

Sistemas de Informações Geográficas: um modelo de dados espacial florestal

Geographic Information Systems: a forestry model of spatial data

Paulo Costa de Oliveira Filho¹

Resumo

Este artigo apresenta uma discussão sobre aspectos importantes a serem considerados que envolvem a implementação de modelos de dados espaciais que possam atender a uma atividade tão específica como a do Setor Florestal.

Palavras-chave: geoprocessamento; SIG; geoplanejamento.

Abstract

This article presents a quarrel on important aspects to be considered, which involve the implementation of models of spatial data that can be important for such a specific activity as the Forestry Sector.

Key words: geotechnologies; GIS; geoplanning.

Introdução

O modelo, conforme a etimologia da palavra é uma simulação de fatos ou entidades do mundo real. Já o modelo de dados é a forma de armazenamento e organização dos dados a nível lógico e físico.

Esta organização ou estruturação de dados, os mais variados e de diferentes formatos em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG,s), é conhecida como modelagem.

Podem compor um modelo de dados de um sistema de informações geográficas, tanto dados não-geográficos

ou não-espaciais quanto dados espaciais. Entre os dados não-espaciais, podem-se exemplificar os seguintes: textos, dados alfanuméricos, fotos de campo (arquivos matriciais, porém não georreferenciados), tabelas, planilhas, entre outros. Os dados espaciais são representados por arquivos do tipo vetoriais ou matriciais.

Para a Ciência da Computação, “modelagem de dados (NEA)” é uma atividade comum, e combina noções de banco de dados e engenharia de *software*.

Já os usuários de Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), são especialistas no seu campo de trabalho,

¹ Dr.; Engenheiro Florestal; Professor do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; E-mail: paulocostafh@irati.unicentro.br

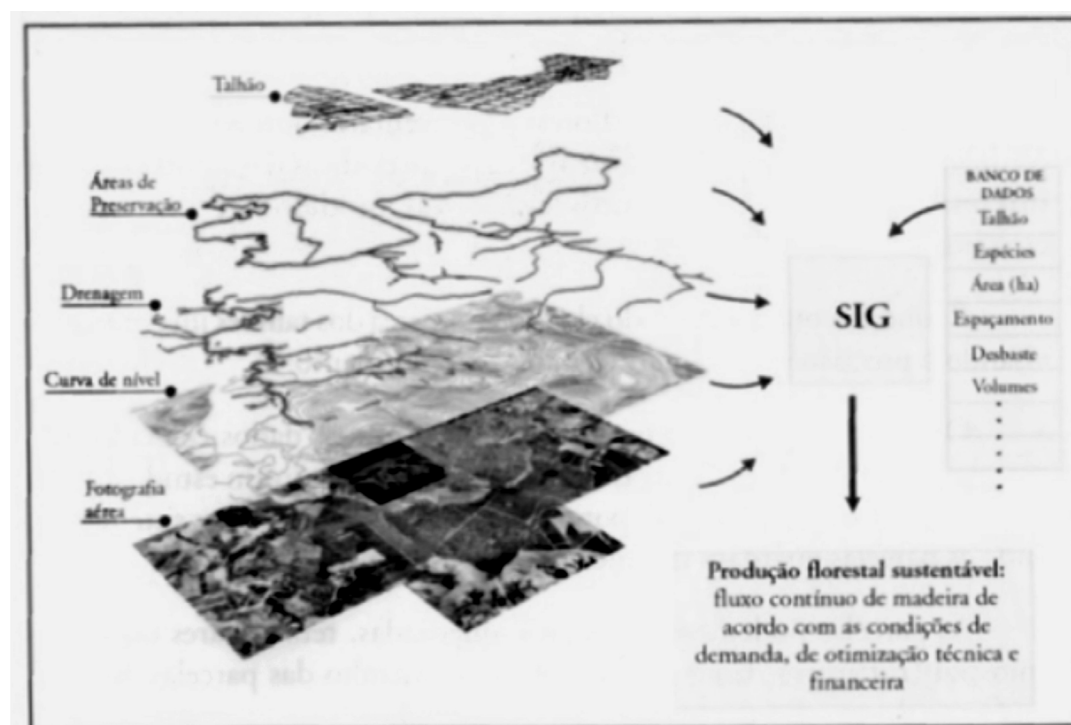
mas raramente possuem treinamento em engenharia de *software*, programação, modelagem e técnicas de projeto de banco de dados. Isso normalmente se deve à formação dos profissionais que normalmente compõe o perfil de usuários de geoprocessamento. Como exemplo pode-se citar o engenheiro cartógrafo, o geólogo, o florestal, o geógrafo, o agrônomo, o ambiental, entre outros.

