

Mapeamento das mudanças da cobertura e uso da terra entre os anos de 1984 e 2009 utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: estudo de caso do Município de Fátima – Estado do Tocantins.

Mirelle Tavares Pimentel ¹

Ricardo Ribeiro Dias ²

Eduardo Quirino Pereira ²

¹ Graduada em Engenharia Ambiental
Caixa Postal 114, - 77.001-090 - Palmas – TO, Brasil
mirellet_pimentel@hotmail.com

² Fundação Universidade Federal do Tocantins – UFT
Caixa Postal 114, - 77.001-090 - Palmas – TO, Brasil
ricdias@mandic.com.br
eduquirino@gmail.com

Abstract. This work has the objective mapping in scale 1:100.000 and quantify the changes into cover and land's, in the town of Fatima (TO) through uses of remote sensing and geoprocessing in a comparative research of the years of 1984 and 2009. The research was made by the using of satellite images TM Landsat 5, pre-existed data and visual interpretation of images in many computing environments of the geoprocessing, highlighting the ArcGis software and PCI Geomatics. The methodology basically corresponded to the stages of survey of bibliographic material, acquisition and analysis of cartographic data and orbital, assembly of geodata base, digital processing of images (georeferencing, mosaic, clipping and enhancement), visual interpretation of the data and work field. The seven were mapped classes: cerrado stricto sensu, gallery forest/riparian, savanna, secondary forestation, agriculture and pasturage, urbanized area and bodies of water continental. Over the years 1984 and 2009 we observed changes on land cover and land use in the study area, noting that the trends of the changes was the replacement of vegetation by anthropogenic uses, especially in farms, which currently holds 44.01% of the town area, indicating a need for monitoring changes in land cover and land uses in the town.

Palavras-chave: environment, geotechnology, multitemporal analysis, meio ambiente, geotecnologia, análise multitemporal.

1. Introdução

Estudos com foco no mapeamento das mudanças da cobertura e uso da terra são rotineiros e desenvolvidos no âmbito da comunidade científica, órgãos de planejamento e meio ambiente, e ainda por entidades não governamentais e empresas que atuam na área de licenciamento ambiental. Os resultados desses estudos refletem um diagnóstico básico da paisagem que, em geral, tem demonstrado um acelerado processo de conversão de ambientes naturais em áreas antrópicas. Conforme Santos (2000), as informações sobre a cobertura e uso da terra se tornam indispensável no processo de decisão relativo à organização sustentável das atividades humanas no espaço geográfico, uma vez que possibilita a visualização das diferentes formas de ocupação.

Essas mudanças são causadas pelo interesse na instalação de atividades socioeconômicas de uso direto dos recursos naturais e com possíveis impactos negativos sobre o meio ambiente. O uso da terra de forma inadequado provoca a degradação dos recursos naturais causando sérios danos que, em alguns estágios, são quase irreversíveis, refletindo tanto na queda dos rendimentos da produtividade agropecuária quanto na qualidade do meio ambiente enquanto sistema dinâmico (Gomes, 2005). Nos estados amazônicos merece destaque a atividades agropecuárias, ocupando diferentes ambientes naturais de floresta, cerrado e matas ripárias, reafirmando o processo de conversão de coberturas naturais em áreas antropizadas. A persistência na situação de mudanças da cobertura e uso da terra configura uma preocupação

que vai desde um nível local até o global (Aguiar, 2002; Andrade et al., 2009), resultando em trabalhos com escalas regionais e municipais.

Uma gama de estudos tem demonstrado que a utilização integrada das ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento estão consagradas como o principal meio de se executar levantamento das mudanças na cobertura e uso da terra. As imagens de satélite são capazes de oferecer uma variedade muito grande de informações da superfície da terra de forma rápida e atualizada. As imagens de satélite estão hoje disponíveis¹ a todos os interessados sem custos e permitem, em função de sua cronologia de aquisição, comparar dados atuais com dados pretéritos, compondo uma biblioteca digital de informações espectrais dos ecossistemas terrestres.

