



# TAS DAS I JORNADAS LUSÓFONAS DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Editores

José Gomes dos Santos

Cidália Fonte

Rui Ferreira de Figueiredo

Alberto Cardoso

Gil Gonçalves

José Paulo Almeida

Sara Baptista



IMPrensa DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA  
2015

## ARTIGO 30

### DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARÚ, MARANHÃO

*CUTRIM JÚNIOR, Valdir*<sup>1</sup>; *PEREIRA, Paulo Roberto Mendes*<sup>2</sup>;

*FEITOSA, Antonio Cordeiro*<sup>3</sup>; *VIEGAS, Josué*<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> Estudante de Geografia do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão; Pesquisador Auxiliar do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais - NEPA; Integrante do Grupo de Pesquisas dos Sistemas Ambientais Maranhenses do CNPq; Av. dos Portugueses, nº 1966. CCH, B2. sala 4 NEPA, CEP: 65080-805 - Cidade Universitária, São Luís - MA, Brasil; Telefone: + 55 (98) 88017807; <sup>1</sup> email: valdir.cutrim@gmail.com; <sup>2</sup> p.roberto18@hotmail.com

<sup>3</sup> Professor Doutor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal do Maranhão; Pesquisador do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais - NEPA; Coordenador do Grupo de Pesquisas dos Sistemas Ambientais Maranhenses do CNPq; Telefone: + 55 (98) 3272-8306; email: acfeitos@gmail.com <sup>4</sup> Estudante de Pós-graduação da Universidade Estadual Paulista - FTC/UNESP de Prudente; Pesquisador Auxiliar do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais - NEPA; Integrante do Grupo de Pesquisas dos Sistemas Ambientais Maranhenses; Presidente Prudente. Rua Roberto Simonsen, 305. CEP 19060-900. Presidente Prudente - São Paulo, Brasil. Telefone: + 55 (18) 981283193; email: josueviegasgeo@hotmail.com

#### RESUMO

Nos anos de 1960, a Amazônia brasileira vive um acentuado processo de exploração. No Maranhão, a exploração da Amazônia começa com a construção das BR 316 (1958), BR 010 (1959), BR 222 (1968) e Ferrovia Carajás (1982) que impulsionaram atração de lavradores, madeireiros, indústrias e a formação de novos municípios. O município de São João do Carú, Maranhão é resultado desse processo, com uma área de 6,155 Km<sup>2</sup>, 27,13% está em terra indígena Awá e 17,38% no REBIO Gurupi; o desflorestamento e introdução da pecuária foram as principais mudanças nos últimos 30. Para detecção das mudanças utilizaram-se imagens Landsat 5 TM de 1984 e 2008, uniformização radiométrica nas séries multitemporais,

NDVI, composição NDVI-Band2-Band5, segmentação, realce e classificação. Os resultados mostraram que a vegetação arbórea em 1984 (60%), apresentou um redução de 22,3%; a vegetação herbácea (23%), cresceram 27,5%; a classe de área de cultivo, (12%) teve redução de 1,47%. Os resultados apontam o avanço do desmatamento em Terras Indígenas e na reserva Biológica do Gurupi no município, o avanço das práticas agrícolas e a exploração da madeira ilegal está ocasionando conflitos com indígenas e perda do REBIO Gurupi.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Terras indígenas, REBIO Gurupi, São João do Carú, Amazônia, Cobertura da terra.

### **LAND USE & LAND COVER DYNAMICS IN SÃO JOÃO DO CARÚ DISTRICT (MARANHÃO, BRAZIL)**

#### **ABSTRACT**

Since years 1960, the Brazilian Amazon live a severe process of exploration. In Maranhão, exploration of the Amazon begins with the construction of the BR 316 (1958), BR 010 (1959), BR 222 (1968) and Carajás Railway (1982) that boosted the attraction of farmers, loggers, industries and the formation of new counties . The municipality of São João do Carú, Maranhão, is the result of this process, with an area of 6,155 km<sup>2</sup>, 27.13% are Awa indigenous land and 17.38% in REBIO Gurupi; deforestation and introduction of livestock were the major changes in the last three decades. To detect the changes we used Landsat 5 TM images from 1984 and 2008, radiometric uniformity in the time series, NDVI, NDVI composition-Band2-Band5, segmentation, enhancement and classification . The results showed that the woody vegetation in 1984 (60%) presented a reduction of 22.3%; herbaceous vegetation (23%), increased 27.5%; class area of cultivation (12%) had a reduction of 1.47%. The results indicate the advance of deforestation in indigenous territories and Gurupi Biological Reserve in the municipality, the advancement of agricultural practices and illegal logging is causing conflicts with indigenous and loss REBIO Gurupi.

