas	0-0,5	0,5-0,8	0,8-1,0	>1,0
Pastos	0-0,8	0,8-1,1	1,1-1,3	>1,3
Áreas Cultivadas	0-0,9	0,9-1,4	1,4-1,7	>1,7
Pavimentos	0-2,6	2,6-4,0	4,0-5,2	>5,2

Fonte: Adaptação de PORTO et al. (2000)

A determinação da declividade pode ser feita utilizando-se de cartas com curvas de nível, representando a altimetria do terreno, onde os resultados são valores adimensionais, em porcentagem, ou seja, inclinação em metros para cada 100 metros no plano horizontal.

Outro modo para a sua determinação é através do uso de geotecnologias. De acordo com INPE (2005), a partir de um modelo numérico de terreno (MNT), com dados altimétricos extraídos de uma carta topográfica e do traçado de um plano tangente a esta superfície em determinado ponto P, a declividade corresponde à inclinação do plano em relação à horizontal.

A qualidade do dado gerado relativo à declividade será em função da escala da carta de onde o mesmo tiver sido extraído e dos meios utilizados para a digitalização da informação.

3.5 Áreas de Preservação Permanente (APP)

De acordo com o Artigo 3º da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº. 303 de 20 de março de 2002, as áreas consideradas como de preservação permanente são as que se encontram situadas:

I - em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

a) trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;

b) cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;

c) cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;

d) duzentos metros, para o curso d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;

e) quinhentos metros, para o curso d'água com mais de seiscentos metros de largura;

II - ao redor de nascente ou olho d'água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte;

III - ao redor de lagos e lagoas naturais, em faixa com metragem mínima de:

a) trinta metros, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

b) cem metros, para as que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água com até vinte hectares de superfície, cuja faixa marginal será de cinquenta metros;

IV - em vereda e em faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de cinquenta metros, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado;

V - no topo de morros e montanhas, em áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura mínima da elevação em relação à base;

VI - nas linhas de cumeada, em área delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura, em relação à base, do pico mais baixo da cumeada, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros;

VII - em encosta ou parte desta, com declividade superior a cem por cento ou quarenta e cinco graus na linha de maior declive;

VIII - nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido do reverso da escarpa;

IX - nas restingas:

a) em faixa mínima de trezentos metros, medidos a partir da linha de preamar máxima;

b) em qualquer localização ou extensão, quando recoberta por vegetação com função fixadora de dunas ou estabilizadora de mangues;

X - em manguezal, em toda a sua extensão;

XI - em duna;

XII - em altitude superior a mil e oitocentos metros, ou, em Estados que não tenham tais elevações, a critério do órgão ambiental competente;

XIII - nos locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias;

XIV - nos locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçados de extinção que constem de lista elaborada pelo Poder Público Federal, Estadual ou Municipal;

XV - nas praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre.

Parágrafo único. Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, aplicando-se o que segue:

I - agrupam-se os morros ou montanhas cuja proximidade seja de até quinhentos metros entre seus topos;

II - identifica-se o menor morro ou montanha;

III - traça-se uma linha na curva de nível correspondente a dois terços deste;

IV - considera-se de preservação permanente toda a área acima deste nível.

O Inciso 1 do Artigo 11º da Resolução CONAMA nº. 369 de 28 de março de 2006 relata que, em todos os casos, incluindo os reconhecidos pelo conselho estadual de meio ambiente, a intervenção ou supressão eventual e de baixo impacto ambiental de vegetação em APP não poderá comprometer as funções ambientais destes espaços, especialmente no que se refere a: estabilidade das encostas e margens dos corpos de água, drenagem e cursos de água intermitentes, manutenção da biota, regeneração e manutenção da vegetação nativa e qualidade das águas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no município de Bueno Brandão, que está localizado na região sul de Minas Gerais, Microrregião da Alta Mantiqueira, também considerada como Microrregião do Médio Sapucaí. A altitude máxima do local é de 1.719 m e a mínima de 840 m, na latitude S 22°26'27" e longitude W 46°21'03".

A área total do município é de 355,23km² e compreende toda a sub-bacia do Rio das Antas, localizada à montante da captação d'água para abastecimento público, com a área de 50,22 km², entre as latitudes de projeto do banco de dados S 22°31'38" e S 22°24'17", e longitudes W 46°22'13" e W 46°13'56", do sistema geodésico de referência Córrego Alegre.

A sub-bacia estende-se até a divisa com os municípios de Senador Amaral e Bom Repouso, com toda a água de abastecimento da área urbana passando integralmente pelos bairros de Campo Grande, Esmeril, Mergulho, Ressaca e Santana, e parcialmente pelos bairros Dois Irmãos, Santa Rita, Torre e Vargem Grande. Nestes bairros, a maioria dos agricultores dedica-se à bataticultura.

Segundo o Sistema Internacional de Köepen o clima da região é identificado como Cwb, ou seja, do tipo mesotérmico e caracterizado por verões brandos e úmidos. A temperatura média anual é de 17°C, com máxima de 34°C e mínima de 2°C. No

inverno o fenômeno das geadas é comum durante os dias mais frios. A época da estiagem ocorre no período de maio a setembro e o mês chuvoso costuma ser janeiro, com índice médio pluviométrico anual de 1.300mm, atingindo um total de chuvas superior a 10 vezes a do mês de julho (ONG Místicos Campos, 2005).

A região é composta por vários rios com volume de água baixo, sendo os principais o Rio das Antas, o Rio Cascavel e o Rio Cachoeirinha. O município possui topografia do tipo montanhosa em 70% de sua área, existindo mais de 33 cachoeiras catalogadas. A localização da sub-bacia da área de trabalho pode ser observada no mapa da figura 15.

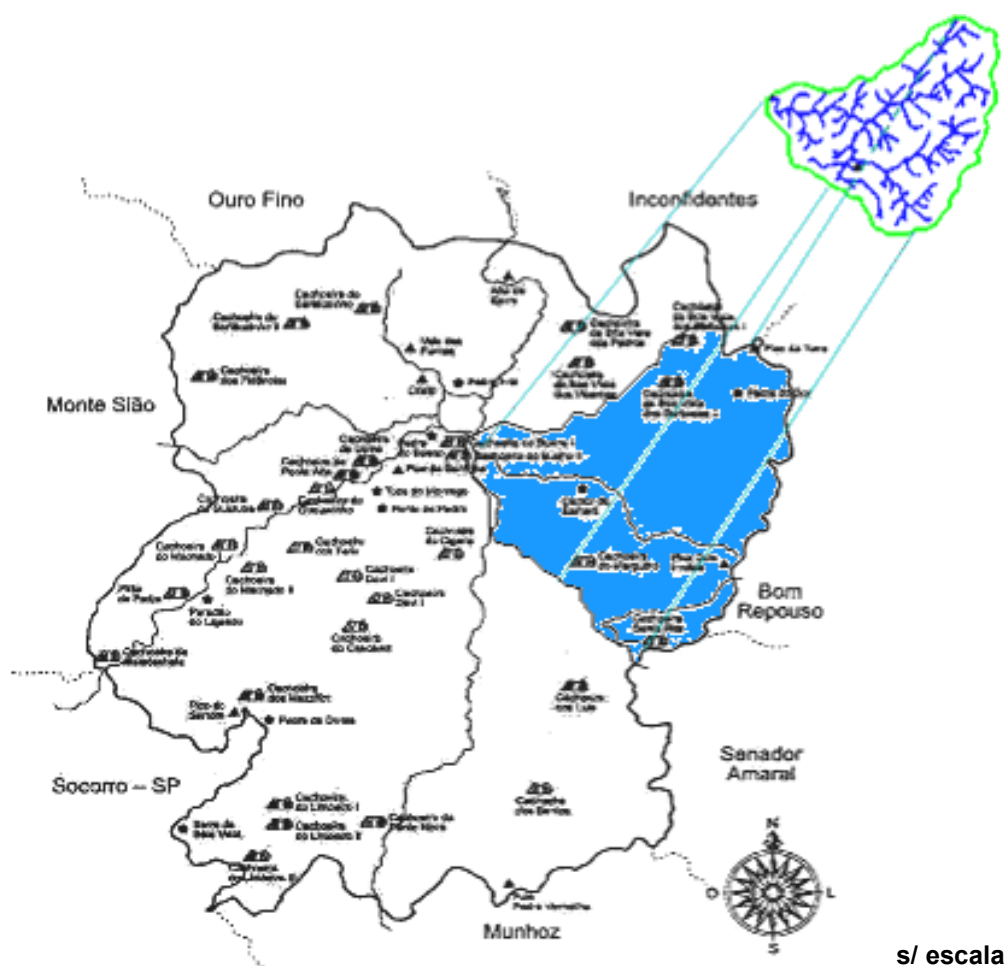


Figura 15: Localização da área de estudo (Sub-Bacia do Rio das Antas).

Fonte: Adaptação de BRIGANTE et al. (2003a)

Na região de estudo, o tipo de solo predominante, de acordo com o IBGE (2008a), é de latossolo vermelho escuro, com simbologia gráfica LV37 (figura 16).

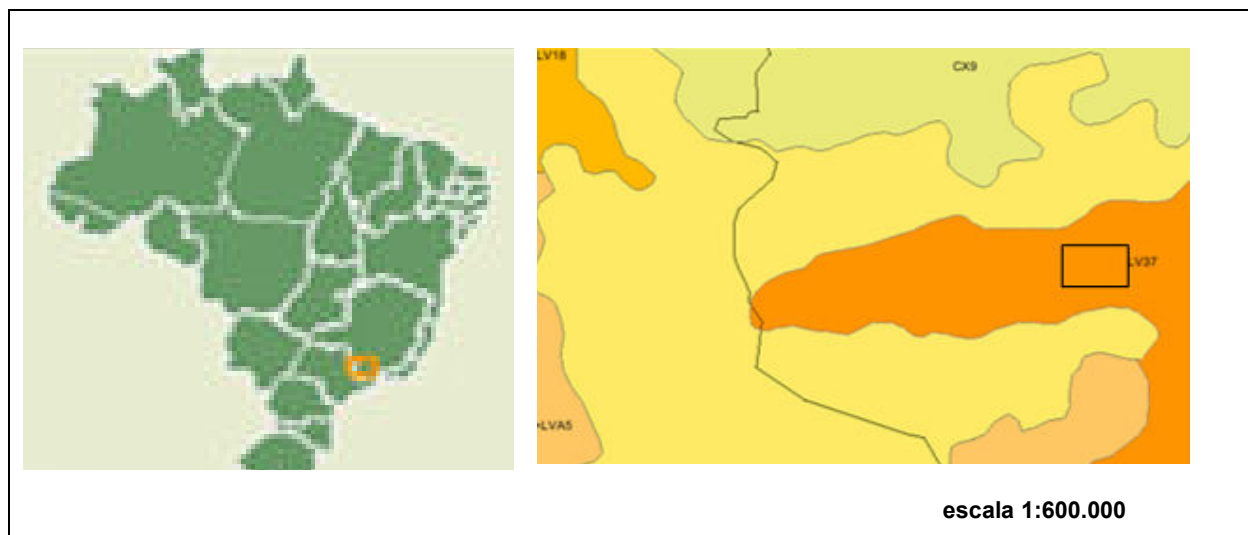


Figura 16: Mapa temático parcial de solos na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG, em destaque no retângulo.
Fonte: Adaptação do IBGE (2008a).

4.2 MATERIAL UTILIZADO

Para realização deste estudo foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Folha da Carta do Brasil – Munhoz e Ouro Fino. Escala de 1:50.000. Projeção UTM. DATUM vertical: marégrafo de Imbituba, SC. DATUM horizontal: Córrego Alegre, MG. Meridiano Central W 45°. IBGE (1972).
- Carta Hidrográfica de Bueno Brandão. Escala de 1:75. 000. IGA (2001).
- Imagem LANDSAT TM5, bandas 3, 4 e 5 digitalizadas, órbita 219, ponto 76, de 16/08/2007.
- Software SPRING e módulos IMPIMA e SCARTA, versão 4.3.3.

- Software AUTOCAD, versão 2005.
- GPS ETREX – GARMIN, versão 2.09.
- Scanner HP PSC 1410
- Formulário Cadastral: entrevista com bataticultores.

4.3 MÉTODO DE TRABALHO

O estudo foi realizado em cinco etapas, constituídas pelas seguintes atividades:

- I) Estruturação do banco de dados geográficos;
- II) Cadastro dos bataticultores e registro espacial das áreas de plantio amostradas;
- III) Montagem dos mapas temáticos de APP, drenagem e declividade;
- IV) Registro e classificação da imagem;
- V) Integração de dados a partir da linguagem LEGAL.

ETAPA I: ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Primeiramente foi criado o banco de dados no software SPRING versão 4.3.3., denominado *BuenoBrandao*, e o projeto *Sub_Bacia_Antas*, com toda a área de estudo descrita geograficamente no sistema.

Posteriormente foi feita a estruturação do banco de dados do estudo. Todas as entidades espaciais e seus inter-relacionamentos foram especificados no OMT-G.

ETAPA II: CADASTRO DOS BATATICULTORES E REGISTRO ESPACIAL DAS ÁREAS DE PLANTIO AMOSTRADAS

Nesta etapa foi realizado o levantamento cadastral pontual de um conjunto de amostras inicial de 30 bataticultores das proximidades da sub-bacia. A finalidade principal do cadastro foi de fornecer pontos para propiciar amostras de coloração do solo exposto, durante a classificação supervisionada da imagem, além de informações referentes aos agroquímicos utilizados durante o plantio.

O levantamento cadastral das propriedades foi feito em janeiro de 2008. Neste período os agricultores que haviam plantado no ano anterior para a safra das águas, preparavam-se para a colheita. Deste modo, era mais fácil de encontrá-los e entrevistá-los e os mesmos já possuíam dados referentes aos agroquímicos utilizados.

Em cada propriedade, foi captado inicialmente um ponto com o GPS de navegação, após atingir um erro de leitura inferior a 10m. Os pontos eram coletados aproximadamente na parte central da área de plantio. Deste modo, era menor a possibilidade da captação do ponto nas áreas limítrofes do terreno.

A margem de erro do GPS para a localização da área de plantio foi inferior à resolução espacial da imagem do satélite LANDSAT TM5 utilizada, de 30mx30m.

A aquisição da cena pelo satélite foi feita no dia 16 de agosto de 2007. Deste modo, dos 30 pontos cadastrados inicialmente, somente 18 foram utilizados no SIG, pois os demais se referiam a propriedades rurais que tinham iniciado o preparo do plantio após esta data, fazendo com que na imagem, a coloração do terreno ainda fosse a da vegetação existente.

Foi realizada a avaliação visual do local para averiguar se o plantio ocorria em áreas que deveriam ser destinadas à preservação permanente ou próximo delas.

Na seqüência os agricultores foram entrevistados, utilizando-se das questões do formulário cadastral elaborado neste estudo, conforme o que é mostrado na tabela 18.

Tabela 18: Modelo do formulário para cadastro, localização e coleta de dados dos produtores de batata e seus locais de plantio.

Formulário Cadastral		Coordenadas do Ponto GPS		Nº. do cadastro
Área de plantio (ha)		Época de plantio (mês/2007)		Análise do solo? (s/n)
Fertilizantes utilizados e quantidade				
Agrotóxicos utilizados e quantidade				
Maquinário utilizado (sistema mecanizado, semi ou manual)				
Localização em APP? (s/n)(descrição visual)				

Posteriormente, foi construída uma tabela com as informações referentes aos agroquímicos utilizados pelos agricultores, bem como a taxa de aplicação do produto na área de plantio, que se encontra no Anexo E. Estes dados foram importados para o SIG para constituir o BDG. Depois de inseridos no sistema, os dados podem ser consultados e visualizados a qualquer instante, como pontos cadastrais georeferenciados.

ETAPA III: MONTAGEM DOS MAPAS TEMÁTICOS DE APP, DRENAGEM E DECLIVIDADE

As cartas da sub-bacia e de altimetria foram digitalizadas através da *Scanner HP PSC 1410*, com resolução na tela de 600x2400dpi óptico (do inglês, *dots per inch*) para que pudessem ser posteriormente utilizadas no SPRING. A carta de altimetria digitalizada foi inserida em no programa AUTOCAD. Todas as curvas de nível foram desenhadas sobrepondo a carta de fundo digitalizada, inclusive a grade com as coordenadas geográficas.

O mesmo procedimento foi realizado para as linhas de drenagem da carta da bacia hidrográfica (IGA, 2001), que também foi inserida no arquivo do AUTOCAD, onde as curvas de nível do local encontravam-se desenhadas. Deste modo, um mapa foi sobreposto ao outro, com *layers* ou camadas diferentes para a melhor visualização e manipulação destes planos de informação.

Na seqüência foram traçadas as linhas de fronteira das áreas de preservação permanente, referentes aos 30m das margens dos rios, uma vez que os cursos d'água da região possuem largura inferior a 10m. Foi desenhado um traçado contínuo do tipo *polyline*, em camadas ou *layers* diferentes, de modo que, na importação de dados para o software SPRING, eles pudessem ser únicos para cada categoria, e manipulados separadamente.

