

## **Banco de Dados Geoespaciais do Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**

Édson Luis Bolfe<sup>1</sup>  
Luiz Eduardo Vicente<sup>1</sup>  
Luciana Spinelli-Araújo<sup>1</sup>  
Daniel de Castro Victoria<sup>1</sup>  
Sergio Gomes Tosto<sup>1</sup>  
Fabio Torresan<sup>1</sup>  
Carlos Fernando Quartaroli<sup>1</sup>  
André Luiz dos Santos Furtado<sup>1</sup>  
Marco Aurélio de Sousa Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Monitoramento por Satélite – EMBRAPA/CNPM  
Av. Soldado Passarinho, 303 - 13070-115 - Campinas - SP, Brasil  
{edson.bolfe, luiz.vicente, luciana.spinelli, daniel.victoria, sergio.tosto, fabio.torresan,  
carlos.quartaroli, andre.furtado}@embrapa.br

<sup>2</sup>Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento do Maranhão – SEPLAN/MA  
Av. Jerônimo de Albuquerque, s/n - 65.074-220 - São Luís - MA, Brasil  
masm2129@gmail.com

**Abstract.** The Brazilian government utilizes Ecological-Economical Zoning (ZEE) as means to support the planning and development of land use, following sustainability principles. The state of Maranhão, through its Budget and Planning Department (SEPLAN), along with Embrapa Satellite Monitoring and Embrapa Cocais, have concluded the MacroZEE of the Maranhão state in 2014. Here we present the database used to support the zoning project, which was divided into four sub-groups: institutional/political organization; socioeconomics; biophysical and land use/cover. All datasets were organized into a Geographical Information System (GIS) using well established file formats and containing over 100 layers and its related metadata, allowing for better data description and facilitating future use of the database.

**Palavras-chave:** GIS, territorial planning, remote sensing, SIG, planejamento territorial, sensoriamento remoto.

### **1. Introdução**

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) é um instrumento de apoio ao planejamento e ordenamento territorial, harmonizando as relações econômicas, sociais e ambientais. Demanda efetivo esforço de compartilhamento institucional, voltado para a integração das ações e políticas públicas territoriais, bem como articulação com a sociedade civil, integrando seus interesses em torno de um pacto pela gestão do território (BRASIL, 2013). O ZEE tem sido a proposta do governo para apoiar as decisões de planejamento do desenvolvimento e do uso do território nacional em bases sustentáveis, e tornou-se um programa do Plano Plurianual (PPA) do governo federal (BRASIL, 2013) gerenciado pelo Ministério do Meio Ambiente e com execução descentralizada por diversos órgãos federais e estaduais. A execução de um ZEE deve seguir diretrizes metodológicas publicadas pela Coordenação do Programa Zoneamento Ecológico-Econômico (BRASIL, 2006; 2012).

Em fevereiro de 2013, a Secretaria de Estado do Planejamento e Orçamento (Seplan) do Maranhão e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) iniciaram a execução do ZEE do Estado do Maranhão na escala 1:1.000.000 (MacroZEE), concluído em março de 2014. Até então, o Estado não possuía um ZEE concluído segundo os critérios legais e as diretrizes metodológicas estabelecidas.

O banco de dados geoespaciais (BDG) do MacroZEE-MA envolve bases cartográficas (dados espaciais, descritivo-numéricos e metadados) utilizadas como referência geral e suporte

para a representação dos diversos temas e seguem as normas técnicas definidas pela cartografia brasileira. Este trabalho descreve a estruturação do BDG do MacroZEE-MA envolvendo o levantamento e a compilação de dados secundários/bases cartográficas, os ajustes e atualizações nas bases cartográficas e nos dados levantados, e a inserção de dados em ambiente SIG.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de Estudo

O Maranhão, estado situado no Nordeste Brasileiro, possui extensão territorial de cerca de 332 km<sup>2</sup> e população estimada em 6,8 milhões de habitantes em 2014. Possui 217 municípios (capital São Luís), distribuídos em cinco mesorregiões geográficas (Norte Maranhense, Centro Maranhense, Leste Maranhense, Oeste Maranhense e Sul Maranhense). O Estado caracteriza-se pela grande biodiversidade associadas aos Biomas Cerrado, Amazônia e Caatinga, e pelos diversos sistemas de produção associados à agricultura, pecuária e extrativismo vegetal.