#### **KEYWORDS**

Indigenous lands, REBIO Gurupi, São João do Carú, Amazon, Land cover.

## **1. INTRODUÇÃO**

A dinâmica do cobertura da terra é uma abordagem comumente feita em estudos remotos sendo de grande relevância em levantamentos de condições ambientais e estudos de impactos. É uma etapa fundamental para a gestão ambiental, pois consiste no ponto de partida para delimitação e

gestão de áreas de conservação. Em regiões como a Amazônia brasileira esses estudos têm sido desenvolvidos em grande escala, em função da grande extensão e do difícil acesso em muitas áreas, além disso, o rápido processo de exploração do bioma, principalmente a partir dos anos 1960, detecta uma tendência de desflorestamento num ambiente pouco conhecido. Objetivando representar o grau de mudança na região devido o advento da exploração econômica na Amazônia nos últimos 50 anos, diferentes programas de detecção e controle do desflorestamento foram desenvolvidos destacando-se: o DETER - Detecção de Desmatamento em Tempo Real; o DEGRAD - que consiste em um sistema destinado a mapear áreas em processo de desmatamento com imagens LANDSAT e CBERS; o PRODES - que mede as taxas anuais de cortes rasos para os períodos de agosto do ano anterior a julho do ano corrente considerando desmatamento como áreas superiores a 6,25 hectares; e o projeto RADAM que é pioneiro no mapeamento das formas de uso do solo na Amazônia desde os anos de 1970. Esses projetos foram e são cruciais, pois reúnem informações fundamentais para análise da dinâmica local possibilitando a modelagem de ambiente até o momento pouco conhecidos. Tais práticas impulsionam o desenvolvimento de novos métodos de análise da dinâmica ambiental. Neste caso, o estado do Maranhão apresenta características privilegiadas com a presença de biomas Costeiros, Cerrado e a Amazônia, caracteriza-se como uma área de transição, apresentando uma complexa diversidade de ambientes que necessitam atenção para sua proteção. Cerca de 3% do Maranhão encontra-se na floresta Amazônica onde se estima acentuada a perda da florestal original principalmente a partir dos anos 1980, restando apenas os territórios indígenas e a Reserva Biológica do Gurupi - REBIO como as únicas áreas que ainda mantêm a cobertura original, tornando o estado como uma área crítica. O processo de desflorestamento ocorrido principalmente nos últimos 30 anos, vem tornando a Amazônia maranhense cada vez mais fragmentada, em face da importância do município de São João do Carú no contexto Amazônico do Maranhão, é de suma importância a análise da dinâmica cobertura da terra em nível municipal, pois possibilita identificar e quantificar os tipos de cobertura e os momentos históricos que dada mudança ocorreu

aplicando e testando materiais e técnicas de sensoriamento, contribuindo para o desenvolvimento de estratégia de conservação ambiental prevenção de impactos.

## **2. APRESENTAÇÃO DO TEMA**

No município de São João do Carú, Maranhão (Figura 1), o processo de mudança da cobertura da terra se acelerou a partir da construção das BR 316 (1958), BR 010 (1959), BR 222 (1968) e da Ferrovia Carajás (1982) que contribuíram para impulsionar a ocupação das áreas em torno de terras indígenas e áreas de preservação ambiental (LIMA, 1998) atraindo lavradores, madeireiros, indústrias entre outros grandes empreendimentos, que contribuíram para supressão da vegetação nativa e crescimento dos conflitos socioambientais entre índios da região e os ocupantes recém-chegados.