No Estado do Tocantins o interesse por estudos dessa natureza não é diferente. Devido ao seu desenvolvimento econômico e localização estratégica tem sido alvo de instalação de atividades econômicas, transformadoras de áreas com cobertura florestal e de cerrado em áreas de infra-estrutura e agropecuárias. Logo, o mapeamento das mudanças nesse território torna-se importante para a compreensão da variação na organização espacial o uso e ocupação do território, no decorrer do tempo.

O objetivo deste trabalho é elaborar um mapeamento das mudanças da cobertura e uso da terra no município de Fátima, para os anos de 1984 e 2009, na escala 1:100.000, empregando imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento. Os produtos orbitais de sensoriamento remoto resultantes de imageamentos em diferentes datas permitem a discriminação e quantificação das mudanças ocorridas nas classes de cobertura e uso da terra.

O município de Fátima teve sua criação iniciada em 1973, motivada pelo desenvolvimento socioeconômico que seria experimentado na região em consequência da abertura da rodovia BR-153. Durante a construção da rodovia famílias se fixaram em pontos estratégicos ao longo das obras em busca de trabalho, promovendo a instalação de núcleos urbanos, como foi o caso do município de Fátima, instalado definitivamente em 1982.

2. Metodologia de trabalho

O município de Fátima (Figura 1) possui uma área de 384,03 km² e está localizado na região central do Estado do Tocantins, especificamente na Área Programa IX - Região Metropolitana de Palmas (Seplan, 2008), entre as coordenadas geográficas 10°40'00" e 11°00'00" de latitude sul e 48°45'00" e 49°05'00" de longitude oeste de Greenwich.

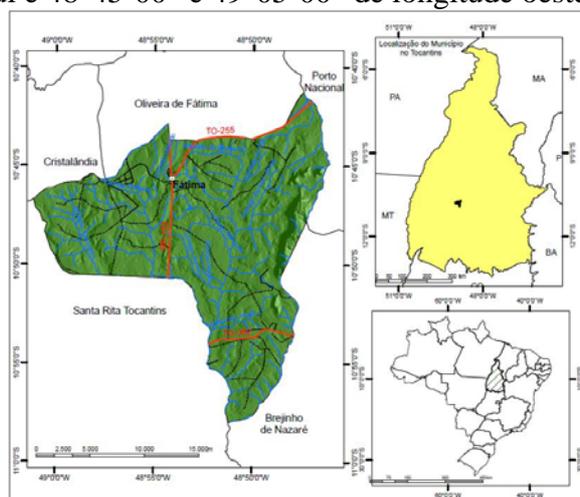


Figura 1. Localização e acessos principais da área de estudo.

¹ O Brasil, por intermédio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), manifestou junto ao Comitê das Nações Unidas para Uso Pacífico do Espaço sua política de distribuição das imagens do programa Satélites Sino-Brasileiros de Recursos Terrestre (CBERS). A declaração foi oficializada na 50ª Sessão do Comitê, ocorrida em 14 de junho de 2007 em Viena.

O acesso rodoviário a área de estudo pode ser feito por meio de dois percursos a partir de Palmas, capital do Estado do Tocantins, ambos com distância aproximada de 130 km. No primeiro segue-se de leste para oeste pela rodovia TO-080 até a BR-153, seguindo rumo sul até o município de Fátima. No segundo percurso, segue-se rumo sul, percorrendo trechos da rodovia TO-050, TO-070, TO-255 até e BR-153, chega-se a 1 km da sede do município em estudo.

Em termos de clima na área de estudo predomina o tipo B1WA'a' - clima úmido com moderada deficiência hídrica no inverno e evapotranspiração potencial apresentando uma variação média anual entre 1.400 e 1.700 mm, distribuindo-se no verão em torno de 390 a 480 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura mais elevada.

No tocante a litologia a área de estudo é caracterizada por ambientes geológicos constituídos de Coberturas Detrito-Lateríticas Pleistocênica e Neogênica, sedimentos da Bacia do Parnaíba, formação geológica do Proterozóico Superior e rochas metamórficas do Pré-Cambriano, compostas por metagranitos e granitos, ortognaisses, anfíbolitos, quartzitos, paragnaisses e xistos.