O arquivo DWG do AUTOCAD foi então, salvo em DXF (versão R12) e cada um dos *layers* foi importado para o software do SIG SPRING, obtendo-se as diversas categorias e planos de informação (PI).

O raio de 50m ao redor das nascentes no alto das grotas também representa a fronteira de áreas de preservação permanente comuns na região. No mapa temático com as linhas de drenagem, cada uma das nascentes foi selecionada, e a partir da ferramenta *Mapa de Distâncias* do software SPRING, foram gerados os círculos para delimitar o perímetro de entorno das APP.

No SIG foram gerados os mapas temáticos referentes às categorias *drenagem*, *drenagem_nascente* e *limite*. A partir da categoria *altimetria*, foi gerada uma grade triangular (TIN) com triangulação do tipo *Delaunay*. Em seguida, foram gerados os valores de declividade, e realizadas as operações de classificação por faixas de distâncias, para a obtenção do respectivo mapa temático (de categoria *declividade_TEM*).

As classes atribuídas às declividades da área de estudo foram:

- 1) <3%;
- 2) 3-8%;
- 3) 8-20%;
- 4) >20%.

Todos os mapas gerados foram recortados, utilizando-se da ferramenta *Recortar Plano de Informação* do software SPRING, a fim de facilitar a visualização da área de estudo. Foi também utilizado o módulo SCARTA em alguns dos mapas para incorporar alguns parâmetros, como: coordenadas geográficas, grade, norte magnético e escala gráfica.

ETAPA IV: REGISTRO E CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM

As imagens digitalizadas utilizadas durante o estudo foram: a carta de altimetria, a cena do LANDSAT TM5 de 16/08/2007. Nesta etapa os arquivos do tipo TIF referentes às imagens foram primeiramente convertidos para o tipo GRIB. Essa conversão ocorreu através do uso do módulo IMPIMA.

A carta de altimetria foi importada e registrada como imagem no SPRING. Os pontos de controle do registro foram baseados nos cursos d'água do mapa temático de drenagem. Posteriormente, esta carta forneceu pontos de controle para o registro da imagem LANDSAT TM5 de 16/08/2007, que representa a região de estudo durante o período de interesse, ou seja, na época do plantio da batata, quando o solo se encontra exposto.

A base para o registro da imagem foi o traçado dos cursos d'água na área rural da região de estudo, devido ao fato de não terem sido modificados significativamente, de modo antrópico ou natural, desde a elaboração da carta de altimetria pelo IBGE em 1972. Foi utilizado o grau de polinômio de número 2 e foram marcados 10 pontos de

controle, para melhorar a exatidão na localização da imagem. O primeiro ponto foi escolhido no local denominado *Campo da Aviação*, destinado a pousos emergenciais de pequenas aeronaves. Esta pista possui aproximadamente 30m de largura e 450m de comprimento, está localizada às margens da área urbana e não é pavimentada. Portanto, a sua visualização é um alvo fácil para dar início ao registro da imagem.

Depois de registrada e importada para o SPRING, a imagem foi segmentada utilizando-se do método *Crescimento de Regiões*. O objetivo da segmentação foi de gerar uma imagem separada em regiões, de acordo com a sua homogeneidade baseada nos níveis de cinza. A tolerância de homogeneidade adotada foi de até 10 tons de cinza por regiões de no máximo 10 *pixels*.

Após a segmentação, foi feita a classificação da imagem por regiões. O classificador utilizado foi o de *Bhattacharyya*, com limiar de aceitação de 99%. Este classificador de regiões é utilizado para medir a distância média entre um par de distribuições de probabilidades de classes espectrais. Pelo fato de não ser um classificador automático, devem ser fornecidas amostras sobre as regiões a serem segmentadas. As regiões dos pontos cadastrais (adquiridos nas áreas de plantio de batatas) puderam então fornecer amostras para a aquisição de regiões a serem classificadas como de bataticultura.

A composição das bandas 3-4-5 escolhida para a visualização da imagem durante a classificação da mesma foi a G-B-R (verde-azul-vermelho, do inglês *green-blue-red*), pois apresentou maior discriminação das áreas de solo exposto, com tons de amarelo-esverdeado, das demais áreas, com tons de azul e roxo.

Finalmente foi feito o mapeamento da imagem após a classificação da mesma. Esta etapa consistiu na criação de um mapa temático a partir da imagem classificada. As classes atribuídas ao uso do solo na área de estudo foram: *bataticultura*, *drenagem*, *mata* e *outros_plantios*. A classe *outros_plantios* envolve os demais tipos de vegetação presentes na região de estudo como pastagem, café, entre outros.

ETAPA V: INTEGRAÇÃO DE DADOS A PARTIR DA LINGUAGEM LEGAL

Nesta etapa, todos os mapas de interesse para o estudo já haviam sido gerados: o da delimitação das áreas de preservação permanente, o de uso de solo com as áreas de plantio e o da declividade. Portanto, foi elaborado o programa na linguagem LEGAL para a integração de dados segundo operações booleanas referentes aos mapas de APP, uso de solo e declividade, a fim de se obter o mapa com as possíveis áreas de risco, ou seja, com maior susceptibilidade ao escoamento superficial e degradação das águas superficiais.

No que se refere à condutividade hidráulica, como em toda a área de estudo o solo é do tipo latossolo vermelho, o escoamento superficial poderia ser médio ou alto, dependendo da estrutura dominante do mesmo. Entretanto, foi considerada a estrutura dominante do local propício ao desenvolvimento da bataticultura, ou seja, do tipo granular. Portanto, a condutividade hidráulica da área de plantio de batata foi admitida como sendo do tipo médio. Na tabela 19 encontram-se os potenciais de risco possíveis para a área de estudo.

Tabela 19: Análise de risco à degradação dos recursos hídricos por escoamento superficial.

Risco à Degradação Hídrica de Águas Superficiais	Declividade Baixa (<3%)		Declividade Suave (3 a 8%)		Declividade Alta (8 a 20%)		Declividade Muito Alta (>20%)	
	ES com plantio em APP	ES sem plantio em APP	ES com plantio em APP	ES sem plantio em APP	ES sem plantio em APP	ES sem plantio em APP	ES com plantio em APP	ES sem plantio em APP
Baixo		x						
Médio	x			x				
Alto			x			x		
Muito Alto					x		x	x

Onde: ES = Escoamento Superficial.

No estudo foram abordadas as APP que interferem diretamente na qualidade das águas superficiais, e que são predominantes na sub-bacia do Rio das Antas. Estas APP localizam-se: em faixa marginal, com largura mínima de 30m, medida a partir do nível mais alto em projeção horizontal, para os cursos d'água com menos de 10m de

largura e ao redor de nascentes ou olhos d'água, ainda que intermitentes, com raio mínimo de 50m.

As áreas não destinadas ao plantio de batatas foram consideradas como de risco inexistente, para a contaminação dos cursos d'água por agroquímicos. A classificação para cada tipo de risco foi a seguinte: muito alto, alto, médio, baixo e inexistente. Pode-se observar na tabela do Anexo D o programa da linguagem LEGAL elaborado para a integração de dados contidos nos mapas da área de estudo e sua respectiva descrição.

Após a resolução da operação pelo programa LEGAL, a categoria *risco* originou um PI denominado *tipo_risco*, com resolução de 30mx30m, obtendo-se todas as áreas de risco classificadas. Posteriormente, foi utilizada a ferramenta Medida de Classes do software SPRING para a contagem da área total (em km²) de cada uma das classes de risco.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo foi subdividido em 5 procedimentos: estruturação do banco de dados geográficos; cadastro dos bataticultores e registro espacial das áreas de plantio amostradas; geração dos mapas temáticos de APP, drenagem e declividade; processamento da imagem; manipulação e análise dos dados.

5.1 ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS

Inicialmente, foram criados no software SPRING, o banco de dados e o projeto denominados de *BuenoBrandao* e *Sub_Bacia_Antas*, respectivamente. O projeto foi georeferenciado pelas coordenadas da área de estudo, entre as latitudes de S 22°31'38" e S 22°24'17", e longitudes W 46°22'13" e W 46°13'56", do sistema geodésico de referência Córrego Alegre. Na figura 17 podem ser observados o BDG e o projeto da área de estudo criados no software SPRING.

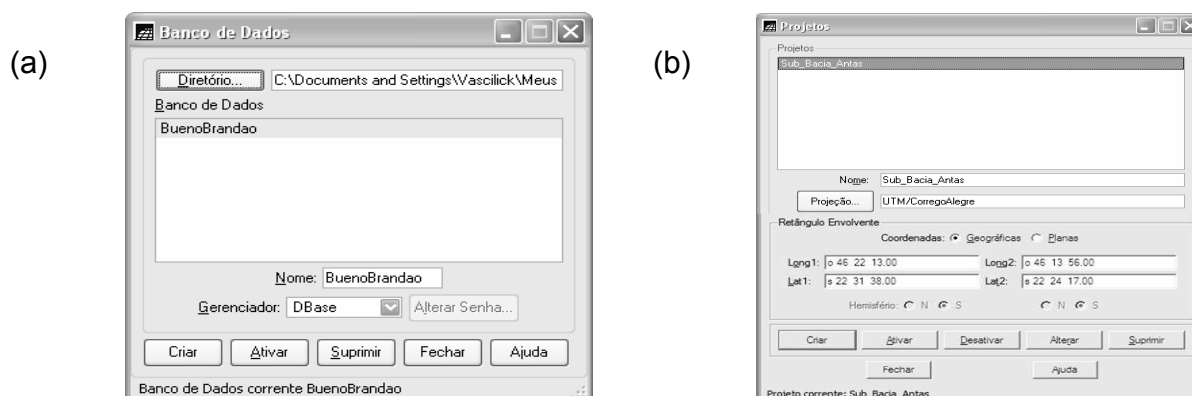


Figura 17: Telas de criação do banco de dados *BuenoBrandao* (a) e do projeto, *Sub_Bacia_Antas* (b), com a descrição da área de estudo no software SPRING.

Nesta etapa também foi feita a estruturação do banco de dados do estudo. Todas as entidades espaciais e seus inter-relacionamentos foram especificados no OMT-G elaborado durante o estudo, que pode ser observado na figura 18.

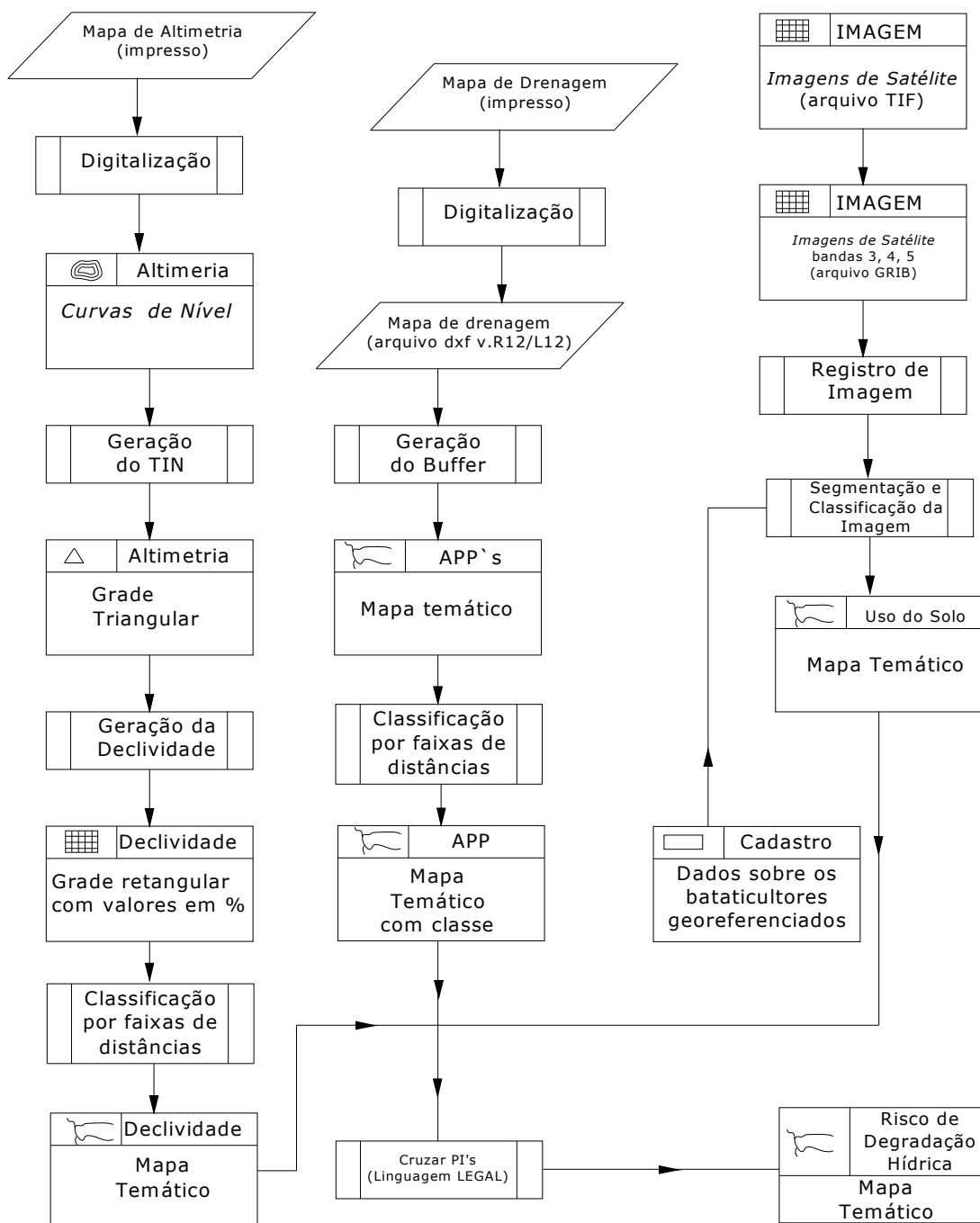


Figura 18: OMT-G desenvolvido durante o estudo para o planejamento da integração entre todas as entidades espaciais e cadastrais.

A utilização do OMT-G foi importante, pois proporcionou maior facilidade na representação dos dados e inter-relacionamentos entre os mesmos para o planejamento do SIG. Portanto, a partir da tabela 20 pode-se observar o BDG, com todas as categorias, modelos, planos de informação e classes, que foram gerados no decorrer do estudo, e encontram-se explicitados nos itens 4 e 5 do estudo.

Tabela 20: Banco de dados geográficos referentes à pesquisa na área de estudo.

Banco de Dados Geográficos: BuenoBrandao Projeto: Sub_Bacia_Antas			
Categoria	Modelo	Planos de Informação	Classificação
altimetria	MNT	curvas_nivel	-
drenagem	Temático	rios	-
		app_30m	rio_30m
limite	Temático	sub_bacia	-
drenagem_nascente	Temático	app_50m	nascente_50m
carta_IBGE	Imagem	bueno_brandao	-
		banda3_2007	-
		banda4_2007	-
		banda5_2007	-
declividade_MNT	MNT	mapa_declividade	-
declividade_TEM	Temático	classe_declividade classe_declividade_recortado	1 <3% 2 3-8% 3 8-20% 4 >20%
uso_solo	Temático	uso_solo_bhat_99% uso_solo_recortado	bataticultura mata drenagem outros_plantios
propriedades	Cadastral	pontos_cadastrais	-
risco	Temático	tipo_risco tipo_risco_recortado	muito_alto alto médio baixo inexistente

5.2 CADASTRO DOS BATATICULTORES E REGISTRO ESPACIAL DAS ÁREAS DE PLANTIO AMOSTRADAS

Em cada uma das áreas de cultivo cadastradas foi coletado um ponto com as coordenadas geográficas do local utilizando-se do GPS de navegação *ETREX – GARMIN*, a fim de identificar o local.

Conforme foi o detalhado no item 3.3.4.1, Venturieri e Santos (2003) sugerem que o valor mínimo de amostras para a classificação de áreas florestais deve ser de 3 vezes o número de bandas da imagem utilizada, que no caso do estudo corresponde a 3. Portanto, o total de amostras necessárias seria 9. Entretanto, como não se sabia ainda a data da imagem adquirida por satélite que seria utilizada no estudo, foi coletado um total de 30 amostras de locais de plantio de batatas, por margem de segurança, onde cada 10 pontos corresponderiam ao mesmo período de plantio. Assim sendo, 10 pontos seriam referentes ao preparo para plantio em julho, 10, em agosto e os demais, em setembro.

Dos 30 locais amostrados, somente 18 foram utilizados no SIG para a classificação da imagem LANDSAT TM5. As demais áreas foram descartadas, pois a data de início de preparo do solo nas mesmas foi posterior à data de aquisição da imagem pelo satélite (2 amostras eram referentes ao preparo do solo no final de agosto e as 10 restantes, referentes a setembro). Assim sendo, não seria possível visualizar na imagem originada o solo exposto das propriedades que ainda não estavam na fase do pré-plantio.

As coordenadas geográficas dos pontos cadastrais foram importadas para o SIG. Deste modo, todos os pontos levantados pelo GPS foram transferidos para o BDG.

Utilizando-se do módulo SCARTA foi possível a elaboração do mapa com os parâmetros das coordenadas geográficas dos pontos cadastrais na sub-bacia.

