

INTEGRAÇÃO DE OBJETOS E CAMPOS GEOGRÁFICOS EM UMA ÁLGEBRA DE MAPAS

Cláudio Clemente Faria Barbosa

João Pedro Cordeiro

Gilberto Câmara

Ubirajara Moura Freitas

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE

Av. dos Astronautas 1758, Jardim da Granja,

São José dos Campos, SP, Brasil, cep: 12227-010

Tel.: (012) 345-6523, fax: (012) 345-6468

Email:

claudio@dpi.inpe.br

jpedro@dpi.inpe.br

gilberto@dpi.inpe.br

bira@dpi.inpe.br

RESUMO

A estruturação algébrica de dados e operações em geoprocessamento leva a uma abordagem descritiva através de sentenças de uma linguagem, permitindo uma definição "programática" de metodologias em SIG. O modelo de dados de Campos e Objetos adotado no ambiente SPRING oferece uma categorização de dados e operadores bastante natural sob o ponto de vista do usuário. Dados podem ser Temáticos, Imagens, Numéricos etc. Operadores podem ser classificados em "pontuais", de "vizinhança" e "zonais". Neste trabalho é discutida a influência, como ferramenta metodológica, de operadores zonais quando combinados com operadores de atualização, bem como da espacialização de atributos de objetos geográficos oriundos de tabelas de bancos de dados. Como referência é considerada a metodologia adotada pelo INPE para o Zoneamento Ecológico e Econômico para regiões da Amazônia para ilustrar o uso desse novo grupo de operadores da linguagem. Isso aponta para uma maior integração de SIG a Sistemas de Bancos de Dados convencionais.

ABSTRACT

The algebraic data and operations structuring in geoprocessing leads to a descriptive approach through sentences in a language resulting in a "programatic" way to define GIS methodologies. The Fields and Object data model adopted in SRING environment offers a natural categorization of data and operators in the user point of view. Data may be Thematic, Image, Digital etc. Operators may be classified as "punctual", "neighborhood" and "zonal". In this work the influence, as a methodological tool, of zonal operators when combined with object attribute updating operators as well as the spatialization of attributes coming from database tables. As a reference the adopted methodology for Ecological and Economical Zoning for Amazonic regions, in order to illustrate the use of this new operators group in the language. This points to a better integration of GIS and conventional Database Systems.

INTRODUÇÃO

A organização de operações primitivas pontuais, regionais e vizinhança sobre dados geográficos em uma seqüência, de modo que o resultado de uma operação é tomado como entrada para a seguinte constitui o paradigma introduzido por Tomlin para demonstrar a criação de um número ilimitado de capacidades de processamento de mapas que podem ser usadas para resolver muitos problemas analíticos no processamento de informações geográficas. Eles chamaram uma tal sequência de operações de "modelos cartográficos" e o processo de "modelagem cartográfica".

Isto sugere uma metodologia de trabalho na qual o usuário quando diante de um problema deve tentar organizar primeiro os dados necessários para conseguir as respostas. Em seguida deve estabelecer,

através de uma lógica clara, como se deve proceder para chegar a tal resposta a partir dos dados, isso significa: fazer um diagrama de fluxo onde os passos necessários se mostrem com clareza, e posteriormente traduzir esses passos em uma linguagem como a MAP (Map Analysis Package) desenvolvida por Tomlin (90) para demonstrar as idéias da Álgebra de Mapas. Só então deve o usuário dirigir-se a um computador. Uma consequência imediata dessa linha de raciocínio é a possibilidade de se descrever diferentes cenários para modelagem, enriquecendo o processo de validação de tais modelos cartográficos.

Com base nesse paradigma os fabricantes de SIG têm incorporado abordagens "progamáticas" baseadas em formalismos algébricos para a implementação de modelos cartográficos. O SPRING oferece um ambiente para a descrição de modelos em geoprocessamento conhecido por LEGAL (Linguagem Espacial de Geoprocessamento Algébrico), que se baseia no modelo de dados adotado pelo SPRING conhecido por Modelo Integrado de Campos e Objetos Geográficos [Camara, 96], que permite uma categorização tanto de tipos de dados e atributos, quanto de operações sobre eles. Com base nessa estruturação algébrica foi definida uma linguagem próxima ao domínio conceitual do usuário, que implementa o paradigma de Tomlin.

