



PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS INPE

**PROJETO DE INTERFACES PARA
ÁLGEBRA DE MAPAS EM
GEOPROCESSAMENTO NO
AMBIENTE SPRING**

Ivan Soares de Lucena

**Dissertação de Mestrado em Computação Aplicada,
orientada pelo Dr. Gilberto Câmara.**

**INPE
São José dos Campos
1998**

CITAÇÃO

"Quem dentre vós é sábio e entendido? Mostre pelo seu bom procedimento as suas obras em mansidão de sabedoria. Mas, se tendes amargo ciúme e sentimento faccioso em vosso coração, não vos glorieis, nem mintais contra a verdade. Essa não é a sabedoria que vem do alto, mas é terrena, animal e diabólica. Porque onde há ciúme e sentimento faccioso, aí há confusão e toda obra má. Mas a sabedoria que vem do alto é, primeiramente, pura, depois pacífica, moderada, tratável, cheia de misericórdia e de bons frutos, sem parcialidade, e sem hipocrisia."

da Epístola de São Tiago

DEDICATÓRIA

**À minha esposa Dilma e aos nossos
filhos Alexandre e João Victor**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, orientador de minha vida, que me faz vencer os desafios. Que a sua referência seja sempre presente em meu coração.

Ao professor, orientador e amigo Dr. Gilberto Câmara pela orientação neste trabalho e pelo compartilhar da sua experiência em Geoprocessamento e desenvolvimento de tecnologia.

Agradeço à toda a chefia do Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para Agricultura, CNPTIA, pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas do CNPTIA e da Divisão de Processamento de Imagens do INPE pela troca de informações técnicas valiosas, pelo companheirismo, incentivo e solidariedade.

A compreensão da família, minha esposa e meus dois filhos, que puderam entender os momentos de ausência, ou mesmo quando presente, diante da fria máquina do computador, não pude dar-lhes muita atenção.

RESUMO

Sistemas de informação geográfica oferecem procedimentos de manipulação de mapas para que o usuário possa expressar modelos de análise espacial. Estes procedimentos, denominados Álgebra de Mapas, usualmente são expressos em linguagens, que permitem ordenar seqüências de transformações do dados geográficos para gerar novos mapas a partir dos mapas existentes.

O sistema SPRING, desenvolvido pelo INPE, possui uma linguagem para Álgebra de Mapas denominada LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico). Apesar do grande proder expressivo de linguagens como LEGAL, seu uso requer noções de fundamentos de programação, competência nem sempre disponível entre os especialistas em Geoprocessamento. Como alternativa ao uso de LEGAL, este trabalho desenvolve uma interface amigável para Álgebra de Mapas no ambiente SPRING, denominada AMO (Álgebra de Mapas por Objetos), que permite a geração de programas em LEGAL através de diagramas de fluxo.

O processo de definição dos requisitos para o desenvolvimento de AMO inclui uma revisão dos conceitos de Geoprocessamento, modelagem de dados geográficos, análise espacial, álgebra de mapas em LEGAL e a revisão de interfaces para álgebra de mapas existentes no mercado ou propostas na literatura.

A interface AMO representa uma contribuição para o uso da tecnologia SPRING em projetos ambientais e de agropecuária, por fornecer a uma vasta gama de usuários uma ferramenta de fácil utilização para expressar problemas complexos de análise espacial. Adicionalmente, o projeto da interface AMO foi concebido com base em noções gerais de Geoprocessamento, podendo deste modo ser estendido para outros SIGs.

ABSTRACT

Most implementations of Geographical Information Systems (GIS) include procedures, which allow the user to express complex spatial analysis models. These procedures are referred to as Map Algebra, and are usually expressed by a language, which provides operations that generate new maps from an existing ones.

The SPRING GIS system, developed by INPE, includes the LEGAL spatial algebra language, whose use requires notions of programming languages. Such knowledge is not always available in the GIS user community. As an alternative to direct programming using LEGAL, we have developed a friendly user interface for expressing Map Algebra programs, called AMO. AMO uses the flow diagram paradigm, which is a natural way of expressing spatial analysis problems, and enables the automatic generation of LEGAL programs.