Na figura 19 pode ser verificada o resultado da primeira integração de dados segundo operações booleanas: os pontos cadastrais referentes às áreas de plantio e o contorno da área que compreende a sub-bacia de estudo.

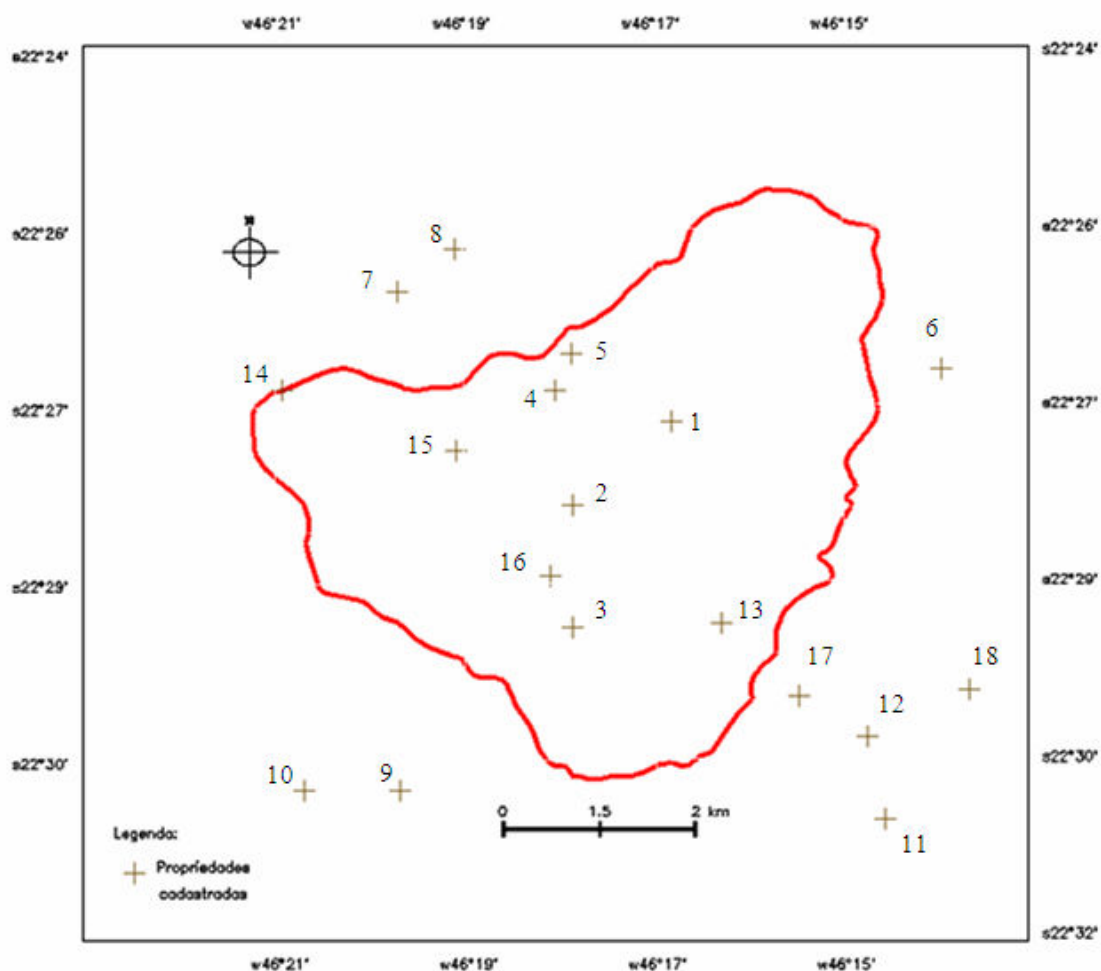


Figura 19: Mapa elaborado a partir da disposição dos pontos adquiridos pelo GPS de navegação nas áreas de plantio de batatas e da sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

Observa-se na figura 19 que 9 dos 18 pontos cadastrais não se encontram na sub-bacia de estudo. Isso se deve ao fato da mesma não possuir o formato retangular da área de projeto determinada no SIG. No momento em que as propriedades estavam sendo cadastradas, somente eram conhecidas as coordenadas dos vértices do

retângulo envolvente do projeto, entre as latitudes S 22°31'38" e S 22°24'17", e longitudes W 46°22'13" e W 46°13'56", pois o mapa da sub-bacia ainda não havia sido importado para o SIG e georeferenciado. Entretanto, estes pontos também foram utilizados para a classificação da imagem, pois se referiam às mesmas épocas de plantio das que se encontravam na sub-bacia.

Nos dados da tabela 21 podem ser observados os pontos cadastrais que se encontram na sub-bacia do Rio das Antas, destacados em amarelo (nº 1 a 5 e de 13 a 16), totalizando 9 áreas de cultivo. Entretanto, os dados referentes às 18 propriedades cadastradas também são contemplados nesta tabela. Este procedimento pôde propiciar um maior número de informações sobre o sistema agrícola adotado na região de Bueno Brandão, MG, mesmo estando fora da área de estudo. Os dados referentes aos demais agrotóxicos, que não eram utilizados pela maioria dos agricultores consultados, podem ser observados na tabela que se encontra no Anexo E.

Tabela 21: Dados cadastrais sobre 18 lavouras de batatas em Bueno Brandão, MG.

No.	Análise do Solo?	Área Próxima de APP?	Sistema mecanizado (Me), semi-mecanizado (Sm) ou manual (Ma)?	Época de Preparo do Solo	Área de Cultivo (ha)	Agroquímicos Utilizados										
						Uso de N-P-K?	Astro (L)	Dose REC* = 0,80 a 4,00 (L/ha)	Bravonil 500(L)	Dose REC* = 2,50 a 3,50 (kg/ha)	Curzate BR(kg)	Dose REC* = 1,60 a 2,00 (kg/ha)	Dithane PM(kg)	Dose REC* = 3,00 (kg/ha)	Karate Zeon 50CS(L)	Dose REC* = 0,25 a 0,50 (kg/ha)
							Total Aplicado (L)	Dose Aplicada (L/ha)	Total Aplicado (L)	Dose Aplicada (L/ha)	Total Aplicado (kg)	Dose Aplicada (kg/ha)	Total Aplicado (kg)	Dose Aplicada (kg/ha)	Total Aplicado (L)	Dose Aplicada (L/ha)
1	S	N	Sm	ago/07	4.84	S							320.00	66.12	20.00	4.13
2	S	S	Sm	ago/07	3.00	S	12.00	4.00	30.00	10.00			39.00	13.00		
3	N	S	Sm	jul/07	12.10	S			100.00	8.26						
4	N	N	Sm	jul/07	3.63	S	25.41	7.00	30.00	8.26					8.00	2.20
5	S	S	Sm	jul/07	7.26	S			40.00	5.51			110.00	15.15	8.00	1.10
6	S	N	Sm	ago/07	1.82	S	6.00	3.30	6.00	3.30	6.00	3.30				
7	S	N	Sm	jul/07	13.00	S	30.00	2.31			50.00	3.85	20.00	1.54		
8	N	S	Sm	ago/07	9.68	S	35.00	3.62	55.00	5.68			350.00	36.16		
9	S	N	Sm	ago/07	11.00	S			60.00	5.45			160.00	14.55	24.00	2.18
10	S	S	Sm	jul/07	12.00	S			60.00	5.00	20.00	1.67	160.00	13.33	24.00	2.00
11	N	N	Ma	jul/07	1.21	N			12.00	9.92	12.00	9.92				
12	S	N	Ma	jul/07	1.21	S	3.00	2.48	20.00	16.53	5.00	4.13				
13	N	N	Sm	ago/07	2.42	S	18.00	7.44	20.00	8.26	12.00	4.96			4.00	1.65
14	N	S	Sm	jul/07	9.68	S			56.00	5.79	56.00	5.79				
15	N	S	Sm	jul/07	2.42	S							80.00	33.06	5.00	2.07
16	N	S	Sm	ago/07	1.82	S	3.00	1.65	6.00	3.30			10.00	5.49	1.00	0.55
17	N	N	Ma	ago/07	1.00	S	2.00	2.00	17.00	17.00	14.00	14.00				
18	S	S	Sm	jul/07	2.00	N	8.00	4.00	35.00	17.50	30.00	15.00			3.00	1.50

Dose REC * = dosagem recomendada pela Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA)

Legenda:

	Áreas de plantio que fazem parte da sub-bacia do Rio das Antas;
	Locais em que não foram realizadas análises do solo;
	Áreas de plantio próximas de APP;
	Emprego de sistema semi-mecanizado durante o plantio de batata;
	Utilização de N-P-K sem a realização de análise do solo;
	Aplicação de agrotóxicos com dosagem superior à recomendada pela ANVISA.

Os agrotóxicos utilizados por mais de 50% dos 18 locais cadastrados foram: ASTRO, BRAVONIL 500, CURZATE BR, DITHANE PM, e KARATE ZEON 50CS. Os ingredientes ativos dos respectivos agrotóxicos são: Clorpirifós, Clorotalonil, Cimoxanil+Mancozebe, Mancozebe e Lambda-cialotrina. A ficha técnica de cada um dos produtos pode ser observada no Anexo C.

Em pesquisa realizada por Spadotto et al. (2001) foi verificado que a meia-vida dos ingredientes ativos Clorpirifós, Clorotalonil e Lambda-cialotrina é de 30 dias e que todos apresentam baixa mobilidade e pequeno risco de lixiviação no solo.

De acordo com Ferracini et al. (2001), a meia vida do Mancozebe é de 70 dias e o mesmo apresenta grande mobilidade no ambiente, sendo um contaminante em potencial das águas superficiais, devido ao transporte associado ao sedimento em suspensão. No Anexo C podem ser observadas as tabelas que indicam o risco de contaminação das águas superficiais de alguns dos ingredientes ativos dos agroquímicos mais utilizados na região de estudo, entre outros, além dos critérios empregados para a determinação do potencial de transporte do composto associado ao sedimento e dissolvido na água.

Deve-se atentar ao fato de que, como as dosagens de aplicação são em sua maioria superiores à recomendada pela ANVISA, nas proximidades de APP sem mata ciliar de proteção, os sedimentos que acumulam estes agrotóxicos tendem a ser lançados e contaminar os cursos d'água por escoamento superficial.

Na figura 20 observa-se o gráfico com informações extraídas dos dados da tabela 21:

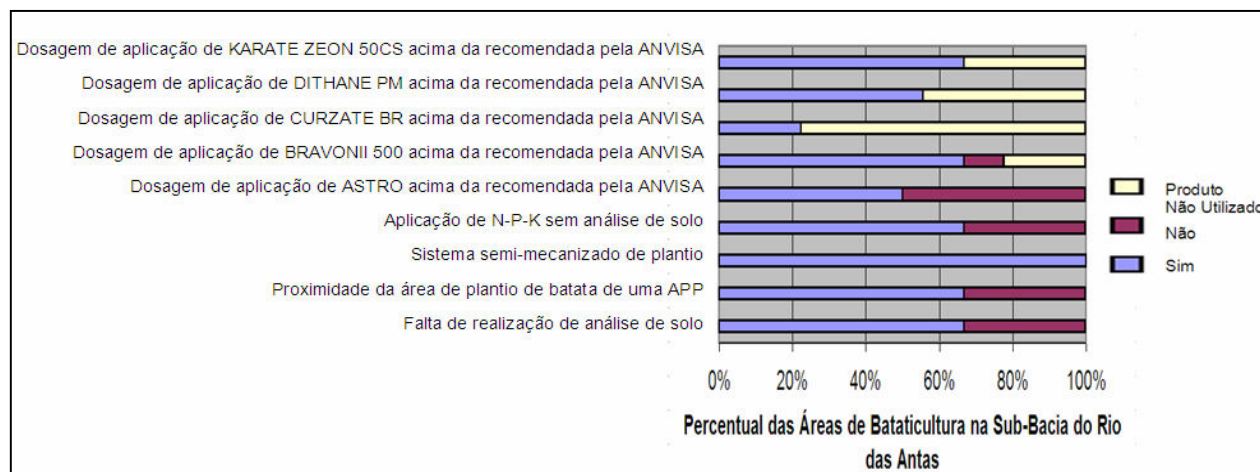


Figura 20: Gráfico do percentual das áreas de bataticultura em função de características do modelo aplicado durante o plantio na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

Pode-se observar no gráfico da figura 20 as várias características impactantes predominantes no sistema agrícola da região de estudo:

- Cerca de 70% das áreas de plantio cadastradas na sub-bacia do Rio das Antas, o cultivo da batata ocorre em regiões próximas de APP;
- Dosagem superior ao recomendado pela ANVISA de quase todos os agrotóxicos na maioria das propriedades (mesmo para o caso do CURZATE BR, onde todos que o utilizam, o fazem acima da dosagem recomendada na área de estudo), exceto para o produto ASTRO;
- Aplicação de N-P-K sem análise prévia do solo em cerca de 70% das propriedades;
- Falta de análise do solo em aproximadamente 70% das áreas de plantio;
- Sistema semi-mecanizado de preparo do solo ou plantio em todas as propriedades cadastradas da sub-bacia, mesmo em locais com declividade superior a 20%, que conforme Vieira (1988) são inadequados para este tipo de sistema.

Segundo Brigante et al. (2003a) na região próxima à sub-bacia do Rio das Antas, o sistema de plantio adotado pelos produtores tem sido inadequado, tanto no que se refere ao uso intensivo de agroquímicos, quanto ao plantio em locais de alta declividade, próximos ou inseridos em APP. Este fato foi claramente observado a partir dos dados levantados neste estudo, presentes na tabela 21.

Durante a realização da entrevista com os bataticultores verificou-se que muitos demonstravam receio no fornecimento de informações, mesmo sabendo que os dados seriam somente utilizados em uma pesquisa acadêmica. Além disso, alguns dos bataticultores entrevistados não se recordavam de todos os produtos utilizados e das quantidades aplicadas na lavoura, pois o preparo do solo havia ocorrido há aproximadamente 05 meses. Deste modo, as informações obtidas podem não estar representando a veracidade do procedimento adotado durante o plantio.

A visualização dos dados das informações cadastrais (dispostas na tabela 21) pode ser feita durante a operação do SIG, pois a mesma foi importada para o sistema. Portanto, é possível que novas informações sejam incorporadas ao BDG e atualizem o mesmo, assim que desejado. A tabela na tela operacional do software SPRING pode ser observada na figura do Anexo E.

5.3 GERAÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS DE APP, DRENAGEM E DECLIVIDADE

Após a digitalização das cartas do IBGE (1972) e do IGA (2001), as mesmas foram importadas para o SIG. O círculo ao redor das nascentes (com raio de 50m) foi desenhado a partir da ferramenta *Mapa de Distâncias* do software SPRING. Foi possível realizar o traçado do segundo mapa, com a delimitação da sub-bacia e sua rede hidrográfica, além das curvas de nível e áreas de plantio de batata, cadastradas anteriormente.

Pode-se observar na figura 21 o mapa temático de drenagem e APP (na margem de 30m dos rio e com raio de 50m ao redor das nascentes) a partir das seguintes categorias: *drenagem*, *drenagem_nascente*, *limite*, *altimetria* e *propriedades*.