As terras da comunidade indígena Awa-guajá são uma das mais afetadas com o desflorestamento no Maranhão, esse processo segundo Palmeira (2011) ocorreu partir de 1958 com a construção da rodovia Belém-Brasília e culminou com a estrada de ferro Carajás (1982) constituindo-se um longo e rápido processo de desflorestamento da vegetação primária do oeste do estado do Maranhão.

Mais de 80% dessa riqueza do Maranhão foi perdida nos últimos 40 anos (MARTINS & OLIVEIRA, 2011). O esgotamento da atividade madeireira na região de imperatriz deslocou o abate de árvores para as áreas de reservas. A demanda por carvão para a indústria de ferro-gusa levou à derrubada indiscriminada de qualquer espécie de árvore, não apenas aquelas de madeira nobre. A criação de gado exigiu a expansão das pastagens e mais derrubada. Além disso, graves problemas sociais vieram a afligir os moradores como: superexploração, escravidão, grosseiras irregularidades fundiárias.

Devido ao longo processo de desflorestamento da Amazônia maranhense, as terras indígenas passam a constituir as poucas áreas em que ainda se encontra floresta Amazônica preservada. Porém, o Maranhão “é o estado da Amazônia Legal que possui o menor grau de ocupação

do espaço com áreas protegidas, apresenta alto grau de desmatamento e fragmentação florestal e um dos menores índices de desenvolvimento humano” (MARTINS & OLIVEIRA, 2011).

No municípios de São João do Carú, no qual incide a Terra Indígena Awá e a reserva Biológica do Grupi (REBIO do Gurupi) possui uma importância estratégica para a proteção da floresta Amazônica no Maranhão, pois este município interliga a terra indígena Awá com terra indígena Carú que também constitui uma das poucas área floresta primária no Maranhão ambos cada vez mais fragmentadas.

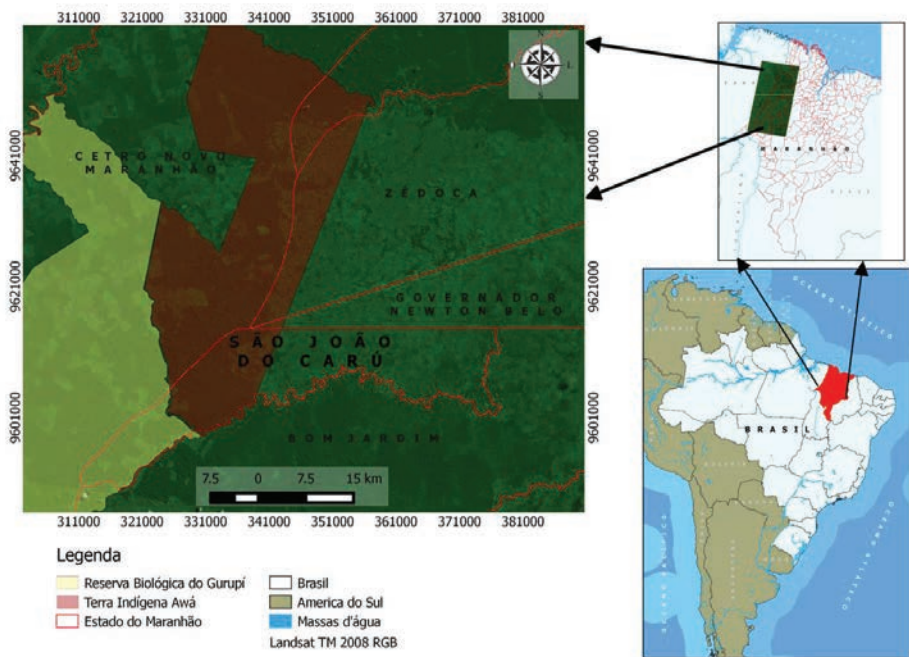


Figura 1 - localização de São João do Carú no estado do Maranhão, Brasil  
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Ministério do Meio Ambiente; Fundação Nacional do Índio/Landsat 5 TM 2008

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Procedimentos

Para a modelagem e análise dos dados utilizou-se os programas Spring 5.2.5 e Qgis 2.0.1, os procedimentos de modelagem foram:

- Aquisição das imagens Landsat 5 TM de 1984 e 2008 no catálogo de imagens do INPE;
- Coregistro das imagens Landsat com base na Geocover Otterretificada no programa Spring;
- Uniformização radiométrica das bandas 4 e 3 de 2008 com as bandas 4 e 3 de 1984;
- Recorte das imagens utilizando o limite municipal de São João do Carú em formato vetorial da base de dados do IBGE 2010;
- Calculo do NDVI no programa Spring com Ganho 20 e OffSet 125;
- Segmentação 8X10 no Spring utilizando as imagens NDVI, Banda 2 e Banda 5;
- Aplicação do contraste linear na imagem de 2008 e realce raiz quadrada na imagem de 1984 utilizando o Spring para melhor identificação e classificação das imagens;
- Quantificação das classes no Qgis 2.0.1;
- Construção do Layout no Qgis 2.0.1;

No procedimento de uniformização radiométrica das bandas 3 e 4, as imagens Landast 5 TM de 2008, foram definidas como a imagem de referência (R) para a uniformização dos valores das bandas 3 e 4 da imagem de 1984, imagem ajustada (S). Com base na análise estatística de imagem no programa Spring 5.2.5 obteve-se a média e a variância das imagens de ambas as datas, em seguida, com os resultados obtidos na análise estatística definiu-se o ganho e offset para uniformização (retificação) radiométrica:

BANDA 3		
Imagens	Média	Variância
R	53.8022	106.481
S	18.0846	29.8566

Ganho: 1.8884

Offset: 19.6513

BANDA 4		
Imagens	Média	Variância
R	64.9429	116.54
S	69.2374	252.154

Ganho: 0.6798

Offset: 17.8728

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1. Uniformização Radiométrica

A uniformização radiométrica ou Normalização Radiométrica é um

procedimento utilizado quando se utiliza imagens multitemporais afim de corrigir os efeitos atmosféricos causados por aerossóis heterogêneos, o objetivo é compatibilizar os níveis de cinza das imagens para reduzir as distorções dos valores dos pixels entre as imagens, sendo assim utiliza-se a análise estatística no programa Spring para se obter os valores de média e variância das bandas 3 e 4 de 2008 como referência para ajustar as bandas correspondentes na imagem de 1984. "Este método consiste em igualar as médias e variâncias de duas imagens, através de uma transformação linear. Para isto, são calculados os parâmetros (ganho e offset) da função que quando aplicada à imagem de ajuste, a imagem resultante tenha a mesma média e variância da imagem de referência" (LEONARDI, SOUSA & FONSECA, 2003), Conhecido como Método de Uniformização das Medidas e Variância - UMV. A formulada de uniformização radiométrica é dada pelos seguintes cálculos<sup>1</sup>:

Calculo do *offset*

$$ganho = \mu R - \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \cdot \mu S$$

Calculo do Ganho

$$S' = S \cdot ganho + offset$$

$\sigma_R^2$ : variância da imagem de referência;

$\sigma_S^2$ : variância da imagem de ajuste;

$\mu R$ : média da imagem de referência;

$\mu S$ : média da imagem de ajuste.

S': imagem uniformizada

S: imagem de ajuste

#### 4.2. Cobertura da Terra

"A expressão uso e cobertura da terra é um conceito híbrido, formado por dois termos: "Cobertura da Terra", referente aos atributos físicos da superfície terrestre, enquanto, o "Uso da Terra" diz respeito aos motivos pelos quais o homem maneja a cobertura do solo" (ALVES, 2004). Deste modo, para o sensoriamento remoto a cobertura da terra está relacionada à resposta espectral dos elementos da superfície terrestre que interagiram

---

<sup>1</sup> SANTOS, Alexandre Rosa dos, PELUZIO, Telma Machado de Oliveira & SAITO, Nathália Suemi. SPRING 5.1.2 Passo a Passo: Aplicações Práticas. Alegre - ES, 2010.



