

Aplicação de geoprocessamento na análise ambiental das bacias hidrográficas do igarapé Juruti Grande e rio Aruã – Juruti – Pará

Nicola Saverio Holanda Tancredi¹
Mauricio da Silva Borges²

¹ Analista Ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA)
Av. Tapajós, 2267 – Santarém – PA – Brasil
{eng.nsht@gmail.com}

² Docente da Universidade Federal do Pará (UFPA)
Rua Augusto Corrêa, 01 – Belém – PA – Brasil
{mauricio@dir.iesam-pa.edu.br}

Abstract. The study area is located in the region of Juruti, enclosing the river Juruti Grande and Aruã watershed, with 4,560 km². This region is placed in Amazon Sedimentary Basin within superior part, a thick package of cretaceous rocks, poor consolidated, of the Alter do Chão Formation, being recovered by quaternary alluvial deposits, distinguished that of the Amazon river floodplain. It were made use of methodologies to manage the natural capital of the inquiry area, developing geographic information systems (GIS), therefore has vital paper in the administration of the space information of the environment, easing the management by digital way of cartographic data and allowing them elaboration of prognostics and diagnostics of environmental problems, subsyding the planning and the decision makes. In the GIS's building for this area, accomplished the storage of the geometry and the attributes of georeferencing data, radar and satellites images, acquiring in the years of 1972, 1986, 1997, 2000, 2001 and 2005. The thematic and land use classification maps of the area had presented the evolution of landcovers in the four years used as reference. The application of the kappa's index for the quality of the thematic mapping evaluation pointed a result of 0,72, indicating a very good classification. The thematic maps and the respective comparative graphs had shown that the forest area presented 91.8% of the area in the year of 1986; 87.22% in 1997; 85.57% in 2001 and 74,92% in 2005.

Palavras-chave: geoprocessing, watershed, Juruti, thematic maps, geoprocessamento, bacia hidrográfica, Juruti, mapas temáticos.

1. Introdução

O desenvolvimento e utilização de metodologias adequadas à análise ambiental têm sido alvo de inúmeros estudos e pesquisas, com destaque para a aplicação das geotecnologias, num estágio avançado de desenvolvimento, permitindo grande acessibilidade de recursos tecnológicos a custos relativamente baixos.

Assim, neste trabalho são aplicadas técnicas de geoprocessamento, ou seja, cartografia digital, simulação numérica de terreno (MNT) e técnicas de processamento digital de imagens de sensores remotos (PDI), com a integração em ambiente de sistema de informação geográfica (SIG) para o tratamento de dados geoambientais e para a produção de informações cartográficas sobre o meio físico e a dinâmica de uso do solo na região das bacias hidrográficas do igarapé Juruti Grande e rio Aruã, município de Juruti, porção oeste do estado do Pará.

2. Metodologia

Para o enquadramento da área de estudo, delimitou-se as bacias hidrográficas do igarapé Juruti Grande e rio Aruã com a utilização do programa WMS (*Watershed Modelling System*) para modelagem de bacia, gerando-se os dados de entrada *grid* de hidrografia; *grid* de direção de fluxo e acumulação de fluxo, posteriormente, exportou-se os arquivos criados como polígonos no formato *shapefile* (*.shp).

Efetuu-se pesquisa para identificação dos dados disponíveis das bacias hidrográficas do rio Aruã e igarapé Juruti Grande, considerando os aspectos: localização; clima; geologia; geomorfologia; estradas; pedologia; hidrografia e vegetação para elaboração dos mapas temáticos. Estes dados foram organizados e compilados para a elaboração do sistema de informação geográfica.

O delineamento da drenagem foi extraído das bases cartográficas do SIPAM/IBGE (2000), das imagens de radar SRTM (2000), do radar do Projeto RADAM BRASIL (1972) e das imagens LANDSAT. O procedimento utilizado para discriminar a grande heterogeneidade de uso do solo existente nas bacias hidrográficas da área de estudo, visando o mapeamento foi a interpretação visual, assumindo-se que estes procedimentos de análise possuem um certo grau de subjetividade (adaptado de KUX; BLASCHKE, 2005).