Conforme Kronka et al., 2005, a necessidade constante do atendimento ao suprimento de matéria-prima florestal, não só para demandas atuais como também para o planejamento estratégico de expansões futuras, tem inúmeras implicações. A estruturação e a adequação de bases cartográficas,

constantemente atualizadas, auxiliam na quantificação da área plantada, predição de volume e identificação das áreas de preservação (Figura 1). O mesmo autor complementa conhecimento das coordenadas georreferenciadas, das propriedades e torres de incêndios, o levantamento dos talhões, os cálculos de rotas econômicas e alternativas até o pátio da fábrica, o monitoramento de animais em áreas de preservação, constituem práticas necessárias à correta gestão das áreas produtoras de matéria-prima florestal.

Quando se pretende inter-relacionar um banco de dados corporativo e altamente complexo de uma empresa com a área de geoinformação, as dimensões do sistema

Figura 1. Sistemas de Informações Geográficas (SIG's): variáveis e ferramentas para a gestão estratégica do recurso florestal



Fonte: Kronka, 2005

a ser implantado, assim como os prazos para que o projeto dê seus primeiros frutos, podem se tornar muito amplos. De acordo com Ferrari (1997), isso pode levar a “uma viagem sem rumo”, no sentido de que pode não se chegar onde se quer num tempo previsto. Além disso, um modelo de dados tão grande pode prever uma quantidade enorme de tarefas e de resultados, o que pode trazer frustrações com o decorrer do tempo. O mesmo autor justifica que pode ser interessante a utilização de modelos de dados mais enxutos e mais direcionados para atender a objetivos pré-definidos.

Dessa forma, a “modelagem” pode ser um processo mais simples, mais acessível ao usuário e direcionado para a aplicação a que se destina o projeto em ambiente SIG, além de que nem sempre há necessidade de um conhecimento mais profundo ou grande experiência na área de informática.

Desde o início dos primeiros sistemas de informações geográficas implementados na década de 80 no país, se tinha muitas vezes a idéia equivocada de que um modelo de dados em ambiente SIG, como tecnologia de informação inovadora para a época, e até para os dias de hoje, poderia resolver todos os problemas de logística e planejamento da produção florestal de uma empresa deste setor. Assim, proporcionalmente ao investimento que se tinha na época, bem maior do que hoje em dia, considerando o alto custo de *hardware* e *software* para a época, o retorno esperado era algo muitas vezes não muito bem dimensionado.

Dentro desta perspectiva de que o modelo de dados pode ser algo bem mais simplificado e que não poderá resolver

todos os problemas de uma empresa, este artigo sugere para empresas de base florestal que se implemente modelos de dados espaciais mais enxutos, dinâmicos e em prazos e custos menores.

Como reduzir a dimensão do banco de dados tornando mais enxuto o modelo? Como reduzir o prazo e os custos?

Direcionando o modelo de dados para um objetivo específico e pré-determinado, mesmo que este seja o início apenas de um modelo que pode ser constantemente atualizado e ampliado. Assim, também é possível reduzir a dimensão do modelo de dados inicial, de forma que mesmo mais enxuto, esse modelo possa permitir uma previsão de resultados em um prazo mais curto. Um exemplo típico de uma empresa que pretende desenvolver um SIG para dar suporte aos trabalhos de manejo florestal inicialmente pode questionar: Quais os dados espaciais para entrada no sistema? Serão dados matriciais (imagens, fotografias aéreas, mapas digitais matriciais) ou somente vetoriais mais elaborados (*layers* ou planos de informações que já representem as principais categorias de dados necessárias)? E quanto aos dados não espaciais ou alfanuméricos? Serão apenas dados de cadastro ou dados de simulação da produção e/ou econômicos obtidos em outros aplicativos?