com fontes próprias ou exógenas de energia eletromagnética que é refletida nos mais diferentes comprimentos de onda cada um representando uma característica biofísica da terra. É importante ressaltar que também é utilizado a expressão "Uso e Cobertura do Solo", no qual é sinônimo de "Uso e Cobertura da Terra", pois terra está relacionado a terra arável que é também chamada de solo agricultável, terra vegetal ou simplesmente solo, corresponde ao horizonte A"(GUERRA & GUERRA, 2008). Ao considerar cobertura da terra para Di Gregório (2005): "Considera-se cobertura da terra em seu mais puro *strito* senso, deve-se ser definida para a descrição da vegetação e coberturas artificiais. Conseqüentemente, as áreas onde a superfície consiste em rocha ou solo nu que são a própria terra em vez de cobertura do solo. Comumente, isso é discutível se as superfícies da água são realmente cobertura da terra. Portanto, na prática, a comunidade científica usualmente inclui estas cobertura dentro dos temas das camadas de cobertura da terra" (Tradução Livre do Autor).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise remota permite identificar feições em áreas onde o acesso é restrito, em que se exige autorização legal dos órgãos responsáveis para o desenvolvimento de trabalhos de campo. A disponibilização de imagens de satélite por instituições como: o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e United States Geological Survey - USGS possibilitam a divulgação e o acesso a informações a comunidade em geral a respeito do espaço geográfico brasileiro que ainda é pouco conhecido. A aplicação de técnicas de análise *a priore* é um procedimento que exige um certo grau de conhecimento teórico do pesquisador sobre as características físicas da área de interesse para aplicação da melhor técnica de realce das feições que provavelmente ocorrem na área.

Os procedimento "contraste linear" aplicado nas imagens de 2008, o "realce da raiz quadrada" nas imagens de 1984 e o "realce linear" nas imagens NDVI dos respectivos anos, ajudou na detecção de feições urbanas, nos quais, esses procedimentos foram uma importante etapa para segmentação e classificação *a priore* no programa Spring. A composição NDVI, Banda 2 e Banda 5 na Landsat 5 TM de 2008 revelaram resultados satisfatórios, no entanto, as imagens de 1984 mostram uma diferenciação significativa com a classificação de 2008 não sendo possível distinguir a

classe "área urbana" nas imagens de 1984 (Figura 2 e 03).

Os resultados da classificação segmentada apontam que houve uma expressiva mudança entre os anos de 1984 e 2008, onde detectou-se um crescimento de 27,5% da vegetação herbácea no município de São João do Carú, tornando-se a classe predominante em 2008, em detrimento de um redução de 22,3% de vegetação arbórea, assim como, uma significativa redução de 1,47% da área de cultivo (Tabelas 01 e 02).

A análise aponta também que as áreas protegidas estavam sendo explorada de maneira ilegal, pois parte da vegetação primária do Rebio Gurupi e da Terra indígena Awa tiveram uma perda de 28,8% e 21,7% respectivamente. Está perda está atrelada a exploração ilegal da madeira, desenvolvimento de plantações e a forte uso do solo como pasto, da qual boa parte da cobertura herbácea é utilizada para este fim (Tabela 03 e 04).

Tabela 1 - Medidas das classes do município de São João do Carú em 1984

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km <sup>2</sup> de cada classe no município	Percentual da área do município ocupado por cada classe
Vegetação arbórea	376,0	60,0%
Vegetação herbácea	140,23	23,0%
Área de Cultivo	73,0	12,0%
Nuvens	11,0	2,5%
Sombra	6,0	1,0%
Solo Exposto	3,0	0,53%
Corpos Hídricos	1,0	0,14%
<b>Total</b>	<b>610,23</b>	<b>100</b>

Tabela 2 - Medidas das classes do município de São João do Carú em 2008

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km <sup>2</sup> de cada classe no município	Percentual da área do município ocupado por cada classe
Vegetação herbácea	308,1	50,4%
Vegetação arbórea	235,3	39,0%
Área de Cultivo	63,1	10,0%
Solo Exposto	3,08	0,4%
Corpos Hídricos	0,42	0,06
Área Urbana	0,23	0,04%
<b>Total</b>	<b>610,23</b>	<b>100</b>

