

A IMPORTÂNCIA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA APLICADO ÀS ATIVIDADES DE POLÍCIA MILITAR DE MEIO AMBIENTE. GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL NA PMMG

MARCKLEUBER FAGUNDES COSTA

1^o Tenente da PMMG, Pós-graduado em Geoprocessamento pela UFMG

Resumo: *Este artigo traz informações importantes para os militares empregados no policiamento de meio ambiente, com roteiro básico, métodos, materiais e passos para a implantação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para uso das Unidades de Polícia Militar que executam o policiamento de meio ambiente no Estado de Minas Gerais, além de demonstrar técnicas de geoprocessamento para as ações de prevenção e repressão aos crimes e infrações ambientais, através do mapeamento das ocorrências e localização de áreas degradadas, usando recursos de classificação e transformação de imagens de satélite em mapas temáticos dos locais a serem fiscalizados.¹*

Palavras-chave: *Sistema de Informação Geográfica, Geoprocessamento e Imagens de Satélite.*

1 INTRODUÇÃO

As infrações e os crimes contra o Meio Ambiente são, a cada dia, mais frequentes em todo o país. Pessoas e empresas sem consciência ambiental, preocupadas apenas com o lucro, e até mesmo cidadãos de bem, desinformados, contribuem para a devastação das matas e florestas, destruição da fauna terrestre e aquática, poluição dos rios, do ar e do solo.

A Polícia Militar de Minas Gerais mantém, em sua estrutura, a 7^a Companhia de Polícia Militar de Meio Ambiente, responsável pela atividade na 7^a e 8^a Região da Polícia Militar, e Companhias Especializadas, vinculadas aos Batalhões de Área, no interior do Estado, distribuídas estrategicamente, com a missão constitucional de prevenir, combater e educar face às ações degradadoras ocorridas contra o Meio Ambiente.

¹ Para uma descrição mais detalhada, poderá ser consultado, além da bibliografia apresentada, COSTA, Marckleuber Fagundes. Sistema de Informação Geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente no Estado de Minas Gerais. Estudo de Caso Lagoa Santa – MG. Belo Horizonte, UFMG 2002.

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

A vasta extensão territorial do Estado dificulta a fiscalização e contribui para o aumento dos crimes e infrações, principalmente aqueles contra a nossa Flora. A cada dia são descobertos mais e mais locais de desmates, de maneira tardia. Queimadas são provocadas, simulando incêndios florestais, com intuito de transformar áreas de mata nativa em pastagens.

Diante disso, faz-se necessário desenvolver um Sistema de Informação Geográfica para melhor compreender os fenômenos criminais contra o Meio Ambiente, de maneira tal que possibilite um melhor planejamento das ações e um maior conhecimento da área de atuação.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste artigo é sensibilizar os integrantes das Unidades que executam o Policiamento de Meio Ambiente da importância e necessidade da criação de um SIG, com a utilização de imagens de satélite, para identificar e localizar mudanças no meio ambiente, causadas por desmatamentos, queimadas, expansão urbana desordenada (loteamentos clandestinos), para planejamento mais objetivo das equipes de fiscalização em campo.

Mais especificamente, os objetivos são:

a) mapeamento de Crimes e Infrações Ambientais

Assim como o Geoprocessamento Criminal, já em uso pela Polícia Militar de Minas Gerais - PMMG, a utilização desta ferramenta nas atividades ligadas ao Meio Ambiente é fundamental e essencial no georreferenciamento das ocorrências afetas a crimes e infrações ambientais.

b) localização de Áreas degradadas

Através das imagens de satélite, usando técnicas de classificação de imagens, é possível a localização das áreas degradadas desconhecidas ou de difícil acesso, como desmates, atividades de extração mineral, áreas de expansão urbana (loteamento e chacreamento), poluição hídrica, queimadas, e outros tipos de degradação, gerando mapas temáticos desses locais.

c) acompanhamento do Índice de Supressão da cobertura vegetal

Através do comparativo entre imagens antigas e atuais de satélites, é possível identificar e mensurar a área desmatada em determinado período, fazendo uma projeção para o futuro, local onde incidirá uma maior fiscalização.

d) projeção de Áreas de Risco de Incêndio Florestal

Mapeamento de áreas sujeitas a incêndios florestais, com ocorrências por dia, hora, mês, local e período, de forma a identificar, com antecedência, os possíveis locais de incêndios para as épocas de seca. Nesses locais seriam intensificadas patrulhas preventivas, aceiros, conscientização da população local e treinamento de brigadas de incêndio. Para tal, poderão ser utilizados os dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela Internet.

