

Sete Lagoas, MG
Dezembro, 2012

Daniel Pereira Guimarães
Eng. Florestal,
Doutor em Manejo Florestal,
Embrapa Milho e Sorgo,
daniel.guimaraes@embrapa.br

Fernando Martins Pimenta
Bacharel em Engenharia de
Biossistemas
Graduando em Engenharia
Agrônoma pela
Universidade Federal de São
João del-Rei
Bolsista Fapemig/Embrapa
fernandomartinspimenta@
yahoo.com.br

Elena Charlotte Landau
Bióloga,
Doutora em Zoneamento
Ecológico-Econômico,
Agroclimatologia e
Geoprocessamento,
Embrapa Milho e Sorgo,
charlotte.landau@embrapa.br



A Integração Google Earth-SIG-Servidor de Mapas e o Monitoramento Ambiental

Introdução

A população da Terra atingiu recentemente a expressiva marca de sete bilhões de pessoas, representando um incremento de cerca de um bilhão de indivíduos à população existente no final do século XX. O aumento da demanda por alimentos e insumos para a melhoria da qualidade de vida dos países de altíssimas densidades demográficas, como a China e a Índia, vem causando fortes impactos sobre os recursos naturais do planeta. No Brasil, a expansão das áreas cultivadas e o uso da terra para a produção de biocombustíveis representam outros fatores de pressão sobre o meio ambiente. Todos esses fatores conduziram para a urgência no monitoramento contínuo do uso e da ocupação do solo visando à adoção de medidas de controle e a implementação de políticas direcionadas para o uso sustentável do meio ambiente. Nesse contexto, as técnicas tradicionais de sensoriamento remoto passaram por amplos avanços para a integração com sistemas virtuais, como as plataformas Google Earth (www.earth.google.com) e World Wind da NASA (www.worldwind.arc.nasa.gov), o servidor de mapas do Google Maps (www.maps.google.com), o Virtual Earth da Microsoft (www.bing.com/maps), e o servidor de mapas da Yahoo (www.maps.yahoo.com). A disponibilização das informações geoespaciais também sofreu dramáticas alterações com o desenvolvimento dos sistemas GeoWeb ou servidores de mapa em que as bases de dados passaram de um público restrito e especializado em técnicas de sensoriamento remoto para todos aqueles que possuem acesso à internet. O Google Earth atingiu a expressiva marca de um bilhão de downloads apenas seis anos após sua criação. Nesse trabalho serão demonstradas formas simples e eficientes de integrar as tecnologias Google Earth, programas de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e servidores de mapas para a Web.

A Plataforma Google Earth

A geração do globo terrestre virtual teve início com a empresa *Keyhole Inc* a partir da superimposição de imagens de satélite sobre o modelo digital de elevação da superfície terrestre e a criação de mecanismos eficientes de navegação. O relevo digital do globo terrestre virtual em três dimensões foi obtido a partir das imagens geradas pela missão SRTM (*Shuttle Radar Mission Topography*) da agência espacial americana - NASA no *datum* geocêntrico WGS-84. A missão SRTM foi lançada em fevereiro de 2000 e o ônibus espacial *Endeavour* levou ao espaço um radar interferométrico que foi estendido em uma haste telescópica de 60 metros de comprimento. A estereoscopia orbital foi formada pela emissão do pulso do radar instalado na ponta da haste e a recepção de seu retorno em receptor instalado no corpo da nave espacial. Cerca de 80% da cobertura terrestre foi imageada pela missão e as áreas faltantes referem-se às regiões polares. A Figura 1 mostra as áreas do globo terrestre cobertas pelo levantamento da missão SRTM em resolução espacial de 30 metros, porém são disponibilizadas apenas para os Estados Unidos e degradadas para a resolução de 90 metros para os demais países. Atualmente o relevo digital com resolução de 30 metros obtido pelo satélite *Aster* é disponibilizado livremente e resoluções ainda menores são fornecidos por satélites comerciais com imageamento em posição oblíqua.

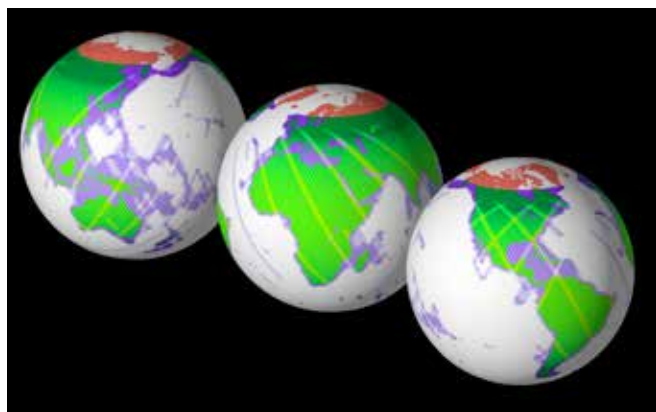


Imagem: JPL/NASA

Figura 1. Áreas do globo terrestre cobertas pela Missão SRTM da NASA.

Os modelos digitais de elevação (MDE ou DEM, em inglês), obtidos pela missão SRTM, são disponibilizados livremente em sites como CGIAR (<http://srtm.csi.cgiar.org/>) e EarthExplorer (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) do USGS. No Brasil, Guimarães et al. (2009) usaram essa base para a geração do relevo digital dos municípios brasileiros, incluindo classes de declividade dos terrenos, curvas de nível, exposição solar e índices de rugosidade. Valeriano (2005) utilizou da técnica de *Krigagem* para a interpolação entre pontos altimétricos possibilitando a conversão do MDE-SRTM de 90 metros para a resolução espacial de 30 metros em todo o território brasileiro.

Portanto, o modelo de elevação digital obtido pela Missão SRTM da NASA, georreferenciado no *Datum* geocêntrico WGS-84, constitui o arcabouço do globo virtual. Outra missão da NASA de fundamental importância para a criação dessa tecnologia foi a Missão Landsat iniciada em 1972 e que perdura até os dias atuais com o lançamento do satélite Landsat 8. Utilizando-se da fusão entre bandas de resolução espacial de 30 metros e a banda pancromática de 14.5 metros, foi criado o Projeto GeoCover, em que toda a superfície correspondente àquela imageada pela Missão SRTM foi também recoberta por mosaicos de imagens de média resolução e baixa incidência de nebulosidade. A Figura 2 mostra as áreas cobertas pelo Projeto GeoCover (Imagens de satélite Landsat 7) cujas imagens foram tomadas em 1990 e 2000. A superposição do mosaico sobre o relevo digital do terreno envolveu ortorretificação de 8.500 imagens.



Imagem: NASA

Figura 2. Mosaicos de imagens Landsat 7 do Projeto GeoCover da NASA.

O desenvolvimento do sistema somente foi possível com a incorporação de tecnologias de programação computacional para implementar os processos de navegação virtual georreferenciada.

A partir de 2005, o Virtual Earth da Keyhole foi adquirido pela Google, passando sua denominação para Google Earth. Desde então, significativas alterações vêm sendo implementadas nessa plataforma, especialmente no que se refere à melhoria da qualidade de resolução, precisão de georreferenciamento e atualização das imagens. Essas melhorias têm levado à preocupação em questões ligadas à segurança nacional de alguns países. No entanto, muitos especialistas em SIG ainda se mostram céticos em relação à aplicabilidade da plataforma Google Earth para fins científicos. Oliveira e Saito (2012) chamam a atenção para a falta de confiabilidade das imagens e camadas vetoriais postadas pelos usuários no Google Earth, cuja autenticidade e veracidade não podem ser auditadas. De acordo com os autores, "O problema deste tipo de sistema reside no fato de que alocar informações num SIG, sejam estas vetores, toponímias, iconografias ou sonogramas, requer critérios científicos e bases teóricas de escala cartográfica, sistema de projeções, datum, etc, sob pena de mutilar a credibilidade da informação e de comprometer seu uso, consequentemente, seu caráter multifinalitário. Assim, o uso não recreacional destas informações, se realizado, requer uma auditoria dos dados, que por vezes implica um esforço superior ao de iniciar uma base cartográfica a partir do marco zero".

Apesar da multiplicidade de fontes, data de aquisição e resolução das imagens que compõem a plataforma Google Earth, vários trabalhos atestam a viabilidade de sua utilização para o monitoramento ambiental. Soares et al. (2010) analisaram a qualidade das imagens Google Earth para o município de Pato Branco, PR, e concluíram pelo atendimento do

Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) compatível com a escala de 1:30000. Silva e Nazareno (2009) analisaram a precisão da imagem disponibilizada pelo Google Earth para Goiânia, GO, e comprovaram o atendimento ao PEC classe A na escala de 1:5000 e um nível de confiabilidade de 90%. Em análises similares, Oliveira et al. (2009) demonstraram que a precisão das imagens de São Leopoldo, RS, são compatíveis com a escala de 1:15000. Além da superfície terrestre, o Google Earth disponibiliza informações detalhadas do relevo submarino, da Lua e de Marte.

A linguagem **kml** (*Keyhole Markup Language*) constitui a interface entre o Google Earth e o usuário, sendo uma linguagem de marcação de padrão aberto que permite a exibição de dados geográficos em geonavegadores, tais como pontos, linhas, polígonos e imagens. Em sua forma compactada é denominada **kmz**. A Figura 3 exemplifica o uso da linguagem kml para a alocação de imagens na tela do Google Earth (*screen overlay*) e a Figura 4 mostra também a adição de imagem no globo virtual (*ground overlay*). Para a sobreposição de imagens no terreno, recomenda-se o uso de programas com capacidade de subdivisão da imagem (*tiles*) para facilitar a compactação e navegabilidade.