### 2.2 Estruturação do Banco de Dados

Para a realização do MacroZEE-MA, foi imprescindível a organização dos dados em uma estrutura de fácil acesso, que permitisse as análises necessárias e armazenasse tanto os dados convencionais (tabelas, textos e figuras) como os dados geográficos. Os dados geográficos normalmente estão relacionados à representação gráfica de sua localização no espaço e são representados no formato vetorial ou matricial.

Tanto os dados convencionais quanto os geográficos foram armazenados na forma de um repositório com pastas e arquivos, porém em estruturas distintas. Para o armazenamento dos dados geográficos foram utilizados formatos de arquivos amplamente difundidos (*shapefiles* para dados vetoriais e *GeoTiff* para dados matriciais) de forma a permitir o acesso, manipulação, consultas e análises a partir de diferentes sistemas de informações geográficas (SIG). A opção por esse formato levou em conta pressupostos como: i) a facilidade para manipulação e organização dos dados; ii) a possibilidade de utilização dos dados em diferentes SIGs; iii) uso de ferramentas de busca dos dados integrada ao SIG; iv) a possibilidade de preenchimento e manipulação dos metadados de acordo com padrões estabelecidos; v) a facilidade em compartilhar dados com as demais instituições governamentais envolvidas; vi) a possibilidade de conversão do formato escolhido para outros formatos e vice-versa.

Grande atenção foi dada aos metadados, de forma a permitir um controle da qualidade dos produtos, além de garantir a correta citação das fontes geradoras de dados e facilitar a catalogação e distribuição dos dados. A maior parte dos dados contidos no banco de dados do MacroZEE-MA são oriundos de fontes como: Ministério do Meio Ambiente (MMA); Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG); Agência Nacional de Águas (ANA); Serviço Geológico do Brasil (CPRM); Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (Sudene); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto Nacional de Reforma Agrária (Incra); Universidade Estadual do Maranhão (UEMA/NUGEO); Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos (IMESC); Instituto Maranhense de Recursos Hídricos (Imargh); Instituto de Colonização e Terras do Maranhão (Iterma); Secretarias de Estado do Maranhão; Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (Pnud) e United States Geological Survey (USGS). Esta junção de dados advindos das mais diversas fontes faz com que a efetiva utilização dos metadados seja imprescindível. O modelo do banco de dados usado no MacroZEE do Maranhão, com a organização dos dados e os fluxos de informação, é apresentado na Figura 1.