e) mapeamento de rotas de tráfico de animais silvestres

O Estado de Minas Gerais possui uma imensa malha viária, por onde são transportados animais silvestres capturados ilegalmente nas regiões norte, nordeste e centro-oeste do país, que têm como destino os aeroportos e feiras clandestinas do Rio de Janeiro e São Paulo. A identificação correta dessas rotas, com a definição das rodovias, atalhos e desvios são fundamentais para o combate ao tráfico de animais. Nesses locais poderão ser intensificadas “blitz” e operações específicas, principalmente nos períodos de reprodução de determinadas espécies, onde a apanha, transporte e comércio tendem a aumentar.

3 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E GEOPROCESSAMENTO

3.1 Sistemas de Informação Geográfica

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é usado para definir sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferecem ao usuário uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum - a localização geográfica. Para que isso seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica.

O requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para SIGs. Para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar seus atributos e as várias representações gráficas associadas. Para esclarecer ainda mais o assunto, apresentam-se a seguir algumas definições de SIG:

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (Aronoff, 1989);

“Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (Burrough, 1986);

“Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados especialmente num ambiente de respostas a problemas” (Cowen, 1988).

A estrutura de um SIG, numa visão abrangente, pode ser indicada através dos seguintes componentes (Introdução ao Spring-INPE, 2002):

- interface com o usuário;
- entrada e integração de dados;
- funções de consulta e análise espacial;
- visualização e plotagem;
- armazenamento e recuperação de dados.

O relacionamento desses componentes é de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, um sistema de gerência de bancos de dados geográficos oferece armazenamento e recuperação dos dados espaciais e seus atributos.

De uma forma geral, as funções de processamento de um SIG operam sobre dados em uma área de trabalho em memória principal. A ligação entre os dados geográficos e as funções de processamento do SIG é feita por mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados.

3.2 Aquisição de dados em um SIG

Ao contrário de sistemas de banco de dados convencionais, o SIG é capaz de armazenar informações variadas, de natureza gráfica, como vetores e imagens. Para isso, é necessário que o SIG conte com módulos ou interfaces que permitam ao usuário incorporar dados e visualizar graficamente esses dados. Além disso, o sistema precisa ser capaz de detectar falhas e incorreções nos

dados gráficos, e sinalizá-los para o usuário antes de deixar que dados incorretos ou inconsistentes sejam incorporados ao banco de dados geográfico (Introdução ao Spring-INPE, 2002).

Em resumo, o SIG precisa ser capaz de:

a) permitir a digitalização de dados gráficos em formato vetorial, provendo os meios para associação (ou digitação) das informações alfanuméricas correspondentes. Para isso, precisa permitir a utilização de quaisquer tipos de dispositivos de entrada de dados, como mesas digitalizadoras, mouse, teclado (digitação de coordenadas), etc.;

b) permitir a associação de imagens digitais ao banco de dados, através de recursos de georreferenciamento de imagens ou mesmo através da integração da imagem ao banco. Para isso, precisa ser capaz de converter ou traduzir arquivos de imagem codificados em diversos formatos distintos para o formato adotado por ele;

c) realizar análises de consistência sobre os dados vetoriais, visando detectar incorreções na topologia ou inconsistências com relação ao modelo de dados. Essas incorreções incluem: erros de fechamento topológico (elementos poligonais), superposições indesejáveis, *undershoots*², *overshoots*³, etc.;

d) realizar procedimentos de “limpeza” ou correção sobre os dados adquiridos, visando melhorar sua qualidade e prepará-los para a incorporação ao banco de dados geográfico. Esses procedimentos incluem eliminação de vértices desnecessários, suavização de curvas, etc.;

e) receber, converter e tratar dados provenientes de outros sistemas de informação, diferentes projeções cartográficas, dados geográficos ou não, gráficos ou não, a partir de arquivos de diferentes formatos.

As funções de entrada de dados continuam a demandar uma fração desproporcionada dos recursos para a implantação de um SIG. Seu custo é às vezes um impedimento para a adoção de SIG em organizações. O que distingue os vários enfoques com relação à entrada de dados é o grau de automatização alcançado. Processos manuais são bastante propensos a erros, apesar da sofisticação dos dispositivos e software disponíveis, e a solução desses erros

² Fechamentos imperfeitos de elementos vetoriais (sobra de linhas).

³ Fechamentos imperfeitos de elementos vetoriais (linhas que não se encontram).

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG por procedimentos automáticos é lenta e custosa. A digitalização por processos mais automatizados (digitalização semi-automática e automática) é economicamente interessante e vai se tornar cada vez mais viável, à medida que cresce o custo de mão-de-obra e decresce o custo de equipamentos e software.

3.3 Escolha do Software

Os Softwares existentes no mercado que atenderiam as necessidades do SIG para as atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente têm um custo bastante elevado, o que seria ainda multiplicado inúmeras vezes quais fossem as Unidades que receberiam o Sistema. A aquisição de um Software pago para todas as Sedes de Companhias de Polícia de Meio Ambiente já seria bastante onerosa, e expandindo sua alocação para os Pelotões e Grupos de Polícia destacados, que é o objetivo final, faria com que o custo inviabilizasse qualquer projeto.

Como solução para o problema, pode ser utilizado o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), que é um software livre, em português, desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), e que oferece bons recursos para a implantação do SIG.

O SPRING é um banco de dados, para ambientes UNIX e Windows, com as seguintes características⁴:

a) opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados (sem limitações de escala, projeção e fuso), mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco;

b) trabalha com dados vetoriais, dados matriciais (“raster”), e realiza a integração de dados de Sensoriamento Remoto num SIG;

c) possui um ambiente de trabalho amigável, através da combinação de menus e janelas;

d) é capaz de operar com toda sua funcionalidade em ambientes que variem desde microcomputadores a estações de trabalho RISC de alto desempenho.

Uma outra característica extremamente importante é que a base de dados é única, isto é, a estrutura de dados é a mesma quando o usuário trabalha em um microcomputador (IBM-PC) e em uma máquina RISC (Estações de Trabalho

⁴ O que se segue foi baseado nas apostilas dos cursos de Introdução ao Spring e Banco de Dados Geográficos do INPE, também disponíveis na Internet, no endereço www.dpi.inpe.br/cursos.

UNIX), não havendo necessidade alguma de conversão de dados. O mesmo ocorre com a interface, a qual é exatamente a mesma, de maneira que não existe diferença no modo de operar o produto SPRING.

Baseado nessas características, o SPRING tem se mostrado uma opção altamente atrativa na área de geoprocessamento, pois, além de toda sua funcionalidade, é um software de domínio público.

O sistema SPRING constitui-se de quatro aplicativos ou programas executáveis, o “**Impima**” - utilizado para leitura de imagens e conversão para o formato GRIB (formato de imagem), o “**SPRING**” - programa principal do sistema onde serão modelados e processados os dados, o “**Scarta**” - programa que permite a elaboração de cartas a partir de dados previamente tratados no programa “**SPRING**” e o **Iplot** – utilizado para impressão do produto final.

Sendo o SPRING um sistema de Geoprocessamento, podemos defini-lo como um conjunto de ferramentas voltadas à coleta e tratamento de informações espaciais, além da geração de saídas na forma de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais, e outros, devendo prover recursos para armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise de dados. Os sistemas com essas características são também conhecidos como Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

A partir dos conceitos de SIG apresentados, é possível indicar as principais características em que o SPRING está incluído:

- a) integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- b) oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, além de ferramentas para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Além de todas as aplicações apresentadas, o SPRING oferece excelentes recursos de tratamento de imagens, e o mais interessante, possui um aplicativo, chamado SPRING WEB, para geração de páginas para Internet, que usa applets Java, evitando a necessidade de transmissão e instalação do plug-in e facilita a atualização ou evolução do software cliente. Permite, ainda, de maneira simples e rápida, a disponibilização de informações do SIG pela Internet, possibilitando a consulta e análise descentralizada do Banco de Dados.

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

3.4 Geoprocessamento

Os sistemas de Geoprocessamento normalmente armazenam a geometria dos mapas em arquivos e os atributos dos dados em bancos de dados convencionais (Dbase, Access, etc), o que caracteriza uma dualidade nos ambientes SIGs.

Os dados tratados em Geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados. Entretanto, os sistemas se restringem a tratar um ou mais tipos de dados. O SPRING trabalha com os seguintes tipos de dados:

a) TEMÁTICOS - contêm regiões geográficas definidas por um ou mais polígonos. Exemplos são mapas de temperatura ou tipo de vegetação de uma região. Esses dados são inseridos no sistema por digitalização ou, de forma mais automatizada, a partir de classificação de imagens;

b) CADASTRAL - distingue-se do temático pelo fato de que cada um de seus elementos é um objeto geográfico, que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Por exemplo, as Cidades do Estado de Minas Gerais são elementos do espaço geográfico que possuem atributos (nome da cidade, número de escolas existentes, população etc.) e que podem ter representações gráficas diferentes em mapas de escalas distintas;

c) REDE - também trata de objetos, porém as informações gráficas são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: arcos têm um sentido de fluxo e podem ter atributos associados, assim como os nós podem ter atributos associados. A topologia de redes constitui um grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas;

d) IMAGENS - Obtidas por satélites, fotografias aéreas ou “scanners” aerotransportados, as imagens representam formas de captura indireta de informação espacial. Armazenadas como matrizes, cada elemento de imagem, denominado “pixel”, tem um valor proporcional à reflectância do solo para a área imageada.

Pela natureza do processo de aquisição de imagens, os objetos geográficos estão contidos na imagem e, para individualizá-los, é necessário recorrer às técnicas de fotointerpretação e de classificação automática;

e) NUMÉRICOS - são utilizados para denotar a representação de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Usualmente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como teor de minerais ou propriedades do solo ou subsolo.

3.5 Classificação de Imagem

Classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos. O resultado final de um processo de classificação é uma imagem onde cada pixel contém a informação de uma classe, ou tema, associada ao ponto da cena correspondente. Esses diferentes valores de classes são representados por símbolos gráficos ou cores.

As técnicas de classificação (ou classificadores) podem ser divididas em classificadores por pixel ou por regiões e podem levar em conta uma ou mais bandas da imagem (no caso de imagens multiespectrais). Os classificadores por pixel utilizam a informação espectral de cada pixel isolado para rotular ou classificar, enquanto que os classificadores por regiões baseiam-se em um conjunto de pixels vizinhos que são primeiro agrupados em regiões homogêneas e depois classificados em um grupo⁵.

Os classificadores podem também ser divididos em supervisionados e não-supervisionados. Na classificação supervisionada, o usuário, numa etapa chamada treinamento, para cada classe que se deseja diferenciar na imagem aponta-se um conjunto de amostras dessa classe. Essas amostras serão usadas para determinar os parâmetros estatísticos usados no processo decisão sobre a que classe um pixel pertence. Todos os pixels serão classificados entre uma das classes definidas no treinamento.

Na classificação não supervisionada, o usuário não fornece esse tipo de informação a priori, e o sistema o determinará, usando um algoritmo de “clustering” ou agrupamento, para identificar tais classes.

O SPRING utiliza os classificadores conhecidos pelas siglas a seguir (LOPES, 2002):

- a) Ioseg, análise por regiões, não supervisionado;
- b) Bhattacharya, análise por regiões, supervisionado;

⁵ Para uma explicação mais detalhada o pesquisador interessado pode consultar SCHOWENGERDT, 1997 e RICHARDS, 1999 além dos manuais do SPRING disponíveis no site www.dpi.inpe.br.

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

- c) MaxVer, análise por pixel, supervisionado;
- d) MaxVer-Icm, análise por pixel, supervisionado;
- e) Distância Euclidiana, análise por pixel, supervisionado.

3.6 Programação através da linguagem espacial para geoprocessamento algébrico - legal

A linguagem LEGAL é fortemente baseada no modelo de dados SPRING (Introdução ao Spring-INPE, 2002). Os operadores atuam sobre representações de dados dos modelos Numérico (grades regulares), Imagem, Temático, Cadastral e Objeto. Os modelos Objeto e Cadastral são complementares, e essencialmente permitem a espacialização de atributos de tabelas de bancos de dados sob a forma de mapas cadastrais. A coerência entre modelo de dados e operadores é considerada na interpretação de sentenças da linguagem, garantindo um maior controle semântico na definição de modelos espaciais. Mensagens de erro de sintaxe e execução ajudam o usuário na construção de programas.

Um programa em LEGAL consiste de uma seqüência de operações descritas por sentenças organizadas segundo regras gramaticais, envolvendo operadores, funções e dados espaciais, categorizados segundo o modelo de dados SPRING, e representados em planos de informação e mapas cadastrais de um mesmo banco de dados/projeto SPRING. Planos das categorias Numérico e Imagem correspondem a representações em formato matricial. A maioria dos operadores sobre planos do modelo Temático também faz uso de representações matriciais. Mapas do modelo Cadastral, que representam espacialmente dados do modelo Objeto, fazem uso de representações no formato vetorial.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolvimento dos trabalhos, como base, pode ser observadas, a sugestão de materiais e a seqüência metodológica a seguir:

- a) criação do Banco de Dados;
- b) modelagem do Sistema (SIG);
- c) trabalhos de campo;
- d) registro de imagens;
- e) georreferenciamento de ocorrências.

4.1 Materiais

Para desenvolvimento do trabalho e criação de um Projeto, dentre outros, poderão ser utilizados: imagens dos satélites LANDSAT, CBERS, IKONOS, o software SPRING, boletins de ocorrência de Meio Ambiente, fotografias digitais, arquivos de coordenadas geográficas de ocorrências e arquivos de mapas vetorizados do Estado de Minas Gerais produzidos pelo GEOMINAS, baixados pela Internet (www.geominas.mg.gov.br).

4.2 Equipamentos de Processamento e de Apoio

No mínimo, uma unidade de processamento microcomputador Pentium III 1.7 Gh, 512 MB RAM, HD de 80 GB, com um monitor SVGA 17", unidade de CD-ROM 60x e impressora a laser, ou jato de tinta para formato A3. Aparelhos GPS de navegação e máquina fotográfica digital.

4.3 Aplicativos

Software SPRING com suas extensões: IMPIMA, SCARTA e ILOT, versão for Windows.

Os mapas vetorizados dos municípios, hidrografia, malha viária, sede municipal, clima, vegetação, relevo de Minas Gerais que podem ser adquiridos pela Internet, no Site do GEOMINAS. Os arquivos estão em formato SHAPEFILE, e podem ser usados como referência de limites e localização de rios, lagos, rodovias, municípios e pontos importantes nas imagens de satélite.

4.4 Seqüência Metodológica

4.4.1 Criação do Banco de Dados

O sistema de Banco de Dados em uso atualmente pela Polícia Militar de Minas Gerais não oferece os recursos necessários para utilização em Sistemas de Informação Geográfica. As ocorrências são cadastradas apenas por endereço de logradouro, dificultando e em muitos casos impedindo o cadastramento correto das ocorrências registradas pelas Companhias de Meio Ambiente, que são atendidas em grande quantidade no meio rural (distritos, lugarejos, leito e margem de rios, interior de matas, rodovias, etc..)

Tal sistema está sendo substituído, e para tanto foi necessário desenvolver um modelo de saída de dados que pudesse ser reconhecido pelo SPRING e usado no SIG.

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

Como teste, foram gerados vários arquivos e planilhas contendo os dados necessários para plotagem das ocorrências e atualização de suas tabelas de atributos. Originariamente as planilhas foram criadas em formato word, contendo dados resumidos das ocorrências atendidas. Aliados a essas planilhas foram gerados, também, Boletins de Ocorrência digitalizados, em formato word e fotos digitais das ocorrências em formato jpg ou gif.

As planilhas geradas em word foram transformadas em formato excel onde foram organizadas na seqüência requerida pelo Sistema. Feito isto, os dados foram importados para um arquivo de texto (formato txt) que recebeu a formatação adequada, como cabeçalho, espaçamento e fonte. Feitos esses procedimentos, o arquivo texto teve sua extensão txt substituída por spr, estando pronto para ser importado para dentro do Banco de Dados do SIG.

Após os testes, foi definido o modelo de arquivo de texto em formato ASCII-SPRING⁶, do Sistema SPRING, apropriado para o SIG desenvolvido. A vantagem de tal arquivo é a sua flexibilidade na entrada de novos atributos, que pode ocorrer a qualquer momento, independente da existência prévia de tal dado.

No novo sistema de Banco de Dados a ser usado pela Polícia Militar de Minas Gerais, a partir da implantação do Sistema Integrado de Defesa Social (SIDS), tais procedimentos serão bem mais simples, uma vez que está sendo projetada a saída dos dados já no formato aceito pelo SIG proposto.

Para isso foi sugerido a criação e incorporação no novo Boletim de Ocorrências da Folha Complementar de Policiamento de Meio Ambiente (que está fazendo parte do Boletim de Ocorrência em teste pela PMMG desde 01 de janeiro de 2003), além da inserção de dados fundamentais para plotagem das ocorrências diretamente nas imagens de satélite, como as coordenadas geográficas do fato.

4.4.2 Modelagem do Sistema (SIG)

Após a organização do Banco de Dados e a elaboração de um arquivo de saída compatível com o SPRING (ou geração do arquivo via SIDS), deve ser criado, dentro do ambiente do SPRING, um banco de dados intitulado, por exemplo, SIG Meio Ambiente.

⁶ Um dos formatos de arquivo reconhecidos pelo software SPRING.

Marckleuber Fagundes Costa

Como sugestão para criação do Banco de Dados SIG Meio Ambiente, deverá ser definida a área de trabalho, que poderá ser toda a área da Unidade. Para definição dessa área de trabalho, deve ser criado um projeto, ao qual será dado um nome, como, por exemplo, 4ª REGIÃO MEIO AMBIENTE, onde serão tratados todos os assuntos afetos ao meio ambiente na região da 4ª Região da Polícia Militar (4ª RPM). Na criação desse projeto, deverá ser definido o sistema de projeções, sendo sugerido o Sistema UTM, Modelo da Terra SAD/69 em Longitude e Latitude. Deverá ser definido o retângulo envolvente do projeto, que corresponde à área de trabalho, que neste exemplo é toda a área da 4ª RPM.

Criado o projeto, devem ser definidos os Modelos de Dados. Como sugestão inicial, podem ser criadas as seguintes Categorias no Modelo Cadastral: Hidrografia, que contém os principais cursos d'água do Estado de Minas Gerais; Municípios, que possui a divisão municipal de Minas Gerais; Malha Viária, com as principais rodovias federais e estaduais de Minas Gerais e Ocorrências, contendo as ocorrências registradas pelas frações de Meio Ambiente. Deverá ser definida, também, uma Categoria no Modelo Imagem, com o nome de Imagem, possuindo imagens de satélite da área de trabalho.

Após a criação do Modelo de Dados, devem ser criados os Planos de Informação (PI), definidos de acordo com cada categoria. Para Hidrografia, o PI Hidro; para Malha Viária, o PI Rodov; para Municípios, o PI DivMunic; para Ocorrências, os PI's Fauna, Flora, Pesca e Degradação.

Após a modelagem do Banco de Dados e criação do Projeto, com a definição das Categorias e Planos de Informação, devem ser desenvolvidos os trabalhos de importação de imagens e vetores para tratamento dentro do Sistema.

4.4.3 Trabalho de Campo

O trabalho de campo tem como objetivo principal colher coordenadas geográficas de feições conhecidas do terreno e facilmente reconhecidas na imagem, para que sejam utilizadas como pontos de controle para o registro das imagens de satélite.

Outro objetivo do trabalho de campo é, depois de concluídos os trabalhos de identificação de áreas desmatadas, conferir os dados e verificar a confiabilidade do Sistema desenvolvido, tendo como exemplo, a checagem de desmate localizados "in loco".

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

4.4.4 Registro das Imagens

O registro de uma imagem compreende uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. No SPRING, esse sistema de referência é, em última instância, o sistema de coordenadas planas de uma certa projeção cartográfica. Como qualquer projeção cartográfica guarda um vínculo bem definido com um sistema de coordenadas geográficas, pode-se dizer então que o registro estabelece uma relação entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas.

Outros termos comuns para a designação do procedimento de registro são geocodificação e georreferenciamento. É importante, contudo, fazer uma distinção clara entre registro e correção geométrica. O processo de correção geométrica de imagens elimina as distorções geométricas sistemáticas introduzidas na etapa de formação das imagens, enquanto o registro apenas usa transformações geométricas simples (usualmente transformações polinomiais de 1º e 2º graus) para estabelecer um mapeamento entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas.

O registro é uma operação necessária para se fazer a integração de uma imagem à base de dados existente num SIG. O registro também é importante para se combinar imagens de sensores diferentes sobre uma mesma área ou para se realizar estudos multi-temporais, caso em que se usam imagens tomadas em épocas distintas (Introdução ao Spring-INPE, 2002).