O custo do *software* pode ser reduzido? Posso confiar em aplicativos de domínio público?

Há diversos exemplos de aplicativos assim caracterizados, desenvolvidos por instituições de pesquisa ou universidades,

e que podem surpreender pela eficiência em várias áreas e aplicações. Em geotecnologias, há diversos exemplos de aplicativos que são de domínio público conhecidos também como *softwares* livres, de custo zero, ou então de custo bastante reduzido. Muitas vezes, ouve-se até desprezo por certos *softwares*, o que normalmente está relacionado com desinformação ou então falta de prática desses usuários com estes aplicativos. Além disso, adotar um ambiente para geoprocessamento em *software* livre significa autonomia para utilizar, copiar, distribuir, e gerenciar seus próprios recursos de informática, ampliando sua estrutura de acordo com a necessidade.

Neste momento, não se pode omitir o quanto é importante valorizar a conceituação teórica a simplesmente clicar nos ícones das interfaces dos programas e obter resultados às vezes sem muito controle do que se está fazendo. Esta inversão de valores tem ocorrido em parte, devido à falta de profissionais de boa formação nesta área, mas também, devido às facilidades de manipulação dos aplicativos de geoprocessamento, que tiveram grandes avanços nos últimos anos.

Para espacializar as fazendas e talhões florestais, uma base cartográfica confiável com os limites das fazendas e talhões, assim como a hidrografia, a estrutura viária e a altimetria parecem suficientes para abranger o rol de dados geográficos necessários para o modelo citado. Os caminhos desta jornada, no entanto, se multiplicam no momento em que se parte para as soluções possíveis para chegar a um mesmo objetivo. Uma opção é iniciar todo o trabalho a partir de uma base cartográfica já consistente.

Outra é iniciar tudo do marco zero. Entre essas duas opções, podem haver muitas outras que se encontram mais próximas da primeira ou da segunda opção, o que resultará em enormes diferenças de prazo. Isso acontece no uso dos dados altimétricos, essenciais para a elaboração de mapas hipsométricos e de declividade, essenciais para dar subsídios ao cumprimento da legislação ambiental/florestal. Pode-se utilizar curvas de nível como também utilizar os dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) na forma de modelos numéricos do terreno para altimetria, que estão disponibilizados na *web*.