A partir de trabalhos de campo realizados em março/2005, efetuou-se reconhecimento da área de estudo, definindo-se as classes de uso e cobertura do solo propostas, que são: **água**, corpos d'água indistintos sendo agrupadas as seguintes classes: rios, lagos, igarapés, ou outro corpo d'água registrado nas imagens; **área antropizada**, incluindo as seguintes classes temáticas: povoados, sede de propriedades rurais, agricultura, pastagem e solo exposto; **capoeira**, que é a regeneração da floresta anteriormente antropizada, sendo formada por pequenas árvores de troncos finos; **floresta**, incluindo todos os "tipos de vegetação", apresentando poucos ou ausência de vestígios de interferência humana, exceto para áreas de sucessão ecológica de secundárias com aproximadamente 15 anos ou mais, vulgarmente conhecidos como "capoeirão", sendo muito difícil a separação das classes utilizando o sensor *TM* (*Thematic Mapper*) e *ETM+* (*Enhanced Thematic Mapper*), bem como a escala utilizada neste trabalho, **floresta em exploração**, correspondente a áreas onde ocorre a atividade de exploração seletiva de madeira, caracterizando-se pela distribuição da infra-estrutura de exploração como pátios de estocagem de madeira, estradas principais, secundárias e de arraste; e, as classes de **nuvem** e **sombra de nuvem** (adaptado de SANTOS, 2002).

A integração dos dados obtidos em nível orbital e de campo, com auxílio de GPS e registros fotográficos, numa única base cartográfica georreferenciada num SIG, permitiu uma maior interatividade dos diferentes tipos e níveis de informação para análise integrada da evolução, resultando num mapeamento com maior confiabilidade e precisão.

Com base no produto gerado nesta dissertação (Figura 1) detectou-se cerca de 350 km de estradas situadas dentro da área de estudo.

O mapa abaixo (Figura 2) foi produzido utilizando-se o modelo digital de elevação. Este apresenta as cotas topográficas com variação de 25 metros, com destaque para algumas das principais drenagens da região oeste do Pará, como o rio Amazonas, o rio Arapiuns, o rio Aruã e o igarapé Juruti Grande.