Categorização de operadores em Geoprocessamento

Na busca de uma abordagem mais geral sobre operações de "overlay" de mapas, Burrough (90) e Tomlin (90) destacam três classes principais de transformações em Álgebra de Mapas: pontuais, de vizinhança e regionais.

As transformações pontuais operam sobre campos de modo que o efeito resultante sobre cada ponto é independente dos valores de pontos vizinhos. Os casos mais simples dessas transformações são as operações matemáticas e a aplicação de lógica booleana. Muitas outras transformações mais complexas podem ainda ser classificadas como pontuais.

A segunda classe de transformações relaciona um ponto a sua vizinhança.. São funções que explicitamente fazem uso de alguma espécie de associação espacial para determinar um valor para um ponto em um novo mapa. Tipicamente implementam filtragens, medidas de diversidade, declividade, aspecto etc, sendo de forte aplicabilidade em Processamento de Imagens.

A terceira classe de transformações, as regionais, se relaciona com as propriedades da região a que um certo ponto pertence, que podem referir-se a comprimento, área, perímetro, forma, ou ainda qualquer propriedade que possa ser extraída de algum mapa de referência, sobre uma região que seja definida a partir de uma expressão envolvendo outros mapas. Por exemplo, para a geração de um mapa que apresente a Geologia predominante para um conjunto de regiões (ou zona) que subdividem uma área de estudo, o tema Geologia é usado como referência para extração da propriedade e o tema Municípios para definição das regiões envolvidas.

Campos e Objetos

O universo geoespacial é frequentemente modelado segundo duas visões complementares: o modelo de Campos e o de Objetos (Goodchild, 1992). No modelo de Campos os fenômenos variam segundo diferentes distribuições, cujo domínio é uma região geográfica e o contradomínio, um conjunto de valores que podem ser qualitativos ou quantitativos, mapas temáticos e imagens, por exemplo. O modelo de Objetos representa o mundo como um conjunto de objetos identificáveis e localizáveis, com geometria e características próprias, que não precisam ser associados a fenômenos geográficos específicos

O Modelo de Dados do SPRING, proposto por Camara (1996) representa uma abordagem unificada das visões de Campos e Objetos geográficos. O modelo adota uma estratégia de especificação que identifica quatro níveis de objetos geográficos: o nível do mundo real, o nível conceitual, o nível da representação e o nível da implementação. Assim, um campo ou objeto geográfico deve ser especificado a nível conceitual e então associado a diferentes representações, em diferentes estruturas físicas ou formatos, afim de permitir uma caracterização do dado geográfico que seja próxima à sua conceitualização no domínio das aplicações do usuário. Num processo Conceitual identifica cinco tipos (ou modelos) de dado: Temático, Numérico, Imagem, Cadastral. e Objetos.

O modelo Temático refere-se a dados qualitativos, que tipicamente estão associados a propriedades ou

atributos de regiões. Planos de informação Temáticos poderão incluir dados em representações vetoriais ou matriciais, nas quais cada ponto tem um valor de classe temática derivado do da região que o contém. O modelo Numérico refere-se a dados quantitativos que podem assumir valores numéricos de qualquer tipo em cada ponto, são compostos de representações matriciais (grades retangulares) ou vetoriais (grades triangulares, isolinhas e amostras). O modelo Imagem se refere, tipicamente, a dados de radiometria, digitalizados em uma faixa de valores numéricos inteiros, compondo representações matriciais.