O relevo predominante no território do município de Fátima apresenta dois compartimentos topográficos característicos. O primeiro concentra-se no extremo leste, compondo formações montanhosas pertencentes a Serra das Cordilheiras, com altitude variando entre 500 e 600 metros. O segundo compreende uma superfície de depressão que domina o restante do município na forma de relevo plano a suave ondulado, cujas altitudes variam entre 300 e 350 metros.

A conformação do relevo sustentado pelos ambientes geológicos deu origem aos Neossolos Litólicos e Cambissolos, associados aos relevos movimentados da Serra das Cordilheiras, e nas partes rebaixadas dominam os grupos dos Latossolos e Plintossolos Pétricos.

Os aspectos socioeconômicos da área de estudo podem ser sintetizados pela presença de uma população de 4.123 habitantes, cuja base da economia baseia-se nas atividades do setor primário, com um claro predomínio da pecuária sobre a agricultura. Conforme os dados do IBGE (2009) no município o rebanho bovino totalizava 17.310 cabeças.

Uma vez definida e caracterizada a área de estudo partiu-se para o desenvolvimento de um conjunto de atividades focadas na obtenção do mapa de mudanças da cobertura e uso da terra. Assim, as atividades foram agrupadas em três etapas principais: (i) aquisição, análise e seleção dos dados e informações, e montagem de banco de dados; (ii) processamento digital de imagens de satélite e foteointerpretação digital; e (iii) geração do mapa de mudanças.

Na primeira buscou-se por informações ou dados disponíveis junto às universidades e centros de pesquisas e órgãos públicos federais e estaduais. Os insumos adquiridos referem-se a dados cartográficos básicos (planimetria e altimetria das cartas topográficas na escala 1:100.000), temáticos (informações diversas sobre recursos naturais), imagens de satélite e dados censitários. Merece destaque a aquisição das imagens de satélite TM/Landsat 5 junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe, 2009), através da Divisão de Geração de Imagens (DGI), com passagem nas datas de 04/07/1984 e 09/07/2009, orbitas/pontos 222/67 e 228/68. Ainda, a base de dados disponível na Secretaria do Planejamento (Seplan) composta por dados cartográficos básicos e temáticos, incluindo as informações de cobertura e uso da terra e imagens TM/Landsat para o ano de 2007. Os dados adquiridos foram analisados quanto à forma de implantação cartográfica (pontos, linhas, polígonos, imagem), consistência e projeção cartográfica.

Uma vez analisadas e selecionadas, as informações foram organizada sob a forma de um banco de dados geográficos no programa ArcGIS, com a criação de uma *personal geodatabase*. No interior deste banco criou-se as *feature dataset*, para onde se importou os

planos de informação criando-se as *feature classe*, bem como as imagens de 2007 como *raster dataset*.

As imagens adquiridas de 1984 e 2009 foram tratadas por meio de técnicas consagradas de processamento digital a fim de identificar, realçar e extrair e realçar feições que caracterizam as mudanças da cobertura e uso da terra. As operações básicas compreenderam o georreferenciamento, mosaicagem, recorte e realce em ambiente do módulo *OrthoEngine* do programa PCI Geomática. Para o georreferenciamento optou-se pelo tipo imagem *versus* imagem a partir das imagens TM/Landsat 5 referente ao ano de 2007, servindo de base para a correção das cenas de 1984 e 2009. Na sequência as imagens foram mosaicadas e recortadas para o limite do município, pois, a área de estudo compreende um espaço geográfico composto por duas cenas em cada passagem do satélite. Encerrando a etapa de processamento digital, as imagens foram realçadas por intermédio da técnica de realce linear como forma de melhorar a qualidade visual e destacar diferentes padrões de resposta espectral das feições, facilitando o processo de análise visual na etapa seguinte. As imagens foram exportadas para o formato *GEOTIF* e inserida no banco de dados em ambiente ArcGIS.