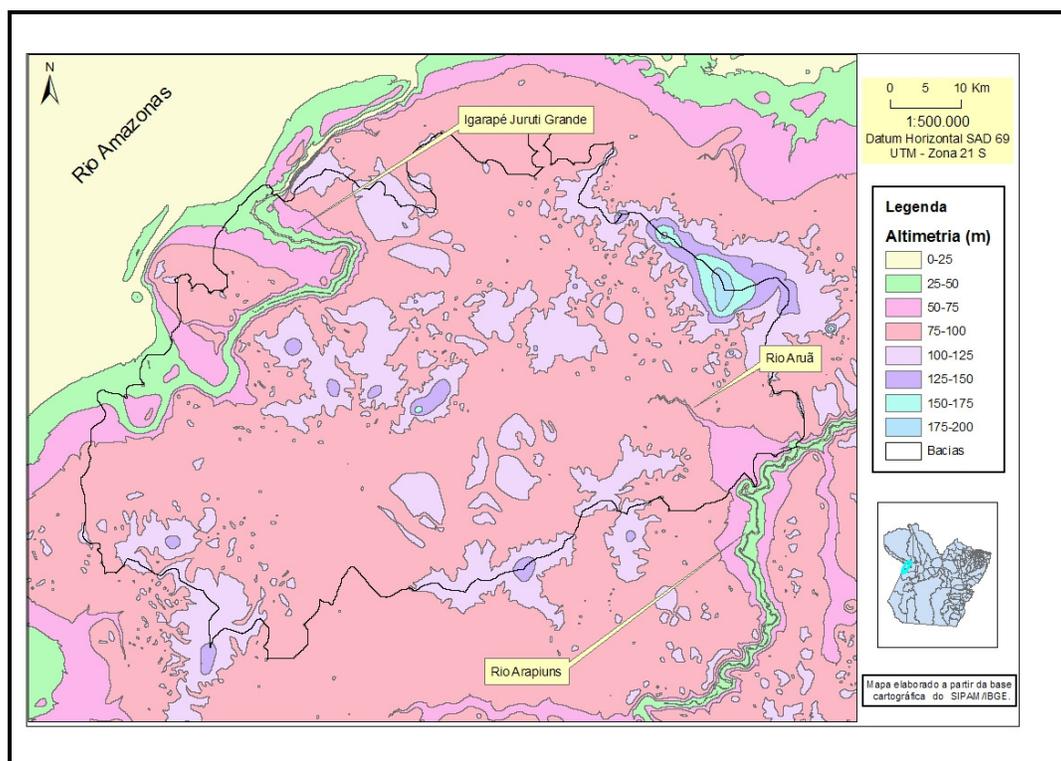


Figura 2 – Mapa altimétrico extraído do modelo digital de elevação (SIPAM/IBGE, 2000)

A cota mais baixa corresponde à drenagem mais importante de toda a bacia Amazônica, que é o rio Amazonas. Seu afluente direto, o igarapé Juruti Grande possui gradiente pequeno, situando em cota que varia entre 25 a 75 metros.

O rio Aruã está situado em altitude um pouco mais elevada, com variação entre 50 e 100 metros, indo desaguar no rio Arapiuns, que por sua vez é afluente direto do rio Tapajós.

A aplicação do classificador não-supervisionado *isodata* possibilitou a geração dos mapas temáticos de classificação de uso e ocupação do solo para cada um dos quatro anos utilizados como referências. E, dessa forma, os mapas são apresentados nas Figuras 3 a 6.

O mapa representado pela Figura 3 é o resultado da classificação referente ao ano de 1986, com passagem do satélite em 05 de agosto, onde se percebe claramente a vantagem da aplicação da função “máscara” para a classe de florestas, eliminando a quantidade de nuvens e sombra de nuvens existentes na imagem, melhorando a qualidade da classificação.

Em seguida, tem-se o mapa da Figura 4 referente ao ano de 1997, cuja data de aquisição da imagem é 18 de julho.

O mapa da Figura 5 apresenta o resultado da classificação referente ao ano 2001, cuja data de passagem é 06 de agosto.

Finalmente, tem-se a Figura 6 com a representação da classificação de 2005, com data de passagem do satélite em 10 de setembro.