O modelo Objetos é intimamente relacionado ao conceito de tabela em bancos de dados. Cada categoria de objetos está associada a uma tabela contendo atributos que caracterizam as propriedades de cada objeto representado por uma linha da tabela. O modelo Cadastral, contém representações vetoriais que deverão ser associadas a objetos de uma ou mais categorias do modelo Objetos, Esses modelos são complementares, no sentido que objetos são representados em mapas cadastrais (ou de objetos), já que constituem entidades independentes de representação, projeção e escala. Assim, dados de uma categoria de objetos são associados a polígonos, linhas ou pontos de algum mapa Cadastral sempre que necessário.

Os aspectos da modelagem geográfica ao nível da representação, envolve a escolha das estruturas de dados (vetores, matrizes, trees etc) que efetivamente dão acesso ao conteúdo do dado; podem existir múltiplas representações para um mesmo objeto ou campo, entretanto, idealmente essas questões devem ser o mais transparentes possível para o usuário de SIG.

A linguagem LEGAL

Sobre esse suporte estrutural de tipos e operadores algébricos foi desenvolvida a linguagem LEGAL no ambiente SPRING, que permite a implementação de operadores sobre Campos; pontuais e de vizinhança, sob a forma de expressões matemáticas, condicionais e booleanos, e algumas transformações entre diferentes modelos de categoria (Cordeiro, J.P. et al, 1996). Mais recentemente (Barbosa, 1997). foram acrescentados operadores zonais, que permitem a geração de resultados no domínio dos campos e dos objetos, que traduzem propriedades extraídas sobre regiões definidas em um plano de referência através de operadores como: média zonal, máximo zonal, maioria zonal, variedade zonal, faixa zonal etc.

Barbosa acrescenta ainda a operação atualização de atributos de objetos à partir de avaliações sobre campos, feitas através da aplicação de operadores zonais sobre planos de referência. A operação em sentido contrário (mapeando atributos de objetos em campos), de espacialização, permite a geração de campos que reflitam o conteúdo de atributos de objetos, facilitando assim a geração de produtos cartográficos a partir de atributos de objetos, bem como a integração de novos atributos em metodologias envolvendo campos. Esse conjunto de operadores estabelece uma forma de conexão entre o universo das estruturas clássicas de representações em SIG e o universo dos objetos geográficos, cujos atributos são representados em tabelas de bancos de dados, significando mais um passo na integração de tecnologias de geoprocessamento a sistemas de bancos de dados convencionais.

O modo mais simples de apreciar como a abordagem algébrica através de uma linguagem pode ser usada em análise geográfica, talvez seja seguindo-se os passos de exemplos que ilustrem os princípios envolvidos. Neste trabalho tomamos como referência a metodologia adotada pelo INPE para o Zoneamento Ecológico e Econômico da região Amazônica, mais especificamente a região que compreende o município de Imperatriz no Pará, embora não seja o objetivo aqui detalhar questões metodológicas envolvidas.

Zoneamento Ecológico Econômico

A capacidade de modelagem oferecida por esses operadores de atualização e espacialização de atributos de objetos, quando combinados com operadores zonais sobre campos que representam variáveis geográficas envolvidas nesses processos será aqui ilustrada com base na metodologia adotada pelo INPE para a qualificação de adequação de unidades territoriais quanto a sua vulnerabilidade, a fim de facilitar processos de tomada de decisão quanto a seu uso sustentável para diversos fins.

Na verdade, a morfogênese e a pedogênese são apenas aspectos iniciais do modelo, que potencialmente pode envolver um grande número de variáveis, de diferentes fontes. Em seu estado atual

projeto começa a demandar dados cuja disponibilidade sob a forma de produtos cartográficos não é muito adequada, como pluviosidade, duração do período chuvoso ou que são mais facilmente disponíveis sob a forma de tabelas em bancos de dados como os dados socio-econômicos. Tais atributos devem ser transformados em mapas (campos) para que possam integrar-se à metodologia. Por outro lado, todas as propriedades extraídas deverão atualizar ou gerar atributos de objetos associados a essas regiões.