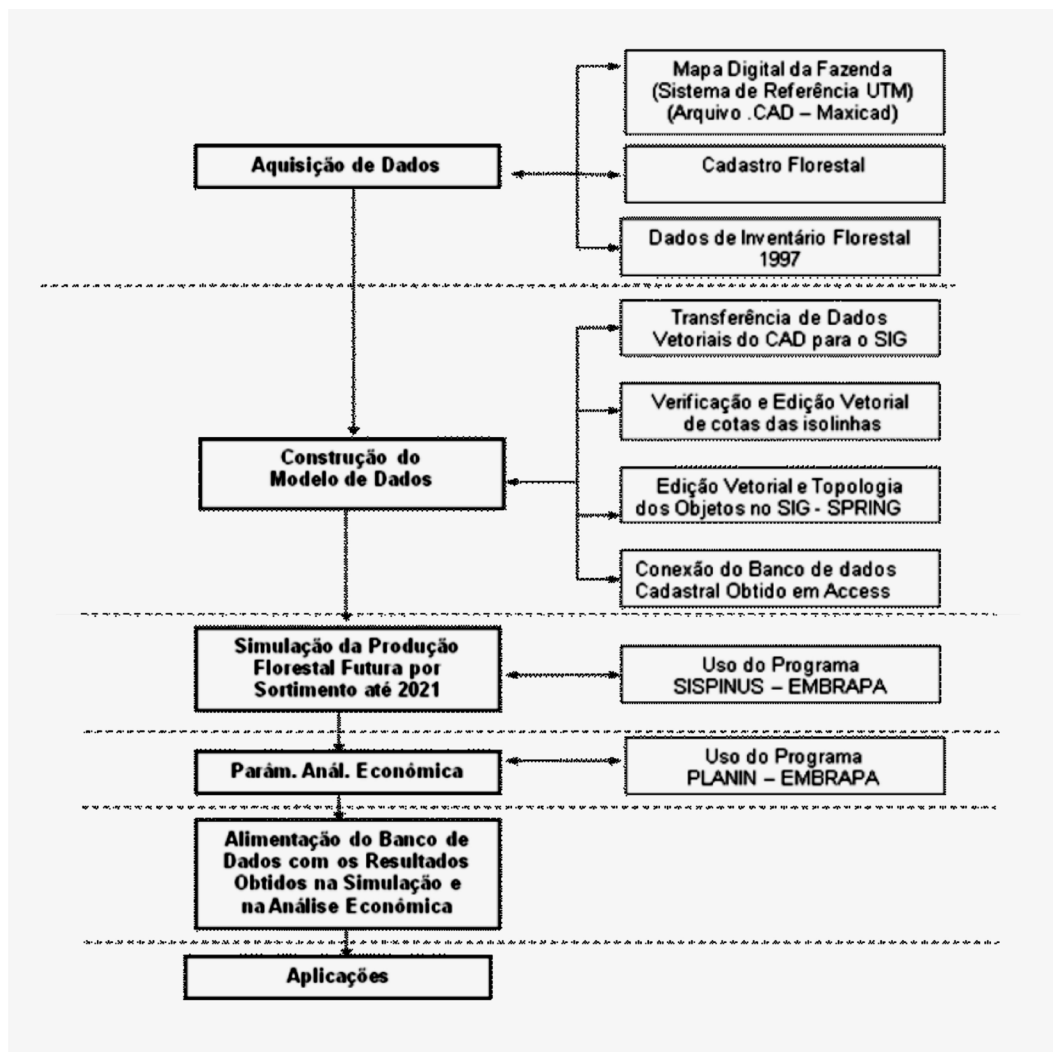
Considerando os dados não-espaciais, pode-se refinar bastante a base de dados alfanumérica com atributos de simulação da produção por sortimento além de dados de planejamento econômico o que, no momento de se utilizar consultas “booleanas” ou ainda por agrupamento de atributos para a formação de mapas temáticos, possibilitará a obtenção de resultados espaciais de um alto grau de importância para o gerenciamento ou manejo florestal.

Uma expectativa criada em torno desta tecnologia, é a de que se poderia, com bastante facilidade, implementar modelos com diferentes aplicações, sem que se recorresse a outros aplicativos que não ao *software* SIG especificamente. A realidade, contudo, evidencia que em muitas situações, deve-se recorrer a outros aplicativos complementares para atender da forma mais ágil aos objetivos pré-determinados. Oliveira-Filho (2001), implementaram um modelo integrado de dados para fins florestais utilizando vários aplicativos. Como base para o

modelo e ambiente SIG (Figura 2), foi utilizado o SPRING (INPE). Como suporte para a simulação da produção florestal por sortimento, o SISPINUS (EMBRAPA) e como auxílio no cálculo de parâmetros econômicos o PLANIN (EMBRAPA). Estes dois últimos foram utilizados separadamente, e os seus resultados alimentados no banco de dados alfanumérico ACCESS (MICROSOFT)

utilizado como gerenciador de dados. Ainda, neste mesmo trabalho, outros programas foram utilizados para incrementar a base de dados espacial ou geográfica. O aplicativo MaxiCAD (MaxiDATA), bem como o *Pathfinder Office* (Trimble) foram essenciais na confecção da base cartográfica. Portanto, muitas vezes o nível de dificuldade é bem maior, para determinadas tarefas,

Figura 2. Esquema simplificado de construção de um modelo de dados para gestão florestal exemplificando a utilização de vários aplicativos



Fonte: Autor.

quando se pretende reinventar a função ou rotina dentro de outro ambiente de trabalho que não aquele específico para tal função. Esta integração entre diversos aplicativos, desde que necessária, pode ser fundamental para que os objetivos sejam alcançados.