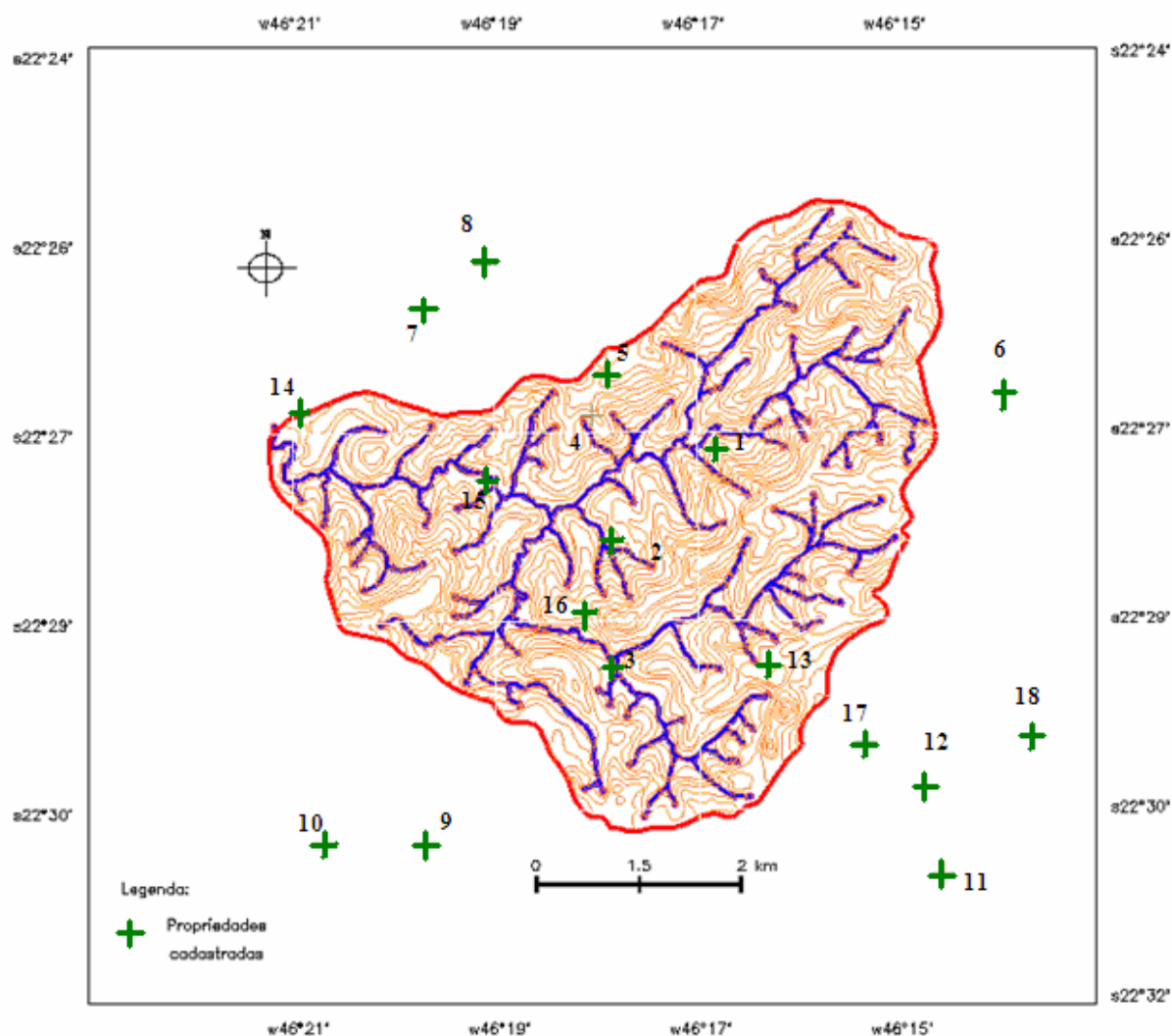


Figura 21: Mapa temático com pontos cadastrais das áreas de plantio, drenagem, curvas de nível e delimitação da sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

As aplicações de MNT utilizam diretamente as curvas de nível (que são mostradas no mapa da figura 21) e as grades regulares ou triangulares são geradas a partir das mesmas. No estudo foi gerada a TIN com triangulação do tipo *Delaunay*.

Posteriormente, foi gerada a declividade em valor percentual e feito o fatiamento, obtendo-se as classes explanadas na etapa III do item 4.3. A adoção dos valores percentuais das classes foi estabelecida em função da variação de escoamento superficial abordada no decorrer do estudo e adaptada de Vieira (1988).

A seqüência dos procedimentos, anterior à geração do mapa temático de declividade, pode ser verificada na figura 22.

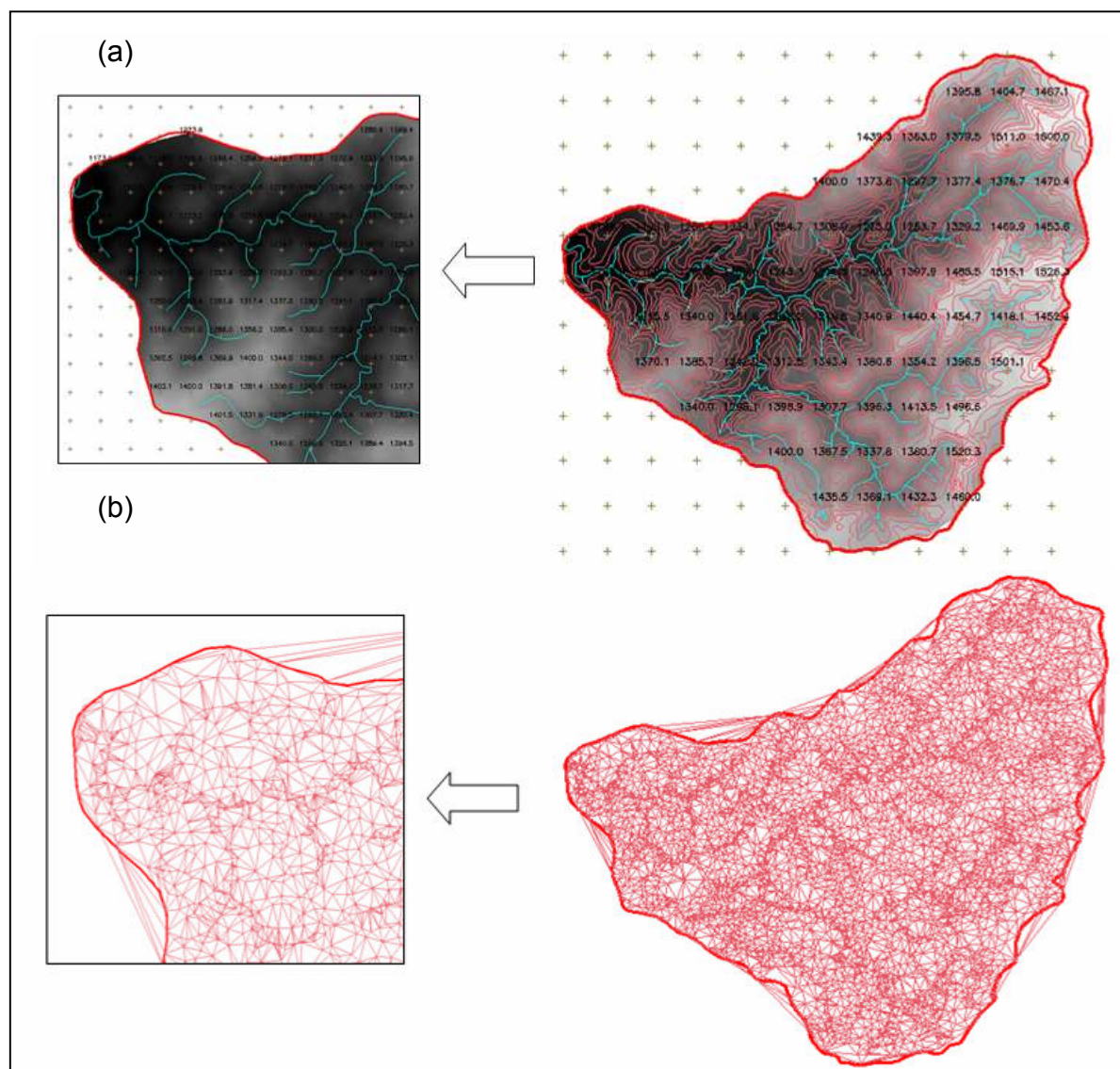


Figura 22: (a) Amostras de curvas de nível (com o valor numérico da altimetria de cada ponto da grade) importadas para o SPRING como MNT; (b) Geração da TIN com triangulação do tipo *Delaunay*.

Na parte (a) da figura 22 observa-se que os tons de cinza são mais escuros para as amostras com valores numéricos de altimetria mais baixos. Os pontos mais altos possuem coloração mais clara.

Para gerar a declividade foi utilizada a TIN, pois esta modelagem permite a representação de discontinuidades do relevo preservando as feições da superfície terrestre. Pode-se observar na parte (b) da figura 22 que a malha apresenta triângulos menores onde há maior variação no nível do terreno, e triângulos maiores em regiões mais planas. Na figura 23 pode-se observar o mapa temático de declividade gerado no software SPRING, após a realização dos procedimentos que foram observados a partir das ilustrações da figura 22 e da classificação em valores percentuais.



Figura 23: Classificação da declividade em valores percentuais.

Finalmente, foi utilizada a ferramenta *Medidas de Classes* e calculada a respectiva área de cada uma das classes de declividade da sub-bacia do Rio das Antas, cujo resultado é observado na tabela 22.

Tabela 22: Área correspondente à faixa de declividade na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

Declividade	Área da Classe (km ²)	Valor percentual da declividade na sub-bacia (%)
<3%	3,60	7,20
3-8%	3,72	7,40
8-20%	16,88	33,60
>20%	26,02	51,80

A partir desta classificação, verifica-se que em 51,80% da área da região o relevo possui declives fortes e é inadequado para o plantio de culturas perenes (VIEIRA, 1988). Deve-se destacar que a situação se agrava para os casos em que ocorre intervenção em APP ou quando é utilizado o sistema semi-mecanizado para o plantio.

Considerando-se o critério para a análise de risco de degradação dos recursos hídricos devido ao escoamento superficial, disposto na tabela 12, em locais com declividade superior a 20% o potencial de degradação hídrica é considerado muito alto, mesmo quando não há intervenção em APP.

5.4 PROCESSAMENTO DA IMAGEM

O processo inicial foi baseado no registro e importação da carta altimétrica como imagem. Para registrá-la foi primeiramente utilizado o módulo IMPIMA, no qual ocorre a conversão dos arquivos TIF para arquivos de extensão do tipo GRIB.

Durante o registro da carta altimétrica no software SPRING, os pontos de controle foram comparados com as curvas de nível digitalizadas através do AUTOCAD, e importadas para o SPRING. Esta imagem, posteriormente, auxiliou no fornecimento de pontos de controle para o registro da imagem LANDSAT TM5 de 16/08/2007. Na figura 24 pode-se observar o processo de registro da imagem LANDSAT TM5 com o da imagem da carta altimétrica e que um dos pontos de controle selecionado encontra-se nas áreas circuladas em laranja. Na tela do comando de *Registro de Imagem* encontram-se as diversas operações que podem ser utilizadas para se obter um melhor posicionamento dos pontos de controle. Os pontos de controle que apresentam maior erro podem ser suprimidos, ou então editados e removidos. A operação de edição e movimentação foi realizada até que o deslocamento das coordenadas (x,y) de cada ponto de controle fosse inferior a $\pm 0,500$, que corresponde ao erro linear de $\pm 15\text{m}$ em cada direção.

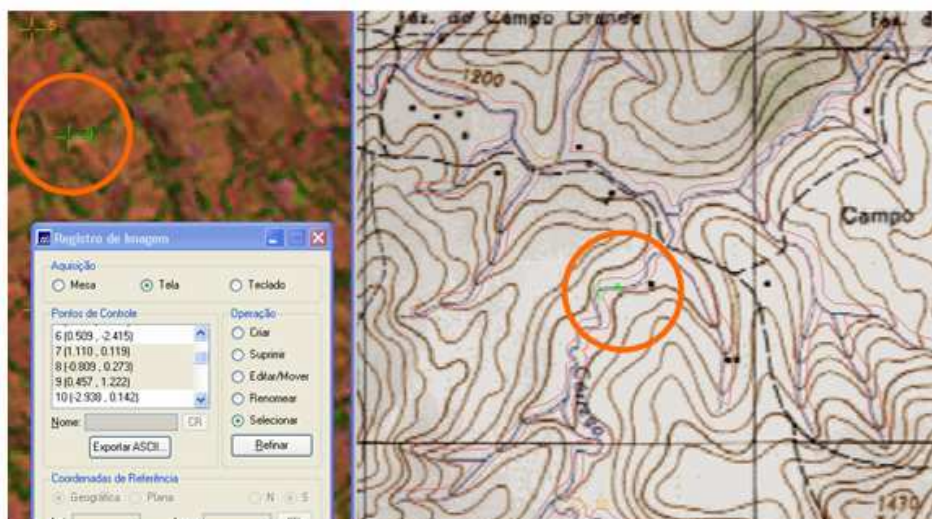


Figura 24: Registro da imagem LANDSAT TM5 de 16/08/2007 no software SPRING, utilizando-se da imagem da carta altimétrica do IBGE (1972).

Como interpolador de ajuste, foi utilizado o polinômio de 2º grau e bastariam 6 pontos de controle para refinar o posicionamento da imagem. Entretanto, foram utilizados 10 pontos de controle em ambos os registros, a fim de melhorar a precisão do mesmo. O erro quadrático médio de ajuste polinomial obtido no final de registro foi de 0,324 pixel (para a imagem da carta altimétrica) e 0,401 pixel (para a imagem LANDSAT TM5), que é aceitável para o estudo, tendo em vista que o mesmo é referente à área rural e a resolução da imagem é de 30mx30m. Ou seja, para a imagem da carta altimétrica, o erro quadrático médio de ajuste polinomial obtido foi de 9,720m e para a imagem LANDSAT TM5 de 12,030m. Portanto, o erro quadrático médio acumulado para o ajuste polinomial de ambos os registros correspondeu a 21,750m.

Durante o registro da imagem LANDSAT TM5 de 16/08/2007, foi utilizada a composição das bandas 3-4-5 como G-B-R para facilitar na visualização da mata nativa, que apresentava a cor escura nos tons de azul e roxo. Este procedimento foi adotado porque a área com vegetação mais densa não apresenta modificações significativas no período de um ano, somente onde ocorre desmatamento em larga escala, que não é o caso da região de estudo.

Na figura 25 pode-se observar parte do processo de registro da imagem de 16/08/2007.

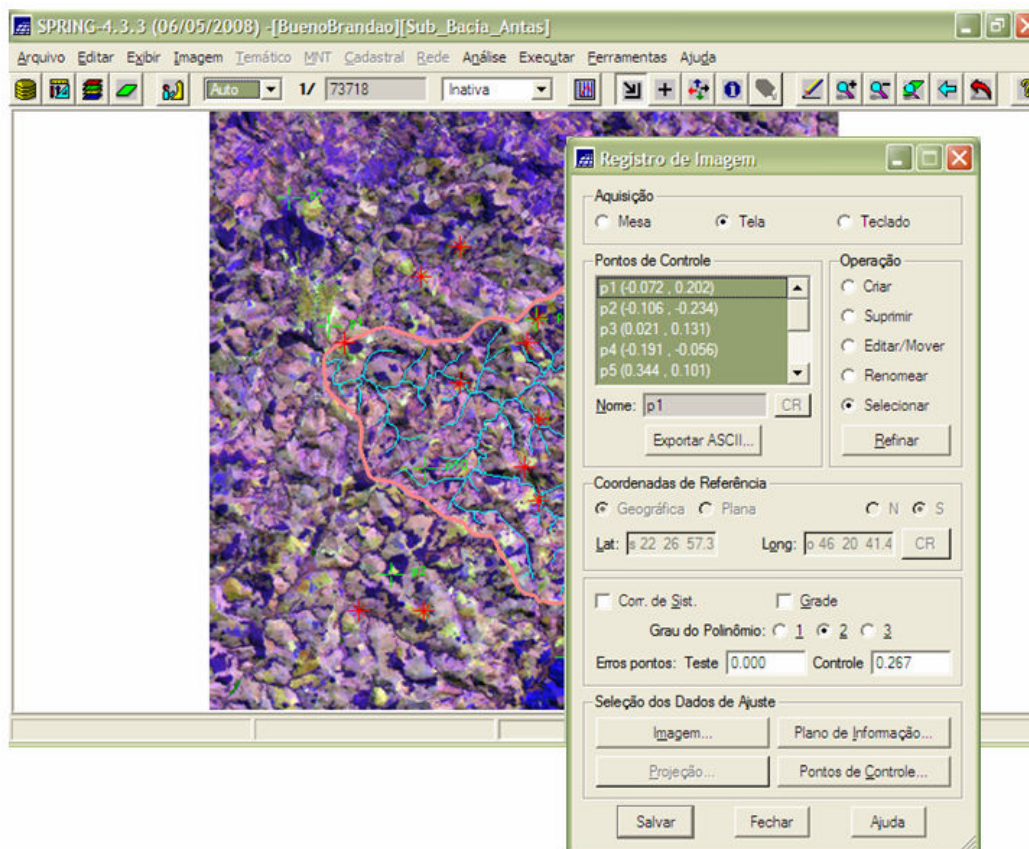


Figura 25: Tela operacional do software SPRING com o aspecto do registro da imagem LANDSAT TM5 de 16/08/2007.

A imagem foi segmentada para que as regiões cadastradas do plantio de batatas pudessem ser utilizadas como amostra durante a classificação supervisionada da mesma. Foram processados três tipos de segmentação: 10x10, 10x15 e 10x20 (10 tons de cinza por região de 10, 15 ou 20 pixels). Entretanto, foi escolhida a segmentação de 10x10, para que as regiões pudessem agrupar um número menor de células com tons mais próximos de cinza, a fim de garantir uma melhor classificação da imagem *a posteriori*.

Para a classificação da imagem, foi utilizado o classificador de *Bhattacharyya*, com limiar de aceitação de 99%. Deste modo, a classificação não foi automática e contou com o auxílio dos 18 pontos amostrais coletados nas propriedades para discernir as regiões referentes às áreas de plantio de batatas das demais regiões. A imagem segmentada pode ser observada na figura 26.