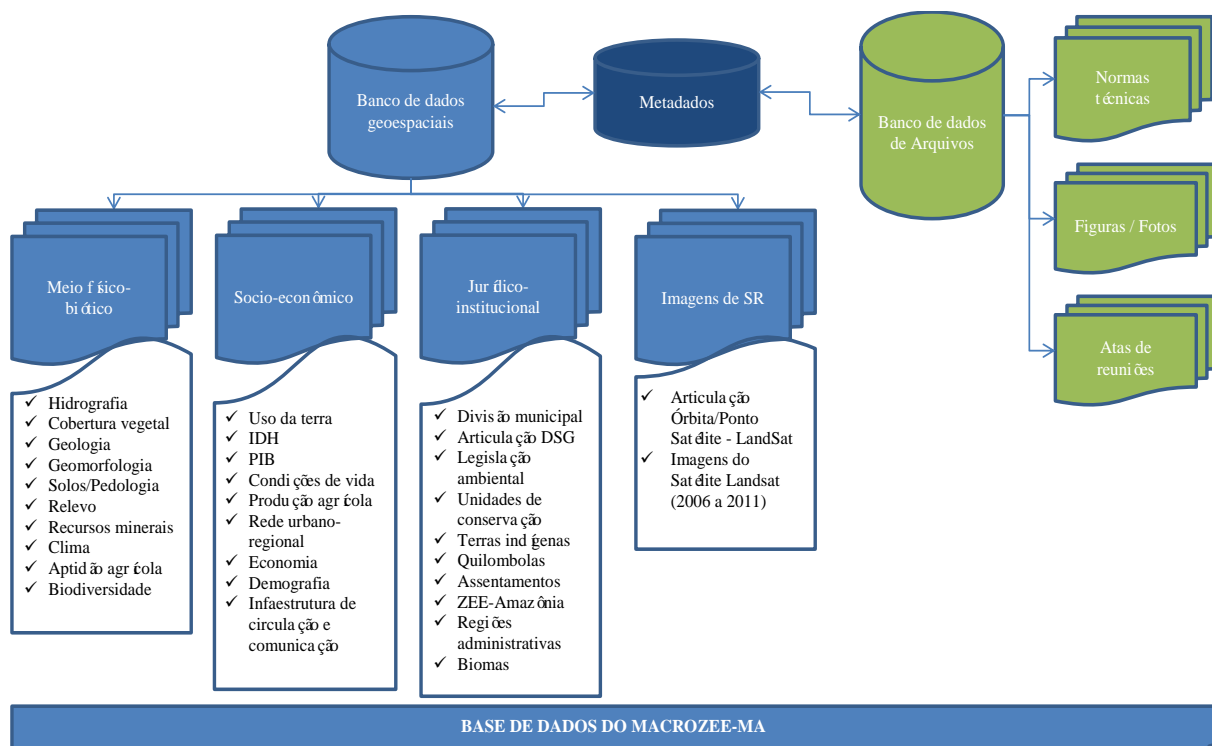


Figura 1. Modelo do banco de dados do MacroZEE-MA.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Banco de Dados Geoespaciais

Na elaboração do BDG, alguns dados obtidos apresentavam inconsistências e ausências de informações, sobretudo aquelas relacionadas aos metadados, como origem, data de referência e metodologia empregada na geração dos dados. Também foram observadas ausência ou insuficiência de atributos associados às feições, ausência de referência espacial e de informações sobre a projeção e *datum* de alguns dos dados utilizados. Pesquisas bibliográficas e testes foram realizados para identificar, da melhor maneira possível, as informações ausentes para cada plano de informação contido no banco de dados.

Os dados foram organizados em um SIG, composto por um conjunto de planos de informação, com ligação dos atributos alfanuméricos aos domínios espaciais correspondentes. Os dados geográficos e seus metadados incluídos no banco seguiram os critérios estabelecidos pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Inde), que define as normas e os padrões a serem adotados pelas instituições brasileiras para representar, organizar, integrar e disseminar a informação geoespacial (CONCAR, 2009).

O BDG MacroZEE-MA contém um total de 118 planos de informação (PIs), incluindo 19 referentes a aspectos jurídico-institucionais e infraestrutura, 21 relacionados a aspectos socioeconômicos, 25 referentes ao meio físico-biótico, 31 de imagens de satélite usados no mapeamento do uso e da cobertura das terras no estado (incluindo um mosaico estadual), 3 PIs relacionados ao uso e cobertura e além do mapa das Zonas e Subzonas do estado, além de outras camadas auxiliares (cartas IBGE escala 1:1.000.000, articulação de cartas do IBGE, articulação das cenas de sensores remotos etc). Os PIs são compostos por dados geográficos em formato vetorial ou raster e por tabelas de atributos e respectivos metadados. Este banco contém os dados geográficos em formato vetorial ou *raster*. Todos os dados inseridos utilizam o mesmo sistema de coordenadas geográficas, *datum* WGS84. Os dados podem ser acessados em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/macrozee>> (EMBRAPA, 2014).

### 3.2 Jurídico-Institucional

Os planos de informação jurídico-institucionais permitiram caracterizar o Estado quanto às malhas administrativas e ambientais que dividem o poder no território e quanto à abrangência dos planos, programas e projetos que influenciam o uso atual e futuro do território. Também apoiaram a discussão das formas jurídicas e institucionais de implementação do zoneamento. Foram levantados dados como a divisão municipal, regiões administrativas, biomas, unidades de conservação, terras indígenas, territórios quilombolas e assentamentos (Figura 2). Dados de zoneamentos já existentes, como os do Macro Zoneamento da Amazônia Legal (MMA, 2008), também foram incorporados ao banco de dados e utilizados no diagnóstico da organização jurídico-institucional.

Os PIs identificaram os aspectos formais da legislação; os programas federais, estaduais e municipais pertinentes; a organização burocrática da administração pública e a dinâmica das forças atuantes da sociedade civil, com vistas a estabelecer uma base para a concepção de propostas de normatização factíveis em relação à realidade nacional e, principalmente, às especificidades regionais (BRASIL, 2006).