A metodologia objetiva a avaliação da vulnerabilidade à erosão sobre área de estudo que engloba o município de Imperatriz na Amazônia. Essa metodologia, para uso no projeto de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da Amazônia Legal parte da análise de imagens orbitais (TM-Landsat) para determinação de um mapa identificando cada Unidade Territorial Básica (UTB) (Becker et al., 1996) contida na área de estudo. Cada área de estudo compreende uma carta Mir 1:250000. A seguir cada UTB é caracterizada em função da Geologia, Geomorfologia, Pedologia e Vegetação dominante, em função de suas características morfogênicas e pedogênicas. (Crepani et al., 1996).

Uma UTB exprime o conceito geográfico de zonalidade através de atributos ambientais que a diferenciam de unidades vizinhas ao mesmo tempo mantendo vínculos dinâmicos com toda complexa rede de unidades a que está integrada [Becker et al., 1996]. A avaliação da vulnerabilidade natural de cada UTB a partir da análise integrada das ocorrências de rochas, Solos, relevo e Vegetação nas regiões correspondentes a cada uma, se baseia na atribuição de valores para quantificar a estabilidade em uma escala de graduação entre 1 e 3 para indicar menor ou maior contribuição para vulnerabilidade.

Em termos metodológicos, as operações envolvidas poderiam ser traduzidas por uma sequência de passos como descrito abaixo:

1. primeiro passo é a geração de uma carta de UTBs, 1:250000 a partir de análise e interpretação visual de imagens
2. Os temas Geologia, Solos, Vegetação e Geomorfologia, originários de cartas 1:250000 do projeto Radam, são usados para caracterização temática das unidades homogêneas.
3. A vulnerabilidade natural de cada unidade deve ser avaliada considerando a relação entre processos morfogênicos e pedogênicos, atribuindo valores de estabilidade para cada unidade segundo um modelo que estabelece 21 classes de vulnerabilidade para cada tema, baseado no conceito de análise ecodinâmica de Tricart (1977, 1992).
4. Elaboração de carta temática de vulnerabilidade natural a erosão que integra todos os temas envolvidos e avaliados.

No primeiro item as UTBs podem ser modeladas como objetos geográficos representados por um mapa cadastral de UTBs, os atributos necessários para caracterização de cada unidade serão espacializados e atualizados oportunamente, como ilustra a figura abaixo.

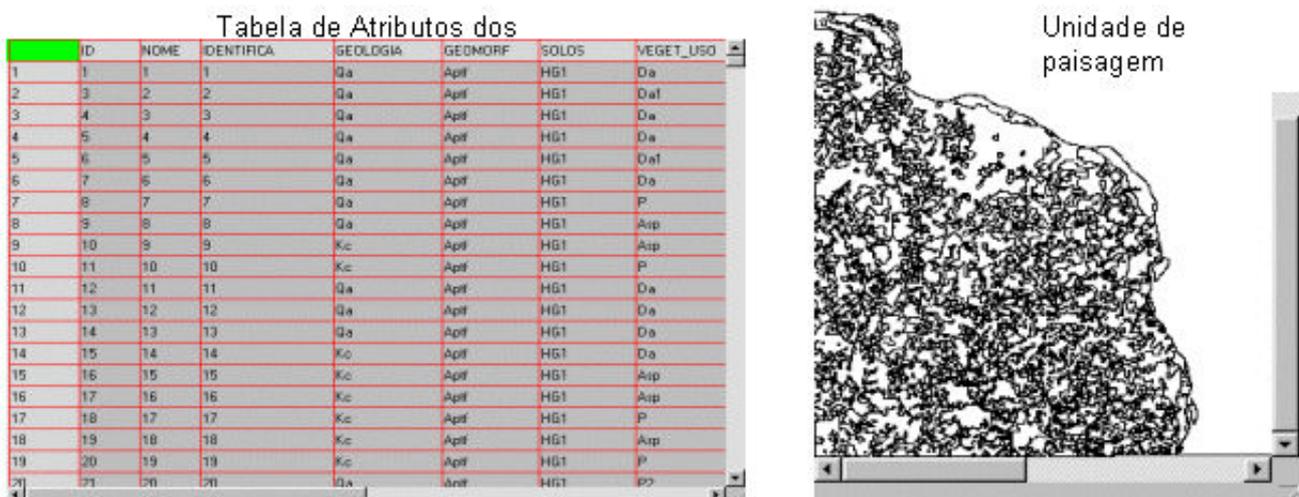


Figura 1: Mapa cadastral de Unidades Territoriais Básicas e atributos de cada unidade, vista como objeto.