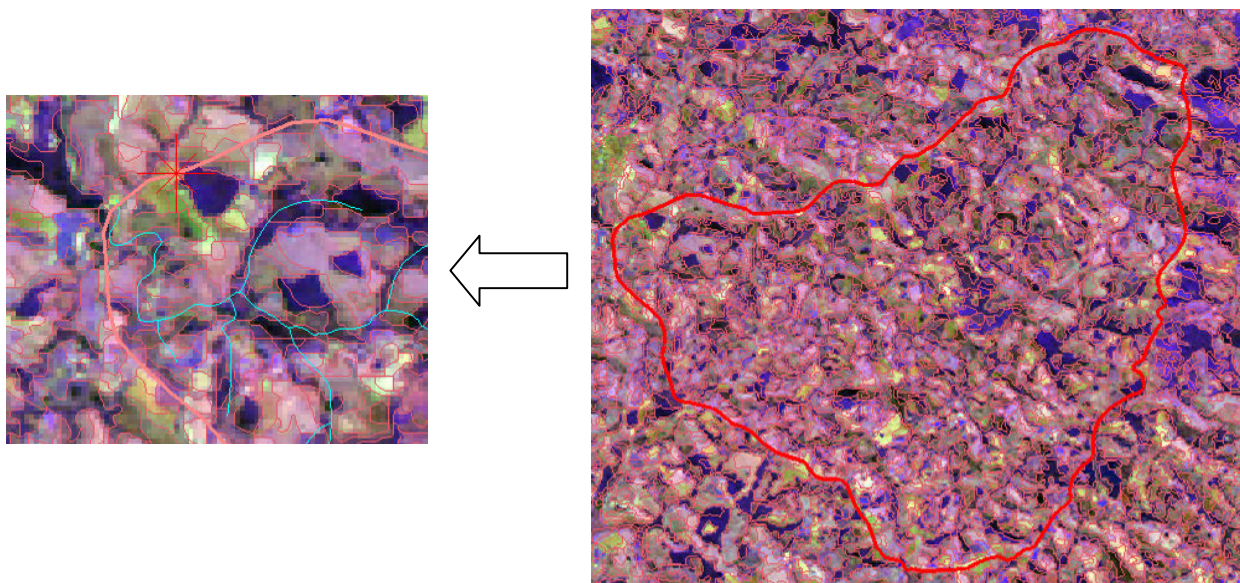


Figura 26: Imagem segmentada por *Crescimento de Regiões*, utilizando-se do classificador de *Bhattacharyya*, com limiar de aceitação de 99%

A composição das bandas 3-4-5 (G-B-R) tornou mais fácil a visualização das áreas de solo exposto, pois apresentou a coloração amarelo-esverdeada.

As classes de uso de solo da sub-bacia foram atribuídas da seguinte maneira: *bataticultura*, *drenagem*, *mata*, e *outros_plantios*. A imagem classificada pode ser vista na figura 27.



Figura 27: Imagem classificada em relação ao tipo de uso do solo na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

As áreas de coloração branca são regiões que não puderam ser classificadas, pois encontravam-se entre dois pares de distribuições de probabilidades de classes espectrais.

Utilizando-se da ferramenta *Medidas de Classes*, foi calculada a respectiva área de cada uma das classes de uso de solo na sub-bacia do Rio das Antas, de acordo com o que é observado na tabela 23.

Tabela 23: Área correspondente a cada tipo de uso de solo na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

Classificação	Área da Classe (km ²)	Valor percentual do tipo de uso do solo na sub-bacia (%)
bataticultura	4,54	9,00
drenagem	1,57	3,10
mata	9,95	19,80
outros_plantios	34,00	67,70
(área não classificada)	0,16	0,30

A área correspondente à classe *drenagem* foi totalizada como de apenas 1,57 km². Entretanto, toda a área dos cursos d'água que possuem cobertura vegetal foi classificada como de mata. Portanto, a área de drenagem é superior à totalizada, pois parte da mata possui área em comum com a mesma.

A região classificada como de outros plantios corresponde à área de pastagem ou vegetação arbórea de pequeno porte, além de outros tipos de cultura presentes na sub-bacia, como milho e café.

Para a validação do mapa temático de uso de solo, seria necessário obter dados oficiais sobre a localização e descrição da produção agrícola municipal. Entretanto, segundo Souza (2008)⁽⁸⁾, a localização do plantio na maioria das vezes não corresponde à da nota fiscal da produção. Como a cultura exige um intervalo de descanso entre plantios, há uma forte tendência dos bataticultores no arrendamento de propriedades diferentes em cada safra, sendo que o local registrado na nota fiscal quase sempre corresponde ao da sede ou residência do produtor rural. Assim, seria necessário que houvesse o monitoramento e registro das áreas de plantio de cada safra, o que até o momento não ocorre no município.

⁽⁸⁾ Gerson Evagelista de Souza é o coordenador do Serviço Integrado de Arrecadação Tributária e Fiscal (SIAT) de Bueno Brandão, MG.

5.5 MANIPULAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Nesta etapa foi implementado um programa na linguagem LEGAL para que fosse feita a integração de dados segundo operações booleanas referente aos mapas de APP, uso de solo e declividade. Como resultado foi gerado o mapa com as possíveis áreas de risco à degradação hídrica por agroquímicos nas águas superficiais, que pode ser observado na figura 28.

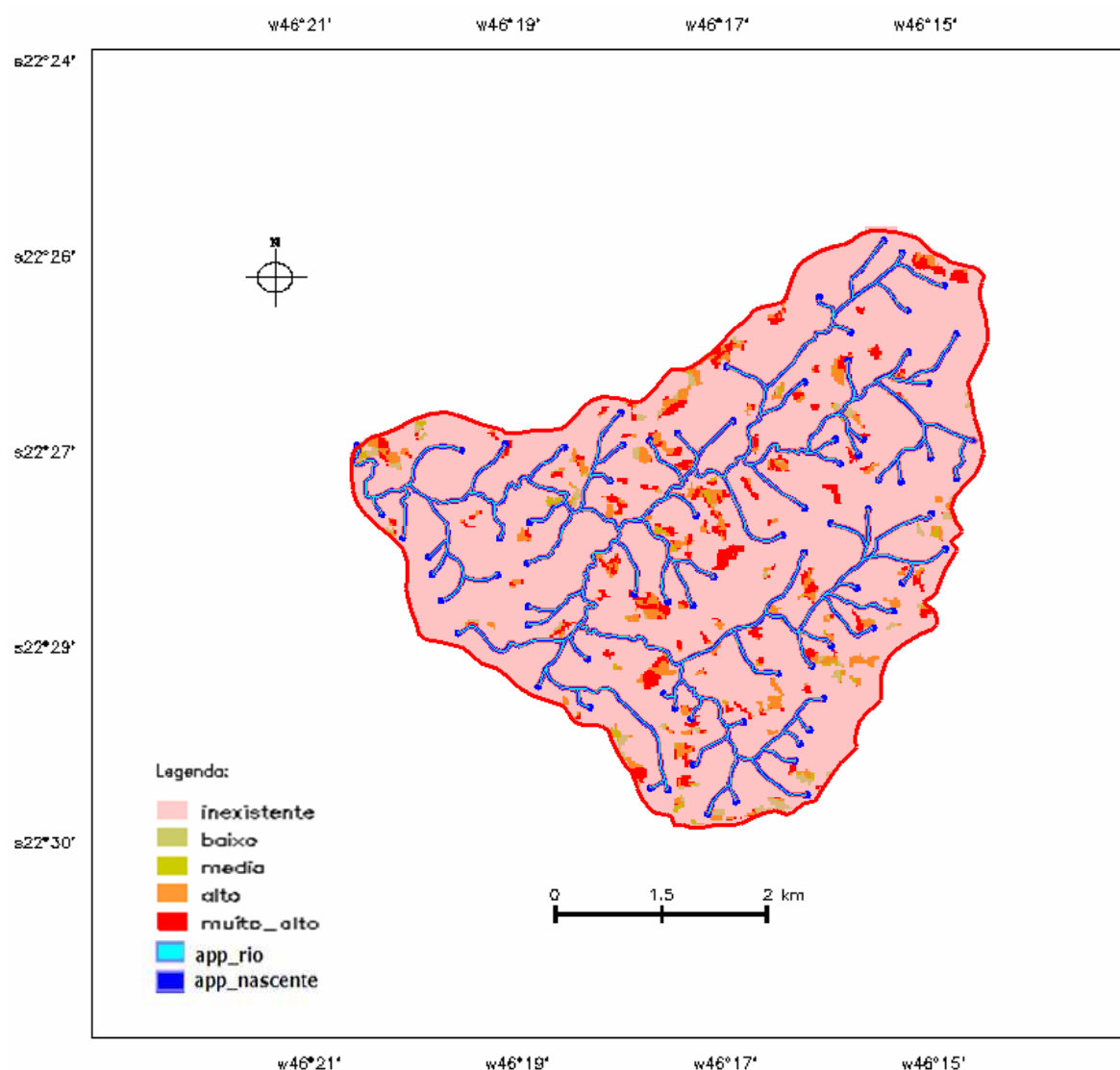


Figura 28: Classificação das áreas com potencial de degradação hídrica por agroquímicos nas águas superficiais, na sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

O risco inexistente foi atribuído às áreas não destinadas à bataticultura e correspondeu ao total de 45,68km² (91% da bacia). Entretanto, no caso da ocorrência do plantio de outras culturas, estas áreas também podem ser susceptíveis à degradação hídrica. Recomenda-se a realização de um estudo para averiguar todos os fatores que podem ocasionar a mesma.

Utilizando-se da ferramenta *Medidas de Classes*, foi calculada a área correspondente a cada uma das classes de risco à degradação hídrica por agroquímicos nas águas superficiais da sub-bacia do Rio das Antas, apresentada na tabela 24.

Tabela 24: Área correspondente a cada classe de risco à degradação hídrica por agroquímicos nas águas superficiais da sub-bacia do Rio das Antas, em Bueno Brandão, MG.

Risco	Área da Classe (km ²)	Valor percentual do tipo de risco na área total de 4,54km ² destinada à bataticultura (%)
muito alto	1,87	41,20%
alto	1,78	39,20%
médio	0,37	8,10%
baixo	0,52	11,50%

A partir dos dados mostrados na tabela 24, verificou-se que o risco à degradação hídrica nas águas superficiais da sub-bacia do Rio das Antas ocorre em uma escala variável de alto a muito alto no total de 80,40% da área de plantio.

6 CONCLUSÕES

Durante o desenvolvimento do trabalho concluiu-se que:

- Em relação ao regime pluviométrico é possível ocorrer uma variação espacial considerável da chuva entre uma célula e outra de estudo. Entretanto, este fato não foi considerado na pesquisa, pois a variação espacial é insignificante entre as células da sub-bacia, devido à sua pequena extensão;
- A utilização de uma grade triangular para a geração do mapa de declividade foi importante para representar os locais com maior diversidade nas feições do relevo;
- A utilização de vários pontos de controle proporcionou um melhor refinamento no posicionamento final da imagem;
- O ajuste na posição dos pontos, movimentando-se os mesmos para se ajustarem na curva de aproximação de posicionamento da imagem, demandou muito tempo e paciência, mas também contribuiu para o refinamento do posicionamento final da imagem;
- Para a visualização da imagem, foi de suma importância a elaboração de várias composições de bandas e a que melhor discriminou as áreas de plantio de batatas foi a 3-4-5 (GBR);
- A utilização de uma relação de um pequeno número de tons de cinza para uma célula que representa pequenas regiões pode demandar muito tempo e memória computacional para a execução da segmentação de uma imagem. Entretanto, o contrário pode fornecer regiões heterogêneas, e um trabalho posterior de classificação com menor precisão. Portanto, foi importante realizar várias tentativas de segmentação com valores diferentes para a razão entre os tons de

cinza e as células de pixels, por ter possibilitado a visualização do resultado que mais atendia à formação de regiões homogêneas;

- Algumas regiões que possuíam o solo exposto podem ter sido classificadas como regiões de plantio de batatas, pois a coloração do solo destes dois tipos de ocorrência é similar. Assim, seria relevante o levantamento de um número maior de pontos cadastrais com GPS, para serem adquiridos como amostras durante a classificação da imagem quanto ao tipo de uso de solo, ou para comparação visual com as demais regiões que apresentam cor similar na imagem;

A partir da análise dos resultados obtidos, concluiu-se que:

- As informações levantadas sobre os agroquímicos utilizados confirmaram a hipótese adotada no início da pesquisa, que o uso dos mesmos é intensivo e de modo inadequado, pois além de utilizar dosagens de agrotóxicos superiores às recomendadas pela ANVISA, a maioria dos agricultores aplica N-P-K sem a realização de análise do solo preliminar, favorecendo o uso indiscriminado dos fertilizantes;
- O sistema de plantio atual da região é inadequado, pois é semi-mecanizado, com o uso de equipamentos agrícolas como o trator e o arado fixo, em regiões íngremes de alta susceptibilidade à erosão laminar, favorecendo a degradação hídrica das águas superficiais;
- A verificação *in loco* da proximidade das áreas de plantio das APP foi importante e por isso, considerada como um dos parâmetros adotados para a análise multi-critério das áreas de risco;
- Os resultados obtidos podem servir de subsídio para a realização de futuras pesquisas que avaliam o impacto ambiental na região;
- É possível adotar o método desenvolvido neste estudo em outras pesquisas, para que seja determinado o risco à degradação hídrica em águas superficiais de quaisquer tipos de culturas, desde que sejam consideradas as características físicas do local de estudo e os sistemas de plantio normalmente adotados pelos produtores rurais da região;

- Os resultados obtidos neste trabalho podem auxiliar na determinação de locais estratégicos para a coleta de amostras nas águas superficiais e nos sedimentos, a fim de determinar com maior precisão as micro ou macro regiões susceptíveis à degradação hídrica;
- O BDG utilizado para este estudo pode ser atualizado com novas informações geográficas proporcionando maior facilidade e continuidade no monitoramento de áreas susceptíveis à degradação hídrica;
- Os mapas temáticos referentes à classificação do tipo de uso do solo e das áreas de risco podem ser facilmente interpretados, auxiliando os órgãos fiscalizadores de pequenos municípios no gerenciamento integrado das sub-bacias;
- O mapeamento das áreas de risco contribuiu para que as mesmas sejam identificadas e no local sejam adotadas práticas agrícolas conservacionistas, como a construção de terraços e barraginhas, subsolagem, rotação de culturas, entre outras;
- Para a validação do mapa dos tipos de uso de solo seria importante compará-lo com dados de órgãos competentes, responsáveis pelo monitoramento e fiscalização das áreas de plantio, o que não foi possível na pesquisa, devido à indisponibilidade dos mesmos no local de estudo.

7 SUGESTÕES

O desenvolvimento do presente estudo pode propiciar a futuras pesquisas as seguintes sugestões:

- Levantar um número maior de pontos cadastrais com o GPS, a fim de obter mais amostras de pixels por tema ou classe, e proporcionar uma classificação supervisionada da imagem de maior precisão;
- Levantar dados a respeito da venda de agrotóxicos com receita agrônômica comercializados no local, e comparar as dosagens de aplicação dos mesmos com as que são regidas pela legislação em vigor;
- Promover reuniões com os agricultores para explicar os motivos pelos quais as informações questionadas nos formulários são importantes para o desenvolvimento do estudo;
- Efetuar um estudo da evolução temporal das áreas destinadas ao plantio de batatas em várias safras, utilizando-se de imagens de satélite de épocas diferentes;
- Adquirir um número maior de bandas espectrais, e se possível a banda 2, da região verde do espectro eletromagnético, para auxiliar no processo de diferenciação da cobertura vegetal;
- Levantar dados sobre o tipo de disposição de resíduos oriundos de embalagens de agrotóxicos e considerar este dado como fonte pontual de contaminação, pois se lançados nos cursos d'água ou depositados em locais inadequados, também podem contribuir diretamente com a degradação hídrica de águas superficiais e subterrâneas;

- Ampliar o modelo do estudo para incorporar todo o tipo de cultura que utiliza agroquímicos de modo intensivo praticado na sub-bacia;
- Utilizar dados sobre declividades, pedologia do solo, coeficientes de infiltração e condutividade hidráulica para elaborar um modelo computacional e estimar o volume de escoamento superficial que ocorre na sub-bacia de estudo;
- Verificar a adequação da presença da mata ciliar com os padrões exigidos pela legislação. Ou seja, analisar a partir das imagens e do mapa de classificação dos tipos de uso de solo se as matas ciliares cobrem toda a área que deveria ser destinada para preservação, a 30m das margens dos rios e no raio de 50m das nascentes;
- Desenvolver estudos de modo a introduzir incentivos aos produtores para recuperarem a vegetação em áreas de preservação permanente;
- Desenvolver estudos em regiões com e sem a presença de mata ciliar às margens dos cursos d'água a fim de monitorar a qualidade das águas e dos sedimentos à montante e à jusante das áreas de plantio.

8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENIYI, P. O. Digital analysis of multitemporal Landsat data for land-use/land-cover classification in semi-arid area of Nigeria. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.51, n.11, p.1761-1774, 1985.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. **SIA - Sistema de Informações sobre Agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www4.anvisa.gov.br/agrosia/asp/default.asp>>. Acesso em: 08 jan. 2008.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de Nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 32, n. 2, p.160-165 abr. 1998.

ASSOCIAÇÃO DA BATATA BRASILEIRA. **Batata Mundo: Área, produção e produtividade**. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/mundo_area.htm>. Acesso em: 20 jan. 2008.

BARROSO, D.G.; SILVA, M.L.N. Poluição e conservação dos recursos naturais – Solo e água. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.16, n.176, p.17-24, 1992.

BAYER CROPSCIENCE. **Batata: Programa de controle de pragas, doenças e plantas daninhas desde a semente até a colheita**. [S.l.:s.n.], [2006]. (Boletim Informativo).