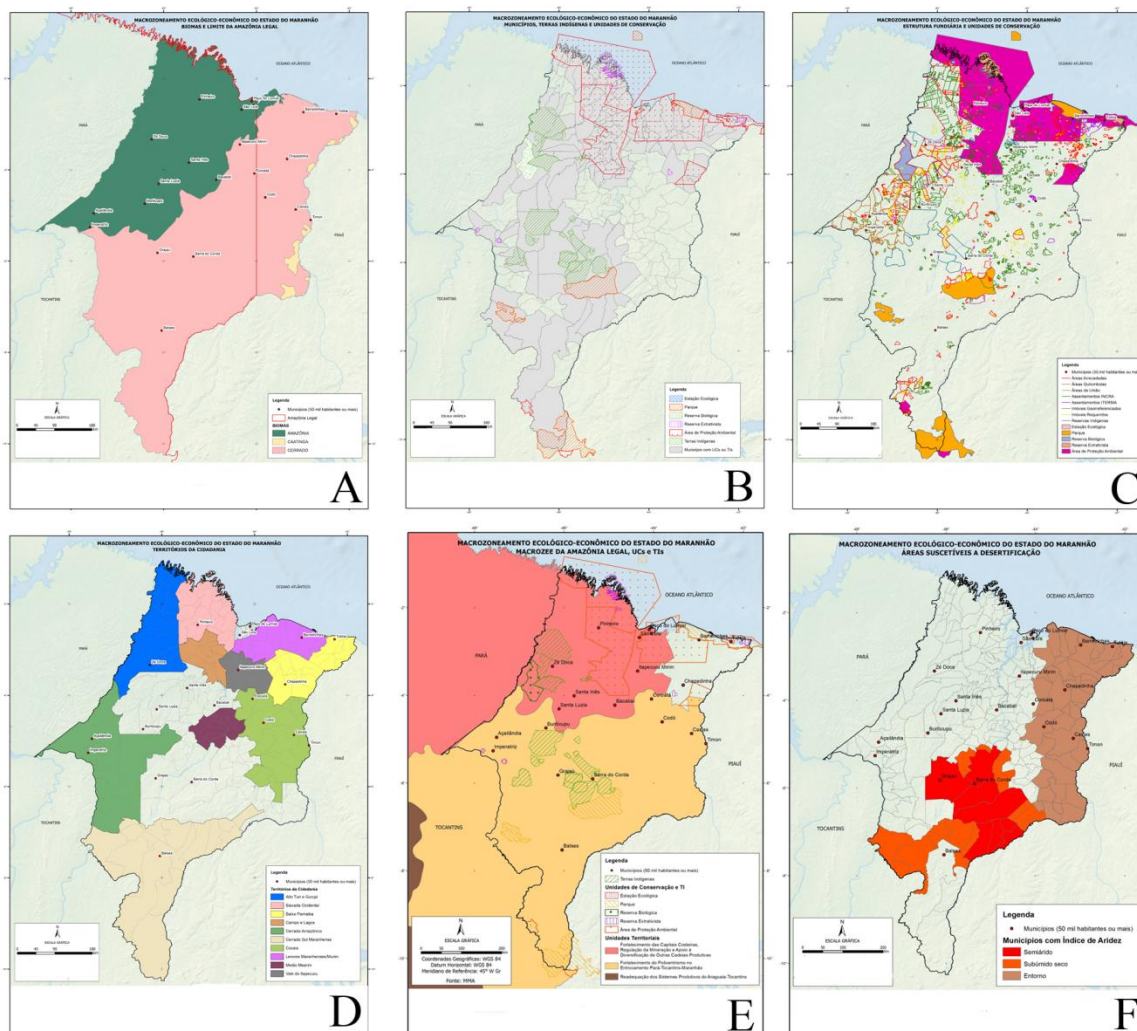


Figura 2. Exemplos de planos de informação jurídico-institucionais do BDG MacroZEE-MA. (A) Biomas e limite da Amazônia Legal, (B) Territórios da Cidadania, Municípios, terras indígenas e unidades de conservação, (C) Estrutura fundiária e unidades de conservação, (D) Unidades territoriais do MacroZEE da Amazônia Legal e espaços territoriais protegidos e (F) Áreas suscetíveis à desertificação.