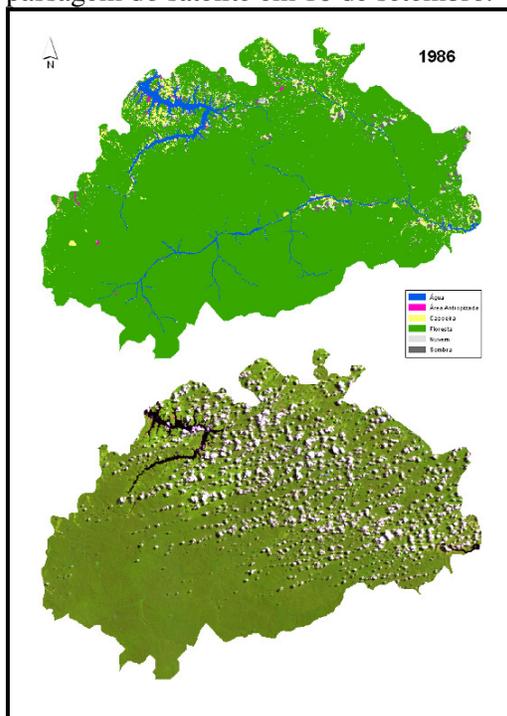


Figura 3 – Mapa de uso e ocupação do solo em 05.08.1986

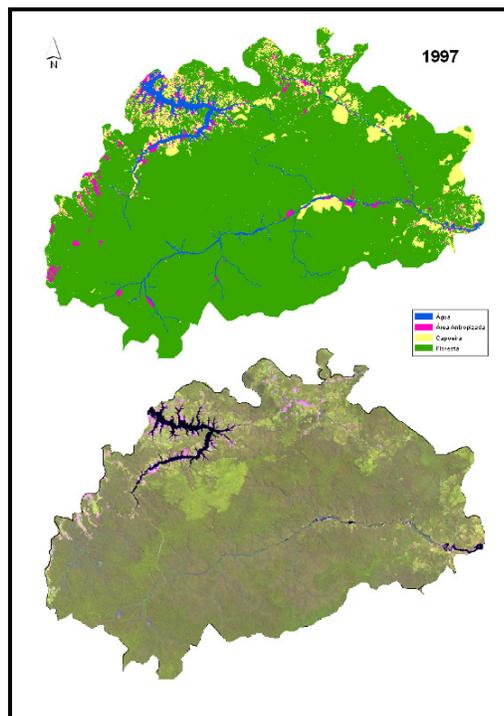


Figura 4 – Mapa de uso e ocupação do solo em 18.07.1997

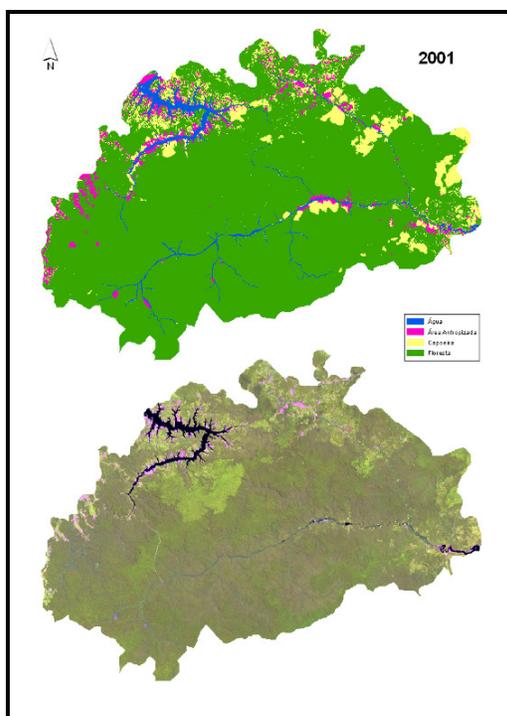


Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo em 06.08.2001

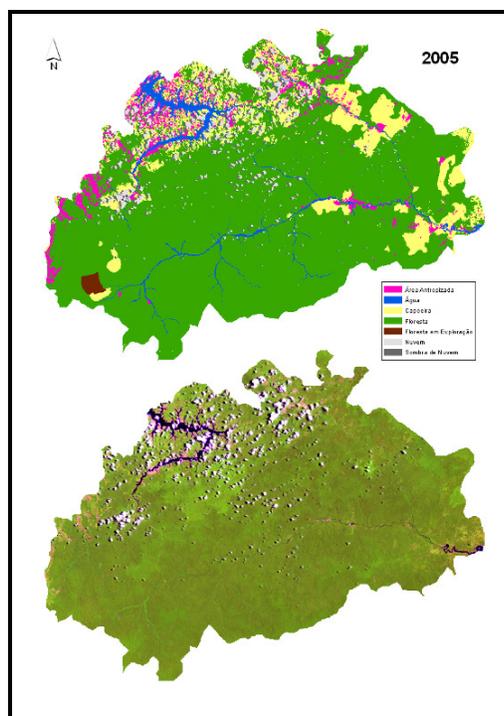


Figura 6 – Mapa de uso e ocupação do solo em 10.09.2005

Os gráficos comparativos abaixo (Figuras 7 a 10) representam cada classe de uso e ocupação do solo em termos de porcentagem com relação à área de estudo, que são as bacias hidrográficas do Igarapé Juruti Grande e rio Aruã.