BENTO, G. M. **Entrevista concedida à Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis**. Bueno Brandão, MG. 05 jan. 2008.

BERTON, R.S. Impacto dos fertilizantes e corretivos. In: SIMPÓSIO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL POR USO AGRÍCOLA DO SOLO, 1., 1994, Campinas. **Anais...** Campinas, 1994. p. 73-84.

BRASIL. **Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989.** 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, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L7802.htm>>. Acesso em 11 fev. 2008.

_____. **Lei Federal nº 9.974, de 6 de junho de 2000.** Altera a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. 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, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L9974.htm#art11>>. Acesso em 11 fev. 2008.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. POVINELLI, J.; NOGUEIRA, A. M. Caracterização Física, Química e Biológica da água do Rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Ed.). **Limonologia fluvial – um estudo no Rio Mogi-Guaçu.** São Carlos: RiMa, 2003a. p.55-76.

BRIGANTE, J.; MERENGO, M. C.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; VIEIRA, E. M. Praguicidas nos Sedimentos do Rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Ed.). **Limonologia fluvial – um estudo no Rio Mogi-Guaçu.** São Carlos: RiMa, 2003b. p.121-128.

BRUNS, G. B. Gestão de Impactos Sociais. **Jornal Diário: Ambiente Brasil.** 20 mar. 2008. Caderno: Gestão, Artigos. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/gestao_impactos.html>. Acesso em: 20 mar. 2008.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for Land Resources Assessement.** . Oxford: Clarendon, 1986. 498p.

BURROUGH, P.A., McDONNELL R.A. **Principles of geographical information systems.** Oxford: University Press, 1998. 333p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J.; LI, F. M.; SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computer and Graphics**, [S.I], v.20, n. 3, p. 395-403, mai. /jun. 1996.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Modelagem de dados em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D. (Ed.); SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 2003. p.47-66.

CÂMARA, G.; CORDEIRO, J. P.; FREITAS, U. M. de; LUCEMA, I. Álgebra de Mapas. In: CÂMARA, G. (Ed.); DAVIS, C. (Ed.); MONTEIRO, A. M. V. (Ed.); D'ALGE, J. C. L. (Col.); FELGUEIRAS, C. (Col.); FREITAS, U. M. de (Col.); FONSECA, L. M. G. (Col.); FONSECA, F. (Col.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE [On-line], 1999, v.1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Apresentação. In: CÂMARA, G. (Ed.); DAVIS, C. (Ed.); MONTEIRO, A. M. V. (Ed.); D'ALGE, J. C. L. (Col.); FELGUEIRAS, C. (Col.); FREITAS, U. M. de (Col.); FONSECA, L. M. G. (Col.); FONSECA, F. (Col.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE [On-line], 1999, v.1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Conceitos Básicos em Ciência de Geoinformação. In: CÂMARA, G. (Ed.); DAVIS, C. (Ed.); MONTEIRO, A. M. V. (Ed.); D'ALGE, J. C. L. (Col.); FELGUEIRAS, C. (Col.); FREITAS, U. M. de (Col.); FONSECA, L. M. G. (Col.); FONSECA, F. (Col.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE [On-line], 1999, v.1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

CARRARO, G. **Agrotóxico e Meio Ambiente: Uma Proposta de Ensino de Ciências e de Química**. Porto Alegre: UFRS - Instituto de Química, Área de Educação Química, 1997. 90p. (Série Química e Meio Ambiente).

CENTRO DE INTELIGÊNCIA DA BATATA. **Dados sobre a batata**. [S.l.:s.n] [2008]. Disponível em: <<http://www.cinteligencia.com.br>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 303 de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/legislacoesambientais/2002_Res_CO_NAMA_303.pdf>. Acesso em: 10 out. 2007.

_____. **Resolução nº 369, de 28 de março de 2006**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação

Permanente-APP. Disponível em: <www.usp.br/fau/depprojeto/labhab/04textos/conama_res369_28mar2006_app.pdf>. Acesso em: 10 out. 2007.

COSTA, A. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo - sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootécnica-FUNEP, 2001. p.198-225.

DeCOURSEY, D.G. Developing models with more detail: do more algorithms give more truth? **Weed Technology**, [S.l.], v. 6, n.3, p.709-715, 1992.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows: Introdução e Exercícios tutoriais**. HASENACK, H.; WEBER, E. (Ed. da Versão em Português). Porto Alegre: UFRGS, Centro de Recursos IDRISI, 1998. 240p.

FELGUEIRAS, C. A. Modelagem Numérica de Terreno. In: CÂMARA, G. (Ed.); DAVIS, C. (Ed.); MONTEIRO, A. M. V. (Ed.); D'ALGE, J. C. L. (Col.); FELGUEIRAS, C. (Col.); FREITAS, U. M. de (Col.); FONSECA, L. M. G. (Col.); FONSECA, F. (Col.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE [On-line], 1999, v.1. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. Y. P.; SILVA, A. S.; SPADOTTO, C. A. Análise de Risco de Contaminação das Águas Subterrâneas e Superficiais da Região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**. Curitiba: UFPR, v. 11, p.1-16, jan./dez. 2001.

FERREIRA, C. D. **Análise da Aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água**. 2005. 64f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FILGUEIRA, F. A. R. Práticas Culturais Adequadas em Bataticultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.20, n.197, p.34-41, mar./abr. 1999.

GODOY, R. C. B. A oferta de batata no Brasil. **Revista Batata Show**, Itapetininga, n. 3, set. 2001. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista03_025.htm>. Acesso em 01 fev. 2008.

GOMES, J. M.; VELHO, L. Abstraction Paradigms for Computer Graphics. **Visual Computer, Springer-Verlag**, v. 11, n. 5, p. 227-239, 1995.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; CERDEIRA, A. L. Dinâmica de Agroquímicos. **Agência de Informação EMBRAPA - Agricultura e Meio Ambiente**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente. [2007]. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/AgenciB13/AG01/arvore/AG01_6_299200692525.html>. Acesso em: 20 jan. 2008.

HARTSHORNE, R. **Propósitos e natureza da Geografia**. São Paulo: Edusp/Hucitec, 1978. p.29.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha da Carta do Brasil – Munhoz e Ouro Fino**. 1. ed. São Paulo: IBGE, 1972.

_____. **Mapa Pedológico**. [On-line], [2008a]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/mapasite/estatistica.html>>. Acesso em: 05 jan. 2008.

_____. **Produção Agrícola Mundial**. [On-line], [2008b]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#download>. Acesso em: 12 jan. 2008.

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS APLICADAS. **Carta Hidrográfica de Bueno Brandão**. Belo Horizonte, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Tutorial 10 aulas: SPRING 4.2 (Versão Windows)**. São José dos Campos: INPE, [On-line], 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. Acesso em: 02 mar. 2007.

KATO, R. Batata ganha Ano Internacional e destaque no combate à fome. **USP Notícias**, São Paulo, 18 jan. 2008. Caderno: Economia & Política. Disponível em: <<http://www.noticias.usp.br/acontece/obterNoticia?codntc=19004&codnucjrn=1>>. Acesso em: 22 jan. 2008.

KITAMURA, P.C. **Desenvolvimento sustentável**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 182p.

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

LOVATO, C. Influência do ambiente no desenvolvimento da batata. **Revista Batata Show**, Itapetininga, n.11, abr. 2005. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista11_017.htm>. Acesso em 09 nov. 2007.

LUDOVICE, M. T. F. **Influência de faixa filtro de *Brachiaria decumbens* na retenção de atrazina, nutrientes e sedimentos em escoamento superficial**. 2003. 183f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MACHADO, F. R. **Remoção de Fósforo na Unidade de Flotação da Estação de Tratamento de Esgoto**. 2007. 79f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MELO, P. C. T. Ano da Batata. **Associação Brasileira de Horticultura**, 2008. Biblioteca. Disponível em: <<http://www.abhorticultura/biblioteca/default.asp?id=6621>>. Acesso em: 02 jul. 2008.

MESQUITA, H. A.; PAULA, M. B.; ALVARENGA, M. I. N.; REGINA, S. M. A Cultura da Batata e a Preservação Ambiental. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: EPAMIG, v.20, n.197, p.20-23, mar./abr. 1999.

METCALF, C.; EDDY, F. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 4.ed. New York: Mc Graw-Hill, 2003. 1819p.

NEVES, M. C.; SPADOTTO, C. A.; LUIZ, A. J.B.; QUIRINO, T. R. Caracterização Espaço-Temporal do Uso de Agrotóxicos para o Estado de São Paulo. In: ASSAD, E. D.(Ed.); SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 2003. p.241-250.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1992. 308p.

ORGANIZAÇÃO NÃO-GOVERNAMENTAL MÍSTICOS CAMPOS. **Água e seus reflexos na saúde e na economia de Bueno Brandão**. Workshop. Inconfidentes: EAFI, 2005.

PERES, F.; MOREIRA, J. C. Saúde e ambiente em sua relação com o consumo de agrotóxicos em um pólo agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, n. 23, Sup 4:S612-S621, 2007.

PESSIN, N. **Ciclos Biogeoquímicos**. Caxias do Sul: UCS – Departamento de Engenharia Química, [2008]. 56p. (Apostila de Química Ambiental)

PIRES, A. (Org.) LINDEN, B. van der; FIGUEIRA, C. S. da; COELHO FILHO, J. M. D.; SAMPAIO, J. N. M.; DANTAS, L. de M. **Geoprocessamento**. Recife: UNICAP – Centro de Ciências e Tecnologias, Curso de Ciências da Computação [On-line], 2000. Disponível em: <<http://www.dei.unicap.br/~almir/seminarios/2000.1/geoprocessamento/index.html>>. Acesso em 10 fev. 2008.

PORTAL FARMÁCIA. **Definição e Classificação dos Agrotóxicos**. [2008]. Disponível em: <<http://www.portalfarmacia.com.br/farmacia/principal/conteudo.asp?id=359>>. Acesso em 11 fev. 2008.

PORTO, R.; ZAHTEL, F. K.; TUCCI, C. E. M.; BIDONE, F. Drenagem Urbana. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH – EDUSP, 2000, p.805-847.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres/POTAFOS, 1991. 343p.

REIS, T. E. da S.; BARROS, O. N. F.; REIS, L. C. Determinação do uso do solo do município de Bandeirantes, Estado do Paraná, através de imagem do Landsat 7 ETM+ e técnicas de geoprocessamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 41-48, jan./mar. 2005.

RITCHEY, K.D. **O potássio nos Oxisolos e Ultissolos dos trópicos úmidos**. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa, 1982. 69p. (Boletim Técnico, n. 7)

ROCHA, D. C. C. Minas consolida liderança na produção de batata. **Ambiente em Foco**, Viçosa, 13 set. 2007. Categoria: Agricultura, Cultura. Disponível em: <<http://www.ambienteemfoco.com.br/?m=20070913&paged=2>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

SILVA, A. B. **Entrevista concedida à Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis**. Bueno Brandão, MG. 05 jan. 2008.

SILVA, E. C.; SILVA FILHO, A. V.; ALVARENGA, M. A. R. Efeito Residual da Adubação da Batata sobre a Produção do Milho-verde em Cultivo Sucessivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2151-2155, nov. 2000.

SOUZA, G. E. de. **Entrevista concedida à Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis**. Bueno Brandão, MG. 10 jul. 2008.

SPADOTTO, C. A.; FILIZOLA, H.; GOMES, M. A. F. Avaliação do Potencial de Lixiviação de Pesticidas em Latossolo da Região de Guaíra, Sp. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**. Curitiba: UFPR, v. 11, p.127-136, jan./dez. 2001.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. dos. Técnicas de Classificação de Imagens para a Análise de Cobertura Vegetal. In: ASSAD, E. D. (Ed.); SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 2003. p.351-371.

VIEIRA, E. F. C. **Produção de Material Didático Utilizando Ferramentas de Geoprocessamento**. 2001. 38f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VIEIRA, F. de C.; SUGIMOTO, L. S.; VITTI, G. C.; COSTA, M. C. Importância da adubação na cultura da batata. **Revista Batata Show**, Itapetinga, v. 2, n. 5, p. 16-17, set. 2002.

VIEIRA, L. S. VIEIRA, M. de N. F. **Manual da Morfologia e Classificação de Solos**. 2. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTDA. 1983. 313p.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos Solos Tropicais**. 2. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres LTDA. 1988. 464p.

VILELA, J. M. **Entrevista concedida à Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis**. Santa Juliana, MG. 26 dez. 2007.

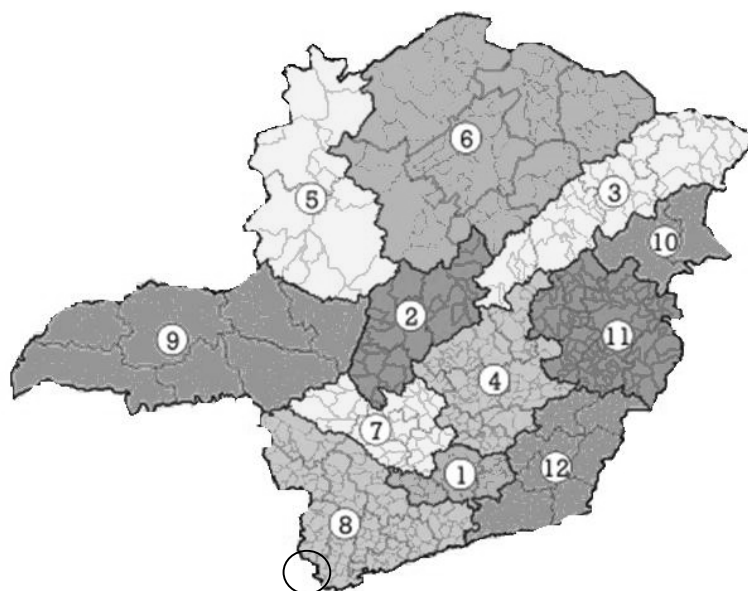
WIKIPÉDIA. **Lista de Mesorregiões de Minas Gerais**. [S.l.]: Wikimedia Foundation. 27 Jun. 2007. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lista_de_mesorregiões_de_Minas_Gerais&oldid=6545955>. Acesso em: 31 jan. 2008.

YOST, R.S.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C.;LOBATO, E. Residual effects of phosphorus applications on a high phosphorus adsorbing oxisol of Central Brazil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.45, n.3, p.540-543, 1981.

YOUNG, C. E. F. Competitividade e Tecnologias Limpas. **Jornal Diário: Ambiente Brasil**. 20 mar. 2008. Caderno: Gestão (Artigos). Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/artigos/teclimpa.html>>. Acesso em 20 mar. 2008.

ANEXOS

ANEXO A – REGIÕES DO ESTADO DE MINAS GERAIS



Legenda:

1. Campo das Vertentes
2. Central Mineira
3. Jequitinhonha
4. Metropolitana de Belo Horizonte
5. Noroeste de Minas
6. Norte de Minas
7. Oeste de Minas
8. Sul e Sudoeste de Minas
9. Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba
10. Vale do Mucuri
11. Vale do Rio Doce
12. Zona da Mata

OBS: região de estudo circulada

Mesoregião do Campo das Vertentes

Barbacena
Lavras
São João Del Rei

Mesoregião Central Mineira

Bom Despacho
Curvelo
Três Marias

Mesoregião do Jequitinhonha

Almenara
Araçuaí
Capelinha
Diamantina
Pedra Azul

Mesoregião Metropolitana de Belo Horizonte

Belo Horizonte
Conceição do Mato Dentro
Conselheiro Lafaiete
Itabira
Itaguara
Ouro Preto
Pará de Minas
Sete Lagoas

Mesoregião do Noroeste de Minas

Paracatu
Unaí

Mesoregião do Norte de Minas

Bocaiúva
Grão Mogol
Janaúba
Januária
Montes Claros
Pirapora
Salinas

Mesoregião do Oeste de Minas

Campo Belo
Divinópolis
Formiga
Oliveira
Pium

Mesoregião do Sul e Sudoeste de Minas Gerais

Alfenas
Andrelândia
Itajubá
Passos
Poços de Caldas
Pouso Alegre
Santa Rita do Sapucaí
São Lourenço
São Sebastião do Paraíso
Varginha

Mesoregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

Araxá
Frutal
Ituiutaba
Patos de Minas
Patrocínio
Uberaba
Uberlândia

Mesoregião do Vale do Mucuri

Nanuque
Teófilo Otoni

Mesoregião do Vale do Rio Doce

Aimorés
Caratinga
Governador Valadares
Guanhães
Ipatinga
Mantena
Peçanha

Mesoregião da Zona da Mata

Cataguases
Juiz de Fora
Manhuaçu
Muriaé
Ponte Nova
Ubá
Viçosa

Figura A1: Mesorregiões e Microrregiões do Estado de Minas Gerais

Fonte: Adaptação de WIKIPÉDIA (2007)

ANEXO B – BATATICULTURA

Tabela B1: Maquinário utilizado na bataticultura

Maquinário	Características de Operacionalidade
	<u>Colhedoras</u> As batatas são colhidas, através de um sistema de rolos flutuantes, que controlam a profundidade do corte, acompanhando as ondulações do terreno, evitando danos ao tubérculo. Após o peneiramento dos torrões, as ramas são retiradas pelo sistema de limpeza. Os torrões são separados das batatas e descartados por uma esteira lateral. Na última esteira, é feita a limpeza manual e em seguida as batatas vão para as sacas.
	<u>Arrancadoras</u> Arrancam as batatas, recolhendo o mínimo de terra para dentro de sua esteira. A grande vantagem deste sistema é o de não haver desgaste em solos arenosos. Já nas arrancadoras de arrasto, as batatas passam por uma esteira mais longa, o que permite um melhor peneiramento, sem causar danos ao produto colhido. Possuem divisor de esteiras para terrenos inclinados. Mesmo sendo uma máquina de arrasto, sua manobra é facilitada, pois as rodas são direcionadas pelo operador, através do comando hidráulico do trator.