### 3.3 Socioeconômico

Os estudos socioeconômicos visam entender a dinâmica da ocupação territorial e o uso dos recursos naturais, considerando a forma como a ação dos agentes sociais se manifesta no território. Envolve o levantamento e análise de dados atuais e históricos da economia, particularmente de produção, renda e uso das terras; dados demográficos e das condições de vida da população (trabalho, renda, educação, saúde e saneamento básico), além de dados da infraestrutura de circulação e comunicação, da rede urbano-regional do Estado e das populações tradicionais (BRASIL, 2006). No banco de dados do MacroZEE do Maranhão foram inseridos dados, índices, indicadores e estimativas da situação socioeconômica e de infraestrutura do Estado e dos municípios fornecidos por diversas instituições. Entre eles, o índice de desenvolvimento humano, o produto interno bruto (PIB), os valores adicionados do PIB, a situação da rede de esgoto, os fluxos migratórios, a produção agrícola municipal, a taxa de urbanização, a taxa de analfabetismo, a esperança de vida, a densidade demográfica, a hierarquia urbana e o número de estabelecimentos de saúde. Também foram utilizadas informações sobre a infraestrutura, como a rede de transporte, de energia e de comunicações. Os dados foram utilizados para o diagnóstico socioeconômico do Estado e apoiou a geração de indicadores sociais sintéticos e a indicação das tendências de ocupação e articulação regionais, conforme descrito por Brasil (2006). Exemplos dos planos de informação socioeconômicos usados são apresentados na Figura 3.

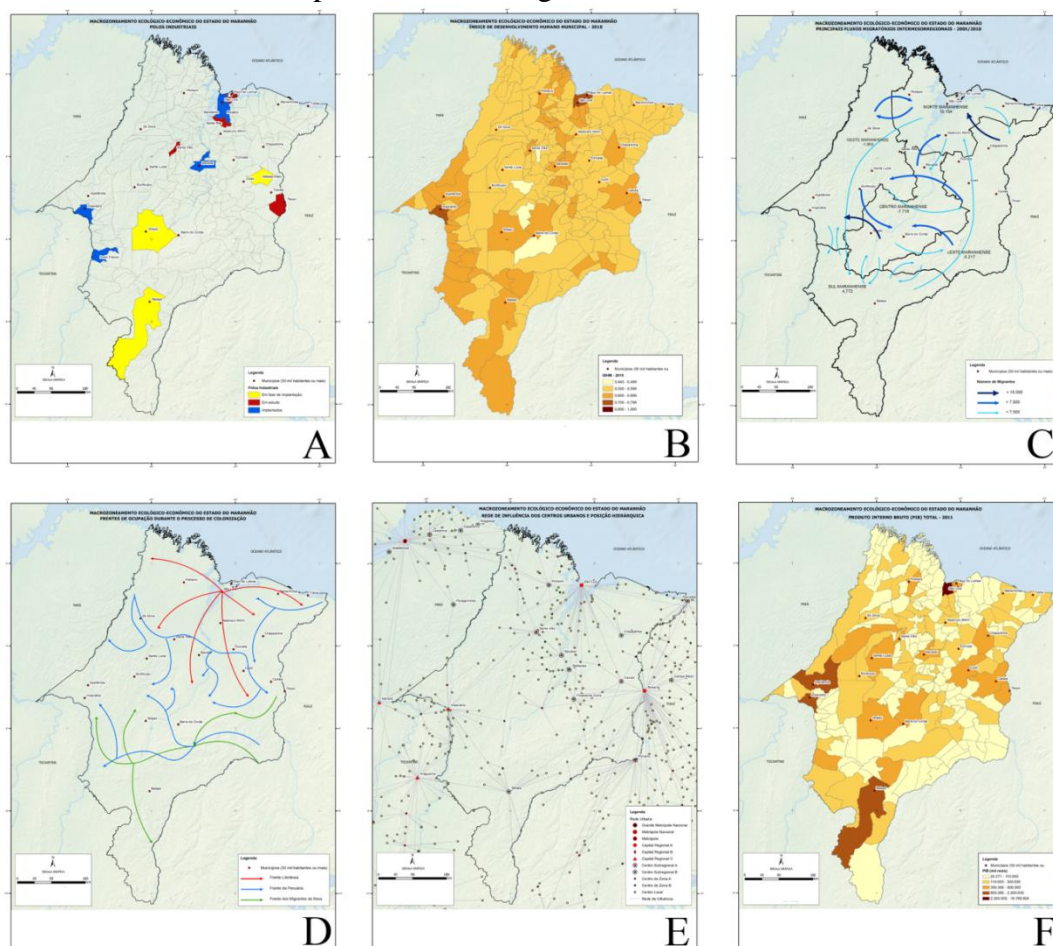


Figura 3. Exemplos de planos de informação socioeconômicos do BDG MacroZEE-MA. (A) Polos industriais, (B) Índice de desenvolvimento humano municipal - 2010, (C) Principais fluxos migratórios intermesorregionais - 2005/2010, (D) Frentes de ocupação durante o processo de colonização, (E) Rede de influência dos centros urbanos e posição hierárquica, e (F) Produto interno bruto (PIB) total-2011.