Outro exemplo de um modelo de dados bastante direcionado dentro de uma temática bem florestal é mostrada em Oliveira-Filho et al. (2008.) Trata-se de um modelo estruturado basicamente para dar suporte ao manejo da erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Neste caso bem particular, as informações do banco alfanumérico foram associadas a entidades poligonais representantes de unidades produtivas de erva em ambiente natural. É reconhecidamente necessária a definição de um período entre colheitas, bem como da intensidade da colheita, para que as plantas tenham plenas condições de manter a produção de massa foliar dentro de um patamar desejável (OLIVEIRA-FILHO e PICHETH, 2004). Segundo a Instrução Normativa do IBAMA no 118-N, de 1992, a exploração da erva-mate deve obedecer à adoção de técnicas de condução e manejo, destinadas a maximizar a produção da massa foliar e minimizar a ocorrência de prováveis danos aos ervais, visando compatibilizar o rendimento sustentado com a preservação da espécie.

Apesar da importância de um controle eficiente para dar subsídios ao planejamento das operações que envolvem o manejo da erva-mate, é muito comum na atividade de colheita de erva-mate a terceirização de serviços e a contratação de empreiteiros. Essa pode ser uma solução para os problemas de mão-de-obra, porém, a falta de organização e controle

dessas operações pela empresa contratante pode vir a provocar situações em que a seleção de áreas para exploração ocorre ao acaso, ou então, quando a atividade é realizada somente nos locais mais próximos às estradas. Em ambos os casos, geralmente não planejamento com suporte espacial, o que acarreta prejuízos ao erval, devido à retirada excessiva de produto em determinadas áreas em detrimento de outras.

Outros exemplos de sistemas que se caracterizam pela utilização de vários aplicativos, tais como SAGA, CorelDraw, AutoCAD, EXCEL e Adobe Photoshop podem ser vistos em Silva (2004). Além disso, o mesmo autor apresenta vários estudos de caso direcionados para plano de manejo de unidade de conservação, fiscalização de áreas de preservação permanente, entre outras.

Aspectos Importantes na Implementação ou Construção de um Modelo de Dados

- Quanto ao nível de dificuldade – as aplicações podem variar desde mais simples até aplicações mais complexas que exigem programação na linguagem do próprio aplicativo ou um *software* complementar específico. Como exemplo pode-se mencionar o SISPINUS, PLANIM, EXEL, MATLAB, LGO, TrackMaker, um processador de imagens como o ENVI, ER Mapper, ERDAS, entre outros). Entre os aplicativos para análises espaciais pode-se citar: ArcGIS, AutoCAD Map,

Geomedia, Gis World, GRASS, IDRISI, MapInfo, SAGA, SPANS, SPRING, entre outros.

- Quanto à dimensão dos dados - a quantidade de dados pode variar de acordo

com as necessidades do projeto. O tipo de dados também está diretamente ligado à dimensão do banco, pois caso o modelo priorize dados matriciais ou vetoriais, ocupará mais ou menos espaço no disco rígido.

- Quanto à amplitude – os projetos podem ser mais gerais ou direcionados. É importante saber onde se quer chegar. O direcionamento do projeto para aplicações específicas, já na sua modelagem, otimiza muito os trabalhos e pode reduzir o prazo significativamente na obtenção dos primeiros resultados.

Um SIG é ou faz parte de um projeto?

Hedges (1994); Ferrari e Garcia (1994) sugerem que um SIG deve dar suporte a um projeto maior, para solução de problemas específicos. Neste caso quais são as metas para o SIG? Parece claro que a meta fundamental é exatamente dar suporte ao projeto no qual está inserido.