A partir dos dados de cobertura e uso da terra de 2007 e em ambiente ArcGIS, aplicou-se o método de interpretação visual das chaves conforme Veneziani e Anjos (1982), adaptado para as imagens de sensoriamento remoto. Aplicado diretamente na tela do microcomputador, este método baseia-se em análise comparativa das feições, apoiando-se na fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação, buscando uma fidelidade nas separações das unidades mapeadas. Para tanto, elaborou-se uma chave de fotointerpretação para os elementos de reconhecimento e segundo as classes: Cerrado Sentido Restrito, Cerradão, Mata de Galeria/Ciliar, Agropecuária, Área Urbanizada, Corpos D'Água.

A interpretação foi desenvolvida primeiramente sobre as imagens de 2009, utilizando um operador de edição vetorial do software ArcGIS, editando e adequando a partir dos vetores de 2007. O resultado da edição permitiu a obtenção do mapeamento da cobertura e uso da terra para o ano de 2009. A partir dos vetores de 2009, repetiu-se a interpretação e edição vetorial sobre as imagens de 1984, obtendo-se por análise de diferença espectral o mapeamento de 1984. Por fim, a criação de dois campos na tabela de atributos do *feature class* permitiu a classificação dos polígonos segundo as classes definidas e suas respostas espectrais registradas nas imagens de satélite para os dois anos considerados. Ressalta-se que as edições vetoriais em ambiente ArcGIS permitem geração automática de topologia e a quantificação das áreas, uma vez que a base de dados foi definida para o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e Datum *South American 1969* (SAD69).

3. Resultados e Discussão

As técnicas integradas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, ou seja, as geotecnologias permitiram identificar as principais mudanças na cobertura e uso da terra para o município de Fátima. A Tabela 1 e as Figuras 2, 3 e 4 expressam a quantificação e a distribuição das mudanças ocorridas no espaço geográfico.

Tabela 1 - Quantificação das mudanças da cobertura e uso da terra.

Cobertura e Uso da Terra	1984		2009		Mudanças	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
(1) Cerrado Sentido Restrito	21.016,73	54,73	12.406,18	32,30	-8.610,55	-22,42
(2) Cerradão	838,24	2,18	795,58	2,07	-42,66	-0,11
(3) Mata de Galeria/Ciliar	5.611,42	14,61	5.127,34	13,35	-484,08	-1,26
(4) Vegetação Secundária	0,00	0,00	2.985,26	7,77	2.985,26	7,77
(5) Agropecuária	10.847,09	28,24	16.903,10	44,01	6.056,01	15,77
(6) Área Urbanizada	90,13	0,23	128,14	0,33	38,01	0,10
(7) Corpos d'água	0,00	0,00	58,01	0,15	58,01	0,15
Total	38.403,61	100	38.403,61	100	-	-

Os valores negativos apresentados nas três primeiras linhas da tabela mostram as classes que tiveram diminuição em área e valor percentual. Isso significa que em 1984 os valores eram maiores que 2009, demonstrando claramente as mudanças na cobertura natural das fitofisionomias de cerrado transformando-as em para áreas de uso agropecuário.