Para o segundo item, deve-se levar em conta que o conceito de UTB exclui a possibilidade teórica de ocorrência de mais de um tipo de solo, ou Geologia, ou Vegetação, ou Geomorfologia para tais unidades homogêneas de paisagem, como também são referidas na literatura, embora, na prática, isto possa ocorrer, como resultado de imprecisões provenientes das fontes de dados (mapas base). Para que se tenha maior acurácia no processo torna-se necessária a determinação de qual classe de cada tema é dominante para cada UTB, o que pode ser feita a partir do operador Maioria Zonal, tomando cada tema como referencia, combinado em uma operação de Atualização dos atributos "Geologia", "Solos" etc, sobre cada UTB vista como objeto geográfico, como ilustrado pelo programa abaixo a partir do tema Geologia.

Programa para atualização do atributo "Geologia":

```
{
Objeto utbs ("Unidades Territoriais");
Cadastral mapautbs ("Mapas Cadastrais");
Tematico geologia("Geologia");
mapautbs = Recupere (Nome = "mapa_utbs");
geologia = Recupere (Nome = "mapa_geologia", Repres =Vetor);
utbs."GEOLOGIA" = Atualize (geologia, utbs OnMap mapautbs,
MaioriaZOnal);
}
```

A partir da espacialização desses atributos devem ser gerados mapas Tematicos representando a Geologia, a Geomorfologia ,os tipos de Solos e Vegetação, dominantes em cada UTB, como ilustrado pelo programa abaixo para o tema Geologia.

Programa para espacialização do atributo "Geologia" predominante por UTB:

```
{
Objeto utbs ("Unidades Territoriais");
Cadastral mapautbs ("Mapas Cadastrais");
Tematico tema("Geologia");
mapautbs = Recupere (Nome = "mapa_utbs");
tema = Novo (Nome = "geologia_por_UTB", ResX =60, ResY =60, Escala
=250000, Repres =Vetor);
tema = Espacialize (utbs."GEOLOGIA" OnMap mapautbs);
}
```

A figura abaixo ilustra os campos gerados pela atualização combinada com a operação de maioria zonal, seguida de espacialização à partir de atributos gerados para cada unidade.

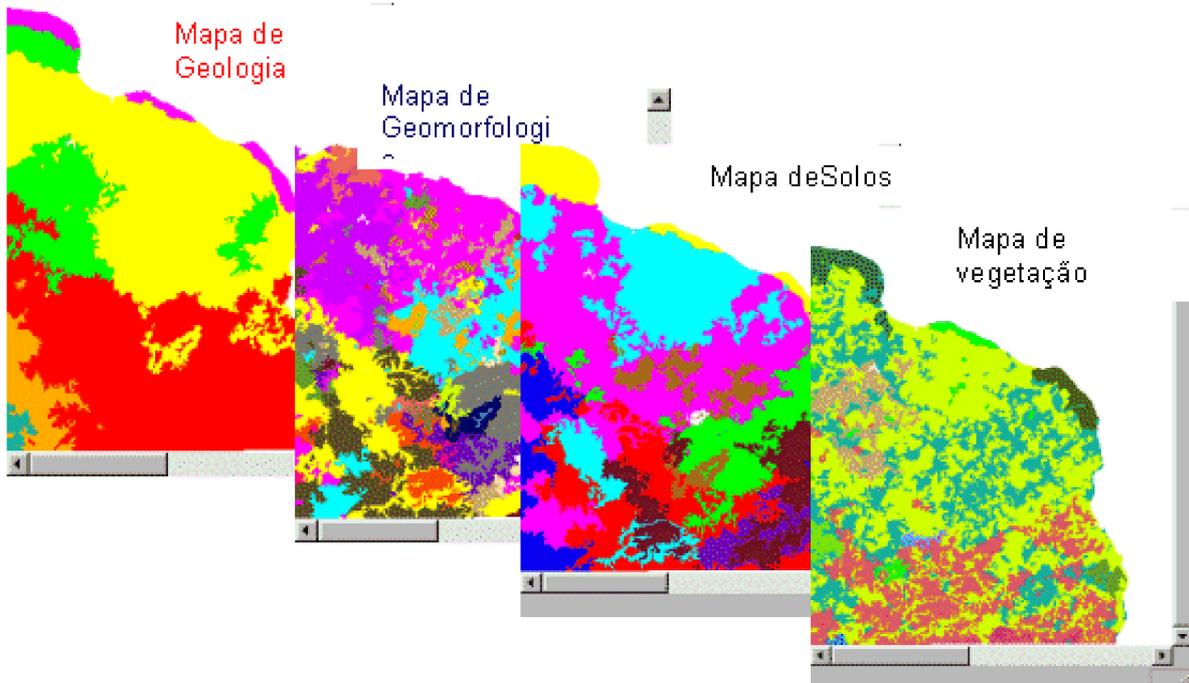


Figura 2: Temas espacializados à partir de atributos de UTBs modeladas por objetos geográficos.

Para o terceiro item a transformação de Ponderação pode então ser usada para determinar o mapeamento entre classes de cada tema e 21 valores numéricos entre 1 e 3 que indicam o grau de contribuição à vulnerabilidade associados a cada tema por UTB, sendo geradas grades numéricas contendo valores nas regiões correspondentes a cada classe de cada tema considerado que indicam a contribuição para vulnerabilidade associada à cada classe. São geradas tantas grades quantos forem os temas envolvidos no processo. O programa a seguir ilustra a ponderação dos tema Geologia:

Programa para Ponderação do atributo "Geologia" predominante por UTB:

```
{
  Tematico tema ("Geologia");
  Numerico grade ("Geologia Ponderada");
  Tabela pesos (Ponderacao);
  tema = Recuperar (Nome = " geologia_por_UTB");
  grade = Novo (Nome = "grade_geologia_por_UTB", ResX=60, ResY =60,
  Escala =250000, Min=1, Max=3);
  pesos = Novo (CategorialIni = "Geologia",
  "Aluviões" : 3.0,
  "Quartzos" : 2.2,
  ...
  "Granitos" : 1.2);
  grade = Pondere (tema, pesos);
}
```

Finalmente, no quarto item, uma expressão matemática de média aritmética irá integrar a contribuição

de cada tema em uma grade que pode então ser usada como referencia em uma operação de Atualização do atributo "Vulnerabilidade", baseada na avaliação da Media Zonal sobre cada UTB.

Novos temas estão sendo introduzidos no modelo, como a Pluviosidade e a Duração do Período Chuvoso. Esses dados provém de mapas de Pluviosidade média dos últimos 30 anos, na escala 1:30000000. No programa descrito abaixo uma grade de Pluviosidade é tomada como referencia para atualização do atributo Pluviosidade associado a cada objeto da categoria "Mir's", representados no mapa Cadastral "Mirs_BR" de cartas mir 1:250000, da categoria "Mapas_mir" que cobrem a superfície Brasileira. Cada objeto "mir" será então atualizado à partir da média zonal de precipitação na região.

Programa para atualização do atributo "Pluviosidade":

```
{  
  
Objeto mirs ("Mirs");  
  
Cadastral mapamir ("Mapas_mir");  
  
Numerico chuvas("Pluviosidade");  
  
  
mapamir = Recuperare (Nome = "mirs_br");  
  
chuvas = Recuperare (Nome = "pluviosidade_30anos");  
  
  
mirs."Pluviosidade" = Atualize (chuvas, mirs OnMap mapamir, MedZ);  
  
}
```

A figura que se segue ilustra o processo de geração dos dados de Pluviosidade para que sejam usados junto à metodologia do ZEE.