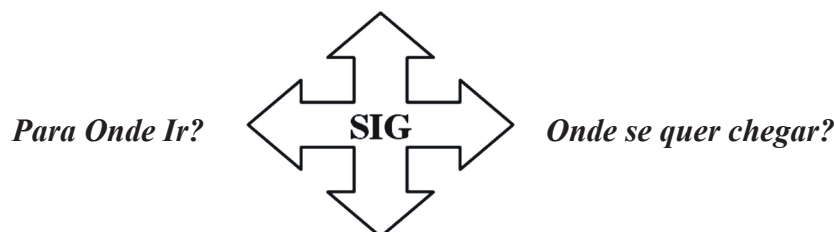
pode ser muito amplo, pode envolver diversos setores e inúmeras aplicações. Neste caso, o projeto se torna complexo, demorado, e muitas vezes, a organização não é capaz de esperar tanto tempo sem obter qualquer benefício, apenas investindo. Dessa forma, o projeto pode se inviabilizar. (Pode se tornar uma viagem sem rumo).

Alguns autores defendem a implementação de SIGs específicos para determinada aplicação, e, portanto mais leves e mais rápidos em sua implementação e em seus resultados.

A Modelagem se inicia no planejamento da implantação, vinculando o SIG a ser implementado às necessidades e resultados almejados.

1) Onde queremos chegar?
Levantamento das necessidades;

2) Como chegar lá? O desenvolvimento de um protótipo pode ser interessante;



A definição de objetivos bem claros é essencial para o sucesso do projeto. Para a maioria dos usuários, a proposta de um sistema que possibilita uma infinidade de usos é muito vaga (QUANDT, 1996).

Um modo de garantir que o SIG tenha usos e benefícios de imediato são desenvolvê-lo em função dos usos. Primeiros são definidos os usos, depois o SIG.

Devido a seu enorme potencial, o sistema desejado por uma organização

O levantamento das necessidades pode fazer com que o percurso seja menos árduo e muito mais firme, com mais precisão e menos erros.

Após a definição das necessidades, pode-se prever quais as ferramentas computacionais mais importantes a serem utilizadas no SIG, ou seja, quais os tipos de análise que serão utilizadas no referido projeto. Devemos com isso preparar o modelo para as peculiaridades

do projeto. Ou seja, caso haja necessidade de utilizarmos relacionamentos espaciais, ou orientação de objetos ao banco de dados, ou então análise de rede, por exemplo. Isso é essencial no momento de elaborar o modelo de dados, obterem os dados necessários, editar dados gráficos (topologia), prever como estruturar o banco de dados alfanumérico (a organização dos dados alfanuméricos pode limitar ou ampliar a qualidade ou quantidade de consultas que utilizem o banco de dados não-espaciais).

Um cronograma, como em todo projeto, é importante, para que tenhamos um controle temporal sobre a implementação do SIG, bem como para

demonstrar seriedade aos trabalhos e à equipe/clientes (ver Quadro 1).

Como suporte a um relatório ou então experiência para outros projetos futuros, é importante um controle sobre a previsão e o ocorrido. Da mesma forma é importante elaborar um quadro orçamentário e outro de custos estimados e custos efetivamente gastos.

Entrada de dados

No momento de importar os dados para um aplicativo SIG, seja qual for o programa, é necessário armazenar os dados de acordo com uma estrutura pré-concebida, onde o tipo de dados é

Quadro 1. Exemplo de atividades a serem consideradas num cronograma de implementação de um modelo espacial florestal

Atividade	Tempo Estimado (Dias/Semanas/Meses)																		
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
- Especificação das principais aplicações																			
- Trabalhos de vetorização																			
- Coleta de dados																			
- Verificação da qualidade da vetorização																			
- Correção geométrica de imagens																			
- Escanear fotos e documentos																			
- Previsão de trabalhos de terceiros (Topografia, cadastro)																			
- Conversão de dados																			
- Organização da base de dados alfanumérica (alimentação do banco)																			
- Associação de geo-objetos a atributos																			
- Desenvolvimento de programas aplicativos																			
- Uso de outros aplicativos complementares																			

Fonte: Autor.