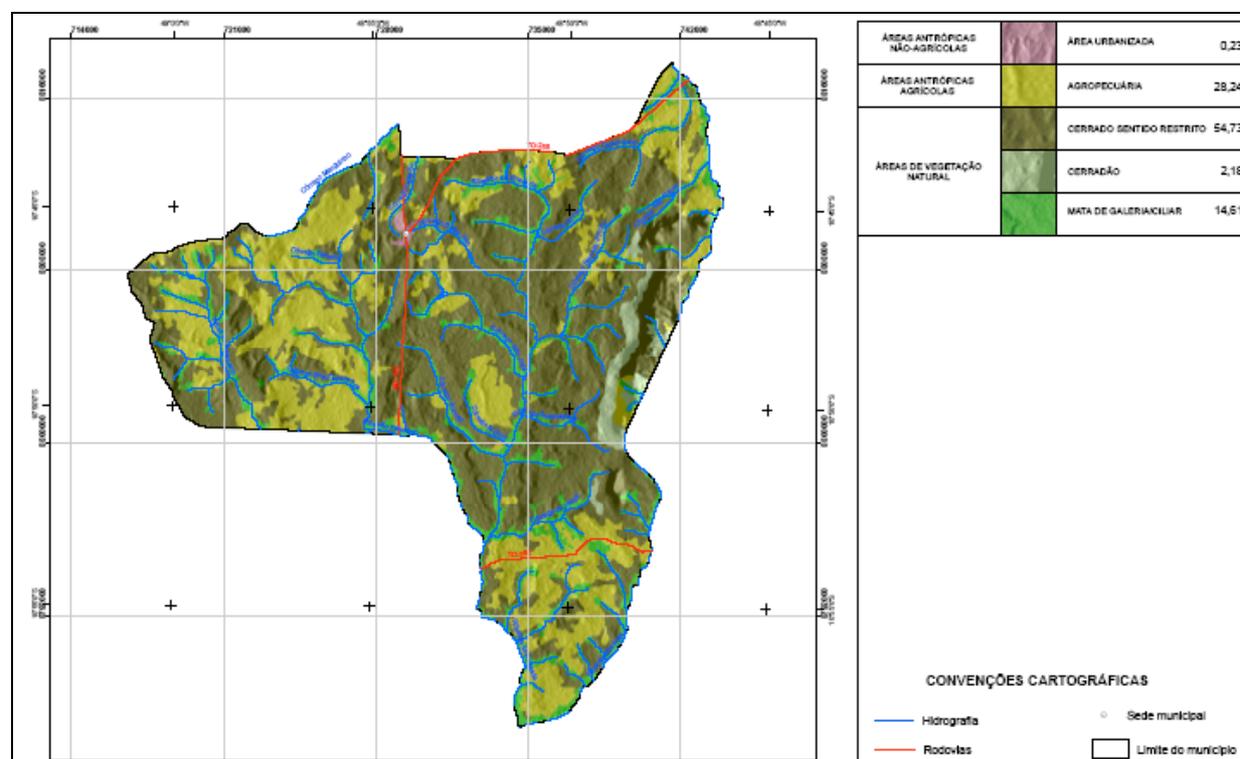


Figura 2 – Mapa de cobertura e uso da terra de 1984.