### 3.4 Meio Físico-Biológico

Os planos de informação do meio físico-biológico foram usados na análise integrada do ambiente natural permitindo delimitar unidades naturais que expressam a integração dos seus diferentes componentes. Além de identificar as unidades naturais, também foram usadas para detectar a integridade dos sistemas naturais com suas potencialidades e limitações, conforme proposto por Brasil (2006). Para o diagnóstico do meio físico-biológico do Maranhão, foram reunidos dados como hidrografia, cobertura vegetal, biodiversidade, clima, geologia, geomorfologia, solos, relevo, recursos minerais e aptidão agrícola (Figura 4).

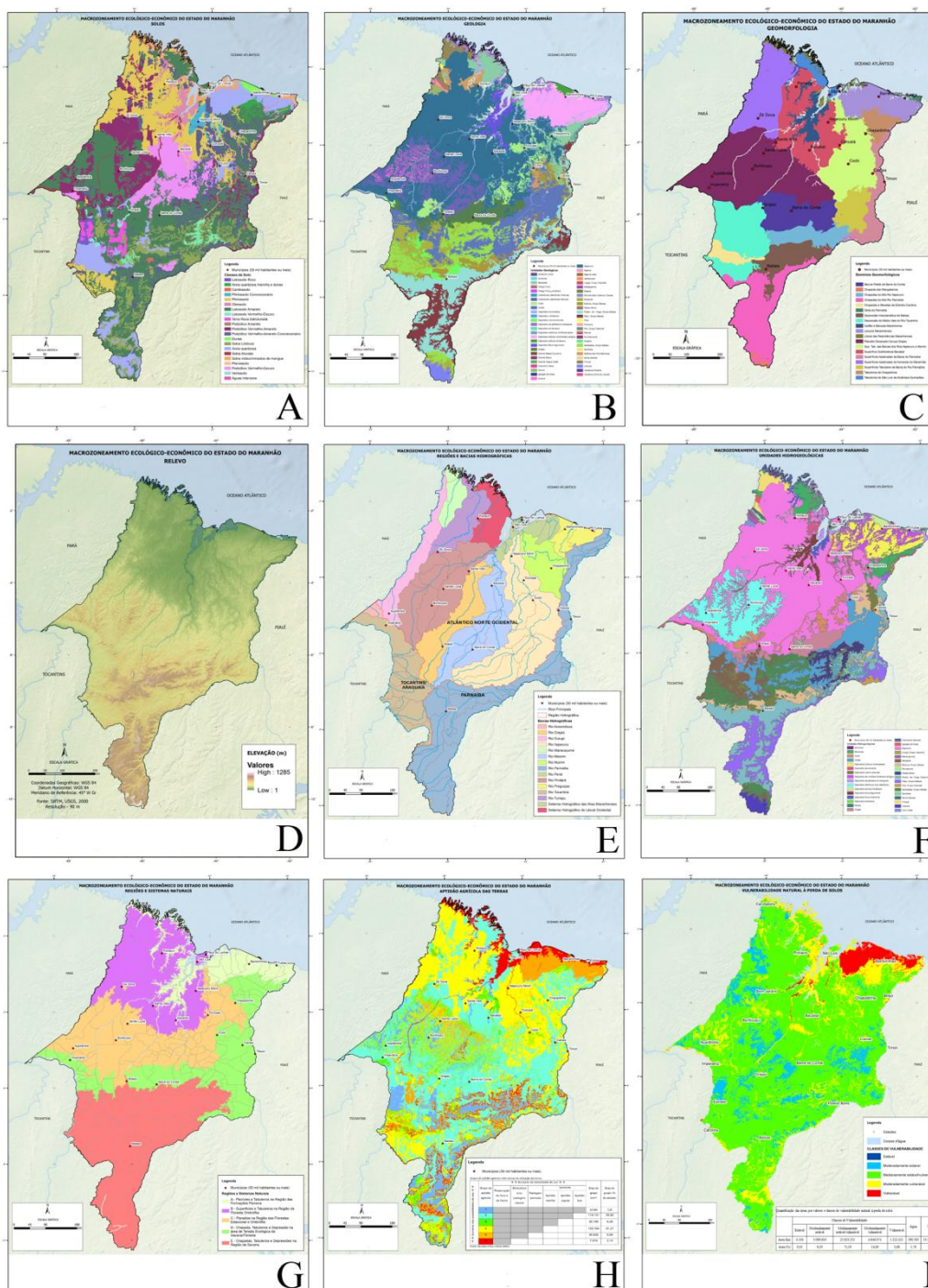


Figura 4. Exemplos de planos de informação do meio físico-biológico do BDG MacroZEE-MA. (A) Solos, (B) Geologia, (C) Geomorfologia, (D) Relevo SRTM, (E) Regiões e bacias hidrográficas, (F) Unidades hidrogeológicas, (G) Regiões e sistemas naturais, (H) Aptidão agrícola das terras, e (I) Vulnerabilidade natural à perda de solo.



A composição do banco de dados do meio físico-biológico foi fundamental para a definição das unidades dos sistemas ambientais naturais, identificadas e registradas cartograficamente a partir da integração dos diversos temas referentes ao meio físico-biológico. A integração dos dados também permitiu a indicação de potenciais corredores ecológicos e avaliação da potencialidade e fragilidade natural, segundo indicadores estabelecidos no Decreto nº4.297, de 10 de julho de 2002 (BRASIL, 2002). A potencialidade natural foi definida pelos serviços ambientais dos ecossistemas e pelos recursos