In order to develop AMO, we have analyzed different alternatives for Map Algebra interfaces, including programming languages, forms and flow diagrams. AMO is an improvement of SPRING technology, as it allows non-expert users a straightforward way of expressing complex spatial analysis problem. Finally, the AMO design has been based on general principles of GIS, and the interface can be extended for use with other systems.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xii
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 ORGANIZAÇÃO	15
1.3 CONTRIBUIÇÕES	16
2. CONCEITOS DE GEOPROCESSAMENTO.....	17
2.1 MODELAGEM DE DADOS GEOGRÁFICOS.....	17
2.1.1 <i>Universo Conceitual</i>	17
2.1.2 <i>Universo de Representação</i>	19
2.2 ESTRUTURA DE UM BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS	22
2.2.1 <i>Instanciação do modelo</i>	23
2.3 ANÁLISE ESPACIAL.....	24
2.3.1 <i>Operações sobre Campos</i>	24
2.3.2 <i>Operações sobre Objetos</i>	25
2.3.3 <i>Operações entre Campos e Objetos</i>	26
2.3.4 <i>Relações de Operadores</i>	27
3. CONCEITOS DE GEOPROCESSAMENTO.....	29
3.1 CLASSIFICAÇÃO DE LEGAL.....	29
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LEGAL.....	29
3.2.1 <i>Classes do modelo de dados e sua representação em LEGAL</i>	30
3.2.2 <i>Seções de um Programa em LEGAL</i>	30
3.3 CLASSIFICAÇÃO DE OPERADORES EM LEGAL	38
3.3.1 <i>Operadores entre Geo-campos</i>	38
3.4 RESUMO DAS OPERAÇÕES SOBRE GEO-CAMPOS	48
4. INTERFACES PARA ÁLGEBRA DE MAPAS.....	49
4.1 PROJETO DE INTERFACES USUÁRIO-COMPUTADOR.....	49
4.2 PARADIGMAS DE INTERFACES PARA ÁLGEBRA DE MAPAS.....	50
4.2.1 <i>Linhas de Comandos e Linguagens de Programação</i>	50
4.2.2 <i>Menus e Formulários</i>	54

4.2.3	<i>Interfaces por Manipulação Direta</i>	57
4.2.4	<i>Resumo</i>	64
4.3	REQUISITOS PARA O PROJETO DE INTERFACE PARA ÁLGEBRA DE MAPAS.....	65
4.3.1	<i>Requisitos Gerais</i>	66
4.3.2	<i>Requisitos Específicos sobre Álgebra de Mapas</i>	67
4.3.3	REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA O SPRING.....	68
5.	INTERFACES AMO.....	69
5.1	DESCRIÇÃO GERAL.....	69
5.1.1	<i>Paradigmas Escolhidos</i>	70
5.1.2	<i>Material e Método</i>	71
5.2	ESTRUTURA DE AMO	72
5.2.1	<i>Tela Principal</i>	73
5.2.2	<i>Região de Seleção</i>	75
5.2.3	<i>Região de Edição e Visualização</i>	77
5.2.4	<i>Funções Gerais de AMO (Barra de ferramentas e menus)</i>	79
5.3	CARACTERÍSTICAS VISUAIS.....	83
5.4	MODELO DE INTERAÇÃO	84
5.4.1	<i>Conexão de Comandos e Variáveis</i>	85
5.5	MODELO DE OBJETOS	85
5.6	EXEMPLOS.....	86
6.	TUTORIAL DE AMO	89
6.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	89
6.1.1	<i>Metodologia do ZEE</i>	90
6.2	ELABORAÇÃO DO MODELO DE ANÁLISE NO SIG	92
6.3	TUTORIAL DE AMO	93
6.4	RESULTADOS.....	104
6.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	104
7.	CONCLUSÕES	107
7.1	MELHORIAS PROPOSTAS E DIREÇÕES FUTURAS.....	107
7.2	CONTRIBUIÇÕES	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Componentes básicos da Representação Vetorial: Ponto, Linha e Região.....	20
Figura 2.2 - Estrutura Topológica	20
Figura 2.3 - Exemplo de Sensoriamento Remoto	21
Figura 2.4 - Exemplo de Mapa Temático	21
Figura 2.5 - Exemplo de definição do Esquema Conceitual	23
Figura 2.6 - Representação	24
Figura 3.1 - Três seções de um programa em LEGAL	31
Figura 3.2 - Sintaxe da declaração de Planos de Informação.....	32
Figura 3.3 - Sintaxe da declaração de tabelas de transformações.....	32
Figura 3.4 - Sintaxe da Instanciação de Planos de Informação	33
Figura 3.5 - Sintaxe da instanciação de Tabelas.....	33
Figura 3.6 - Sintaxe geral para Operações em LEGAL	35
Figura 3.7 - Sintaxe de Operações sobre IMAGEM.....	35
Figura 3.8 - Sintaxe de Operações sobre NUMERICO.....	36
Figura 3.9 - Sintaxe para Operações sobre TEMATICO.....	36
Figura 3.10 - Sintaxe de Expressões Condicional	37
Figura 3.11 - Sintaxe de Expressões Booleana	39
Figura 3.12 - Classes de Operadores.	38
Figura 3.13 - Operação de Fatiamento.....	39
Figura 3.14 - Operação de Ponderação.....	40
Figura 3.15 - Operação Matemática	44
Figura 4.1 - Processo de desenvolvimento de Projeto de Interfaces.....	50
Figura 4.2 - Exemplo de operação de análise no Arc/Info.....	52
Figura 4.3 - Interface por Linha de Comandos do OSUMAP	53
Figura 4.4 - Interface de operações aritméticas no SPRING.....	54
Figura 4.5 - Formulário do operador “escalar” do IDRISIW.....	56
Figura 4.6 - Formulário do operador “escalar” do IDRISIW.....	56
Figura 4.7 - Avaliação de Interfaces por Manipulação Direta.....	57
Figura 4.8 - Diagrama de Fluxo em Análise Espacial	58
Figura 4.9 - Interface Baseada em Pilhas.....	60
Figura 4.10 - Ambiente de Análise Espacial do Grassland.....	62
Figura 4.11 - Diagrama de Fluxo do Model Maker.....	62
Figura 4.12 - Operador de Buffer no VFQL	63
Figura 4.13 - Virtual Functional Query Language.	63
Figura 5.1 - Exemplo de conexão com ODBC via Tclobdc.....	72
Figura 5.2 - Estrutura hierárquica da interface de AMO.....	73
Figura 5.3 - Tela Principal de AMO.....	74
Figura 5.4 - Região de Seleção em AMO	75
Figura 5.5 - Seleção de Dados em AMO	76
Figura 5.6 - Região de Seleção de Operadores em AMO	77
Figura 5.7 - Funções de encadeamento de conectores	82
Figura 5.8 - Janela de Diálogo para Configuração de Variáveis	82
Figura 5.9 - Janela de Diálogo para Configuração de Comandos.....	83
Figura 5.10 - Ícone de uma Variável em AMO.....	84
Figura 5.11 - Modelo de Objetos de AMO	86
Figura 5.12 - Exemplo de procedimento em AMO	87
Figura 5.13 - Exemplo de tabela de ponderação em AMO	87
Figura 6.1 - Modelo para estimar a Vulnerabilidade Natural à Erosão.....	92
Figura 6.2 - Seleção de Banco de Dados.	93
Figura 6.3 - Seleção de Projeto	94
Figura 6.4 - Seleção de Dados.....	94