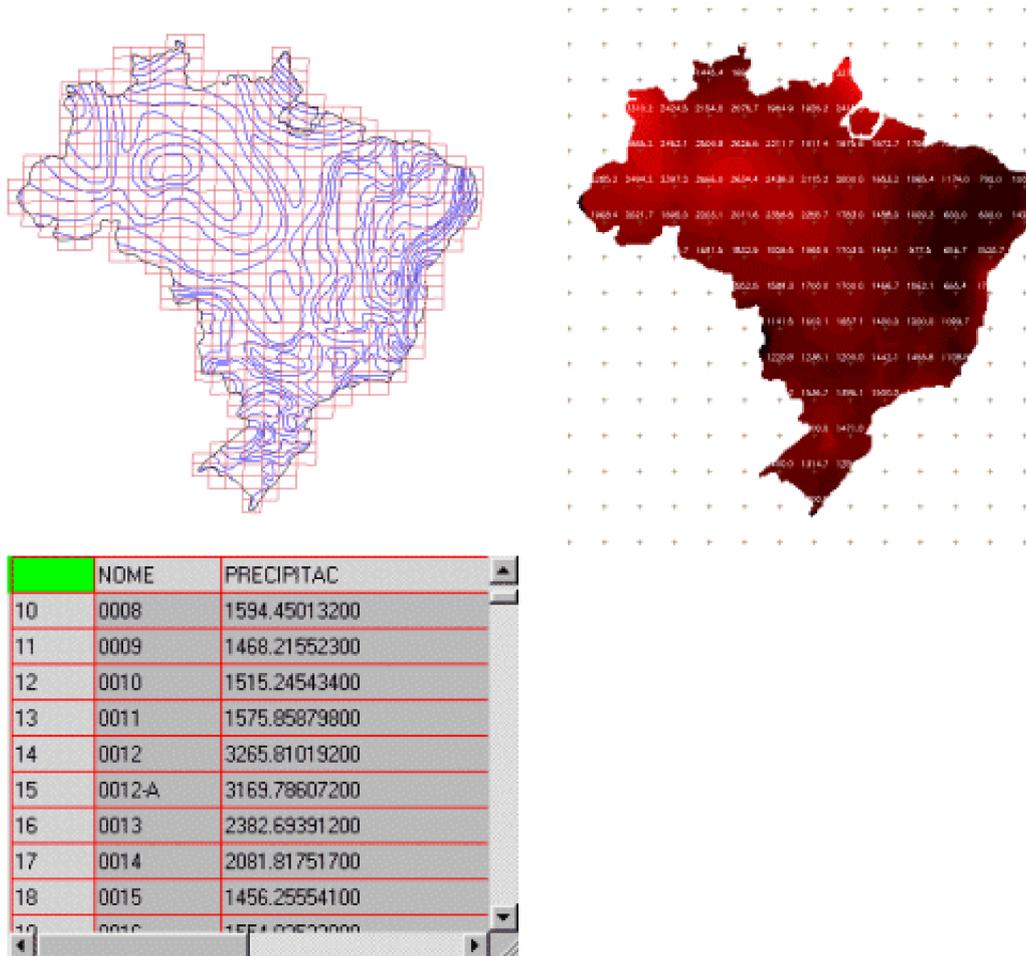


Figura 3: Espacialização de Pluviosidade média por regiões correspondentes a cada carta Mir 1:250000.

Em seguida, esses atributos de pluviosidade são espacializados para permitir a caracterização do agora atributo "Pluviosidade" de cada UTB considerada para o modelo. Um processo análogo é realizado para determinar o período chuvoso de cada UTB, a razão entre a pluviosidade e a duração do período chuvoso irá definir um novo parâmetro para a metodologia. Futuramente dados sócio-econômicos deverão ser integrados, a partir da tese de doutorado de Medeiros, S. (a ser apresentada este ano), permitindo um planejamento de ocupação e uso baseado não só na avaliação de vulnerabilidade física mas também levando em conta os atributos sócio-econômicos na região da Amazônica Legal.