naturais disponíveis, incluindo, entre outros, a aptidão agrícola, o potencial de produtos florestais madeireiros e não madeireiros, que inclui o potencial para a exploração de produtos derivados da biodiversidade. A fragilidade natural potencial foi avaliada por indicadores de perda de biodiversidade, vulnerabilidade natural à perda de solo e quantidade e qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

### 3.5 Imagens de Sensoriamento Remoto e Uso e Cobertura das Terras

Nos levantamentos de uso e cobertura da terra, os produtos de sensoriamento remoto, principalmente imagens de sensores orbitais, são fontes de informação imprescindíveis para a produção de mapas temáticos (ARAGÃO et al., 2005; JENSEN, 2010). Para o MacroZEE-MA foram obtidas e processadas imagens livres de nuvens do sensor remoto TM (Thematic Mapper) a bordo do satélite Landsat 5, compreendendo 22 cenas adquiridas entre 2006 e 2011. As imagens foram incluídas no banco de dados juntamente com o mosaico gerado do Estado do Maranhão (Figura 5). As características do sensor TM (resolução espacial, temporal e espectral) o tornam um instrumento ideal para mapeamento sinótico e espacial de grandes áreas, totalmente apto ao suporte do mapeamento de uso e cobertura das terras na escala requerida pelo projeto, bem como de diversas outras aplicações relacionados ao mapeamento remoto do estado do Maranhão. Os dados de uso e cobertura das terras apoiaram o diagnóstico socioeconômico do Estado e geraram produtos de síntese com parâmetros e critérios que identificaram as formas diferenciadas de ocupação do território maranhense.