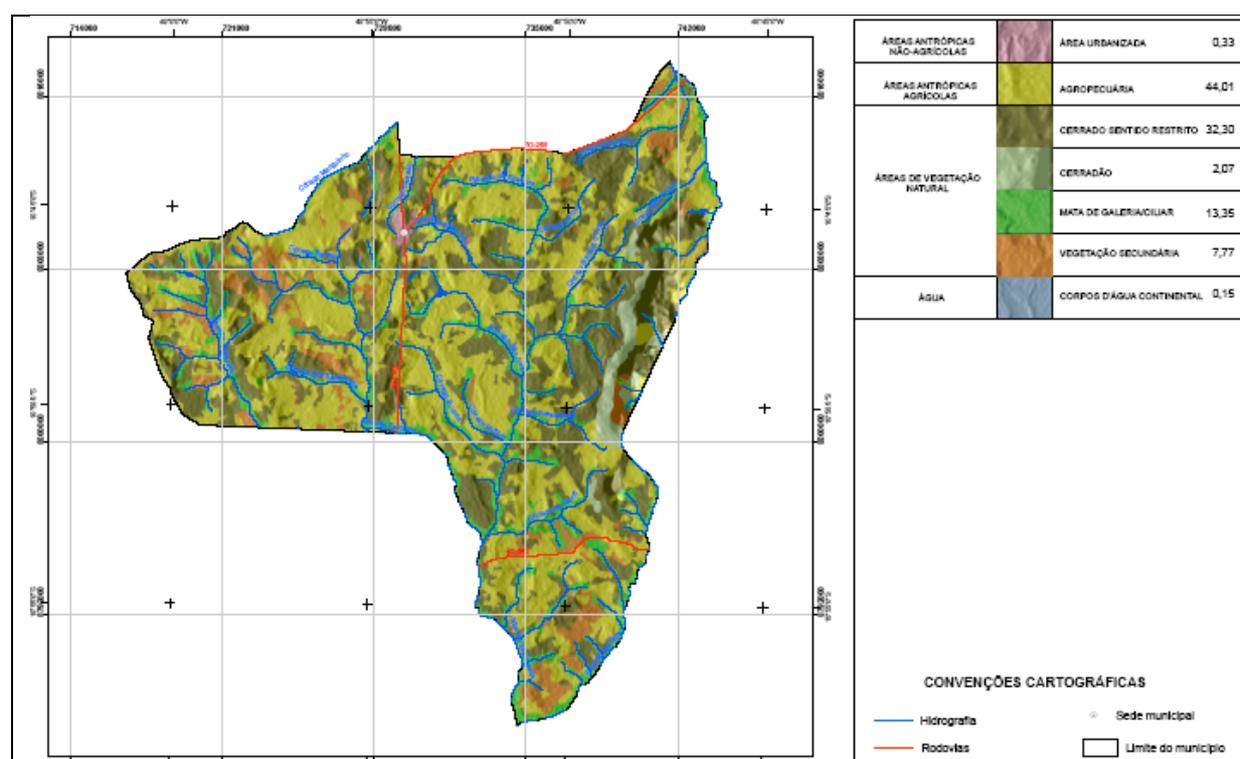


Figura 3 – Mapa de cobertura e uso da terra de 2009.

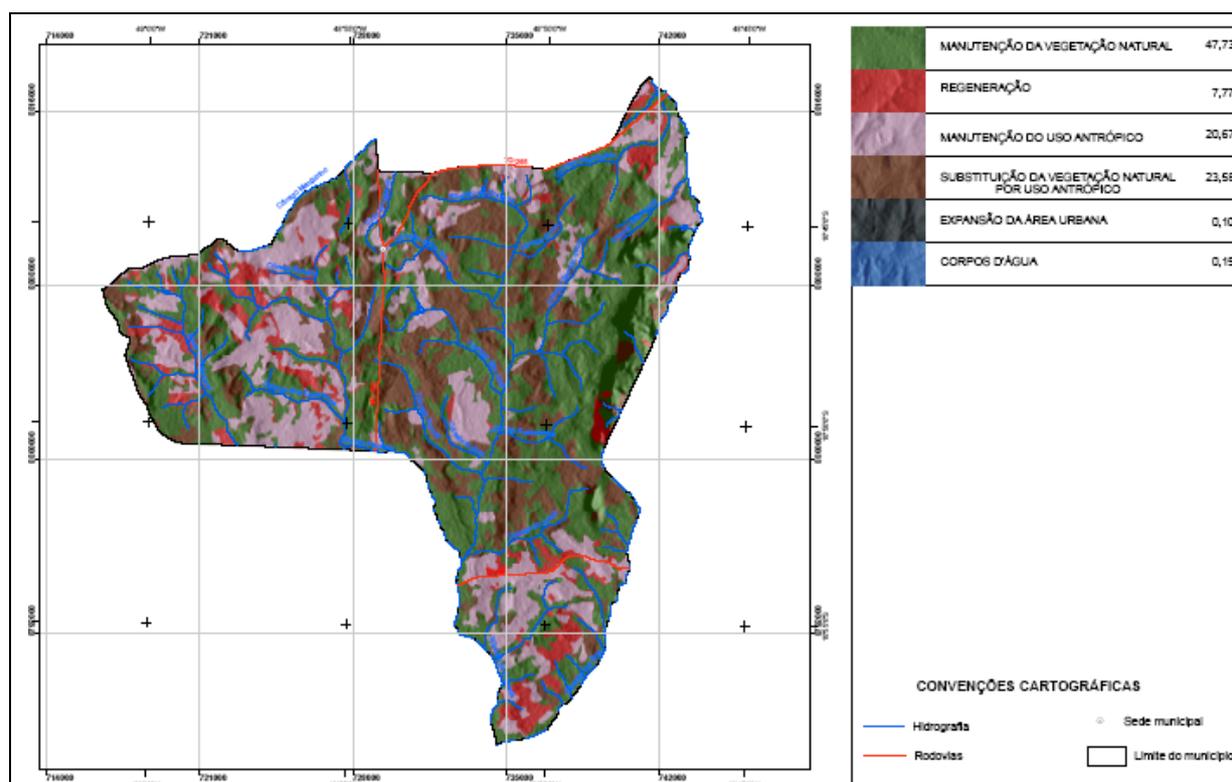


Figura 4 – Mapa de mudanças da cobertura e uso da terra para os anos de 1984 e 2009.