Fonte: Adaptação de CIB (2008)

Tabela B1: Maquinário utilizado na bataticultura (cont. I)

Maquinário	Características de Operacionalidade
	<u>Tratores</u> Utilizados nas etapas de preparo do solo, tanto para plantio manual como para plantio semi-mecanizado ou mecanizado. Nas demais etapas do sistema produtivo, auxiliam no transporte de outros equipamentos.
	<u>Riscadores de Linhas</u> Utilizados para formar linhas, facilitando o plantio manual e a amontoa de batatas.
	<u>Enxadas Rotativas</u> Preparam a terra, pulverizando-a no pé da cultura plantada e revolvem o solo nas entrelinhas, a fim de evitar a infestação de ervas daninhas.
	<u>Grades Niveladoras</u> Utilizadas no destorroamento, nivelamento e incorporação de herbicidas, durante o plantio.

Fonte: Adaptação de CIB (2008)

Tabela B1: Maquinário utilizado na bataticultura (cont. II)

Maquinário	Características de Operacionalidade
	<u>Arados Fixos</u> Utilizados no preparo do solo, para aração em geral e construção de curvas de nível.
	<u>Arados de Aivecas</u> Efetuem o serviço de aração e incorporação de restos vegetais em qualquer tipo de solo. Operam em maior profundidade, permitindo a erradicação de plantas indesejáveis. Eliminam camadas compactadas, aumentando o volume de solo explorado pelas raízes e disponibilizando maior quantidade de água e nutrientes para a cultura.
	<u>Arados Subsoladores</u> Eliminam a compactação do solo, em maior profundidade, diminuindo a possibilidade de erosão, e consequentemente, aumentando a infiltração de água e o desenvolvimento das raízes.
	<u>Adubadoras</u> Fazem primeiro o sulco, e depois misturam homogeneamente o adubo e o inseticida à terra, deixando as linhas demarcadas para que a plantadora passe em seguida no mesmo lugar. Não causam a formação de grandes torrões nas linhas por onde o trator passa, podendo-se adubar em condições de relativa umidade do solo.

Fonte: Adaptação de CIB (2008)

Tabela B1: Maquinário utilizado na bataticultura (cont. III)

Maquinário	Características de Operacionalidade
	<u>Pulverizadores Manuais</u> São empregados durante todo o sistema produtivo, principalmente em sistemas de plantio manual, como no caso do Sul de Minas.
	<u>Pulverizadores</u> Existem muitos tipos de pulverizadores mecanizados, mais empregados em grandes áreas e em terrenos planos. A aplicação na cultura pode ser feita do plantio até a colheita.
	<u>Plantadoras</u> Fazem o seu trabalho sobre o solo preparado pelas Adubadoras. Abrem novamente o sulco para fazer o plantio com profundidade e espaçamento previamente regulados. Os bicos acoplados são utilizados como pulverizadores para a aplicação de inseticidas e fungicidas.
	<u>Fresadoras</u> Fazem o aterramento das batatas, (amontoa) para 2, 3 e 4 linhas, trituram a terra destruindo torrões e ervas daninhas nas entre linhas, e nelas podem ser acoplados os aplicadores de Inseticida e adubadoras. Operam em terrenos razoavelmente declinados e em qualquer tipo de solo e umidade.

Fonte: Adaptação de CIB (2008)

ANEXO C – AGROTÓXICOS

Tabela C1: Ficha Técnica do Agrotóxico *ASTRO*

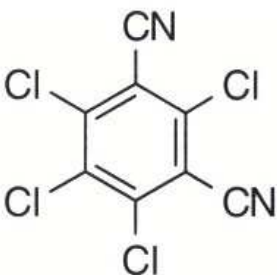
Marca Comercial: Astro		Nº Registro MAPA: 00498		
Registrante: Bayer CropScience Ltda.				
Classe(s): Inseticida -		Formulação: EW - Emulsão Óleo em Água		
Ingrediente Ativo: clorpirifós		Concentração de IA: 450 g/L		
Grupo Químico: organofosforado				
Modo de Ação:		Modo de Aplicação: Terrestre		
Modalidade de Emprego: (Foliar)		Restrição UF:		
Corrosivo: Não		Inflamável: Não		
Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico		Classificação Ambiental: II - Produto muito perigoso		
Problemas			Dose P.C.	
Cultura	Nome Científico	Nome Vulgar	Intervalo	Unidade
Batata	Diabrotica speciosa	Vaquinha-verde-amarela	0.8	4 l/ha
Batata	Lyriomyza huidobrensis	Larva-minadora	1.5	2 l/ha

Ingrediente: clorpirifós		chlorpyrifos	
Nº CAS: 2921-88-2		Código: C20 IDA (mg/kg p.c.): 0.01	
Sinonímia: Chlorpyriphos; Chlorpyrifos-ethyl			
Finalidade de Uso: Agrícola - Saneante - Não Agrícola - Preservante de madeira -		Classe: Acaricida - Formicida - Inseticida -	
Destinação de Uso: Venda livre -			
Grupo Químico: organofosforado		Classificação Toxicológica: II - Altamente tóxico	
Nome Químico (IUPAC): O,O-diethyl O-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate			
Definição LMR: Clorpirifos (lipossolúvel).			
Contaminantes de Importância Toxicológica no IA:			
Fórmula Bruta: C₉H₁₁Cl₃NO₃PS			
Fórmula Estrutural <chem>CCOP(=S)(CC)c1cc(Cl)c(Cl)c(Cl)n1</chem>			

Fonte: Adaptação de ANVISA (2008)

Tabela C2: Ficha Técnica do Agrotóxico *BRAVONIL 500*

Marca Comercial: Bravonil 500		Nº Registro MAPA: 1188491	
Registrante: Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.			
Classe(s): Fungicida -		Formulação: SC - Suspensão Concentrada	
Ingrediente Ativo: clorotalonil		Concentração de IA: 500 g/L	
Grupo Químico: isoflotalonitrila			
Modo de Ação:		Modo de Aplicação: Terrestre/Aéreo	
Modalidade de Emprego: (Foliar)		Restrição UF:	
Corrosivo: Não		Inflamável: Não	
Classificação Toxicológica: I - Extremamente tóxico		Classificação Ambiental: II - Produto muito perigoso	
Problemas			Dose P.C.
Cultura	Nome Científico	Nome Vulgar	Intervalo
Batata	Alternaria solani	Pinta-preta	2.5 3.5 l/ha
Batata	Phytophthora infestans	Requeima	2.5 3.5 l/ha

Ingrediente:	clorotalonil	chlorothalonil
Nº CAS: 1897-45-6		Código: C18 IDA (mg/kg p.c.): 0.03
Sinonímia: TCIN; m-TCPN; TPN; DS 2787		
Finalidade de Uso: Agrícola -		Classe: Fungicida -
Destinação de Uso:		
Grupo Químico: isoflotalonitrila		Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico
Nome Químico (IUPAC): tetrachloroisophthalonitrile		
Definição LMR: Clorotalonil.		
Contaminantes de Importância Toxicológica no IA: Limite máximo de Hexaclorobenzeno (HCB) = 100 ppm.		
Fórmula Bruta: C₈Cl₄N₂		
Fórmula Estrutural		
		

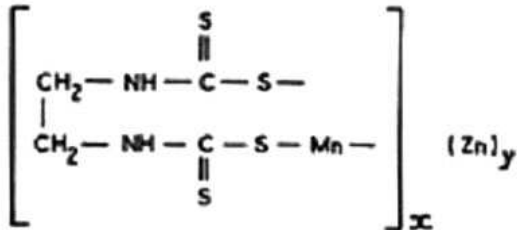
Fonte: Adaptação de ANVISA (2008)

Tabela C3: Ficha Técnica do Agrotóxico *CURZATE BR*

Marca Comercial: Curzate BR		Nº Registro MAPA: 05601	
Registrante: Du Pont do Brasil S.A.			
Classe(s): Fungicida -		Formulação: WP - Pó Molhável	
Ingrediente Ativo: cimoxanil + mancozebe		Concentração de IA: 80 + 640 g/kg	
Grupo Químico: acetamida + alquilenobis(ditiocarbamato)			
Modo de Ação:		Modo de Aplicação: Terrestre	
Modalidade de Emprego: (Foliar)		Restrição UF:	
Corrosivo: Não		Inflamável: Não	
Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico		Classificação Ambiental: III - Produto perigoso	
Problemas			Dose P.C.
Cultura	Nome Científico	Nome Vulgar	Intervalo
Batata	Phytophthora infestans	Requeima	200 g/100 l d'água

Ingrediente: cimoxanil	cymoxanil
Nº CAS: 57966-95-7	Código: C09 IDA (mg/kg p.c.): 0.01
Sinonímia: Curzate(R).	
Finalidade de Uso: Agrícola -	Classe: Fungicida -
Destinação de Uso:	
Grupo Químico: acetamida	Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico
Nome Químico (IUPAC): 1-(2-cyano-2-methoxyiminoacetyl)-3-ethylurea	
Definição LMR:	
Contaminantes de Importância Toxicológica no IA:	
Fórmula Bruta: C₇H₁₀N₄O₃	
Fórmula Estrutural	
$ \begin{array}{c} \text{CN} \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{NHCONHCOC} = \text{NOCH}_3 \end{array} $	

Fonte: Adaptação de ANVISA (2008)

Ingrediente: mancozebe	mancozeb
Nº CAS: 8018-01-7	Código: M02 IDA (mg/kg p.c.): 0.03
Sinóníma: Manzeb	
Finalidade de Uso: Agrícola -	Classe: Acaricida - Fungicida -
Destinação de Uso:	
Grupo Químico: alquilenobis(ditiocarbamato)	Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico
Nome Químico (IUPAC): manganese ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt	
Definição LMR: Determinado como CS2.	
Contaminantes de Importância Toxicológica no IA:	
Fórmula Bruta: (C₄H₆N₂S₄Mn)_x.(Zn)_y	
Fórmula Estrutural 	

Fonte: Adaptação de ANVISA (2008)

Tabela C4: Ficha Técnica do Agrotóxico *DITHANE PM*

Marca Comercial:		Nº Registro MAPA: 2438798		
Dithane PM				
Registrante: Dow AgroSciences Industrial Ltda.				
Classe(s): Acaricida - Fungicida -		Formulação: WP - Pó Molhável		
Ingrediente Ativo: mancozebe		Concentração de IA: 800 g/kg		
Grupo Químico: alquilenobis(ditiocarbamato)				
Modo de Ação:		Modo de Aplicação: Terrestre/Aéreo		
Modalidade de Emprego: (Foliar)		Restrição UF:		
Corrosivo: Não		Inflamável: Não		
Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico		Classificação Ambiental: II - Produto muito perigoso		
Problemas			Dose P.C.	
Cultura	Nome Científico	Nome Vulgar	Intervalo	Unidade
Batata	Alternaria solani	Pinta-preta	3	Kg/ha
Batata	Phytophthora infestans	Requeima	3	Kg/ha

Fonte: Adaptação de ANVISA (2008)

Tabela C5: Ficha Técnica do Agrotóxico *KARATE ZEON*

Marca Comercial: Karate Zeon 50 CS		Nº Registro MAPA: 01700	
Registrante: Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.			
Classe(s): Inseticida -		Formulação: CS - Suspensão de Encapsulado	
Ingrediente Ativo: lambda-cialotrina		Concentração de IA: 50 g/L	
Grupo Químico: piretróide			
Modo de Ação:		Modo de Aplicação: Terrestre/Aéreo	
Modalidade de Emprego: (Foliar)		Restrição UF:	
Corrosivo: Não		Inflamável: Não	
Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico		Classificação Ambiental: II - Produto muito perigoso	
Problemas		Dose P.C.	
Cultura	Nome Científico	Nome Vulgar	Intervalo
Batata	Lyriomyza huidobrensis	Larva-minadora	50 100 ml/100 l d'água
Ingrediente:		lambda-cyhalothrin	
Nº CAS: 91465-08-6		Código: C63 IDA (mg/kg p.c.): 0.05	
Sinonímia: Cyhalothrin; Cyhalothrin K; Clocythrin; PP 321			
Finalidade de Uso: Agrícola - Saneante -		Classe: Inseticida -	
Destinação de Uso: Campanha de saúde pública - Empresas especializadas - Jardinagem amadora -			
Grupo Químico: piretróide		Classificação Toxicológica: III - Medianamente tóxico	
Nome Químico (IUPAC): reaction product comprising equal quantities of (S)-alfa-cyano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1R,3R)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and (R)-alfa-cyano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1S,3S)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate			
Definição LMR: Os LMRs referem-se à cialotrina: soma de todos os isômeros.			
Contaminantes de Importância Toxicológica no IA:			
Fórmula Bruta: $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$			
$(S) (Z)-(1R)-cis-$ $(R) (Z)-(1S)-cis-$			
Fórmula Estrutural :			

Fonte: Adaptação de ANVISA (2008)

Tabela C6: Características dos Ingredientes Ativos dos Agrotóxicos

Ingrediente Ativo	Solubilidade em Água (g.m⁻³)	K_{oc} (mL g⁻¹)	DT₅₀ solo (dias)	K_H (Pa.m³.mol⁻¹)
Acefato	818.000	3,00	2,00	0,5 0x 10 ⁻⁸
Abamectim	5,00	5.000	28,00	0,10
Benomil	2,00	1.900	67,00	1,90 x 10 ⁻⁹
Benzilato	-	-	-	-
Carbendazim	28,00	400	30 -150	1,60x 10 ⁻⁴
Cimoxamil	890 (pH 5)	-	< 14	1,60 x 10 ⁻⁹
Ciproconazole	11.000	-	-	3,40
Clorotalonil	0,60	1.380	30,00	0,06 x 10 ⁻⁴
Clorpirifos	0,40	6.070	30,00	1,90 x 10 ⁻⁹
Cianamida	-	-	-	-
Difenoconazole	3,30	-	-	14,70
Deltametrina	< 0,2 0x 10 ⁻⁸	460.000	< 23	> 0,50
Dimetoato	39.800	20,00	7,00	0,10 x 10 ⁻⁹
Diuron	42,00	480,00	90,0	5,10x 10 ⁻⁹
Fenarimol	14,00	600,00	360,0	6,90 x10 ⁻⁸
Fenitrothion	21,00	2.000	0,20	2,10 x 10 ⁻⁹
Fention	4,20	1.500	34,00	0,6 0x 10 ⁻⁹
Fosetil	120.000	20,00	0,30	1,20x 10 ⁻⁹
Glifosato	900.000E	24.000E	47,00	0,00
Iprodione	13,90	700,00	14,00	3,10 x 10 ⁻⁸
Imidaclopride	-	-	-	-
Mancozeb	6,00	>2.000	70,00	0,00
Maneb	6E	>2.000	70,00	0,00
Metalaxil	8.400	50E	70,00	2,50 x 10 ⁻⁴
Metamidofos	1.000.000E	5,00	6,00	1,40x 10 ⁻⁹
Metidation	220,00	400E	7,00	0,20 x 10 ⁻⁴
Metil paration	60,00	5.100	5,00	8,70 x 10 ⁻⁹
Metomil	58.000	72,00	30,00	0,09 x 10 ⁻⁹
Miclobutanil	142,00	500,00	66,00	0,40
Monocrotofos	1.000.000	1 E	30,00	2,07 x 10 ⁻⁷
Tebuconazole	50 (pH7)	2.500	403	2,00x 10 ⁻⁹
Tiofanato metil	3,50	1.830	106	1,3 0x 10 ⁻⁷
Triclorfon	120.000	10,00	10,00	0,03 x 10 ⁻⁹
Paclobutrazol	35,00	66,00	180	3,90 x10 ⁻⁷
Paraquat	620.000	1.000.000E	1.000E	0,00
Paration Etil	24,00	5000E	14,0	8,00 x 10 ⁻⁹
Pirazofos	-	-	-	-
Ploclozaz	34,00	500E	120,00	1,60 x 10 ⁻⁹
Thiran	30,00	670,00	15,00	9,30 x 10 ⁻⁹

Fonte: Adaptação de FERRACINI et al. (2001)

Onde: E = Valor estimado.
 - = Valor não encontrado na literatura.
 DT₅₀ = Meia-vida do produto.
 K_H = Constante de Henry.
 K_{oc} = Coeficiente de adsorção.