Para o registro das imagens, deverão ser colhidas as coordenadas em campo, com um GPS, podendo ser os de navegação para as imagens de resolução igual ou menor que 15 (quinze) metros. Para imagens de alta resolução, recomenda-se, para o registro, o uso de aparelhos de GPS de precisão.

4.4.5 Georreferenciamento das Ocorrências

As ocorrências podem ser georreferenciadas pelas coordenadas geográficas colhidas pelo policial-militar no local do fato ou fornecidas, após implantação do SIDS, pelo Sistema. Dentro do Projeto, deve ser criada uma categoria denominada OCORRÊNCIAS, com 05 (cinco) planos de informação: Degradação, Fauna, Flora, Pesca e Diversas (ou Atípicas, Outras, etc.), que se referem à divisão de setores de ocorrências atendidas adotado pelo Policiamento de Meio Ambiente.

Marckleuber Fagundes Costa

Para dentro de cada plano de informação serão importados os arquivos correspondentes às ocorrências de cada setor.

As ocorrências podem ser separadas visualmente, na imagem, pelas seguintes cores: Degradação, cor amarela (yellow 1); Fauna, cor vermelha (red 7); Flora, cor rosa (magenta 1), Pesca, cor azul (blue 7) e Diversas, cor laranja (orange 1).

Por haver uma tabela de atributos agregada ao ponto, é possível efetuar consultas por ocorrência, via tela (na imagem) ou pela própria tabela (PAIVA, 2002). O resultado da consulta é uma tabela resumida, onde é criado um *link* com um banco de dados acessório, com arquivos de texto, imagem e endereço na Internet.

De forma rápida e simples, é possível, através da tabela resumida de atributos, visualizar o boletim de ocorrência registrado, as fotos digitais, qualquer documento ou arquivo digital ou até mesmo um endereço na Internet.

Esse recurso é fundamental para pesquisa de ocorrências e principalmente para localização espacial de cada fato. Sabendo, pela visualização na imagem de satélite, onde está havendo maior incidência de determinado tipo de delito ou infração contra o meio ambiente, o Comandante da Fração responsável pelo policiamento na região poderá priorizar aquelas áreas mais críticas, escalando as patrulhas onde realmente têm ocorrido os fatos.

A tabela de atributos poderá ser alimentada com quaisquer dados que sejam comuns ou não em todos ou boletins de ocorrências, conforme a demanda de cada localidade.

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Este item apresenta os resultados que podem ser obtidos com o SIG, como a identificação de áreas desmatadas através da comparação de imagens de satélites, a elaboração de mapas e até mesmo a projeção de áreas de risco.

5.1 Localização de Áreas Desmatadas (Degradadas)

Tomando por base uma imagem de satélite, podendo ser LANDSAT, de um ano de referência (ideal, para o início, de dois anos atrás) e uma atual, deve ser feita a classificação das imagens com, no mínimo, 04 (quatro) temas: Vegetação, Solo Exposto, Área Urbana e Água, para cada imagem.

Através do recurso de “acoplar telas” existente no painel de controles do SPRING, poderá ser feita a localização visual de mudanças no uso do solo entre a imagem atual e a antiga.

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

Para comprovar os resultados, o procedimento pode ser repetido entre as 02 (duas) imagens classificadas e posteriormente entre as imagens classificadas e as imagens de satélite.

O recurso de “acoplar telas” existente no SPRING permite que duas imagens de uma mesma área sejam acopladas ou sobrepostas para análise visual. Após as imagens terem sido acopladas, uma pequena área deve ser selecionada com o cursor do *mouse* que percorrendo toda a imagem mostra, na área selecionada, os detalhes da imagem que está por baixo.

Outra boa aplicação para o recurso de “acoplar telas” é a verificação do registro de imagens. Usando os métodos já descritos, depois de feito o registro da imagem por outra ou por carta escaneada, é possível verificar os resultados obtidos.

5.2 Análise da mudança de uso da cobertura do solo

Para a análise da mudança da cobertura do solo, pode ser feita a sobreposição do tema Vegetação da imagem classificada atual (usar a cor verde) e do tema Vegetação da imagem classificada antiga (usar a cor vermelha). O que aparecer em vermelho é a área desmatada no período.

Utilizando a programação em LEGAL, podem ser gerados mapas de Área total desmatada no período analisado, através do recorte da vegetação existente na imagem antiga e da existente na imagem atual. Trabalhando com imagem Landsat, com resolução de 25 metros, o menor ponto localizado terá área de 625 metros quadrados. Essa medida corresponde à área do pixel, portanto algumas áreas identificadas, deste tamanho, necessitam de maior atenção, pois podem realmente corresponder a um local desmatado ou simplesmente ser um ruído de classificação.

Nas áreas onde são identificados locais mais significativos de desmates e degradações, podem ser criados pontos através da ferramenta de Edição Topológica existente no SPRING. Esses pontos poderão ser importados para um arquivo de texto, contendo as coordenadas geográficas de cada local.

5.3 Conclusões e Sugestão

A implantação do Sistema de Informação Geográfica para uso das atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente, com uso de técnicas de Geoprocessamento para o georreferenciamento das ocorrências atendidas, através das imagens de satélite, é uma ferramenta fundamental para que o Comandante de determinada área possa aferir, de maneira fácil e clara, os fatos ocorridos no espaço territorial sob sua responsabilidade, oferecendo informações importantes para melhor emprego do efetivo.

Marckleuber Fagundes Costa

Outro recurso fundamental é a localização de áreas desmatadas através da classificação e comparação de imagens de satélite de épocas diferentes de um mesmo local, que possibilitará a localização e o dimensionamento de áreas desmatadas em locais de difícil acesso ou ocultadas no interior de matas.

As áreas de atuação das Unidades de Polícia de Meio Ambiente são, em sua totalidade, bastante extensas, ocasionando grandes deslocamentos das viaturas em patrulhamento, que em grande parte é feito em meio rural, onde as estradas e os acessos são precários e mal sinalizados, ocorrendo constantemente erros de percurso. Através do recurso de localização de áreas desmatadas com os pontos georreferenciados por coordenadas geográficas, utilizando aparelhos GPS, tais erros praticamente não iriam mais ocorrer, havendo, além de melhoria no atendimento da ocorrência, economia de tempo, do veículo e de combustível.

Diante das boas aplicações oferecidas pelo SIG, sugiro a criação de um Laboratório de Análise de Crimes e Infrações Contra o Meio Ambiente, que será responsável pela elaboração inicial dos trabalhos, assessoria e treinamento de pessoal, junto as Unidades de Meio Ambiente em toda a Corporação. Nas sedes das Unidades de Meio Ambiente, ou nas sedes de RPM, seriam implantados Núcleos de Estatística e Geoprocessamento Ambiental, vinculados às P/3, que seriam responsáveis em gerenciar o Sistema localmente, além de receberem informações pré-trabalhadas oriundas do Laboratório, para análise e distribuição setorial dentro dos limites de responsabilidade da Unidade envolvida.

***Abstract:** This article brings important information for the personnel assigned to the environmental policing, with basic script, methods, materials and steps for the implantation of the Geographical Information System (GIS) to be used by the Units of Military Police that execute the environmental patrolling in the State of Minas Gerais, and also demonstrate the techniques of geoprocessing in the actions of environmental prevention and repression to the crimes and infractions, through the mapping of the occurrences and localization of degraded areas, by using resources of classification and by turning the satellite images into thematic maps of the places to be controlled.*

***Key words:** Geographical Information System, geoprocessing and satellite images.*

A importância da implantação de um sistema de informação geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente. Geoprocessamento Ambiental na PMMG

REFERÊNCIAS

Apostila teórica, *Introdução ao Spring*. São José dos Campos: INPE, 2002

ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: a management perspective*. Ottawa: DL Publications, 1989. 249 p.

BURROUGH, P. A. (1986). *Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment*. Clarendon Press, Oxford. 194 p.

COSTA, Marckleuber Fagundes. *Sistema de Informação Geográfica aplicado às atividades de Polícia Militar de Meio Ambiente no Estado de Minas Gerais. Estudo de Caso Lagoa Santa-MG*. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

COWEN, D. J. *GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences photogrammetric engineering and remote sensing 54*: 1551-4, 1988.

LOPES, Eymar S.S. *Tutorial 10 aulas Spring 3.6*. São José dos Campos: INPE, 2002.

PAIVA, João Argemiro. et al. *Banco de Dados Geográficos - Exercícios Práticos*. São José dos Campos: INPE, 2002.

RICHARDS, John A. *Remote Sensing digital image analysis: an introduction*. Springer, 1999.

SCHOWENGERDT, Robert A. *Remote Sensing, models and methods for image processing*, 2ª Edição, 1997.