Tabela 3 - Medidas das classes nas áreas protegidas de São João do Carú em 1984

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km <sup>2</sup> de cada classe na TI AWA	Percentual da área da TI AWA ocupada por cada classe	Área em Km <sup>2</sup> de cada classe no REBIO Gurupi	Percentual da área do no REBIO Gurupi ocupado por cada classe
Área de Cultivo	0,06	0,04%	-	-
Área Urbana	-	-	-	-
Corpos Hídricos	0,03	0,02%	0,06	0,05%
Nuvem	-	-	-	-
Solo Exposto	-	-	0,03	0,01%
Sombra	-	-	-	-
Vegetação arbórea	165,8	99,9%	106,6	96,8%
Vegetação herbácea	0,03	0,02%	3,4	3,1%
<b>Total</b>	<b>165,92</b>	<b>100%</b>	<b>110,09</b>	<b>100%</b>

Tabela 4 - Medidas das classes nas áreas protegidas de São João do Carú em 2008

Classes de Uso e Cobertura da Terra identificadas	Área em Km <sup>2</sup> de cada classe na TI AWA	Percentual da área da TI AWA ocupada por cada classe	Área em Km <sup>2</sup> de cada classe no REBIO Gurupi	Percentual da área do no REBIO Gurupi ocupado por cada classe
Área de Cultivo	4,0	2,4%	15,0	12,9%
Área Urbana	-	-	0,06	0,03
Corpos Hídricos	0,05	0,03%	0,08	0,5%
Nuvem	-	-	-	-
Solo Exposto	0,13	0,08%	1,0	0,6%
Sombra	-	-	-	-
Vegetação arbórea	129,17	78,3%	77	70,9%
Vegetação herbácea	32,0	19,17%	17,0	15,0%
<b>Total</b>	<b>165,92</b>		<b>110,09</b>	<b>100%</b>

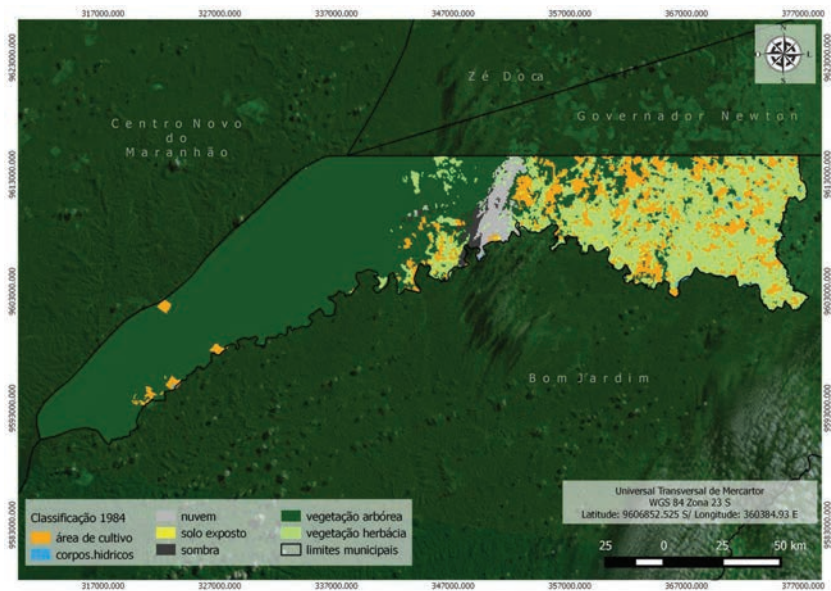


Figura 2 - Cobertura da Terra no Município de São João do Carú em 1984  
Fonte: Landsat TM 1984, elaboração da pesquisa