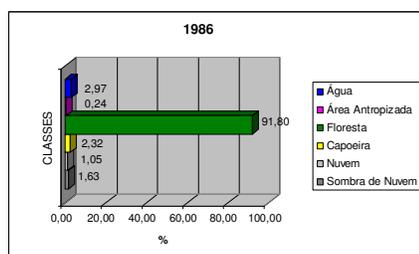


Figura 7 – Classe de uso do solo (1986)

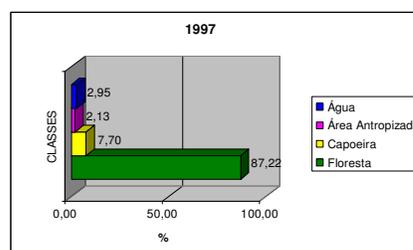


Figura 8 – Classe de uso do solo (1997)

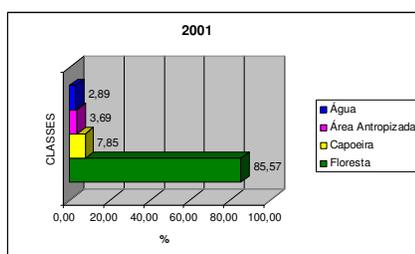


Figura 9 – Classe de uso do solo (2001)

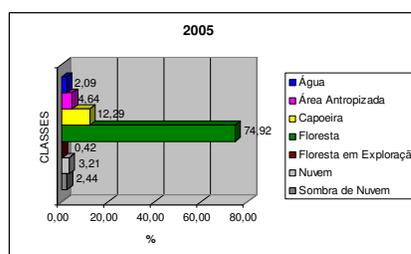


Figura 10 – Classe de uso do solo (2005)

Cerca de 2,68% da área total classificada para o ano de 1986 foi “nuvem” ou “sombra de nuvem”, sendo, portanto, uma limitação para a completa classificação da área de estudo neste período.

Comparando-se os gráficos de 1986 e 1997, percebeu-se um incremento das áreas de capoeira e área antropizada, contrastando com um decréscimo de quase 4,6% de áreas de florestas.

A área de floresta apresentou um decréscimo pequeno, comparando-se os períodos de 1997 e 2001, com cerca de 1,65%. As áreas de capoeira e áreas antropizadas continuaram a crescer.

Assim como na classificação de 1986, esta também apresenta nuvens e/ou sombra de nuvens, que atingem mais de 5,5% da área total. Quase 5% já é área antropizada, enquanto mais de 12% é capoeira. A área de floresta representa cerca de 75%.

A validação dos resultados de campo para a imagem relativa ao ano de 2005 utilizou como referência o Índice de *Kappa*, visando avaliar a acurácia das classes temáticas, sendo coletados 76 pontos de campo, em vistoria realizada em setembro/2006, conforme afirma Moreira (2005).

A tabela 1 apresenta a matriz de erro para esta imagem classificada, considerando as classes de uso: água, área antropizada, capoeira e floresta. Calculou-se os erros de comissão e omissão e a acurácia de cada classe. Considerando os valores encontrados para o erro de omissão e de comissão, obteve-se uma acurácia global média de 79,4 %.

Tabela 1 – Matriz de erro para a classificação da imagem *Landsat* 228/062, de 10 de setembro de 2005

		Dados de referência (informações de campo)						
		Água	Área Antropizada	Capoeira	Floresta	Total	Erro de Comissão (%)	Acurácia (%)
Classificação não-supervisionada	Água	14	0	0	0	14	0	100
	Área Antropizada	0	20	2	0	22	9,1	90,9
	Capoeira	0	4	8	2	14	42,9	57,1
	Floresta	0	0	8	18	26	30,8	69,2
	Total	14	24	18	20	76		
	Erro de Omissão (%)	0	16,7	55,6	10,0			
	Acurácia (%)	100	83,3	44,4	90,0			

Acurácia Total = 79,4 %

A somatória dos valores da diagonal principal é 60 (Dp). Dessa forma, a exatidão global calculada foi de 78,9 %. O número total de pontos visitados (N) foi igual a 76.