Alguns programas gratuitos também permitem a conversão entre vetores (pontos polígonos e linhas) para o formato **kml**, ou vice-versa, com extrema facilidade, como, por exemplo, os programas *kml2shp* e *shp2kml* distribuídos livremente no site www.zonums.com. Além da vantagem de carregar simultaneamente uma enorme quantidade de bases vetoriais, são permitidas funcionalidades adicionais,

como a adição de informações temáticas e separação dos atributos em grupos de cores distintas.

A Integração Google-SIG

Os Sistemas de Informações Geográficas são conjuntos de programas e procedimentos computacionais que permitem a análise, integração espacial, gestão e representação do espaço geográfico e dos fenômenos que nele ocorrem organizadas numa base de dados espaciais (JONES, 1997; ROCHA, 2007; BLASCHKE; KUX, 2009).

Os SIGs integram diversas fontes de informações geográficas: cartas topográficas, mapas temáticos, produtos obtidos através de sensoriamento remoto (imagens de satélites) e de levantamentos aerofotogramétricos, mapas em formato vetorial ou matricial, dados amostrados em campo com coleta da localização geográfica, dados georreferenciados através de equipamentos GNSS (*Global Navigation Satellite System*), modelos digitais de elevação (MDE ou DEM), modelos espaciais, simulações, etc (PIMENTA et al., 2012).

A integração Google-SIG pode ser feita através de softwares comerciais, tais como ArcGis, Global Mapper, Erdas, MapInfo ou através de softwares livres. Os softwares livres vêm recebendo grandes avanços, principalmente em função da criação da OSGeo (*Open Source Geospatial Foundation*) e a implementação de novas funcionalidades no formato de plug-ins, permitindo ao usuário ter acesso a uma gama de ferramentas que somente eram acessíveis nos programas comerciais. Outras vantagens são a possibilidade de definir os módulos de interesse do usuário e a robustez dos programas que conseguem



Figura 3. Comandos para a alocação de imagem (logomarca da Embrapa) na tela do Google Earth (*screen overlay*).



Figura 4. Logomarca da Embrapa inserida na tela do Google Earth (*screen overlay*) e Mosaico de imagens Landsat 5 - 2011, do Rio de Janeiro, sobreposto ao terreno (*ground overlay*).

muitas vezes suplantam os softwares comerciais. Os softwares livres Quantum Gis, MapWindow, gvSIG e GRASS conseguem extrair informações do relevo de modelos de elevação digital (declividade, curvas de nível, exposição solar, rugosidade do terreno e delineamento de bacias hidrográficas) de áreas enormes (estados brasileiros, por exemplo) de maneira mais rápida e eficiente que a maioria dos softwares comerciais.

Quantum GIS

Quantum GIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) Open Source, licenciado sob GNU GPL (*GNUS General Public License*). É um projeto oficial da *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo, 2012). Existem versões para Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android, tem suporte para diversos formatos de dados vetoriais, matriciais e banco de dados. Quantum GIS fornece um número continuamente crescente de recursos fornecidos por funções principais e plug-ins. Pode-se visualizar, gerenciar, editar, analisar dados e compor mapas imprimíveis (NANNI et al., 2012).

As principais características do Quantum GIS incluem:

- 1) Visualização direta dos dados vetoriais e raster em diferentes formatos e projeções. Os formatos suportados incluem:
 - PostGIS e Spatialite;
 - a maioria dos formatos vetoriais suportados pela biblioteca OGR, incluindo shapefiles ESRI, MapIn-

fo, SDTS (*Spatial Data Transfer Standard*) e GML (*Geographic Markup Language*);

- formatos raster suportados pela biblioteca GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*), tais como modelos digitais de elevação, fotografias aéreas ou de imagens Landsat;
- integração com software GRASS;
- integração de servidores on-line de dados espaciais como OGC-compliant WMS (*Web Map Services*), WMS-C (Tile cache), WFS (*Web Feature Services*) e WFS-T.

2) Mapeamento e exploração interativa de dados espaciais. Ferramentas incluem:

- reprojeção on-the-fly;
- compositor de layout de impressão;
- overview;
- marcadores espaciais;
- identificar / selecionar feições;
- editar/visualizar /pesquisar atributos;
- rotulagem de feições;
- sobreposição de camadas;
- simbologia avançada vetorial e raster;
- grid;
- decorações de mapa, como rosa dos ventos, barra de escala e legendas.

3) Criar, editar e exportar dados espaciais por meio de:

- ferramentas de digitalização vetorial;
- calculadora raster;
- plug-in de Georreferenciamento;
- ferramentas de GNSS (*Global Navigations Satellite System*) para importar e exportar formato GPX, converter outros formatos de GPS para GPX, ou

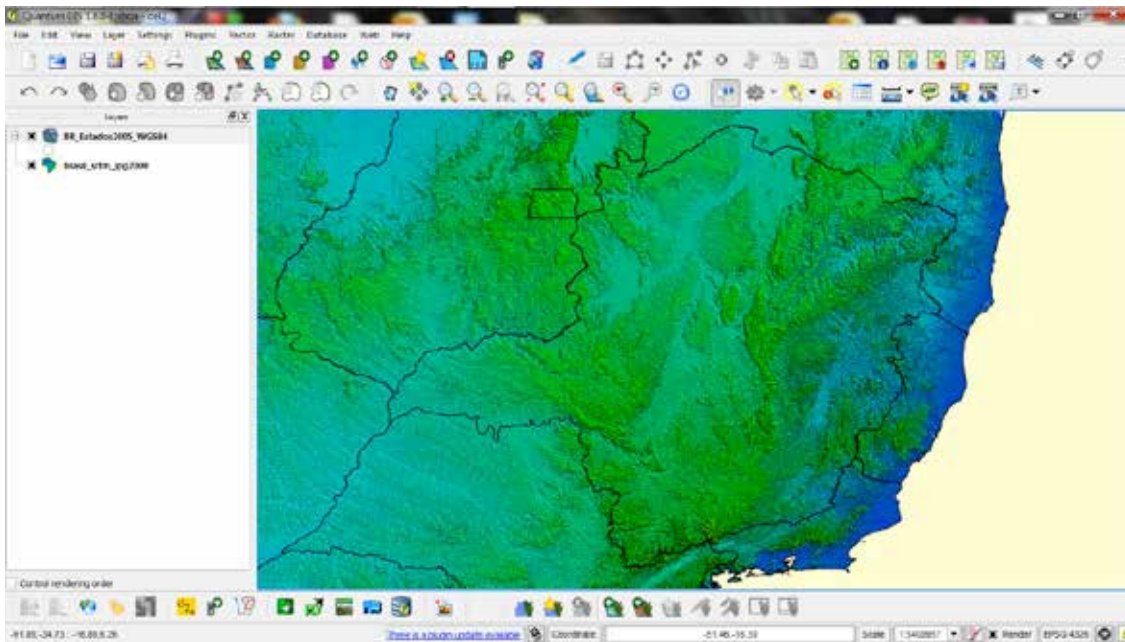


Figura 5: Interface do software Quantum GIS 1.8.0 - Lisboa

transferir dados diretamente para uma unidade de GPS.

4) Realizar análises espaciais, incluindo:

- álgebra de mapas;
- análise de terreno;
- modelagem hidrológica;
- análise de rede;
- e muitos outros.

5) Publicar o seu mapa na internet usando o QGIS Server ou o plugin "MapServer Export" (requer UMN MapServer)

6) QGIS pode ser adaptado às necessidades de qualquer usuário através da arquitetura de plug-ins extensível.

Uma das grandes vantagens do Quantum Gis sobre outros SIGs, incluindo softwares comerciais, é sua capacidade de operacionalizar análises em bases rasterizadas de maneira rápida e eficiente. A Figura 6 ilustra a aplicação do QuantumGis para a determinação da declividade do terreno, expressa em %, do Estado do Mato Grosso, a partir de modelo de elevação digital do SRTM. Nesse caso, uma imagem no formato TIF de dimensões 20452 x 14204 pixels e 554 megabites de tamanho foi convertida para uma imagem de declividade com dimensão de 1090 megabites no tempo de 35 segundos.

MapWindow

Software livre e gratuito desenvolvido pelo Laboratório de Software Geospacial e alunos da Utah State University, em 2005, podendo ser acessado no endereço www.mapwindow.org. Dentre suas funcionalidades, ressalta-se a inclusão de imagens em formatos supercompactados, como MrSid e JPEG 2000, e a possibilidade de ser customizado com o uso de interfaces de programação de aplicativos (API – *application programming interface*). O programa permite a importação e exportação de arquivos **kml** para visualização na Plataforma Google Earth, Google Maps e outros softwares através do *plug-in Shape2Earth* que inclui a incorporação

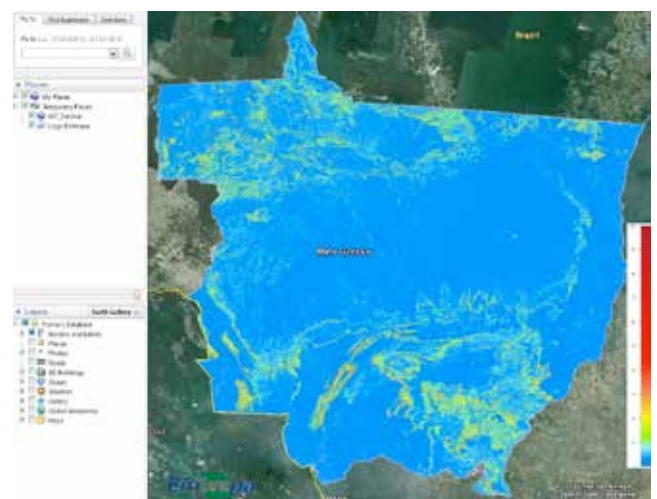


Figura 6. Declividade do terreno no Estado do Mato Grosso a partir de modelo de elevação digital SRTM obtida a partir do QuantumGis – versão 1.8 Lisboa.

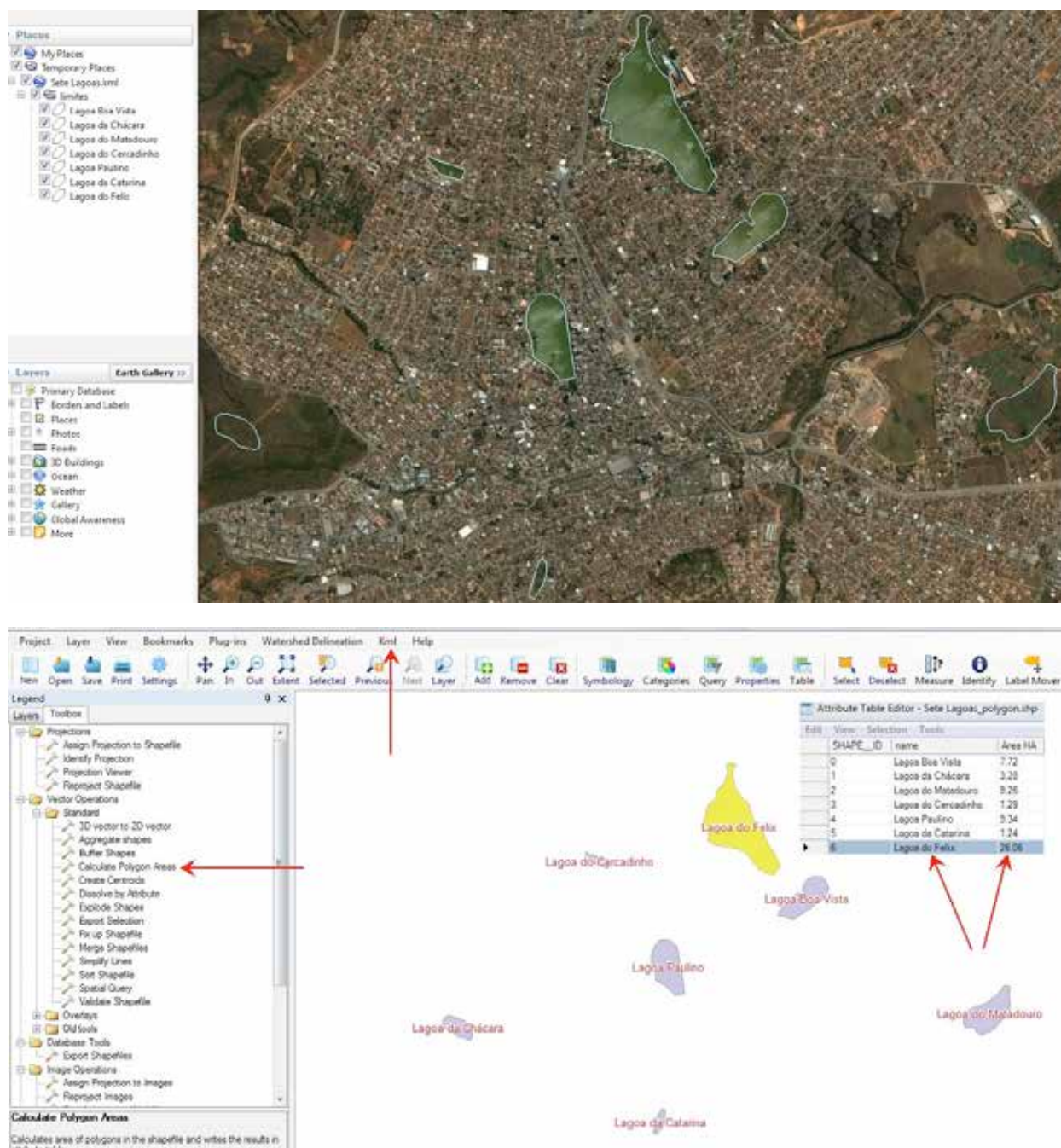


Figura 7. Uso do software MapWindow para a importação de arquivos vetoriais no formato kml e determinação de áreas – exemplo de Sete Lagoas, MG.

de atributos e cálculo de áreas de maneira rápida e eficiente. A Figura 7 mostra a digitalização, no Google Earth, de polígonos de contorno das sete lagoas que deram o nome ao município de Sete Lagoas, MG, e a conversão dos polígonos para o formato shapefile e suas respectivas áreas com o uso de aplicativos disponíveis no software MapWindow.

Outras funcionalidades importantes do software MapWindow referem-se à delimitação de bacias hidrográficas a partir de modelos de elevação digital

de terreno (DEM) e à geração de bases para a integração com o Mapserver.

GRASS GIS

Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) é um Sistema de Informações Geográficas livre utilizado para o gerenciamento e a análise de dados geoespaciais, processamento de imagem, produção de mapas e gráficos, modelagem espacial e visualização. Originalmente desenvolvido pelo *U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories* (EUA-CERL, 1982-1995) como ferramenta

para a gestão da terra e planejamento ambiental. GRASS GIS tem evoluído em diversas aplicações em diversas áreas de pesquisa científica, e GIS é utilizado em todo o mundo por instituições acadêmicas e comerciais, bem como por muitas agências governamentais (NASA, NOAA, USDA, DLR, CSIR, USGS, entre outras) e empresas de consultoria ambiental. GRASS GIS é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) (GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2012).

Algumas funcionalidades:

- **Análise de Imagem (matriz e raster):** conversão automática entre vetores e imagens no formato raster, geração de zonas de *buffer*, tabela de cores, análise de covariância e correlação, álgebra de mapas, preenchimento de falhas, análise matricial;
- **Análise de Imagem-3D:** importa e exporta dados 3D, máscaras 3D, álgebra de mapas 3D, interpolação 3D (Figura 8);
- **Análise Vetorial:** gera contornos a partir de superfícies raster, digitalização, superposição de camadas vetoriais (Figura 9);
- **Point data analysis:** triangulação de Delaunay, interpolação, polígonos de Thiessen, análises topográficas (curvatura, declividade, aspecto);
- **Processamento de Imagens:** detecção de borda, filtragem (Fourier, matriz de convolução), transformação de Fourier e inversa de Fourier, transformação IHS para RGB e RGB para IHS, retificação de imagens, retificação de Ortho photo, análise de componentes principais (PCA), correções radiométricas, classificação supervisionada e não supervisionada (Figura 10);
- **Visualização 3D:** módulo NVIZ para visualização de dados em 3D.
- **Suporte a SQL:** bancos de dados (DBF, SQLite, PostgreSQL, MySQL, ODBC);
- **Geostatística:** Interface com R, Matlab;

E muitas outras funções, como: modelagem de erosão, análise da estrutura da paisagem, análises hidrológicas, etc.

As Figuras 11 a 16 mostram alguns dos procedimentos para delimitar bacias hidrográficas no GRASS GIS 6.4.2. A área de estudo é a da carta SE-23-Z-C adquirida no Portal Brasil em Relevo da

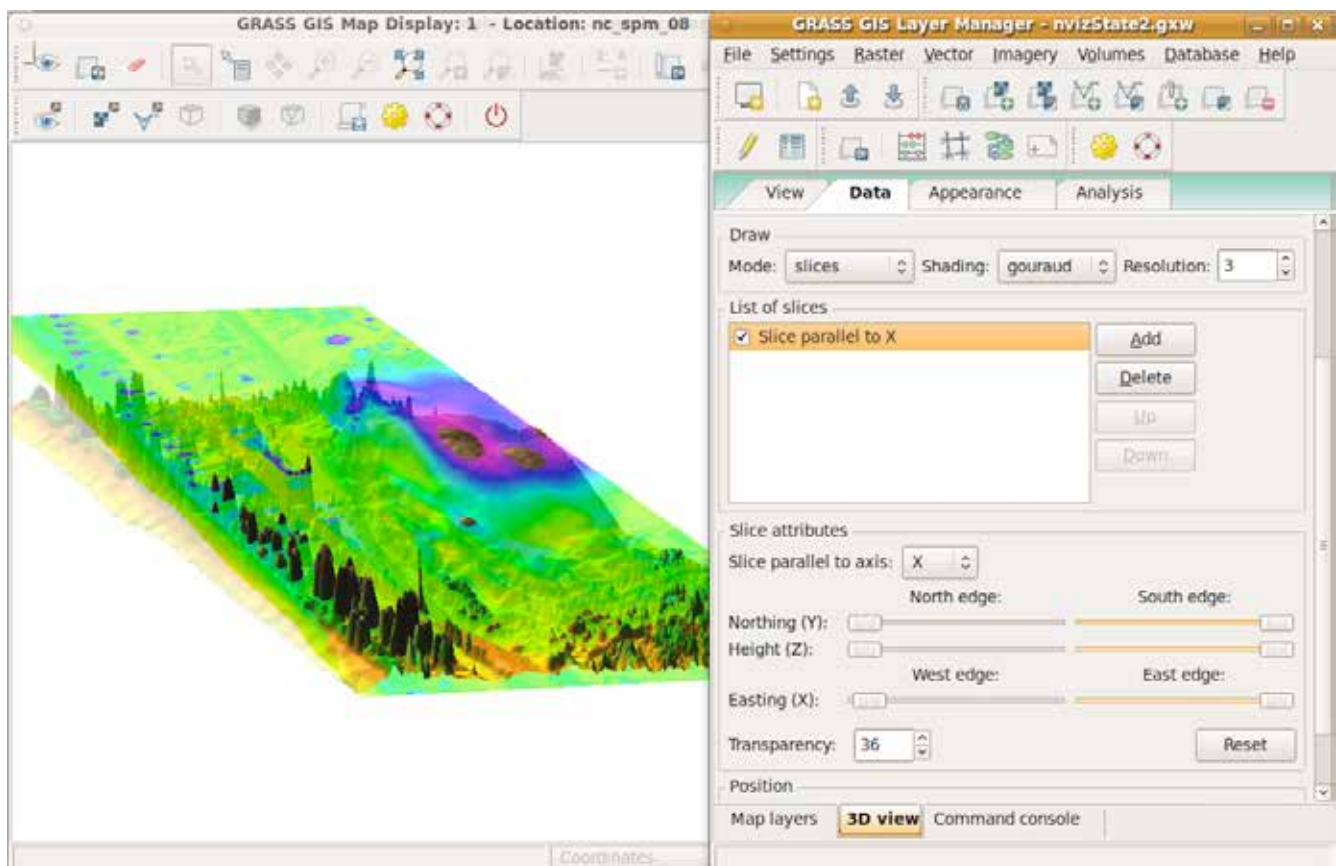
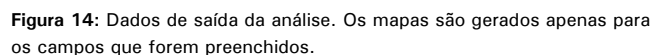
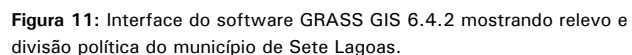
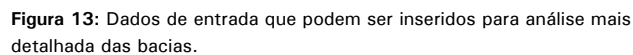
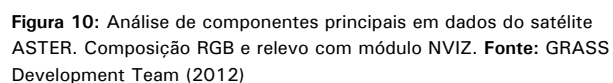
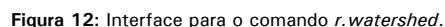
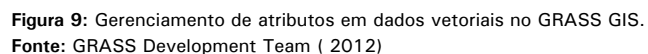


Figura 8: Visualização de dados volumétricos no GRASS GIS através do módulo NVIZ. Fonte: GRASS Development Team (2012)



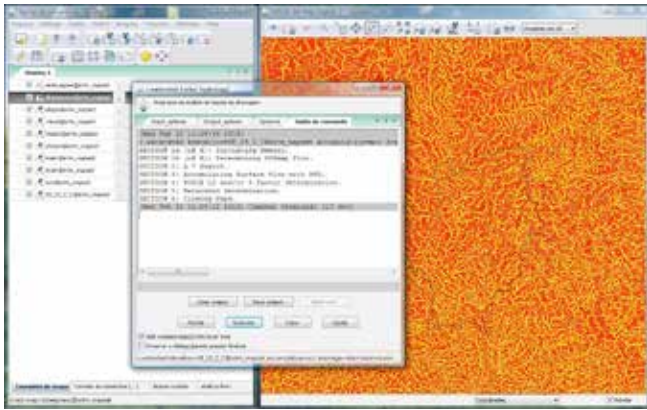


Figura 15: Saída de comandos do módulo r.watershed mostrando os procedimentos que foram feitos e o tempo gasto pelas análises e para gerar os mapas (8 mapas em 13 segundos).

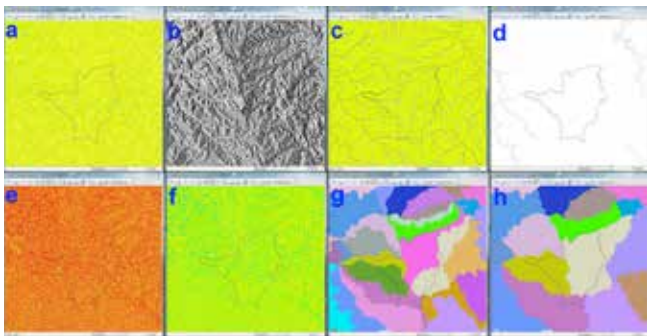


Figura 16: Resultados gerados pelo módulo r.watershed. a) mapa visual da drenagem por pixel, b) direção do fluxo de drenagem, c) acúmulo de fluxo, d) rede de drenagem, e) comprimento de declividade (fator S da RUSLE), f) índice topográfico (fator LS da RUSLE), g) bacias divididas pelo rio principal e h) bacias hidrográficas.

Embrapa Monitoramento por Satélite no link <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/mg/se-23-z-c.htm>.

gvSIG

gvSIG é um software livre de SIG, de fonte aberta desenvolvido pela *Conselleria d'Infraestructures i Transports (CIT)* da Comunidade de Valência, com o apoio da União Europeia. É distribuído sob a licença GNU GPL. Suporta formatos vetoriais e matriciais, banco de dados e servidores de mapas que cumpram especificações do OGC (Open Geospatial Consortium). A versão atual do gvSIG pode ser executada em ambientes Windows, Linux e Mac OS X (GVSIG, 2012).

Principais características:

Acesso a formatos vetoriais: SHP, GML, KML, DXF, DWG, DGN.

Acesso a formatos matriciais: BMP, GIF, TIF, TIFF, JPG, JPEG, PNG, VRT, DAT, IMG, ADF da ESRI,

MPR, MPL, MAP, ASC, PGM, PPM, RST, RMF, NOS, KAP, HDR, RAW.

Acesso a servidores remotos: OGC (WMS, WFS, WCS, WFS-T, WPS), ArcIMS, Ecwp.

Acesso a banco de dados: PostGIS, MySQL, ArcSDE, Oracle, JDBC, CSV.

Consulta: informação, medir distâncias e áreas, hiperenlace.

Seleção: por ponto, por retângulo, por polígono, por capa, por atributos.

Pesquisa: por atributo, por coordenadas.

Geoprocessos: área de influência, recortar, dissolver, juntar, envolvente convexa, interseção, diferença, união, enlace espacial, translação 2D, reprojeção, extensão Sextante.

Edição gráfica: snapping, simetria, rotacionar, editar vértice, polígono interno, matriz, unir, partir, autocompletar polígono, inserir ponto, multipontos, linha, arco, poligonal, polígono, retângulo, quadrado, círculo, elipse.

Edição alfanumérica: modificar estrutura de tabela, editar registros, calculadora de campos.

Representação vectorial: símbolo único, quantidades (densidade de pontos, intervalos, símbolos graduados, símbolos proporcionais), categorias (expressões, valores únicos), múltiplos atributos, guardar/recuperar legenda, editor de símbolos, níveis de simbologia, bibliotecas de símbolos.

Representação matricial: brilho, contraste, realce, transparência por pixel, opacidade, tabelas de cores, gradientes.

Tabelas: estatísticas, filtros, ordem ascendente/descendente, unir, mover seleção, exportar, importar campos, codificação, normalização.

Constructor de mapas: configuração de página, inserção de elementos cartográficos (legenda, escala, rosa dos ventos, imagens, textos, gráficos), ferramentas para formatação (alinhar, agrupar/desagrupar, ordenar, tamanho e posição), grid de coordenadas.

Impressão: impressão, exportação para PDF, Postscript e formatos de imagem.

Redes: topologia de rede, caminho mínimo, conectividade, árvore de recobrimento mínimo, matriz origem-destino, evento mais próximo.

Raster e teledeteção: estatísticas, filtro, histograma, série de escalas, realce, salvar raster, vetorização, regiões de interesse, georreferenciamento, geolocalização, classificação supervisionada, cálculo de bandas, perfis de imagem, árvore de decisões, análise de componentes principais, tasselep cap, diagramas de dispersão, mosaicos.

Publicação: WMS, WFS, WCS, WFS.

Animação 3D: Vista 3D plana e esférica, capas 3D, simbologia 3D, extrusão, edição de objetos 3D, animação 2D e 3D.

Topologia: construção topológica, edição topológica, generalizar, suavizar, inverter sentido de linhas, converter camada de linhas/polígonos para pontos, converter camadas de polígonos a linhas.

Com o gvSIG é possível realizar uma gama de tarefas em diversas áreas do conhecimento utilizando-se plug-ins e a extensão sextante (**Figuras 17 a 19**).

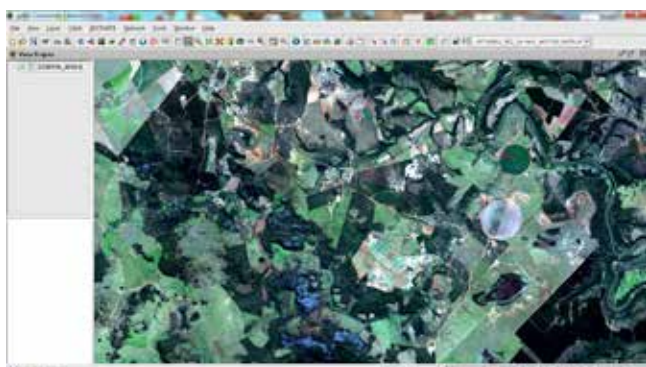


Figura 17. Interface do software gvSIG.



Figura 18. Plug-in para interpretação supervisionada de imagens de satélite.

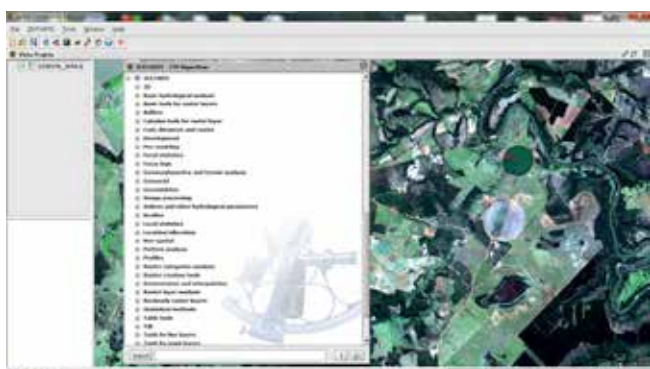


Figura 19. Extensão Sextante com mais de 700 algoritmos para geoprocessamento.

Reconhecimento de Padrões e Mosaicos de Imagens

O reconhecimento de padrões em imagens digitais apresenta importância fundamental na área de sistemas de informações geográficas. No monitoramento ambiental, permite a identificação e classificação de tipos fisionômicos, tais como elementos da cobertura vegetal, corpos d'água, solos, áreas agrícolas, áreas antropizadas e áreas degradadas. O tratamento de imagens depende do acesso às imagens e às técnicas de reconhecimento de padrões e geração de mosaicos contendo múltiplas imagens. Atualmente, várias imagens de satélite podem ser acessadas livremente, como as imagens da série Landsat, Cbers, ResourceSat e as imagens de relevo digital SRTM e Aster v2. As imagens disponibilizadas nos webmap servers, como o Google Maps, Bing Maps e Yahoo Maps, podem ser baixadas diretamente na área de trabalho por programas como o Quantum Gis ou capturadas por extensões *add-ons*. Moreira et al. (2011) usaram o software Stitch Map para a captura de imagens do Google Earth visando a identificação de áreas cafeeiras em Minas Gerais. Recomenda-se que as políticas de uso dessas imagens sejam consultadas. Dentre os programas gratuitos eficientes no reconhecimento de imagens e geração de mosaicos, citam-se Hypercube, gvSIG e MultiSpec.

HyperCube

Aplicação especificamente direcionada para a análise e visualização de imagens multi e hiperespectrais. Possui funções de filtragem, mosaico, reformatação, calibração, combinação, projeto fotogramétrico, estério-compilação e realiza operações aritméticas em imagens e dados. Funciona nos sistemas Mac e Windows (US ARMY CORPS ENGINEERS, 2012).

Abaixo seguem procedimentos rápidos para uma interpretação de imagem do satélite Ikonos (*pixel* com 1 metro de resolução) de parte da região da Embrapa Milho e Sorgo e da Epamig, próximas à região de Sete Lagoas – MG, mostrando de forma simples e rápida o poder do software HyperCube.

A imagem aberta no software foi convertida de cor (256 *bits*) para índice (*n bits*) para que os *pixels* fossem agrupados em classes específicas (**Figuras 20 e 21**).

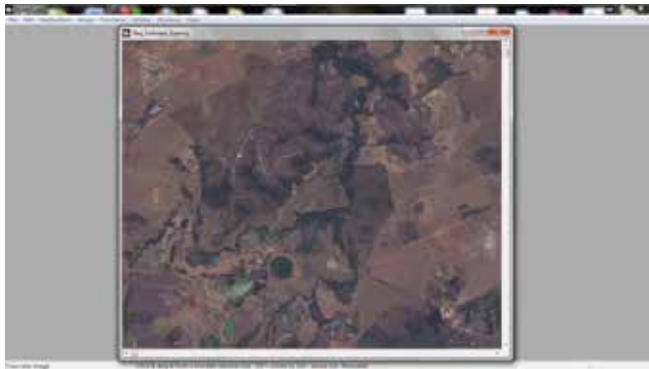


Figura 20: Imagem aberta no software HyperCube com padrão de 256 cores RGB.

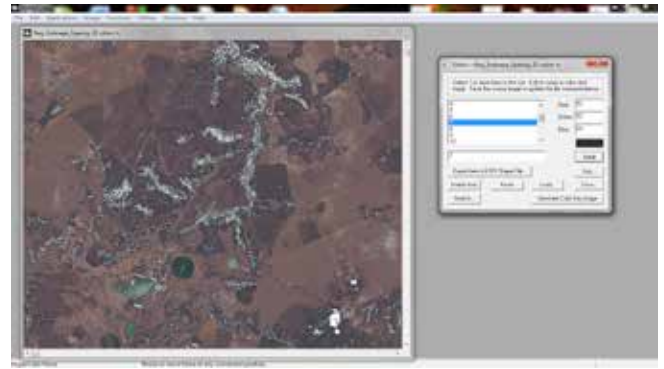


Figura 23: Função do HyperCube ressaltando a classe de pixels na imagem quando selecionada no editor de classes.

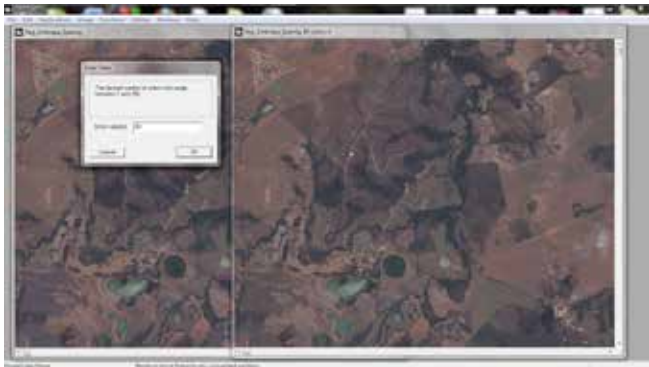


Figura 21: Processo de transformação da imagem de 256 cores (esquerda) para 40 classes de cores (direita). O padrão RGB ainda é mantido.

A imagem é transformada de volta de índice para cor para que sejam armazenadas as 40 classes de cores no padrão RGB. Após este procedimento a imagem é convertida de cor para mapa de classes. O mapa de classes mostra o valor de cada *pixel* e permite a edição desses *pixels* para a interpretação da imagem (**Figura 22 e 23**).



Figura 22: Imagem mostrando uma classe de pixel da imagem onde o mouse estava posicionado.

O editor de classes permite a interpretação de uma imagem de forma bem simples apenas selecionando suas classes. É possível editar, renomear e agrupar classes de pixel para que a interpretação fique mais visível (**Figura 24**).

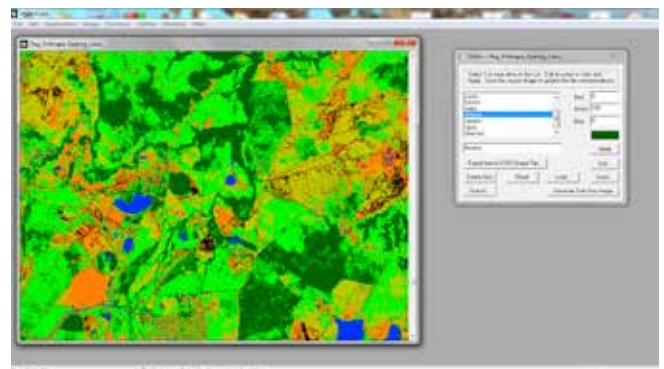


Figura 24: Imagem após edição de classes. No editor de classes está selecionada a classe denominada "floresta".

A **Figura 25** ilustra o reconhecimento de padrões de uso dos solos nas proximidades do Lago Cahora, em Moçambique, a partir de imagens do próprio Google Maps capturadas pelo uso do *Add-on ScreenCapture*.



Figura 25. Cobertura dos solos no entorno do Lago Cahora, em Moçambique.

A Integração Google Earth – SIG – Servidor de Mapas

As API (*Application Programming Interface*) e IMS (*Internet Map Services*) são ferramentas que permitem explorar ao máximo a capacidade dos programas de SIG em interagir com os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados Relacionais (RDBMS – *Relational Database Management System*) incluindo suporte para SQL (*Structured Query Language*) e a capacidade de gerar consultas geoespaciais ou geoestatísticas complexas. Alguns exemplos de aplicações das ferramentas API e IMS são: construir bases cartográficas atualizadas em tempo real; gerar mapas vetoriais e matriciais interativos; realizar simulações e previsões climáticas (como enchentes e aumento da temperatura global); além de modelagens espaciais de fenômenos diversos (distribuição geográfica potencial de espécies, de doenças e de pragas agrícolas, de áreas com risco de erosão e/ou desmoronamentos, previsão de safras agrícolas, entre outros), como descrito em Teixeira et al. (2006), Coelho et al. (2008), Landau et al. (2008), Hirsch e Chiarello (2011) e Duarte et al. (2011).

A utilização de geotecnologias tornou possível a produção de bases cartográficas que reúnem uma

gama de dados multidisciplinares. Contudo, a publicação ou disponibilização dessas informações para a sociedade em geral ainda é deficiente, devido principalmente à carência de profissionais com domínio tecnológico para programação integrada de aplicativos que utilizam software livres (PIMENTA et al., 2012).

Geotecnologias livres estão sendo utilizadas de forma integrada para resolver diversos tipos de problemas, desde os mais simples, como elaborar um mapa de área de estudo, aos mais complexos como, a delimitação de bacias hidrográficas, interpretação de imagens de satélite, interpolações (Kriging e IDW), análises estatísticas, modelos digitais de elevação (DEM), redes neurais, modelagem 3D ou de realidade virtual, etc.

MapServer

O MapServer (**Figura 26**) é um *Engine Open Source* de renderização de dados geográficos, cujo objetivo é exibir mapas dinâmicos na internet. Desenvolvido originalmente pelo projeto ForNet da Universidade de Minnesota (UMN), em cooperação com a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), e pelo Departamento de Recursos Naturais de Minnesota (MNDNR), é atualmente representado por um projeto da OSGeo (*Open Source Geospatial Foundation*), mantido por um número crescente de desenvolvedores de todo o mundo e financiado por um grupo de organizações que custeia melhorias e manutenção (MAPSERVER, 2012).

Algumas características do MapServer:

- Desenho de camadas e execução de aplicativos dependentes de escala;
- Rotulação de camadas, incluindo mediação de colisão de rótulos;
- Automação de elementos de mapa (escala, mapa de referência, legenda);
- Mapeamento temático;
- Compatibilidade com multiplataformas: Linux, Windows, Mac OS X;
- Suporte a padrões OGC (Open Geospatial Consortium);
- Acesso a formatos matriciais e vetoriais;
- Suporte a projeções cartográficas.

Informações mais detalhadas sobre a configuração de servidores de mapas utilizando-se MapServer podem ser encontradas no livro: **Servidores de Mapas: Programação para Disponibilizar Dados Geográficos**

Multidisciplinares Utilizando Tecnologias Livres de
Pimenta et al. (2012).



Figura 26: Exemplo de mapa interativo utilizando MapServer.
Fonte: Barrett (2003)

OpenLayers

Biblioteca de código aberto para visualização de mapas, escrita em JavaScript. Fornece uma API JavaScript que torna mais fácil a incorporação de mapas a partir de uma variedade de códigos fonte em *webpages*. OpenLayers é um projeto da *Open Source Geospatial Foundation* (OPENLAYERS, 2011).

Como exemplo, será mostrado um projeto elaborado por Pimenta (2011), em que foi empregada a biblioteca Openlayers para o desenvolvimento do mapa interativo da Distribuição Geográfica do Gênero *Callithrix* (primata) (**Figura 27**).

Como a proposta do trabalho era desenvolver mapas interativos utilizando-se apenas tecnologias livres, a integração Google-SIG-Servidor foi elaborada com o software livre Quantum GIS 1.7.4 wroclaw (**Figura 28**).

Foi dado um enfoque especial para que os mapas fossem gerados no formato KML (*Keyhole Markup Language*) ou passível de fácil conversão para tal,

para aproveitar a funcionalidade e a popularidade do Google Earth e Google Maps na visualização dos registros e dos mapas de forma interativa (GOOGLE, 2011) (**Figura 29**).

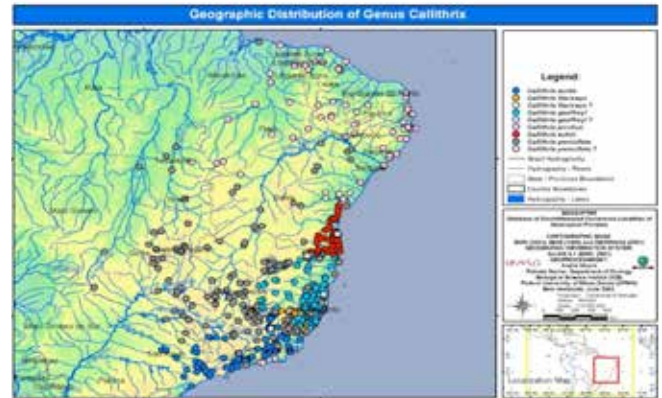


Figura 27: Distribuição Geográfica do Gênero *Callithrix*.

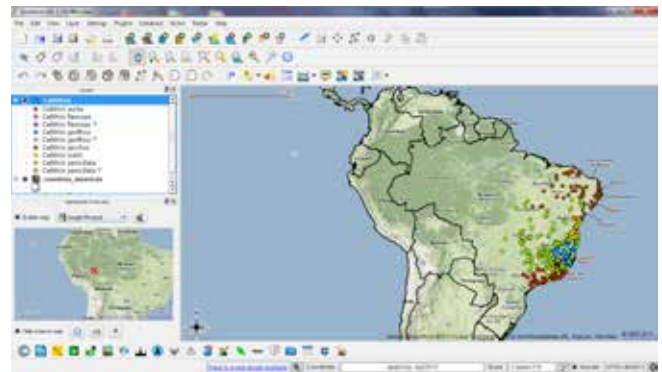


Figura 28: Distribuição Geográfica do Gênero *Callithrix* dividida em Classes.
Fonte: Pimenta (2011).

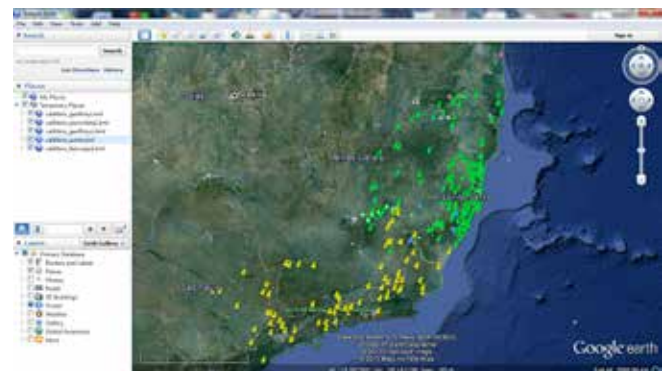


Figura 29: Arquivos *kml* da distribuição geográfica do Gênero *Callithrix*.

O mapa interativo foi desenvolvido com base no código JavaScript de uma aplicação da Openlayers utilizando Google Layers – WMS (**Figura 30**) como mapa-base, de acordo com (PIMENTA, 2011):

```

1- var map;

2- function init() {
3- map = new OpenLayers.Map('map');
      map.addControl(new OpenLayers.Control.LayerSwitcher());
4- var gphy = new OpenLayers.Layer.Google("Google Physical",
      {type: G_PHYSICAL_MAP}
      );
5- var gmap = new OpenLayers.Layer.Google( "Google Streets", // the default
      {numZoomLevels: 20}
      );
6- var ghyb = new OpenLayers.Layer.Google("Google Hybrid",
      {type: G_HYBRID_MAP, numZoomLevels: 20}
      );
7- var gsat = new OpenLayers.Layer.Google( "Google Satellite",
      {type: G_SATELLITE_MAP, numZoomLevels: 22}
      );
8- map.addLayers([gphy, gmap, ghyb, gsat]);

9- map.setCenter(new OpenLayers.LonLat(10.2, 48.9), 5);
}

```

1 – Variável criada para armazenar a classe map;
 2 – Função que testa o navegador e exibe as camadas de informação e mapas-base;
 3 – Adiciona um seletor de camadas para a classe map no aplicativo;
 4, 5, 6 e 7 – Cria uma nova instância para a classe map de acordo com a seleção de camadas pelo usuário;
 8 – Adiciona as variáveis respectivas a cada mapa no aplicativo;
 9 – Faz com que o aplicativo abra com centro nas longitude e latitude especificadas e com fator de zoom também especificado.

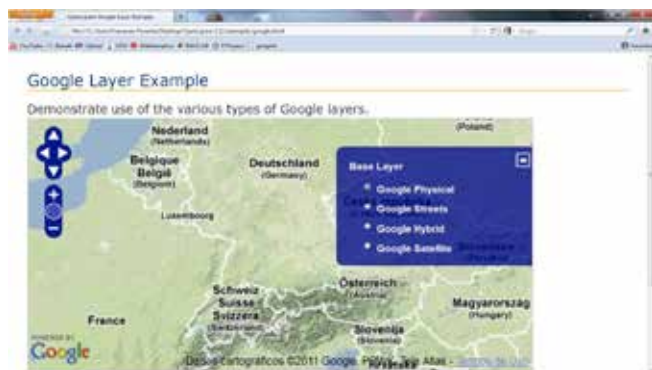


Figura 30: Aplicação básica da OpenLayers com mapas da Google.
 Fonte: Pimenta (2011).

Para cada espécie do gênero *callithrix* foi gerado um arquivo kml onde se encontram informações sobre as coordenadas geográficas e atributos das localida-

des de cada ponto. O código kml abaixo foi adaptado de Pimenta (2011).

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<kml
  xmlns="http://www.opengis.net/kml/2.2"
  xmlns:gx="http://www.google.com/kml/ext/2.2"
  xmlns:kml="http://www.opengis.net/kml/2.2"
  xmlns:atom="http://www.w3.org/2005/Atom">
  <Document>
    <name>callithrix_penicillata.kml</name>
    <StyleMap id="m_ylw-pushpin">
      <Pair>
        <key>normal</key>
        <styleUrl>#s_ylw-pushpin</styleUrl>
      </Pair>
      <Pair>
        <key>highlight</key>
        <styleUrl>#s_ylw-pushpin_hl</styleUrl>
      </Pair>
    </StyleMap>
    <Style id="s_ylw-pushpin_hl">
      <IconStyle>
        <scale>0.827273</scale>

```



```
</Icon>
```

```
<href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/pushpin/pinkpushpin.png</href>
```

```
</Icon>
```

```
<hotSpot x="20" y="2" xunits="pixels" yunits="pixels"/>
```

```
</IconStyle>
```

```
<ListStyle>
```

```
</ListStyle>
```

```
</Style>
```

```
<Style id="s_ylw-pushpin">
```

```
<IconStyle>
```

```
<scale>0.7</scale>
```

```
</Icon>
```

```
<href>http://maps.google.com/mapfiles/kml/pushpin/pinkpushpin.png</href>
```

```
</Icon>
```

```
<hotSpot x="20" y="2" xunits="pixels" yunits="pixels"/>
```

```
</IconStyle>
```

```
<ListStyle>
```

```
</ListStyle>
```

```
</Style>
```

```
<Folder>
```

```
<Placemark>
```

```
<name><![CDATA[<i>Callithrix penicillata<i>]]></name>
```

```
<description><![CDATA[
```

```
<center><p><imgborder="5"src="callithrix_kml/callithrix_penicillata.jpg"></p></br>
```

```
<table border="1">
```

```
<tr>
```

```
<td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"N_SSP"</b></td>
```

```
<td style="padding:5px;background:#ffffff">2957</td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
<td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"FAMILY"</b></td>
```

```
<td style="padding:5px;background:#ffffff"><i>Callitrich</i></td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
<td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"GENUS"</b></td>
```

```
<td style="padding:5px;background:#ffffff"><i>Callithrix</i></td>
```

```
</tr>
```

```
<tr>
```

```
<td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"SPECIES"</b></td>
```

```

        <td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"N_SSP"</b></td>
        <td style="padding:5px;background:#ffffff">2957</td>
    </tr>
    <tr>
        <td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"FAMILY"</b></td>
        <td style="padding:5px;background:#ffffff"><i>Callitrich</i></td>
    </tr>
    <tr>
        <td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"GENUS"</b></td>
        <td style="padding:5px;background:#ffffff"><i>Callithrix</i></td>
    </tr>
    <tr>
        <td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"SPECIES"</b></td>
        <td style="padding:5px;background:#ffffff"><i>Callithrix penicillata</i></td>
    </tr>
    <tr>
        <td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"SUBSPECIES"</b></td>
        <td style="padding:5px;background:#ffffff">Callithrix penicillata</td>
    </tr>
    <tr>
        <td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"LONGITUDE"</b></td>
        <td style="padding:5px;background:#ffffff">-50.2500</td>
    </tr>
    <tr>
        <td style="padding:5px;background:#ccff66"><b>"LATITUDE"</b></td>
        <td style="padding:5px;background:#ffffff">-10.5000</td>
    </tr>
</table>
</center>
<a href=" ../bdp_protocol.xls" style="font-size: 10px;">... to acquire and complete the
attributes, click here.</a>]]>
</description>
<styleUrl>#m_ylw-pushpin</styleUrl>
<ExtendedData>
<SchemaData schemaUrl="#callithrix_penicillata">
    <SimpleData name="N_SSP">2957</SimpleData>
    <SimpleData name="DATE_">2001/02/21</SimpleData>
    <SimpleData name="FAMILY">Callitrich</SimpleData>
    <SimpleData name="GENUS">Callithrix</SimpleData>
    <SimpleData name="SPECIES">Callithrix penicillata</SimpleData>
    <SimpleData name="SUBSPECIES">Callithrix penicillata</SimpleData>

```

```

<SimpleData name="SSP_RETAL9">Callithrix penicillata</SimpleData>
<SimpleData name="YEAR">1912</SimpleData>
<SimpleData name="COMMON_NAM">mico-estrela</SimpleData>
<SimpleData name="IUCN_1996">LR</SimpleData>
<SimpleData name="STATE">TO</SimpleData>
<SimpleData name="COUNTRY">Brasil</SimpleData>
<SimpleData name="LAT_SS">0</SimpleData>
<SimpleData name="LONG_DD">-50</SimpleData>
<SimpleData name="LONG_MM">15</SimpleData>
<SimpleData name="LONG_SS">0</SimpleData>
<SimpleData name="LONGITUDE">-50.2500</SimpleData>
<SimpleData name="LATITUDE">-10.5000</SimpleData>
</SchemaData>
</ExtendedData>
<Point>
  <coordinates>-50.25,-10.5,0</coordinates>
</Point>
</Placemark>
</Folder>
</Document>
</kml>

```

Após a configuração dos dados geográficos foi desenvolvida uma interface gráfica em kml para que o usuário pudesse utilizar de forma rápida e dinâmica algumas funções no mapa interativo (**Figuras 31 a 36**).

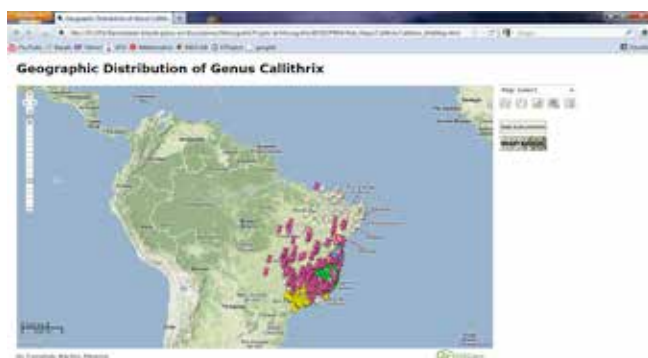


Figura 31: Interface gráfica para visualização e manipulação dos dados.
Fonte: Pimenta (2011)



Figura 32: Mapa interativo distribuição geográfica do Gênero *Callithrix*.
Fonte: Pimenta (2011)

- 1 – Comandos de Navegação;
- 2 – Barra de zoom;
- 3 – Seletor de Camadas;
- 4 – Seletor de Mapas;
- 5 – Comandos de Edição e navegação;
- 6 – Aciona o Módulo Mapa de Medição (distâncias e áreas);
- 7 – Aciona o Módulo Mapa Padrão;
- 8 – Opções de medição de distâncias e áreas.

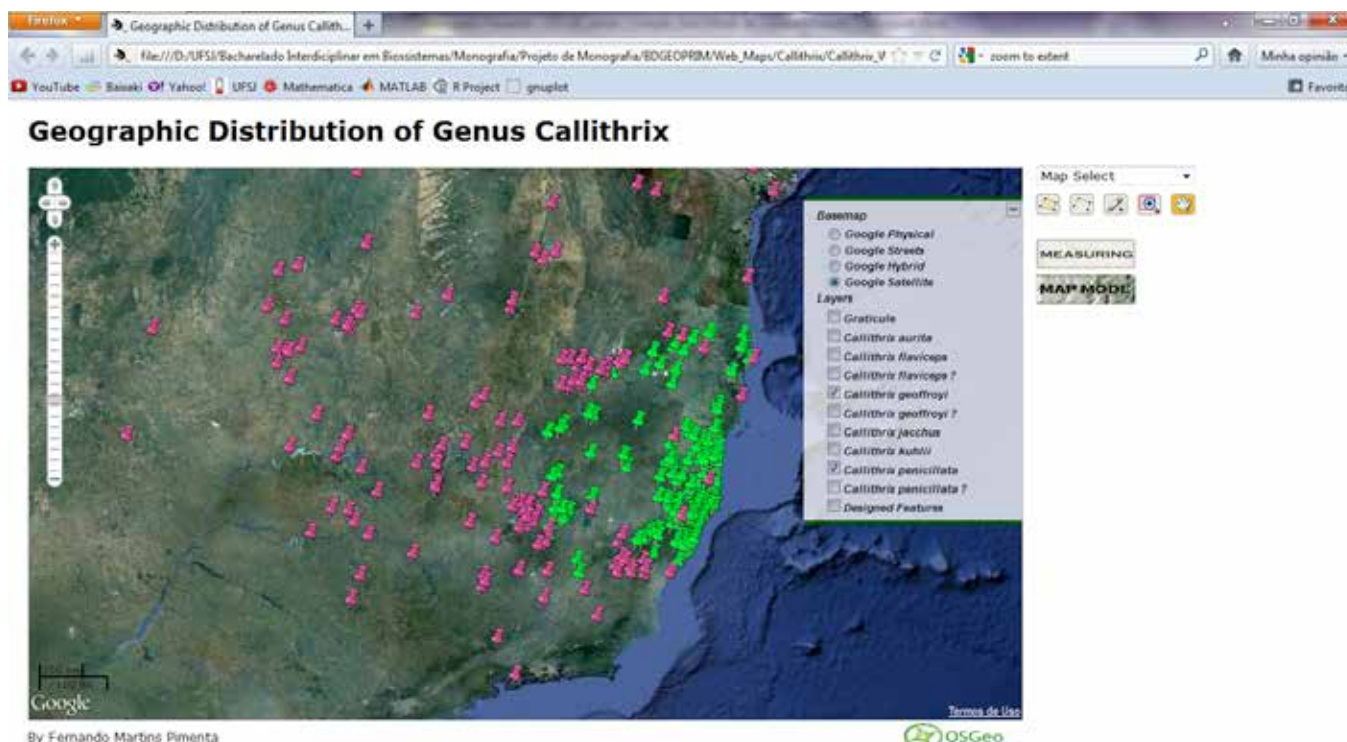


Figura 33: Visualização do mapa com apenas duas espécies selecionadas e imagem de satélite como base cartográfica.

Fonte: Pimenta (2011)

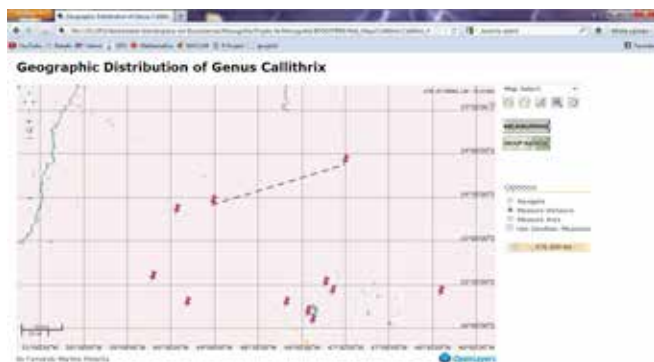


Figura 34: Cálculo da distância entre dois registros no aplicativo.

Fonte: Pimenta (2011)

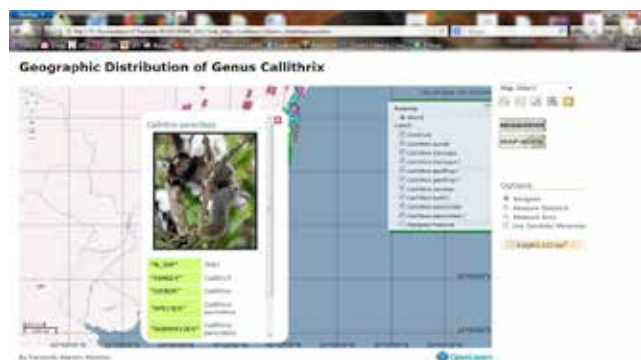


Figura 36: Webmap mostrando uma pop-up de informações do ponto clicado.

Fonte: Pimenta (2011)

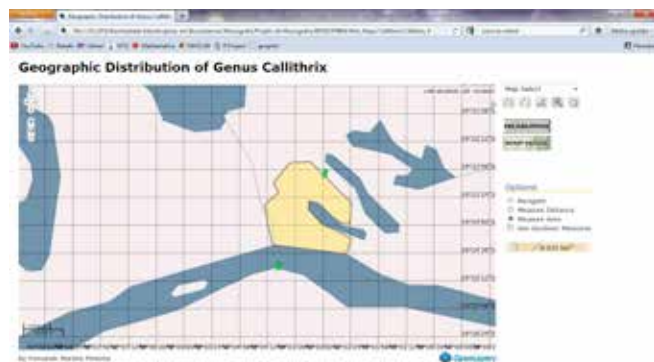


Figura 35: Cálculo da área de uma região no aplicativo.

Fonte: Pimenta (2011)

Referências

BARRETT, M. **Maptech outdoor navigator nautical chart review**. 2003. Disponível em: <<http://www.pocketgpsworld.com/outdoor-navigator-marine.php>>. Acesso em: 14 set. 2012.

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 303 p.

COELHO, C. M.; MELO, L. F. B. de; SÁBATO, M. A. L.; MAGNI, E. M. V.; HIRSCH, A.; YOUNG, R. J. Habitat use by wild maned wolves (*Chrysocyon*

brachyurus) in a transition zone environment. **Journal of Mammalogy**, Kansas, v. 89, n. 1, p. 97-104, 2008. DOI: 10.1644/06-MAMM-A-383.1.

DUARTE, M. H. L.; VECCI, M. A.; HIRSCH, A.; YOUNG, R. J. Noisy human neighbours affect where urban monkeys live. **Biology Letters**, London, 2011. DOI: 10.1098/rsbl.2011.0529. Publicado online em 29 de junho de 2011.

GOOGLE. **Google Earth v. 5 user guide**. Mountain View, 2011. Disponível em: <<http://www.google.com/intl/en/earth/index.html>>. Acesso em: 12 set. 2012.

GRASS DEVELOPMENT TEAM. The world's leading Free GIS software. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org/>>. Acesso em 12 ago. 2012.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; COSTA, T. C. C. Relevo digital dos municípios brasileiros. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 7283-7290.

GVSIG. **Portal gvSIG**. Disponível em: <<http://www.gvsig.org>>. Acesso em: 12 ago. 2012.

HIRSCH, A.; CHIARELLO, A. G. The endangered maned sloth *Bradypus torquatus* of the Brazilian Atlantic forest: a review and update of geographical distribution and habitat preferences. **Mammal Review**, Oxford, v. 41, n. 3, p. 1-20, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2907.2011.00188.x.

JONES, C. **Geographical Information Systems and computer cartography**. London: Longman, 1997. 319 p.

LANDAU, E. C.; HIRSCH, A.; MUSINSKY, J. Vegetation cover and land use in the Atlantic Coastal Forest of Southern Bahia, Brazil, based on satellite imagery: a comparison among municipalities. **Memoirs of the New York Botanical Garden**, New York, v. 100, p. 221-244, 2008.

MAPSERVER Open Source Web Mapping. **MapServer**. Disponível em: <<http://www.mapserver.org>>. Acesso em: 14 set. 2012.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T.; BERNARDES, T. Uso de imagens do Google Earth capturadas através do software Stitch Map e do

TM/Landsat-5 para mapeamento de lavouras cafeiras: nova abordagem metodológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 481-488.

OLIVEIRA, C. H.; SAITO, C. H. A imagem da paisagem e a paisagem da imagem: o sistema de aquisição, processamento, hospedagem e integração de informações sobre recursos ambientais (SAPHIRA). **Espaço & Geografia**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 385-405, 2012.

OLIVEIRA, M. Z.; VERONEZ, M. R.; TURANI, M.; REINHARDT, A. O. Imagens do Google Earth para fins de planejamento ambiental: uma análise de exatidão para o município de São Leopoldo/RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1835-1842.

OPENLAYERS. **OpenLayers**: free maps for the web. Vancouver: Open Source Geospatial Foundation, 2011. Disponível em: <<http://openlayers.org/>>. Acesso em: 13 set. 2012

NANNI, A. S.; DESCOVI FILHO, L.; VIRTUOSO, M. A.; MONTENEGRO, D.; WILLRICH, G.; MACHADO, P. H.; SPERB, R.; DANTAS, G. S.; CALAZANS, Y. **Quantum GIS: guia do usuário, versão 1.7.4 'Wroclaw'**. 291 p. Disponível em: <http://qgisbrasil.files.wordpress.com/2012/05/guia_do_usuario_174_pt_br1.pdf>. Acesso em: 04 set. 2012.

OSGEO. **Quantum GIS v. 1.7.0 Wroclaw**. Vancouver: Open Source Geospatial Foundation, 2012. Disponível em: <<http://qgis.org>>. Acesso em: 18 set. 2012.

PIMENTA F. M. **Desenvolvimento de interfaces para gerar mapas interativos baseados em bancos de dados georreferenciados**. 2011. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Biosistemas) - Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas.

PIMENTA, F. M.; LANDAU, E. C.; HIRSCH, A.; GUIMARAES, D. P. **Servidores de mapas**: programação para disponibilizar dados geográficos multidisciplinares utilizando tecnologias livres. Brasília, DF: Embrapa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 216 p. il.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora: UFSJ, 2007. 220 p.

SILVA, L. A.; NAZARENO, N. R. X. Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do Google Earth tendo como área de estudo a imagem da cidade de Goiânia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1723-1730.

SOARES, M. C.; RUARO, T. A.; AGUIAR, C. R. de. Controle de qualidade da base cartográfica da cidade de Pato Branco no software Google Earth. **Synergismus Scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 5, p. 28-30, 2010.

US ARMY CORPS ENGINEERS. **Army Geospacial Center**. Disponível em: <<http://www.tec.army.mil/hypercube/>>. Acesso em: 14 set. 2012.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1-8.

Circular Técnica, 183

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Milho e Sorgo
Endereço: Rod. MG 424 km 45 Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027 1100
Fax: (31) 3027 1188
E-mail: sac@cnpmc.embrapa.br
1ª edição
1ª impressão (2012): on line

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Antônio Carlos de Oliveira
Secretário-Executivo: Elena Charlotte Landau
Membros: Flávio Dessaune Tardin, Eliane Aparecida Gomes, Paulo Afonso Viana, João Hebert Moreira Viana, Guilherme Ferreira Viana e Rosângela Lacerda de Castro

Expediente

Revisão de texto: Antonio Claudio da Silva Barros
Normalização Bibliográfica: Rosângela Lacerda de Castro
Tratamento das ilustrações: Alexandre Esteves
Editoração eletrônica: Alexandre Esteves