Das três tipologias de cerrado mapeadas na área de estudo o Cerrado Sentido Restrito, que pode ser dividido em subtipos conforme as proposições de Ribeiro e Walter (1998), foi a que registrou maior mudança, reduzindo sua distribuição em 22,42 % da sua área mapeada em 1984. Isso se explica, pois, essa classe ocorre nas áreas de relevo plano a suave ondulado, associado a presença dos Latossolos e portanto, representando as áreas com melhor aptidão para o desenvolvimento das atividades agrícolas e pecuárias. Tais atividades de uso da terra fragmentaram o Cerrado Sentido Restrito resultando numa ocorrência dispersa por toda a área de estudo. As maiores áreas contínuas dessa classe situam-se próximas a Serra das Cordilheiras, na parte leste da área de estudo, o que pode estar relacionado a com a ocorrência de um relevo ondulado em uma área de transição dos Latossolos para os Cambissolos, dificultando a implantação de atividades agropecuárias.

As classes de Cerradão e de Mata Ciliar/Galeria sofreram poucas mudanças entre os anos estudados. O Cerradão, localizado ao leste do município, ocorre associado ao relevo escarpado da Serra das Cordilheiras, tornando-se áreas de difícil acesso e transformação. As áreas de Cerradão ocupam 2,18%, e desenvolvidas sobre os solos Cambissolos e Neossolos Litólicos. Em alguns pontos dessa paisagem as declividades podem superar o limite de 45° estabelecido pelo Código Florestal de 1965, o que classifica essas terras em áreas de preservação permanente. A classe de Mata de Galeria/Ciliar, conforme a definição do Código Florestal, também são áreas de preservação permanente, com efeito de proteger os rios e consequentemente a manutenção de água para fauna silvestre e espécies domesticadas pelo homem. Embora essa classe tenha sofrido pequena alteração o apelo ecológico para sua manutenção chama atenção para a recomposição nas áreas com mudanças, de forma a reconstituir a cobertura nativa e atender as exigências da legislação ambiental.

A cobertura vegetal natural, formada pelas classes de Cerrado Sentido Restrito, Mata de Galeria/Ciliar e Cerradão, representou as classes de maior dominância na área de estudo em 1984, ocupando 71,52% da superfície territorial. Em 2009 essas classes reduziram para

47,73%, demonstrando que apesar da pressão antrópica imprimida na região a partir da abertura da BR-153, ainda existem áreas com relativa conservação da vegetação natural. Tais áreas, além de servirem como refúgios para a vida silvestre apresentam potencial para o estabelecimento formal de áreas de reserva legal das propriedades rurais e de preservação permanente.

A classe de Vegetação Secundária, representa um tipo de mudança que para o ano de 2009 a vegetação alterada alcançou um nível de regeneração passível de mapeamento nas imagens TM/Landsat 5. Esta classe, com 7,7% do território, está associada ao início do processo de estabelecimento de atividades agropecuárias, possivelmente na fase de desmatamento na forma de corte raso. Como as áreas foram abandonadas culminou-se a regeneração. Essas áreas aparecem bordejando as áreas de cerrado, e são encontradas na forma de pequenos recortes, com maior ocorrência na porção sul e oeste do município.

A classe Agropecuária é um tipo de uso da terra que registrou uma ampliação de 23,58%, resultante das mudanças das classes de vegetação natural em usos agrícolas e pecuário das paisagens da área de estudo. Essas mudanças ocorreram de forma dispersa no município, porém, as áreas mais significativas em termos de extensão estão, principalmente, localizadas no centro da área de estudo, situadas em relevo plano a suave ondulado com Latossolos.