Quadro 2. Controle do prazo dos trabalhos programados em cronograma

Atividade	Tempo Estimado	Tempo Gasto
- Especificação das principais aplicações		
- Trabalhos de vetorização		
- Coleta de dados		
- Verificação da qualidade da vetorização		
- Correção geométrica de imagens		
- Escanerizar fotos e documentos		
- Previsão de trabalhos de terceiros (Topografia, cadastro)		
- Conversão de dados		
- Organização da base de dados alfanumérica (alimentação do banco)		
- Associação de geo-objetos a atributos		
- Desenvolvimento de programas aplicativos		
- Uso de outros aplicativos complementares (de suporte)		

Fonte: Autor

classificado de acordo com sua utilização dentro do modelo de dados.

Um aplicativo bastante difundido e utilizado no Brasil, talvez pela característica de aplicativo de domínio público e desenvolvido por uma instituição de pesquisa (INPE©) é o SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. Este, pela sua característica de processador de imagens e sistema de informações geográficas, tem sido amplamente utilizado nas universidades como forma de iniciação em geoprocessamento. Passamos então a descrever a estrutura do modelo de dados do SPRING como exemplo neste texto.

Estrutura de um modelo de dados

Qualquer dado a ser importado para um projeto em ambiente SIG deve ser classificado em uma das opções de categorias disponíveis no programa. No aplicativo SPRING, por exemplo, são disponibilizadas as seguintes categorias:

- IMAGEM (dados matriciais ou do tipo raster): imagens de satélite, fotografias

aéreas, imagens de satélite, fotografias aéreas, imagens de sensores aerotransportados, cartas digitais matriciais, etc.;

- MNT ou DTM (Modelo Numérico do Terreno): curvas de nível, dados de MNT importados de outros aplicativos;

- TEMÁTICO (Mapas temáticos): diversos mapas temáticos vetoriais;

- OBJETO ou GEO-OBJETO: Entidades pontuais, poligonais ou lineares para associação a dados alfanuméricos;

- REDE (Entidades Lineares exclusivamente para projetos de rede): redes viárias, redes hidrográficas, redes elétricas, redes de esgoto ou qualquer estrutura vetorial que apresente a topologia arco-nó; esta categoria é utilizada para modelar projetos que utilizem as ferramentas de rede (caminho ótimo, menor distância, distância econômica), ou seja, relação de fluxo e conexão.

- NÃO-ESPACIAL (Dados não georreferenciados): atributos que serão associados a geo-objetos. São dados alfanuméricos quaisquer, que não tenham nenhuma referência geográfica.

A entrada de dados normalmente é uma etapa constante, pois uma vez implementado o SIG, há uma atualização de dados, o que é normal para que o mundo real permaneça representado com fidelidade.

Após a entrada de dados de forma adequada, a modelagem continua com uma adequação das características dos dados em relação ao projeto específico. Estas peculiaridades podem ser desde adaptações no banco alfanumérico, edições vetoriais para adequar topologicamente os dados ao projeto específico.

Ex.1. Em um projeto de banco de dados orientado a geo-objetos poligonais, estes geo-objetos ou entidades gráficas poligonais deverão estar totalmente editadas como polígonos fechados, para que possam funcionar como entidades representativas de feições do mundo real na abstração do modelo.

Ex.2. O projeto pode necessitar do uso da ferramenta de MNT ou DTM. Neste caso específico, toda informação altimétrica é normalmente importada para a categoria do tipo MNT. Antes de utilizar as curvas de nível (arquivos do tipo vetorial) para elaborar um modelo numérico do terreno altimétrico, procede-se a edição vetorial ou verificação das linhas e das cotas e define-se o algoritmo de interpolação para a formação do modelo.

Ex.3. Em um projeto de rede, as conexões ou nós devem ser realizadas de acordo com as necessidades, além das linhas que devem ser editadas para representar a realidade que se pretende. Tomando ainda como exemplo um projeto de rede, deve-se também associar os atributos (que em projetos específicos de rede são também chamados de *impedâncias*.)