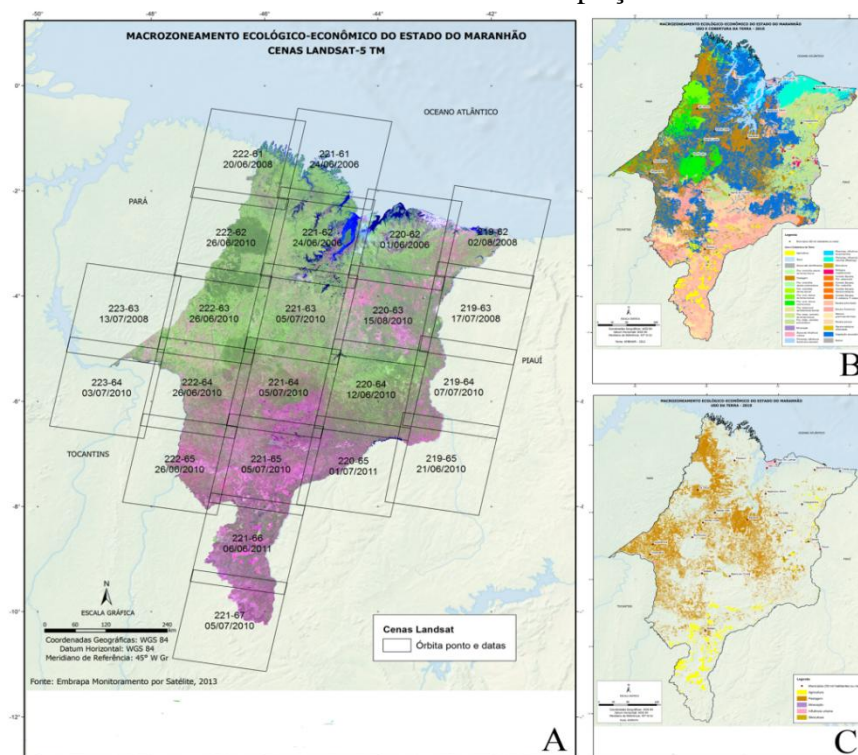


Figura 5. Exemplos de planos de informação oriundas das imagens de satélite do BDG MacroZEE-MA. (A) Articulação Landsat 5, (B) Uso e cobertura das terras-2010, e (C) Uso das terras-2010.

#### 4. Conclusões

O Banco de Dados Geoespacial do MacroZEE do Estado do Maranhão foi elaborado segundo critérios metodológicos em escala ao milionésimo (1:1.000.000) estabelecidos pelas normativas governamentais que regulamentam a elaboração dos zoneamentos ecológico-econômicos do Brasil. Os PIs jurídico-institucionais permitiram elencar os aspectos da legislação, os programas federais, estaduais e municipais, pertinentes a organização da administração pública e a dinâmica das forças atuantes da sociedade civil, com vistas a estabelecer uma base para a compreensão da realidade do estado. Já os PIs socioeconômicos, dados atuais e históricos, apoiaram a compreensão da dinâmica de ocupação e o uso dos recursos naturais, considerando a forma como a ação dos agentes sociais se manifesta no território maranhense. Os PIs do meio físico-biótico possibilitaram gerar análises do ambiente, de forma a construir unidades de sistemas naturais que expressem a integração dos seus diferentes componentes, sua integridade, suas potencialidades e limitações. As imagens de satélite foram fundamentais para mapear o uso e cobertura da terra, permitindo compreender a forma pela qual o espaço está sendo ocupado. A utilização do BDG MacroZEE será referência para a elaboração e implementação de políticas públicas de desenvolvimento sustentável do Maranhão.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem às instituições parceiras, especialmente às integrantes da Comissão Estadual do ZEE e do Comitê Técnico-Científico do ZEE do estado do Maranhão - Secretarias de Estado do Planejamento e Orçamento do Maranhão, do Meio Ambiente e Recursos Naturais, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, do Desenvolvimento, Indústria e Comércio, do Desenvolvimento Social e Agricultura Familiar, da Infraestrutura, das Cidades e Desenvolvimento Urbano, de Minas e Energia, do Turismo e da Pesca e Aquicultura, Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Estadual do Maranhão e Embrapa Cocais.

#### Referências Bibliográficas

ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; ESPIRITO-SANTO, F. D. B.; WILLIAMS, M. Integração de dados geoespaciais para o mapeamento de unidades da paisagem na região do Tapajós. *Geografia*, v. 30, n. 3, p. 583-593, 2005. BRASIL. **Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002**. Estabelece critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm)> Acesso em: 10 mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes Metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. 3. ed. Brasília, DF: MMA/SEDR/PZEE, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/item/7529>>. Acesso em: 05 mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Zoneamento Ecológico-Econômico**. 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **MacroZEE da Amazônia Legal**. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial/macrozee-da-amaz%C3%B4nia-legal>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

CONCAR (Comissão Nacional de Cartografia). **Perfil de metadados geoespaciais do Brasil**. Disponível em: <[http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/Perfil\\_MGB\\_Final\\_v1\\_homologado.pdf](http://www.concar.ibge.gov.br/arquivo/Perfil_MGB_Final_v1_homologado.pdf)>. Acesso em: 26 maio. 2013.

EMBRAPA (Embrapa Monitoramento Por Satélite). **Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão**. 2014. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/macrozee/>> Acesso em: 26 set. 2014.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. (2 ed.) Tradução: J. C. N. Epiphânio, A. R. Formaggio, A. R. dos Santos, B. F. T. Rudorff, C. M. de Almeida, L. S. Galvão. São José dos Campos: Parântese, 2009. 598p.