As classes de Áreas Urbanizadas e Corpos D'água sofreram mudanças pouco significativas em termos de extensão, pois se somadas totalizam apenas 0,48% de aumento. Ainda, essa mudança é bastante concentrada em razão da pouca extensão territorial do núcleo urbana e dos pequenos polígonos interpretados na imagem como resposta espectral da água.

4. Conclusão

As evidências dessa pesquisa confirmaram a potencialidade do uso das imagens de satélite, distribuídas gratuitamente, para resgate de informações sobre cobertura e uso da terra e detecção de mudanças. Para tanto os satélites da série Landsat, assumem um papel importante e praticamente representam a tecnologia orbital com a maior série de informações sobre recursos terrestres.

Os resultados apontaram que a área de estudo apresentou mudanças na cobertura vegetal natural da ordem de 24% do território no decorrer dos 25 anos e que as principais alterações estão relacionadas com a conversão do Cerrado Sentido Restrito em áreas destinadas a agricultura e pecuária. Contudo, a vegetação natural está mantida numa proporção de 47,73% do município indicando uma possível disponibilidade de área que pode ser destinada a regularização ambiental das propriedades rurais, uma vez que a legislação vigente determina que no cerrado da Amazônia Legal as áreas destinadas a reserva legal de cada propriedade devem corresponder a 35% da área total do imóvel.

Embora os resultados apontassem uma pequena alteração das áreas da classe Mata de Galeria/Ciliar não significa que não haja impacto ambiental em outros pontos além daqueles detectados nessa pesquisa. Para se ter maior segurança quanto ao atendimento a legislação ambiental em área de preservação permanente é recomendável um trabalho de melhoramento na base cartográfica, ampliando da escala atual de 1:100.000 para pelo menos 1:50.000 ou maior, afim de traçar com maior precisão as faixas de distância estabelecidas em função da largura de cada rio. Além disso, a detecção de alterações em escala mais detalhada deve ser realizada a partir de imagens de satélite de alta resolução espacial.

A fim de melhorar a qualidade das análises acerca das mudanças da cobertura e uso da terra, recomenda-se:

(i) O mapeamento das alterações pode ser realizado paralelamente ao cadastramento de propriedades rurais para melhor mostrar a situação ambiental das atividades agrossilvopastoris e permitir ao município planejar e atuar no apoio as transformações emanadas do uso e ocupação do espaço geográfico; e

(ii) a observação de uma série mais longa, com intervalos aproximados para identificar os períodos de maior crescimento nas mudanças.

Referências Bibliográficas

- Aguiar, A. P. D. **Modelagem de Mudanças de Uso e Cobertura no Solo na Amazônia: Questões Gerais**. In: Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2002. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/tutoriais/modelagem/cap4_modelos_LUCC.pdf> . Acesso em: 15 de outubro. 2009.
- Andrade, J. B.; Silva, F. B.; Gusmão, E. R.; Brito, D. R. B.; Dourado, F. G. Mudança da cobertura vegetal do município de Buriti - MA nos anos de 2000 e 2007: uma abordagem com o uso de geotecnologias. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 5587-5594. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.42/doc/5587-5594.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2009.
- Gomes, F. das C. de L. **Mapeamento do uso da terra no município do Conde-PB, utilizando Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 2005. 94 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2005.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Informações estatísticas**. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 de outubro de 2009.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Landsat**. Divisão de Geração de Imagens. São José dos Campos, SP, INPE, Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br>>. Acesso em: 05 de outubro de 2009.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. p. 89-166. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. de (Ed). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1998. 556p.
- Secretaria do Planejamento (Seplan). Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico (DZE). **Base de Dados Geográficos do Tocantins**. versão 2008. Palmas: Seplan/DZE. CD-ROM.
- Veneziani, P.; Anjos, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1982 (INPE-227-MD/014).
- SANTOS, L. F. Cartografia Geotécnica Regional do Município de Palmas/TO: área a oeste o meridiano 48°W.Gr. 2000. 150 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2000.