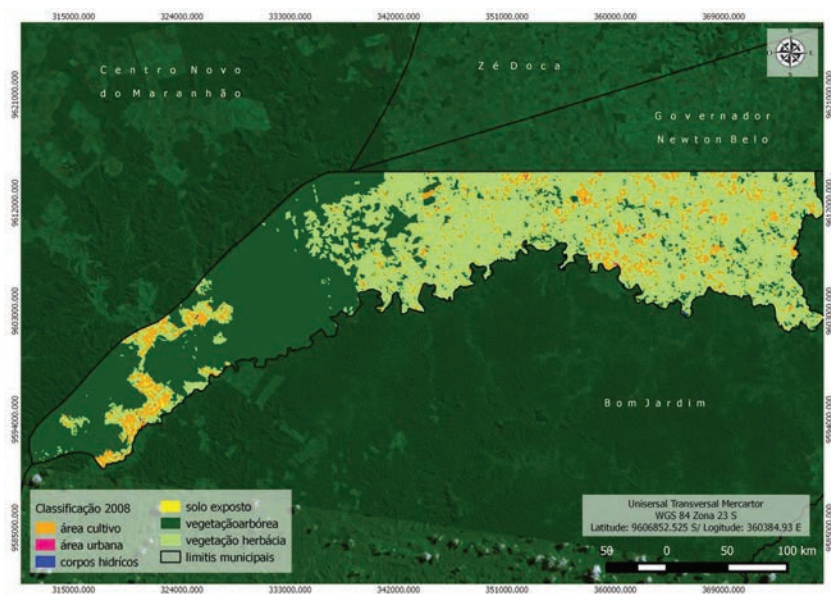


Figura 3 - Cobertura da Terra no Município de São João do Carú em 2008  
Fonte: Landsat TM 2008, elaboração da pesquisa

## 6. CONCLUSÃO

A comparação feita no Município de São João do Carú entre os anos de 1984 a 2008 revela em pequena escala uma tendência da conversão da vegetação arbórea primária em outros usos e cobertura terra como áreas de cultivo e pastagens, no qual a baixa resolução da imagem Landsat 5 TM não é capaz de definir com tantos detalhes.

A prática destas atividades no município caracterizam-se como pouco sustentáveis, pois as técnicas de manejo do solo utilizadas pelos agricultores são arcaicas e os solos da região são pouco produtivos para exploração agrícola de longo prazo servindo apenas para o uso limitado de pastagens onde boa parte da vegetação herbácea é usada.

Ressalta-se que todas as terras disponíveis a exploração no município já foram ocupadas tendo boa parte de sua capacidade agrícola exaurida, tal situação favorece a invasão da terra Indígena Awa e a Reserva Biológica do Gurupi devida a pouca fiscalização destas áreas pelos órgãos responsáveis.

A análise desenvolvida neste trabalho serve como um indicador do grau de deteriorização das áreas protegidas por lei em São João do Carú. As técnicas de sensoriamento remoto aplicadas em imagens de baixa resolução foram capazes de indentificar diferentes classes de uso e ocupação da terra, portanto necessita-se de um estudo *posteriore* para o aprofundado da realidade socioambiental do município, com a espacialização detalhada dos tipos de uso agrícola, localização de pastagens e povoamentos para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de proteção das áreas protegidas no município.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVES, Humberto Prates da Fonseca (2004) - Análise dos Fatores Associados às Mudanças na Cobertura da Terra no Vale do Ribeira Através da Integração de Dados Censitários de Sensoriamento Remoto. Editor dos Textos NEPO. UNICAMP. Campinas.
- DI GREGRÓRIO, Antonio, & JANSEN, Louisa, J.M. (2005) - Land Cover Classification Syster: Classification Concepts and User Manual. FAO, Viale delle Terme

di Caracalla. Rome.

GUERRA, Antonio Teixeira, & GUERRA, Antonio José Teixeira (2008) - Novo Dicionário Geológico Geomorfológico. Editora Bertrand. 6º Ed. Rio de Janeiro.

LEONARDI, Silvia Shizue, & SOUZA, Sonia Mara de. FONSECA, Leila Maria Garcia (2003) - Comparação do Desempenho de Algoritmos de Normalização Radiométrica de Imagens de Satélite. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil.

LIMA, Felix Alberto (1998) - Guajá: a Odisseia dos Últimos Nômades. EDUFMA. São Luís.

MARTINS, Marlúcia Bonifácio, & OLIVEIRA, Tadeu Gomes de (2011) - Amazônia Brasileira Diversidade e Conservação. Museo Paraense Emilio Goeldi. Belém.

Série Documentos

Imprensa da Universidade de Coimbra

Coimbra University Press

2015