Ex.4. Um modelo de dados organizado pra simular cenários do passado, presente ou futuro, (ex. Modelo da simulação da Produção Florestal), além das edições dos dados geográficos, necessita de uma organização na sua estrutura dos dados não-espaciais, para que a modelagem dos dados represente bem aquilo que se pretende alcançar no projeto, no momento de se efetivar consultas, agrupamento de atributos, etc..

Isso depende muito mais de um bom censo e experiência, conhecimento na área que se quer aplicar do que somente dos dados em si. É por isso que um dos elementos importantes de um SIG é o elemento recurso humano, além é claro de sua especialização, que pode ser fundamental para atingir aos objetivos.

Conclusão

Um banco de dados georreferenciado apoiado em um SIG, pode trazer benefícios mais simples, como a visualização de quaisquer informações antes obtidas com as ferramentas de inventário florestal, prognoses de crescimento entre outras estimativas e simulações, na forma de mapas direcionados para determinada variável ou atributo que se queira apresentar espacialmente.

Por outro lado, além das ferramentas de agrupamento de atributos do banco de dados bem como de consulta por expressão lógica, pode-se utilizar análises espaciais após a manipulação da informação até a produção de modelos digitais do terreno, onde as variáveis *x* e *y* continuem expressando as coordenadas de localização da informação, e a variável *z* deixe de expressar somente a altitude do terreno,

mas passe a indicar outras variáveis como o índice de sítio, a área basal, o diâmetro médio, o volume total por hectare, o volume para um determinado sortimento (laminação, por exemplo), as áreas destinadas à corte raso ou desbastes em um determinado ano ou mês, ou custos e receitas nas áreas de manejo, entre outras.

Muitas outras variáveis ou atributos (linguagem do SIG) podem

ser informações de grande importância para combinar as primeiras através de modelos matemáticos que relacionem os planos de informação na forma de modelo digital do terreno. Assim, forma, novas informações, resultantes da combinação de dados em um sistema de informações geográficas, podem trazer enormes benefícios à empresa, sobretudo nas questões de controle e planejamento.

Referência

FERRARI, R. *Viagem ao SIG: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica*. Curitiba: Sagres, 1997. 174 p.

FERRARI, R.; GARCIA, A. Proposta de uma estratégia para implementação de SIG's em administrações municipais brasileiras. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 1., 1994, Curitiba. *Anais ...* Curitiba: SAGRES, 1994. p. 31-40.

HEDGES, E. T. Supporting process re-engineering through incremental AM/FM implementation. Proceedings of the XVII ANNUAL AM/FM INTERNATIONAL CONFERENCE p. 270-278. Denver, USA, 1994.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. *A cultura do Pinus no Brasil*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160 p.

OLIVEIRA-FILHO, P. C. *Implementação de sistemas de informação geográfica para a gestão da empresa florestal*. 2001. 152 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

OLIVEIRA-FILHO, P. C.; GOMES, G. S.; DISPERATI, A. A. O Geoprocessamento como Suporte ao Manejo Sustentável da Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* A. ST.-HIL.) em Ambiente Natural. *Revista Floresta*, Curitiba, PR, v. 38, n. 1, p. 173-182, jan./mar. 2008.

OLIVEIRA-FILHO, P. C.; PICHETH, J. A. T. F. Definição de subunidades de manejo da erva-mate para a criação de geo-objetos poligonais em um sistema de informações geográficas. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, Guarapuava, v. 6, n. 2, p. 223-231, Jul/Dez 2004.

QUANDT, C. GIS como base do processo de planejamento: sistema de monitorização do crescimento urbano e infra-estrutura Los Angeles. CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 2., 1996, Curitiba. *Anais do GIS BRASIL 96...* Curitiba: SAGRES, 1996. p. 177-182.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. *Geoprocessamento e análise ambiental: aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand – Brasil, 2004. 368 p.