Conclusão

A disponibilização destas novas funções integradas em um ambiente de manipulação e análise geográfica se mostrou bastante atrativa, por facilitar a integração de novas variáveis ambientais em modelagem cartográfica, tipicamente representadas a partir de tabelas de bancos de dados, que quando espacializadas podem ser representadas por estruturas convencionais de representação de dados geográficos afim de que possam ser integradas a metodologias baseados em campos geográficos, sem perda de qualidade de produtos cartográficos gerados. Praticamente todos os dados envolvidos na metodologia ZEE hoje estão sendo mantidos em tabelas de Bancos de Dados.

A grande contribuição da metodologia baseada em estudos de vulnerabilidade é servir de subsídio para gestão territorial de maneira planejada e sustentável evitando problemas de ocupação desordenada. Dados históricos como os de clima podem agora ser disponibilizados so a forma de produtos cartográficos e tabelas para uma resolução inicial que corresponde a cartas 1:250000, mas que podem ser atualizadas em melhores resoluções com base em dados locais mais precisos de regiões específicas, fornecendo mais acurácia para o modelo ao menos em algumas regiões onde haja mais informação disponível.

Na verdade, esse trabalho representa o início do desenvolvimento na linguagem LEGAL voltado sobre o domínio dos Objetos geográficos, permitindo funções de consultas e análise espacial além de uma clara

integração entre campos e objetos, aproximando o SPRING do conceito completo de Gerente de Banco de Dados Espaciais. Muitas questões envolvendo o acesso e disponibilização de dados geográficos de diversos formatos e modelos deverão então ser consideradas.

Referências

Barbosa, C.C.F.; Câmara, G.; Medeiros, J.S.; Crepani, E.; Novo, E.; Cordeiro, J.P. "Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico". IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998. <http://www.dpi.inpe.br/geopro/papers.html>

Becker, B.K.; Egler, C. Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico e Econômico pelos Estados da Amazonia Legal, Brasília. SAE-Secretaria de Assuntos Estratégicos/Ministerio do Meio Ambiente, 1996.

Burrough, P.A. (1990) Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment Clarendon Press – Oxford..

Câmara, G.; Freitas, U.M.; Cordeiro, J.P. "Towards an Algebra for Geographical Fields". VII SIBGRAPI, Curitiba, Novembro de 1994. Anais, SBC, pp. 205-212. . <http://www.dpi.inpe.br/geopro/papers.html>

Câmara, G.; Freitas, U.M.; Casanova, M.A. "Fields and Objects Algebras for GIS Operations". III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento, São Paulo, julho de 1995. Anais, USP, pp. 407-424, 1995. <http://www.dpi.inpe.br/geopro/papers.html>

Crepani, E; Medeiros, J.S.; Azevedo, I.G.; Hernandez, P.; Florenzano, T.; Duarte, V. Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico e Econômico, São José dos Campos, INPE, 1996.

Cordeiro, J.P.; Amaral, S.; Freitas, U.M.; Câmara, G. "Álgebra de Geo-Campos e suas Aplicações". V III Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Abril de 1996. . <http://www.dpi.inpe.br/geopro/papers.html>

Egenhofer, M.J., Frank, A.U. Object Oriented Modeling for GIS. Journal of Urban and Regional Information Systems Associations, Madison, v.4, n.2, p.3-19, 1992.

Goodchild, M.F. "Geographical Data Modeling." Computers and Geoscience,, London, v.18, n.4, p.401-408, 1992.

Tomlin, D. (1990) Geographic information systems and Cartographic Modeling. Prentice Hall, New York.

Tricart, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 1977.

Tricart, J; Jonge, C., Ecograph an Rural Management: A Contribution to the International Geosphere-Biosphere Programme, Essex, Longman Scientific and Technical, 1992.

[| Home](#) | [| Página Principal](#) | [| Módulo Mix](#) | [| Módulo Usuários](#) |