O índice de 0,72 calculado para a qualidade temática foi considerado como uma classificação *muito boa*, segundo a literatura pesquisada. Essa validação e a determinação da acurácia dos dados são fundamentais, devendo ser uma constante em qualquer dado produzido.

Esta metodologia representou com propriedade as classes de uso existentes, entretanto toda técnica a ser utilizada possui suas limitações e sua utilização deve ser adaptada em função da área de estudo. Em relação a este trabalho, através de levantamento de campo e anamnese realizada junto aos moradores do local, constatou-se que parte da área classificada como floresta, principalmente as situadas no platô que divide as duas bacias hidrográficas da área de estudo, já haviam sido exploradas seletivamente para extração de madeira, inclusive algumas das estradas vicinais existentes foram abertas por madeireiros.

E, em virtude do intervalo temporal das imagens utilizadas para o trabalho variar de 4 a 11 anos e da própria regeneração da floresta, a classe de uso “floresta em exploração” que apresenta como principal característica a predominância de tonalidades verdes, com ocorrências de agrupamento de *pixels* rosa pode ter sido subestimada, não sendo possível sua identificação com maior precisão a partir dos dados disponíveis.

Conclusões

Toda representação cartográfica é uma aproximação da realidade, sendo necessário lançar mão das generalizações para conhecer o espaço geográfico e, diante deste cenário, a ferramenta de geoprocessamento mostrou-se bastante útil para análise ambiental da área de estudo. Ela permitiu a elaboração de diversos produtos representativos, os quais serão importantes, como base de dados a serem utilizados pelos setores produtivos, bem como aqueles da administração pública. Um trabalho como este se faz necessário, em função da região de Juruti (PA) estar passando por grandes transformações, fundamentalmente decorrentes da instalação do projeto de exploração de bauxita (Projeto Juruti/ALCOA Inc.).

Percebe-se claramente a partir da execução deste trabalho que a área apresenta boa conservação da sua cobertura vegetal, fato que foi ratificado pelos trabalhos de campo na área de estudo, porém, devido à implantação deste grande projeto de mineração, cujas pesquisas foram iniciadas no ano de 2001, a região passa por um ambiente de especulação muito intenso, o qual acarreta elevada pressão sobre os recursos naturais, principalmente os florestais, fato que foi corroborado na análise multitemporal de uso e ocupação do solo dos mapas apresentados. E, desta forma, faz-se necessário periódico monitoramento ambiental nesta área do ecossistema amazônico, principalmente por parte dos órgãos competentes, como o IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis),

SECTAM* (Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará) e SEMA (Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Juruti), visando garantir a manutenção do ecossistema equilibrado. Por fim, como principais produtos elaborados podem ser citados os mapas: de drenagem em todas as suas ordens; base logística (manifestada pelas estradas existentes na área de investigação); altimétrico extraído de modelo digital de elevação e dinâmica de uso e ocupação do solo (apresentando a sua evolução, com base nos anos de 1986, 1997, 2001 e 2005).

Referências Bibliográficas

KUX, H. J. H; BLASCHKE, T. **Sensoriamento remoto e SIG avançados – novos sistemas sensores, métodos inovadores.** 2005. Ed. Oficina de Textos, São Paulo. 286 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 2005. Ed. UFV, Viçosa. 320 p.

SANTOS, F. A. A. **Processamento digital de imagem de sensoriamento remoto – noções básicas.** 2002. Agência de Cooperação Técnica, Manaus. 41 p.

SIPAM;IBGE – **Sistema de Proteção da Amazônia; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Juruti: base altimétrica, rodoviária, hidrográfica e regional. Brasil. 2000. Escala 1:250.000.