Tabela C7: Critérios para a determinação do potencial de transporte associado ao sedimento

ALTO POTENCIAL	BAIXO POTENCIAL
DT ₅₀ no solo ≥ 40 dias K _{oc} ≥ 1000 mL.g ⁻¹	DT ₅₀ no solo ≤ 1 dia
DT ₅₀ no solo ≥ 40 dias K _{oc} ≥ 500 mL.g ⁻¹ Solubilidade em Água ≤ 0,5 µg.mL ⁻¹	DT ₅₀ no solo ≤ 2 dias K _{oc} ≤ 500 mL.g ⁻¹
	DT ₅₀ no solo ≤ 4 dias K _{oc} ≤ 900 mL.g ⁻¹ Solubilidade em Água ≥ 0,5 µg.mL ⁻¹
	DT ₅₀ no solo ≤ 40 dias K _{oc} ≤ 500 mL.g ⁻¹ Solubilidade em Água ≥ 0,5 µg.mL ⁻¹
	DT ₅₀ no solo ≤ 40 dias K _{oc} ≤ 900 mL.g ⁻¹ Solubilidade em Água ≥ 2 µg.mL ⁻¹

Fonte: FERRACINI et al. (2001)

Tabela C8: Critérios para a determinação do potencial de transporte dissolvido em água

ALTO POTENCIAL	BAIXO POTENCIAL
DT ₅₀ no solo > 35 dias K _{oc} < 100.000 mL.g ⁻¹ Solubilidade ≥ 1 µg.mL ⁻¹	K _{oc} ≥ 100.000 mL.g ⁻¹
K _{oc} ≤ 700 mL.g ⁻¹ 10 ≤ Solubilidade ≤ 100 µg.mL ⁻¹	DT ₅₀ no solo ≤ 1 dia K _{oc} ≥ 1000 mL.g ⁻¹
	DT ₅₀ no solo < 35 dias Solubilidade < 0,5 µg.mL ⁻¹

Fonte: FERRACINI et al. (2001)

ANEXO D – PROGRAMA NA LINGUAGEM *LEGAL*

Tabela D1: Programa da linguagem *LEGAL* desenvolvido durante o estudo, para a integração dos dados no software *SPRING*.

DECLARAÇÃO	<pre>{ Tematico app_n ("drenagem_nascente"); Tematico app_r ("drenagem"); Tematico uso ("uso_solo"); Tematico dec ("declividade_TEM"); Tematico res ("risco");</pre>
INSTANCIAÇÃO	<pre>app_n = Recupere (Nome ="app_50m"); app_r = Recupere (Nome ="app_30m"); uso = Recupere (Nome="uso_solo_bhat_99%"); dec = Recupere (Nome="classe_declividade"); res = Novo (Nome ="tipo_risco", ResX=30, ResY=30, Escala=50000);</pre>
OPERAÇÃO	<pre>res = (dec == "4 >20%" && uso == "bataticultura") (dec == "4 >20%" && app_r == "rio_30m" && uso == "bataticultura") (dec == "4 >20%" && app_n == "nascente_50m" && uso == "bataticultura")? Classe("muito_alto") : (dec == "3 8-20%" && app_r == "rio_30m" && uso == "bataticultura") (dec == "3 8-20%" && app_n == "nascente_50m" && uso == "bataticultura")? Classe("muito_alto") : (dec == "3 8-20%" && uso == "bataticultura") (dec == "2 3-8%" && app_r == "rio_30m" && uso == "bataticultura") (dec == "2 3- 8%" && app_n == "nascente_50m" && uso == "bataticultura")? Classe("alto") : (dec == "2 3-8%" && uso == "bataticultura") (dec == "1 <3%" && app_r == "rio_30m" && uso == "bataticultura") (dec == "1 <3%" && app_n == "nascente_50m" && uso == "bataticultura")? Classe("medio") : (dec == "1 <3%" && uso == "bataticultura") ? Classe("baixo") : Classe ("inexistente"); }</pre>

INTERPRETAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO NA LINGUAGEM LEGAL

1) DECLARAÇÃO:

Para cada uma das categorias do estudo foram atribuídas as variáveis utilizadas nas operações booleanas. Ou seja, para a categoria *drenagem_nascente* foi atribuída a variável *app_n*; para a categoria *drenagem* foi atribuída a variável *app_r*, e assim sucessivamente.

As categorias referem-se às informações dos mapas temáticos que serão processados, conforme a sequência a seguir:

- *drenagem_nascente*: *delineamento na área de entorno das nascentes*;
- *drenagem*: *delineamento da drenagem dos rios*;
- *uso_solo*: *tipos de uso do solo predominantes na região classificados no estudo*;
- *declividade_TEM*: *mapa temático com as declividades classificadas em percentuais*;
- *risco*: *informação a ser gerada após a integração dos dados sobre o tipo de risco de degradação hídrica nas águas superficiais da região de estudo*.

2) INSTANCIAÇÃO:

Para cada um dos planos de informação do estudo foram associadas as variáveis utilizadas nas operações booleanas, recuperados os dados do BDG e criadas novas informações.

Os planos de informação referem-se às informações das categorias que serão processados, conforme a sequência a seguir:

- *app_50m*: *cada uma das áreas de entorno das nascentes*;

- *app_30m*: a APP que margeia os rios na largura de 30m;
- *uso_solo_bhat_99%*: classificação dos tipos de uso de solo através do classificador de Bhattacharrya com limiar de aceitação de 99%;
- *classe_declividade*: faixas percentuais de declividade;
- *tipo_risco*: classificação dos tipos de risco gerada após a integração dos dados.

3) OPERAÇÃO:

As operações booleanas para a integração de dados foram feitas nesta etapa da programação. O resultado (*res*) é expresso após a realização de todas as expressões algébricas descritas a seguir.

1ª condição

(*dec* == "4 >20%" && *uso* == "bataticultura")

“se a declividade (*dec*) for maior que 20% e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

|| (*dec* == "4 >20%" && *app_r* == "rio_30m" && *uso* == "bataticultura")

“ou (||) se a declividade (*dec*) for maior que 20% e (&&) a região estiver na APP de 30m do rio e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

|| (*dec* == "4 >20%" && *app_n* == "nascente_50m" && *uso* == "bataticultura")

“ou (||) se a declividade (*dec*) for maior que 20% e (&&) a região estiver na APP de 50m de raio no entorno das nascentes e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

? Classe("muito_alto")

“ portanto (?) o tipo de risco será classificado como *muito alto*”

2ª condição

: (*dec* == "3 8-20%" && *app_r* == "rio_30m" && *uso* == "bataticultura")

“ou então (:) se a declividade (*dec*) for entre 8 e 20% e (&&) a região estiver na APP de 30m do rio e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

|| (*dec* == "3 8-20%" && *app_n* == "nascente_50m" && *uso* == "bataticultura")

“ou (||) se a declividade (*dec*) for *entre 8 e 20%* e (&&) a região estiver na APP de 50m de raio no entorno das nascentes e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

? Classe("muito_alto")

“ **portanto** (?) o tipo de risco será classificado como *muito alto*”

3ª condição

:(*dec* == "3 8-20%" && *uso* == "bataticultura")

“ou então (:) se a declividade (*dec*) for *entre 8 e 20%* e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

|| (*dec* == "2 3-8%" && *app_r* == "rio_30m" && *uso* == "bataticultura)

“ou (||) se a declividade (*dec*) for *entre 3 e 8%* e (&&) a região estiver na APP de 30m do rio e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

|| (*dec* == "2 3-8%" && *app_n* == "nascente_50m" && *uso* == "bataticultura)

“ou (||) se a declividade (*dec*) for *entre 3 e 8%* e (&&) a região estiver na APP de 50m de raio no entorno das nascentes e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

? Classe("alto")

“ **portanto** (?) o tipo de risco será classificado como *alto*”

4ª condição

:(*dec* == "2 3-8%" && *uso* == "bataticultura")

“ou então (:) se a declividade (*dec*) for *entre 3 e 8%* e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

|| (*dec* == "1 <3%" && *app_r* == "rio_30m" && *uso* == "bataticultura)

“ou (||) se a declividade (*dec*) for *menor que 3%* e (&&) a região estiver na APP de 30m do rio e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

|| (*dec* == "1 <3%" && *app_n* == "nascente_50m" && *uso* == "bataticultura")

“ou (||) se a declividade (*dec*) for *menor que 3%* e (&&) a região estiver na APP de 50m de raio no entorno das nascentes e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

? Classe("medio")

“ **portanto** (?) o tipo de risco será classificado como *médio*”

5ª condição

:(dec == "1 <3%" && uso == "bataticultura")

“Ou então (:) se a declividade (*dec*) for *menor que 3%* e (&&) o tipo de uso do solo for *bataticultura*”

? Classe("baixo")

“portanto (?) o tipo de risco será classificado como *médio*”

6ª condição

: Classe ("inexistente")

“ Ou então (:) o tipo de risco será classificado como *inexistente*”

(ou seja, ***caso nenhuma das condições anteriores seja satisfeita***, a classificação passa a ser do tipo *inexistente*)

ANEXO E – DADOS CADASTRAIS

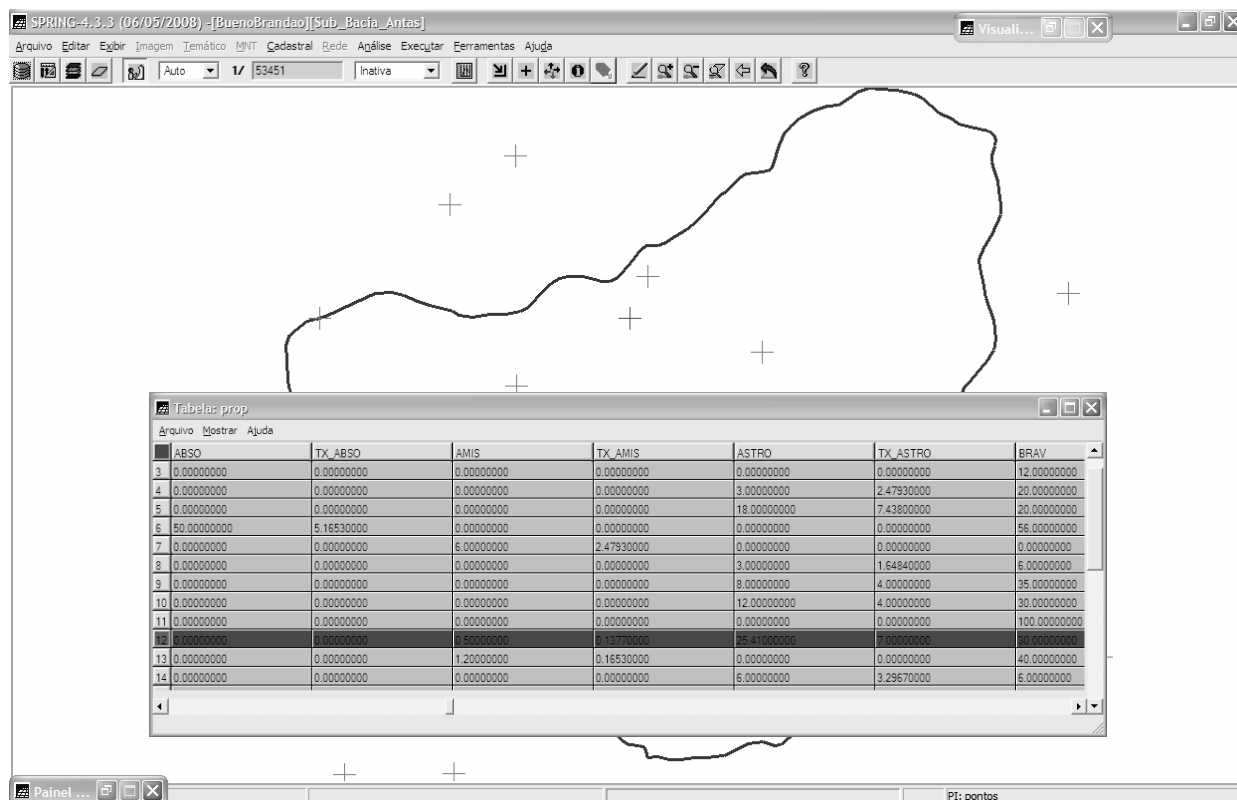


Figura E1: Tela operacional do software SPRING com a tabela de dados cadastrais levantados *in loco* em cada uma das propriedades.

Tabela E1: Dados cadastrais levantados no questionamento dos agricultores no formato de importação para o software SPRING.

cod_prop	abam	tx_abam	abso	tx_abso	amis	tx_amis	astro	tx_astro	brav	tx_brav	curz
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	12.0000	2.4793	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	12.0000	4.0000	30.0000	10.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	100.0000	8.2645	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	0.1377	25.4100	7.0000	30.0000	8.2645	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2000	0.1653	0.0000	0.0000	40.0000	5.5096	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.0000	3.2967	6.0000	3.2967	6.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	30.0000	2.3077	0.0000	0.0000	50.0000
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.5000	0.1550	35.0000	3.6157	55.0000	5.6818	0.0000
9	10.0000	0.9091	0.0000	0.0000	1.8000	0.1636	0.0000	0.0000	60.0000	5.4545	0.0000
10	10.0000	0.8333	0.0000	0.0000	1.8000	0.1500	0.0000	0.0000	60.0000	5.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	12.0000	9.9174	12.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000	2.4793	20.0000	16.5289	5.0000
13	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	18.0000	7.4380	20.0000	8.2645	12.0000
14	0.0000	0.0000	50.0000	5.1653	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	56.0000	5.7851	56.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	6.0000	2.4793	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000	1.6484	6.0000	3.2967	0.0000
17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000	2.0000	17.0000	17.0000	14.0000
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	8.0000	4.0000	35.0000	17.5000	30.0000

cod_prop	tx_curz	decis	tx_decis	dilh	tx_dilh	frovín	tx_frovín	furad	tx_furad	granu	tx_granu
1	0.0000	0.0000	0.0000	320.0000	66.1157	0.0000	0.0000	240.0000	49.5868	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	39.0000	13.0000	0.0000	0.0000	200.0000	66.6667	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	40.0000	3.3058	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	110.0000	15.1515	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	3.2967	1.0000	0.5495	0.0000	0.0000	1.0000	0.5495	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	3.8462	3.0000	0.2308	20.0000	1.5385	16.0000	1.2308	0.0000	0.0000	14.0000	1.0769
8	0.0000	3.5000	0.3616	350.0000	36.1570	0.0000	0.0000	500.0000	51.6529	0.0000	0.0000
9	0.0000	0.0000	0.0000	160.0000	14.5455	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.0000	0.0000	0.0000	160.0000	13.3333	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	9.9174	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	4.1322	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	4.9587	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.0000	1.2397	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	5.7851	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.0000	1.0331	200.0000	20.6612	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	0.0000	80.0000	33.0579	0.0000	0.0000	120.0000	49.5868	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	0.0000	10.0000	5.4945	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	14.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	15.0000	3.0000	1.5000	0.0000	0.0000	2.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tabela E1: Dados cadastrais levantados no questionamento dos agricultores no formato de importação para o software SPRING (cont. I)

cod_prop	lann	tx_lann	kara	tx_kara	manz	tx_manz	orth	tx_orth	tama	tx_tama
1	0.0000	0.0000	20.0000	4.1322	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.0000	0.8264	0.0000	0.0000
4	0.0000	0.0000	8.0000	2.2039	0.0000	0.0000	0.3000	0.0826	0.0000	0.0000
5	2.0000	0.2755	8.0000	1.1019	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	10.0000	5.4945	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	24.0000	1.8462
8	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	6.0000	0.5455	24.0000	2.1818	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	6.0000	0.5000	24.0000	2.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	50.0000	41.3223	4.0000	3.3058	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.0000	1.6529
13	0.0000	0.0000	4.0000	1.6529	50.0000	20.6612	0.0000	0.0000	4.0000	1.6529
14	24.0000	2.4793	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	0.0000	0.0000	5.0000	2.0661	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	0.0000	0.0000	1.0000	0.5495	0.0000	0.0000	3.0000	1.6484	0.0000	0.0000
17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
18	0.0000	0.0000	3.0000	1.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Lista de códigos:	
cod_prop	código da propriedade
abam	ABAMECTIN NORTOX
tx_abam	taxa de ABAMECTIN NORTOX
abso	ABSOLUTO
tx_abso	taxa de ABSOLUTO
amis	AMISTAR 500WG
tx_amis	taxa de AMISTAR 500WG
astro	ASTRO
tx_astro	taxa de ASTRO
brav	BRAVONIL 500
tx_brav	taxa de BRAVONIL 500
curz	CURZATE BR
tx_curz	taxa de CURZATE BR
decis	DECIS 25CE
tx_decis	taxa de DECIS 25CS
dith	DITHANE PM
tx_dith	taxa de DITHANE PM
frown	FROWNCIDE 500SC
tx_frown	taxa de FROWNCIDE 500SC
furad	FURADAN 50G
tx_furad	taxa de FURADAN 50G
granu	GRANUTOX
tx_granu	taxa de GRANUTOX
lann	LANNATE BR
tx_lann	taxa de LANNATE BR
kara	KARATE ZEON 50CS
tx_kara	taxa de KARATE ZEON 50CS
manz	MANZATE 800
tx_manz	taxa de MANZATE 800
orth	ORTHENE 750BR
tx_orth	taxa de ORTHENE 750BR
tama	TAMARON BR
tx_tama	taxa de TAMARON BR