

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS

BOLFE, E. L.

RESUMO

O conhecimento dos modelos atuais de uso do solo e das modificações ocorridas ao longo dos anos constitui-se em pré-requisitos para o planejamento e a utilização sustentável dos recursos naturais. As áreas de conhecimento envolvendo as geotecnologias obtiveram significativo crescimento técnico-científico sendo amplamente pesquisadas, divulgadas e aceitas. Órgãos governamentais e empresas privadas se utilizam dessas informações como fonte para tomada de decisão e planejamento estratégico envolvendo a prospecção e monitoramento dos recursos naturais. Este artigo aborda de forma sucinta um breve histórico sobre a evolução das geotecnologias e suas aplicações no contexto dos recursos naturais. Apresenta ainda, algumas aplicações das geotecnologias na forma de resultados obtidos durante as atividades desenvolvidas no Laboratório de Geotecnologias da Embrapa Tabuleiros Costeiros entre 2002 e 2005. Destaca-se algumas ações realizadas em áreas do nordeste do Brasil, através dos resumos de artigos apresentados e publicados em Congressos e Simpósios nacionais e internacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Meio Ambiente.

ABSTRACT

The knowledge of the current models of landscape and the occurred modifications to the long one of the years consists in important for the planning and the sustainable use of the natural resources. The understanding involving the geotechnologies had gotten significant technician-scientific growth being widely searched, divulge and accepted. The governmental and the private companies as source for taking of decision and strategical planning involving the prospection and studies of the natural resources. This paper approaches of form summary a historical briefing on the evolution of the geotechnologies s and its applications in the context of the natural resources. It is presented some gotten results of research and developments project involving geotechnologies carried through in the Embrapa Coastal Tablelands inside of the thematic ones: water resources, landscape and ambient diagnosis of hydrographic basin.

KEYWORDS: Geoprocessing, Remote Sensing, Environmental.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente a observação e a representação da superfície terrestre têm se apresentado como relevante na organização e desenvolvimento das sociedades. Desde os remotos tempos até a atualidade, as informações e dados espaciais foram descritos de forma gráfica pelos antigos cartógrafos e utilizados por navegadores e demais profissionais.

A obtenção de informações sobre a distribuição geográfica dos recursos naturais subsidiou o desenvolvimento de inúmeros países, permitindo a ocupação territorial e a geração de postos de trabalho e renda. Neste contexto, até meados dos anos 60, os documentos, cartas e mapas eram gerados apenas na forma analógica, impossibilitando análises mais precisas e detalhadas, resultantes de combinação entre diferentes mapas e dados. Já a partir da década de 70, com a grande evolução da *aerofotogrametria*, do *sensoriamento remoto* e da *tecnologia da informática*, tornou-se possível obter, armazenar e representar informações geoespaciais em ambiente computacional, abrindo espaço para o surgimento do *Geoprocessamento*.

Paralelo a esse desenvolvimento surgiu inúmeros métodos matemáticos e estatísticos para o tratamento de informações geográficas, possibilitando mapeamentos de vastas áreas com elevado grau de precisão, assim como mapeamentos específicos, em especial de recursos naturais, por exemplo: tipos e usos de solo, vegetação, geologia, geomorfologia, distribuição de clima, hidrografia e de recursos minerais.

Dessa forma, a partir da década de 80 a tecnologia dos *Sistemas de Informações Geográficas* (SIG's) inicia seu período de acelerado crescimento, culminando com a criação dos centros de pesquisa que formam o NCGIA (*National Center for Geographical Information and Analysis*) marcando o estabelecimento do Geoprocessamento como possível disciplina científica.

No Brasil, a introdução do Geoprocessamento iniciou-se na UFRJ, a partir da vinda em 1982 do Pesquisador canadense, Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (*Canadian Geographical Information System*), incentivando a criação de vários grupos de pesquisa para desenvolver essas tecnologias.

Atualmente, o somatório dos esforços de inúmeros setores têm possibilitado a aproximação entre várias disciplinas relacionadas com a aquisição, o registro, a análise e a representação dos fenômenos geográficos através de informações espaciais, estabelecendo um novo conceito, o da "*Geotecnologias*". Matias (2006) conceitua as *Geotecnologias* como um conjunto de tecnologias baseadas em ambiente computacional com finalidade de promover o tratamento da informação espacial, baseada em cartografia digital, sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e sistemas de posicionamento global por satélite.

Assim, esta alternativa tem se consolidado com enorme potencial, pois apresenta custo relativamente baixo e os conhecimentos são gerados e adquiridos localmente, tornando-se

indispensáveis para o planejamento urbano e regional, permitindo ainda o uso e monitoramento eficiente dos recursos naturais e a conservação do meio ambiente.

2. GEOTECNOLOGIAS E RECURSOS NATURAIS

A necessidade de conhecer os modelos atuais de uso do solo e as modificações ocorridas ao longo dos anos constitui-se em pré-requisitos para a gestão sustentável dos recursos naturais. Nos últimos vinte anos, as áreas de conhecimento envolvendo as geotecnologias experimentaram significativo crescimento técnico-científico sendo amplamente divulgadas e aceitas pelos órgãos governamentais e pelas empresas como fonte para tomada de decisão e planejamento estratégico.

Convencionalmente, as informações de levantamento dos recursos naturais eram coletadas através de técnicas de aerofotogrametria, apoiadas por levantamentos de campo, originando mapas analógicos, que invariavelmente levavam anos para serem atualizados. Com a utilização das Geotecnologias envolvendo ferramentas como: o *Sensoriamento Remoto*, os *SIG's* e os *Sistemas de Posicionamento Global por Satélite (GPS)*, o tempo médio para a obtenção das informações necessárias foi reduzida para semanas, somente essa característica ampara a ampla aceitação e a demanda por essas tecnologias.

Novo (1992), já enumerava as inúmeras aplicações do sensoriamento remoto na avaliação dos recursos naturais. Em recursos hídricos, destacava a análise qualitativa de imagens e fotografias aéreas, permitindo a identificação de alterações locais da superfície líquida, padrão de drenagem, migração de canais fluviais, avaliação do impacto regional de enchentes, qualidade de água, monitoramento de reservatórios, cadastro de áreas irrigadas e inventário de fontes de sedimentos. Outra exemplificação era o monitoramento do uso da terra, com informações obtidas sobre a cobertura do solo, sua dinâmica, a área recoberta por vegetação nativa, por florestas, por culturas agrícolas e demais usos. Destacava ainda como grande aplicação do sensoriamento remoto, o monitoramento da vegetação, a previsão de safras e a avaliação de pastagens degradadas.

A capacidade de obtenção de informações através do sensoriamento remoto e de GPS aliado ao processamento de dados nos SIG's, permitem que várias alternativas sejam avaliadas de forma eficaz e relativamente rápida. Essas possibilidades levaram a uma mudança qualitativa na forma como muitas análises podem ser realizadas. Planos de monitoramento ambiental podem ser progressivamente reavaliados e refinados visando à otimização das soluções, procedimentos que seriam inviáveis tecnicamente e financeiramente pelo uso das técnicas tradicionais.

Conforme Florenzano (2002), as imagens de satélite, ao recobrirem sucessivas vezes a superfície terrestre, possibilitam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente. Inúmeras dentre as aplicações, o monitoramento da erosão do solo, inundações, áreas de queimadas e desmatamentos. Essas imagens proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (de dinâmica) de extensas áreas da superfície terrestre.

Pode-se, por exemplo, modelar através da temporalidade das imagens de satélite a ação antrópica sobre os recursos naturais, possibilitando o desenvolvimento de planos de manejo e conservação, evitando assim a degradação do solo e problemas relativos à qualidade da água e garantindo a sustentabilidade dos recursos naturais.

Outra relevante face das geotecnologias é o crescente desenvolvimento dos SIG's, pois através de sua utilização pode-se planejar e executar ações de cunho técnico-científico de grande espectro de aplicações na gestão dos recursos naturais. Burrough (1989), conceitua os SIG's como aplicativos constituídos de cinco módulos, onde cada módulo é um subsistema que permite as operações de entrada e verificação de dados, armazenamento e gerenciamento de banco de dados, apresentação e saída de dados, transformação de dados e interação com o usuário.

Christofolletti (1999), destaca que os procedimentos metodológicos para a modelagem de sistemas ambientais ganharam realce com as tecnologias envolvidas nos SIG's, apresentando ligações em Geociências, Hidrologia e Ecologia das paisagens e de forma complementar, para a análise espacial das informações, tornou-se essencial a inclusão da Geoestatística.

Nesse contexto, o uso desses conhecimentos para gestão dos recursos naturais transcende o simples fato de utilizar tecnologias computacionais para subsidiar um processo que anteriormente era manual. Entende-se que a capacidade analítica dessas ferramentas propicia armazenar e analisar a informação ambiental de diferentes maneiras e enfoques.

Segundo Silva & Zaidan (2004), amplas possibilidades técnicas e metodologias, em associação com novos conceitos derivados da tecnologia do geoprocessamento, começam ser refletidos em campos científicos tradicionais. Por exemplo, na Biologia, é notável a contribuição através dos estudos ecológicos, que passaram a serem habilitados a expor e analisar, detalhadamente, relações espaciais entre entidades e eventos biológicos, permitindo assim verificações exaustivas de hipóteses sobre possíveis correlações entre variáveis biológicas e entre estas e as perturbações ambientais ditas antrópicas.

A gama de sistemas sensores disponíveis comercialmente, possibilita inúmeras aplicações nas diversas escalas de trabalhos e objetivos propostos pelas ações envolvendo as geotecnologias. Consideramos o profundo conhecimento das resoluções espacial, espectral, radiométrica e temporal dos sensores remotos, como imprescindíveis na definição metodológica para ações e projetos envolvendo a gestão de recursos naturais.

Essa pluralidade de aplicações das Geotecnologias em projetos envolvendo a gestão de recursos naturais, têm se refletido também na elevada qualidade das informações geradas. Porém, por outro lado, é crescente a preocupação quanto às bases de dados utilizadas nesses projetos, principalmente no que tange a fatores como escala, temporalidade, fonte, metodologias de processamento e procedimentos de análises adotados.

Segundo Burrough & McDonnell (1998), em cada estágio de um projeto, a verificação apropriada dos dados e dos procedimentos de checagem é imprescindível, a fim de assegurar que a base de dados esteja isenta de quaisquer erros, uma vez que a criação de uma base de dados digitais é a tarefa mais importante e mais complexa de um SIG e sobre a qual reside a utilidade do sistema.

Atualmente inúmeras pesquisas voltadas à modelagem, com ênfase em técnicas de análise integrada de parâmetros espaciais, visam à gestão de recursos naturais. Destaca-se entre os principais recursos naturais modelados: os florestais, hídricos e minerais, onde exemplifica-se através de:

- ⇒ Zoneamentos ambientais e agro-ecológicos, integrando de forma sistemática e interdisciplinar a análise ambiental ao planejamento dos usos do solo;
- ⇒ Os dados levantados e as informações geradas permitem viabilizar estudos para o planejamento da expansão urbana e alocação de áreas de lazer;
- ⇒ O planejamento físico-conservacionista possibilita rápida integração de suas informações em uma base cartográfica digital;
- ⇒ Subsídios para o Ministério Público em ações de reparo a danos ambientais e amparo à definição e averbação das Reservas Legais;
- ⇒ Amparar ações governamentais e privadas no fomento e implantação de projetos agropecuários e agroflorestais;
- ⇒ Subsídio para empresas (públicas e privadas) na prospecção mineral em solo e mar através de mapeamentos geológicos e geomorfológicos utilizando o sensoriamento remoto e SIG's;
- ⇒ O banco de dados geográficos permite acesso rápido e ilimitado a toda e qualquer informação referente aos recursos naturais como: cobertura vegetal, recursos hídricos, solos, clima, geomorfologia, além de limites de municípios, das rodovias e estrutura fundiária;
- ⇒ A análise de mapas de vulnerabilidade associada aos usos e condicionantes sócio-econômicos subsidiam ações governamentais de desenvolvimento, proteção e recuperação ambiental, visando o uso sustentável dos recursos naturais.

Um grande desafio atual reside na necessidade de se formatar bases de dados geográficos que contribuam para organizar e disponibilizar as informações geradas pelas Geotecnologias. Uma nova e crescente comunidade técnica-científica e de usuários começa a nascer desse processo de evolução.

Essas informações são valorizadas pela sua expansão em termos históricos e temporais de dados de sensoriamento remoto e pela premissa das geotecnologias na necessidade da interdisciplinaridade visando à gestão sustentável dos recursos naturais.



A utilização de metodologias, procedimentos e tecnologias que envolvam o sensoriamento remoto, SIG's, GPS e banco de dados geográficos possibilita a obtenção de diversas informações dos recursos naturais do nordeste do Brasil. Essas informações beneficiam um grande leque instituições, empresas, usuários e órgãos responsáveis pela prospecção, utilização e monitoramento dos recursos naturais.

Dessa forma, propõe-se aqui, apresentar sucintamente algumas aplicações das geotecnologias na forma de resultados obtidos durante as atividades desenvolvidas no Laboratório de Geotecnologias da Embrapa Tabuleiros Costeiros entre 2002 e 2005. Destaca-se algumas ações realizadas em áreas do nordeste do Brasil (figura 1), através dos resumos de artigos apresentados e publicados em Congressos e Simpósios nacionais e internacionais envolvendo sensoriamento remoto, geoestatística, GPS e SIG's.



Figura 1 - Mosaico digital de imagens *Spot Vegetation*, Nordeste do Brasil.

Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006.

3. ALGUMAS APLICAÇÕES DE GEOTECNOLOGIAS NO NORDESTE DO BRASIL

Na área de irrigação, exemplifica-se através do resumo do trabalho intitulado: *Geoestatística aplicada ao monitoramento de aquífero freático num perfil de solo de baixada litorânea do nordeste*, apresentado durante o 3^o Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão (Bolfe et al., 2005). O conhecimento da hidrodinâmica no solo auxilia na definição da utilização de uma área

agrícola. As oscilações espaço-temporais da superfície freática podem contribuir para o suprimento da água na zona de ocupação das raízes das plantas cultivadas. Com o objetivo de monitorar as variações da profundidade do aquífero freático num segmento geoambiental do Nordeste, instalou-se uma rede poços de observações em área de cultivo de coco, onde as leituras da profundidade da água foram realizadas durante 24 meses. Os dados foram analisados utilizando-se técnicas de geostatística, onde geoespacializou-se as variações da profundidade da água na área (figura 2), demonstrando-se as tendências espaço-temporais em forma de superfície de valores. Verificou-se que as maiores elevações e amplitudes da superfície freática não corresponderão às maiores precipitações mensais, o que sugere um estudo de “tábuas de maré” para verificar a sua influência sobre as oscilações do aquífero freático nos solos estuarinos. Os modelos digitais gerados pelo sistema de geostatística permitiram uma efetiva análise do comportamento das oscilações no aquífero freático da área de estudo e sua distribuição espacial, demonstrando o potencial desse instrumento na implementação de sistemas de apoio à decisão em manejo dos recursos hídricos e do solo.

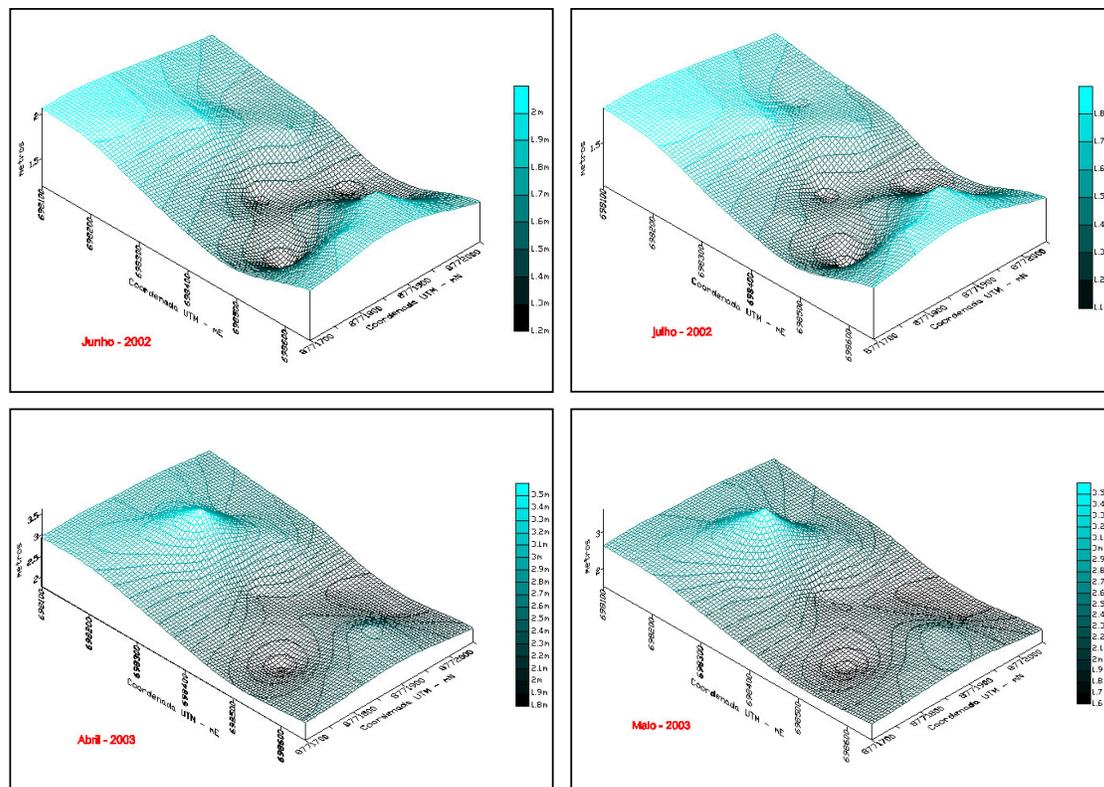


Figura 2. Oscilação vertical do aquífero freático na área de estudo, menor amplitude (junho e julho de 2002) e maior amplitude (abril e maio de 2003).

Na temática de uso da terra, apresenta-se o resumo do trabalho intitulado: *Geoprocessamento aplicado ao levantamento do uso da terra auxiliando a recuperação de áreas degradadas*, apresentado durante o *Encontro Internacional sobre a Natureza-O²* (Bolfé et al., 2005). O trabalho

relata as ações desenvolvidas nas áreas de geoprocessamento e sensoriamento remoto com objetivo de levantar o uso da terra do município de Japaratuba (SE), subsidiando o processo de implantação de sistemas agroflorestais sucessionais com vistas a ações de recuperação de áreas degradadas. Propõe-se através deste trabalho gerar informações a partir da classificação digital de imagens de satélite, fornecendo dados históricos e atuais quanto à ocupação da terra, suas causas e conseqüências no processo dinâmico de usos antrópicos dos solos da região e sua interligação com a percepção de agricultores locais. A caracterização temporal e espacial do uso da terra foi realizado através de imagens TM / Landsat 5 de abril/1988 e dezembro/1998 (figura 3). Os resultados obtidos pela análise temporal demonstraram significativa redução na cobertura vegetal nativa na área entre os anos de 1988 e 1998, reduzindo em 2,29 % os remanescentes florestais e 4,84 % as áreas de mata ciliar; essa redução está ligada principalmente à pressão antrópica para a implantação de pastagens e agricultura, as quais tiveram um crescimento no mesmo período de 9,12 % e 4,34 % respectivamente.

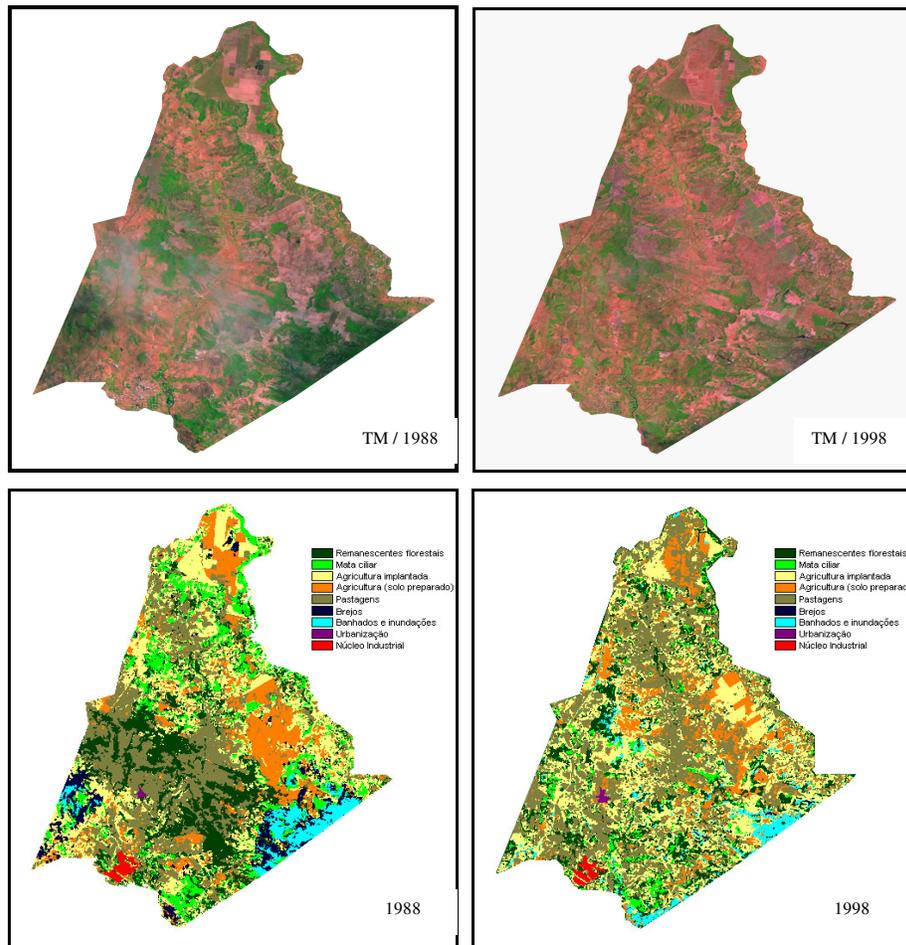


Figura 3. Imagens TM/Landsat e Uso da terra (1988 e 1998) do município de Japaratuba, Sergipe.

Na temática de geoestatística aplicada ao levantamento de solos, apresenta-se o resumo do artigo:
Caracterização pedológica de área-piloto no perímetro irrigado do Platô de Neópolis para Produção

Integrada de Coco, apresentado no XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (Gomes & Bolfe, 2005). O Ministério da Agricultura vem procurando construir uma filosofia de produção de frutíferas que alie qualidade de produto e sustentabilidade da exploração. Essa filosofia atende pelo nome de produção integrada de frutas (PIF), que encontra na cultura da maçã seu estágio mais avançado no país. No estado de Sergipe são desenvolvidas as ações da PIF coco (*Cocos nucifera* L.), concentradas, de forma experimental, em parcelas empresariais do perímetro irrigado do Platô de Neópolis. Assim, o presente estudo executou o mapeamento de solos ultradetalhado e mapas de contorno de variáveis de solo de 4 parcelas experimentais. A metodologia baseou-se nos dados morfológicos, físicos e químicos do solo, que foram armazenados em planilhas eletrônicas e os pontos de coleta georreferenciados. Para elaboração do mapa de solos e dos diversos planos de informação (figura 4) utilizou-se SIG, através de técnicas de geoestatística. O mapa de solos da área apresenta três unidades simples: PA1 com 26,7 ha, PA2 com 7,3 ha e CH com 1,4 ha. As três unidades foram agrupadas em duas unidades de manejo, que poderiam receber manejo de água e de adubação diferenciados. A textura e a cor são os atributos de solo com maior poder de distinção de ambientes. O A1 está presente em sub-superfície, com o m ultrapassando 50% em muitos pontos, principalmente na parcela 4, onde a presença de solos de textura mais fina e permeabilidade mais baixa devem estar dificultando o efeito das correções.

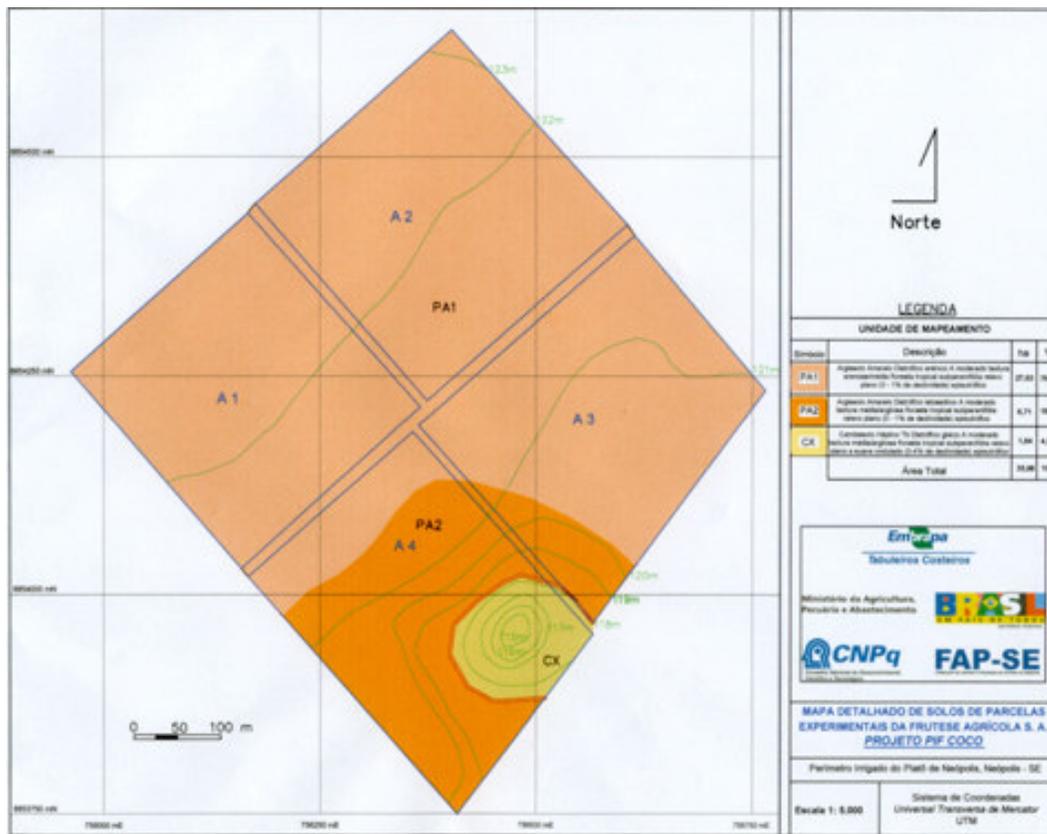


Figura 4. Mapa de contorno, variáveis do solo, parcelas experimentais PIF coco, Frutese, Neópolis, SE.

No contexto de bacias hidrográficas, apresenta-se o resumo do artigo intitulado: **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe**, exposto no *III Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental* (Rocha & Bolfe, 2004). O trabalho objetivou apresentar as ações realizadas através de técnicas de geoprocessamento na bacia hidrográfica do rio Sergipe, visando diagnosticar impactos causados por ações antrópicas nos últimos anos. Essa bacia possui papel relevante para Sergipe, sendo constituída por 26 municípios e abrangendo uma população de aproximadamente 800.000 habitantes. Utilizando-se de imagens de satélites da série Landsat 5 TM e 7 ETM+ (figura 5) e de SIG, foi realizada a classificação digital supervisionada do uso da terra da bacia, localizando-se e quantificando os temas: remanescentes florestais, mata ciliar, mangue, campo de restinga, agricultura, pastagem, brejo ou inundações, dunas, areal, rios, lagoas, urbanização, nuvens e sombra. Adicionalmente, foi incluída a base cartográfica, onde obteve-se informações inerentes à: divisão municipal, rede de drenagem, indústrias, altimetria e rede viária. Realizou-se o cruzamento geoespacial dos mapas temáticos de uso do solo dos diferentes anos, obtendo assim, o estudo da ocupação territorial e das ações antrópicas desenvolvidas na região de estudo, fornecendo dados relevantes para ações de monitoramento ambiental e o desenvolvimento sustentável.

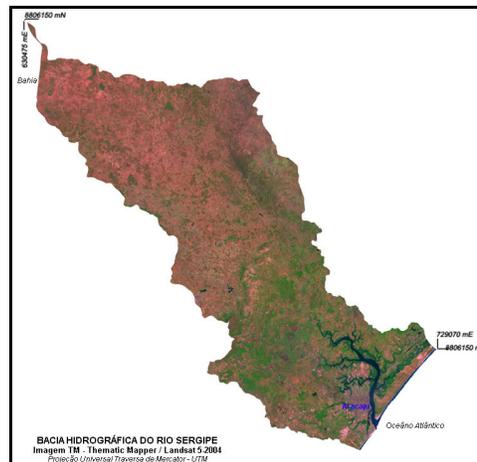
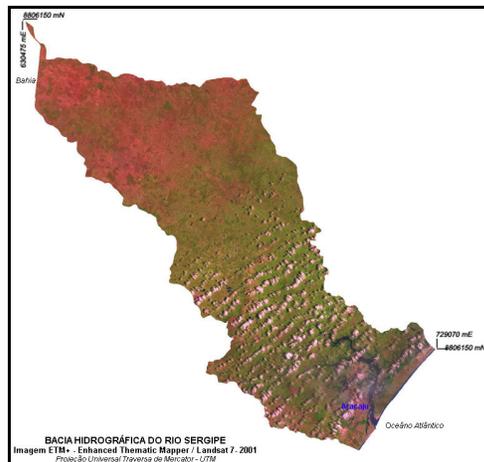
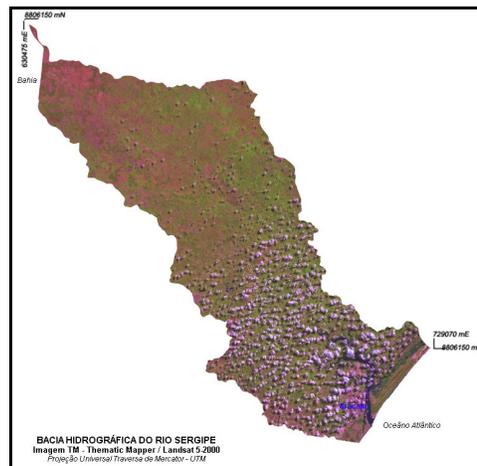
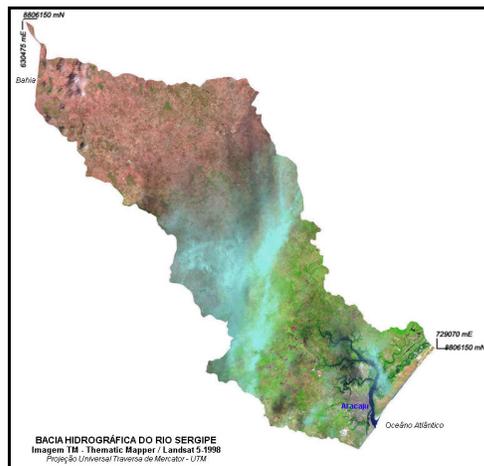


Figura 5. Imagens TM e ETM+/Landsat (1999, 2000, 2001 e 2004) da Bacia do Rio Sergipe, Sergipe.

4. CONCLUSÕES

As geotecnologias são relevantes para avaliar a compatibilidade de usos múltiplos dos recursos naturais e harmonizar valores que competem entre si, facilitando assim o desenvolvimento de metodologias eficientes para a gestão desses recursos.

Os dados levantados e as informações geradas por métodos utilizando-se de geotecnologias permitem viabilizar estudos interdisciplinares sobre diagnósticos ambientais, subsídio à recuperação de áreas degradadas e o planejamento do uso do solo e dos recursos naturais.

O desenvolvimento e aplicação de procedimentos metodológicos envolvendo o sensoriamento remoto, sistemas de informações geográficas e sistemas de posicionamento global por satélite desempenham um papel imprescindível na elevação do conhecimento, análises e integrações relativas aos recursos naturais, passos necessários e promissores para o planejamento e gestão territorial.

Os recursos naturais, em especial do nordeste do Brasil, sofreram e sofrem utilização desenfreada, elaborar metodologias baseada em geotecnologias, que diagnostica a situação atual em que se encontram esses recursos no espaço geográfico é um passo necessário a ser instrumentado, porém não necessariamente suficiente para preservar ou sugerir seu uso sustentável, através da gestão dos recursos naturais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLFE, E.L.; BOLFE, A.P.F.; SIQUEIRA, E.R.de. Geoprocessamento aplicado ao levantamento do uso da terra auxiliando a recuperação de áreas degradadas. In: Encontro Internacional sobre a Natureza, 2005, Fortaleza, CE. *Anais...O²*. Fortaleza: Instituto Hidroambiental Águas do Brasil, 2005.
- BOLFE, E.L.; BARRETO, A.N.; TUPINAMBÁ, E.; SILVA, A.A.G. DA . Geoestatística aplicada ao monitoramento de aquífero freático num perfil de solo de baixada litorânea do Nordeste. In: III Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 2005, Sete Lagoas, MG. *Anais...III SIAP*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. v. CD-ROM.
- BURROUGH, P.A., **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Clarendon Press: Oxford, 1989. 194p.
- BURROUGH, P. A.; MCDONNEL, R .A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1999. 236p.
- EMBRAPA. Embrapa Monitoramento por Satélite. **Mapa da Cobertura Vegetal do Brasil**. Campinas: Embrapa, 2006. Acesso em <http://www.cobveget.cnpm.embrapa.br>



- FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina, 2002. 97p.
- GOMES, J.B.V.; BOLFE, E.L. Caracterização pedológica de área-piloto no perímetro irrigado do Platô de Neópolis para Produção Integrada de Coco. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2005, Recife-PE. *Anais...XXX CBCS*. Recife: Sociedade Brás. de Ciência do Solo, 2005. v. CD-ROM.
- MATIAS, L. F. **Sociedade da Informação: advento das geotecnologias**.(Comunicação Oral). Unicamp - Instituto de Geociências. 01 de agosto de 2006.
- NOVO, E.M.L. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1992. 308p.
- ROCHA, D.; BOLFE, E.L.Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. In: III Simpósio Brasileiro De Engenharia Ambiental, 2004, Brasília. *Anais...III SBEA*. Brasília, DF: Universidade Católica de Brasília, 2004. v.1
- SILVA, J. X. DA; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 368p.