Figura 6.5 - Instanciação de Variável	95
Figura 6.6 - Lista de Hierárquica de Operadores.....	96
Figure 6.7 - Criação de um Comando.....	96
Figure 6.8 - Criação de Conexões	97
Figura 6.9 - Fluxo de Dados	97
Figura 6.10 - Criação de Novas Varáveis	98
Figura 6.11 - Formulário de Configuração de Variáveis	98
Figura 6.12 - Dados do Novo Plano de Informação	99
Figura 6.13 - Janela de Configuração de Comandos	99
Figura 6.14 - Configuração de Tabelas.....	97
Figura 6.15 - Inclusão da Média Zonal.....	102
Figura 6.16 - Configuração de Expressão Matemática	102
Figura 6.17 - Metodologia ZEE desenvolvido em AMO.....	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Operações sobre Campos e Objetos.	33
Tabela 3.1 - Exemplo: “Regras para Aptidão Agrícola”	43
Tabela 3.2 - Relação de Operadores sobre Geo-campos.....	48
Tabela 3.2 - Resumo de Operadores de álgebra de Mapas	66
Tabela 4.1 - Avaliação de Interfaces para Álgebra de Mapas	89
Tabela 6.1 - Fatores que influenciam na erosão	91
Tabela 6.2 - Tabela de Ponderação para Solos	100
Tabela 6.3 - Tabela de Ponderação para Geologia	100
Tabela 6.4 - Tabela de Ponderação para Vegetação	101
Tabela 6.5 - Tabela de Ponderação para Geomorfologia	101
Tabela 6.6 - Tabela de Fatiamento de Vulnerabilidade	110

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

SIG	Sistema de Informação geográfica
LEGAL	Linguagem Espaço Geográfica baseada em Álgebra
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
AMO	Ambiente de Álgebra de Mapas Orientada por Objetos
SQL	Structured Query Language
GUI	Graphical User Interface (Interface Gráfica com o Usuário)
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico