



Aplicação de geotecnologias gratuitas e livres na delimitação e análise do uso e cobertura do solo na da Bacia Hidrográfica do córrego Laranja Doce

Leonardo Lima dos Santos 1
Vinícius de Oliveira Ribeiro 1
João Lucas Alves da Silva 1

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS
Unidade Sede – Dourados, Faculdade de Engenharia Ambiental
Rodovia Dourados – Itahum, Km 12
79812-000 - Dourados - MS, Brasil
leo.limaengambiental@gmail.com;
viniciusoribeiro@yahoo.com.br;
jlalves@protonmail.com.

Resumo. O uso da geotecnologia tem contribuído de forma relevante para a realização de trabalhos científicos. A integração de dados em meio digital proporciona rapidez e eficiência nas pesquisas, além de abrir novos horizontes para estudo sócio espaciais. Calcada na utilização de imagens aéreas ou orbitais, fotointerpretação e banco de dados geográficos, a geotecnologia fornece produtos capazes de subsidiar a observação, planejamento e gestão de áreas, proporcionando significativa diminuição de tempo e custo. Sendo assim, é relevante a utilização das geotecnologias no monitoramento de recursos naturais, sobretudo na cobertura e uso do solo de uma dada área. Para a realização deste trabalho, utilizou-se dados de sensoriamento remoto e análise de imagens de satélite Landsat 8 OLI, por meio de classificação supervisionada (SCP), resultando em uma carta imagem com as três classes identificadas. Desta, obteve-se o mapa da cobertura e uso do solo da bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce, em Dourados/MS principal objetivo desta pesquisa, utilizando o software livre QGIS versão 2.14.0 Essien. A área desta carta corresponde a 642 Km². Os resultados mostraram que a área está com uma grande área tomada pelas ações antrópicas, representavam 89,4 % da superfície da bacia, neste contexto, necessita de ações de planejamento e gestão por parte das instâncias governamentais.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, QGIS, processamento de imagens.

Abstract. The use of geotechnology has contributed significantly to the production of scientific papers. The integration of data in digital form provides speed and efficiency in research, and opens new horizons for the study of socio-spatial. Based in the use of aerial or orbital photo interpretation and geographic database, the geotechnology provides products that can support the observation, planning and management of areas, furnishing significant reduction in time and cost. Therefore, it is relevant to the use of geo-monitoring of natural resources, especially in land use and its coverage of a given area. For this work, we used remote sensing by image analysis of Landsat 8 OLI, treated with techniques of Digital Image Processing (IDP), as an example the composite color bands 5 (R) 4 (G) 3 (B), by supervised classification (SPC) which resulted in the land use map with the three classes identified and demarcated. In addition, we obtained the map of land use and coverage of the watershed stream of the "Laranja Doce" in Dourados MS, which is the primary objective of this research using free software QGIS version 2.14.0 Essen. The area of this map corresponds to 642 km². The results showed that the area is taken by human actions represented 89,9 % of the surface of the basin, in the context, requiring action planning and management by the government instances.

Key-words: remote sensing, QGIS, image processing.

1. Introdução

Atualmente a necessidade que a sociedade humana tem de ocupar espaços naturais vem crescendo, transformando-os por meio da urbanização ou mesmo para extrair energia e insumos. Tal transformação ocasiona a base para a manutenção do sistema econômico, gerando, em contrapartida, impactos que precisam ser conhecidos e estudados (Passos et al., 2010).

Ante o exposto, faz-se necessário suporte da ciência para intervenção desses impactos, onde a Geociência surge com características importantes sobre essa problemática. Desta forma, com o crescimento das geotecnologias e a disponibilidade de diversos sensores instalados em satélites ou radares, é possível coletar imagens de grandes áreas através da captura de refletâncias eletromagnéticas (Rocha, 2011). As geotecnologias permitem a análise de usos e ocupação do solo, cálculos de erosão laminar do mesmo, classificação e quantificação dos recursos naturais, dentre outros. As geotecnologias estão entre os três mercados emergentes mais importantes da atualidade juntamente com as nanotecnologias e biotecnologias (Rodrigues, 1990).

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos (Moraes, 2002). Sendo assim, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são de grande importância e úteis, pois permite avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento (Campos et al., 2004).

Segundo Machado (2002), os sistemas de informações geográficas (SIG), se introduzem como uma ferramenta que tem a capacidade de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões, de uma forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo. Tendo em vista esta realidade, essas manipulações permitem apresentar dados de diferentes fontes, imagens de satélites, mapas topográficos, mapas de solo, hidrografia entre outros, em diferentes escalas. O processamento digital de imagens, por sua vez, tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens através da composição de cores e são constituídas de: Pré-processamento, Processamento e Pós-processamento (Paranhos et al., 2008). As técnicas de pré-processamento são um conjunto de técnicas utilizadas para minimizar as distorções e realçar a imagem. Por fim, o pós-processamento consiste na análise da imagem, identificando e caracterizando objetos, obtendo dados quantitativos, como por exemplo, a utilização de técnicas de classificação de imagens digitais (Andersen et al., 2014).

De acordo com Novo (2010), a classificação de imagens é o processo de atribuir significado

a um pixel em função de suas propriedades espectrais e/ou espaciais, podendo ser: classificação não supervisionada, onde os pixels de uma imagem são alocados em classes, sem que o usuário tenha conhecimento prévio de sua existência; e classificação supervisionada repousa em um conhecimento prévio do analista sob localização espacial de algumas amostras das classes de interesse. Sillero et al. (2010) avaliaram a qualidade das informações remotas disponibilizadas gratuitamente na Internet, por instituições como a NASA, EPA, INPE dentre outros, e sua grande utilidade nos estudos ambientais.

A análise do uso e ocupação do solo é um instrumento fundamental para estudos ambientais, na gestão de recursos naturais como estudos sobre bacias hidrográficas e para o planejamento urbano (Sebusiani et al., 2011). A presença da vegetação de Áreas de preservação permanente - APP's é determinada pela resolução CONAMA N° 302/2002 e sua preservação não trazem apenas benefícios aos sistemas hidrológicos com a regularização dos mesmos, mas sim a uma gama de fatores como a preservação e fornecimento de nutrientes aos animais de vida terrestre e aquática. Servem ainda como quebra-ventos em áreas de cultivo e funcionam como corredores de fluxo gênico para os elementos da flora e fauna, pela possível interconexão com Áreas de preservação permanente - APP's adjacentes ou com áreas de Reserva Legal, além de poderem fixar o carbono da atmosfera (Nascimento et al., 2005).

Neste contexto, o presente trabalho pretende demonstrar a eficácia das geotecnologias, em especial o sensoriamento remoto, com relação ao custo-benefício de projetos e como elas podem ser utilizadas em pesquisas inovadoras, ao analisar rapidamente possíveis fontes de deterioração da qualidade ambiental - neste caso, o uso e ocupação de solo na bacia do córrego Laranja Doce, em Dourados/MS - possibilitando o balizamento de futuras ações de prevenção/conservação e recuperação desta onde se fizer necessário.

2. Objetivo

O trabalho tem por objetivo efetuar a delimitação e quantificação do uso e ocupação do solo da bacia do córrego Laranja Doce, em Dourados/MS, com auxílio de geotecnologias livres e/ou gratuitas.

3. Material e Métodos

A Bacia Hidrográfica do córrego Laranja Doce está localizada no sentido Nordeste – Sudeste envolvendo dois municípios: Dourados e Douradina no estado de Mato Grosso do Sul, nas coordenadas de 21°55' a 22°16' S de Latitude Sul a 54°28' a 54°52'. E estende-se por uma área de aproximadamente 642 km², com comprimento da bacia de 57,49 km (**Figura 1**).

Está inserida no sistema Paraná, sub-bacia do rio Ivinhema e bacia do Rio Brillhante. Limita-se a O e NW (Oeste e Noroeste) com o município de Itaporã, ao S e NE (Sul e Nordeste) com Dourados e ao N (Norte) com o município de Rio Brillhante, situando-se cerca de 80% de sua área no município de Dourados e o restante no município de Douradina, ambos em Mato Grosso do Sul (Soares Filho, 2006). Dentre os principais córregos que banham o município, apenas o Laranja Doce corta a região norte da cidade, no sentido Oeste-Leste, apresentando o maior volume d'água entre todos e possuindo o maior comprimento no perímetro urbano.

Neste estudo, foram utilizadas uma imagem do satélite Landsat 8 OLI (USGS, 2016), órbita-ponto 224/75, com data de passagem em abril de 2016, um MDS *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM (USGS, 2016) de mesma órbita-ponto, e a carta topográfica oficial Dourados, escala 1:100.000, elaborada pela Divisão de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1979), feitos os processos de sensoriamento remoto - SR e processo digital de imagem - PDI, onde todos convertidos para o Datum WGS 84, aferidos com pontos de controle de campo ob-

tidos por GPS de navegação Garmin 76 CSx.

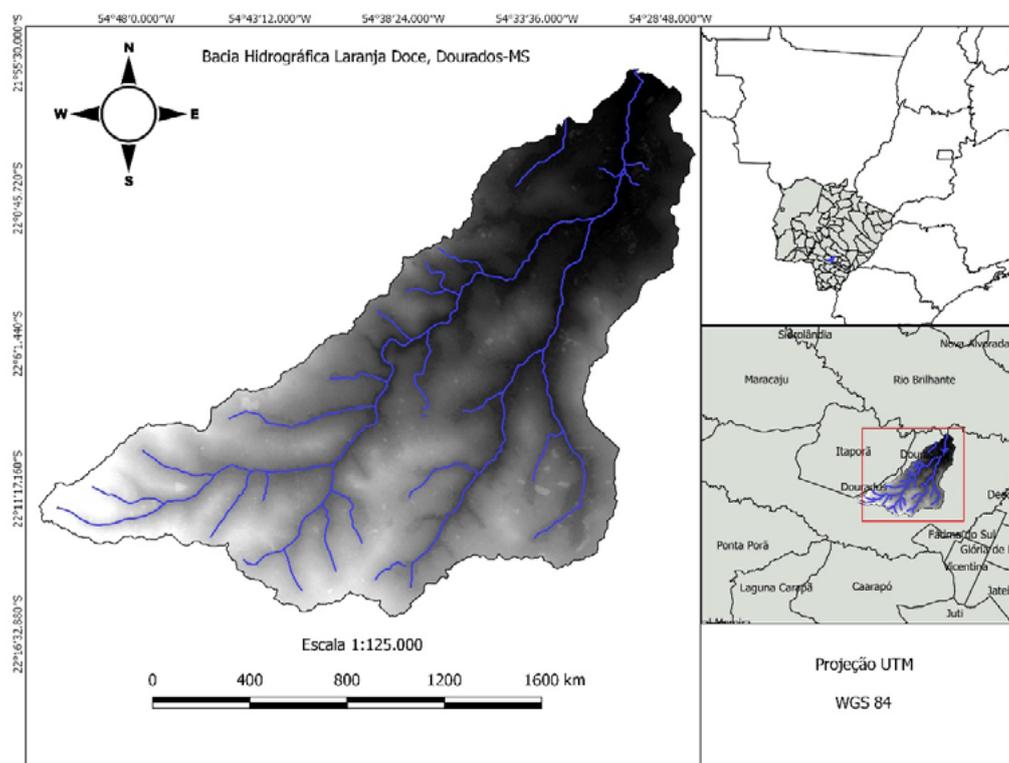


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Laranja Doce.

Inicialmente, objetivou-se remoção de elevações expúrias e ralas dos MDS (Modelo Digital de Superfície) SRTM, através da aplicação do *plugin resample*, disponível no SIG livre QGIS 2.14.0 (QGIS Development Team, 2015), reamostrando-os para uma resolução espacial de 30 metros. Na sequência efetuou-se a delimitação automática da Bacia Hidrográfica-BH do Córrego Laranja Doce, paralelamente, a partir dos MDE (Modelo Digital de Elevação) SRTM.

O processo da delimitação automática, para o MDE, foi efetuado através do uso do pacote de algoritmos de modelamento hidrológico GRASS, instalado no QGIS 2.14.0 (2016). As rotinas executadas para modelagem hidrológica consistiram na elaboração dos segmentos de fluxo, direções de drenagem e a respectiva área de influência da referente bacia, permitindo assim o cálculo de área e perímetro (**Figura 2**).

Para verificar a consistência do limite obtido de forma automática foram utilizadas a base topográfica oficial da área de estudo (DSG, 1979), as curvas de nível geradas e as imagens de satélite de EarthExplorer (USGS, 2016) georreferenciadas. A observação de campo também auxiliou na verificação da coerência do limite.

Para a realização do mapeamento do uso e ocupação do solo, inicialmente efetuou-se a fotointerpretação da imagem de satélite *Landsat 8* que opera com dois instrumentos imageadores: Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS). Produtos OLI consistem de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9). As faixas térmicas do instrumento TIRS são úteis no fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados no pixel de 100 metros. A banda 8 do instrumento OLI é a pancromática. Possui resolução espacial de 15 metros (banda 8). A banda 1 (ultra-azul) é útil para estudos costeiros. A banda 9 é útil para a detecção de nuvens. O tamanho aproximado da cena Landsat-8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste.



Figura 2. Fluxograma para delimitação de Bacia Hidrográfica pelo QGIS 2.14.0 (QGIS Development, 2015).

No software QGIS as imagens foram tratadas, gerando a composição multiespectral, dessa forma, a composição colorida resultante RGB foi a banda 5 no Infravermelho, a banda 4 no vermelho e a Banda 3 no azul, possibilitando assim, analisar o uso do solo na área de estudo. Em seguida para melhorar a visualização da imagem de satélite usada foi feita a fusão com a banda pancromática de 15 m com os pacotes de algoritmos Orfeo dentro do software QGIS, seguindo a metodologia de a técnica de fusão espectral Gram-Schmidt opera sobre vetores objetivando torna-los ortogonais. A fusão inicia-se com a simulação de uma banda pancromática a partir das bandas multiespectrais 5(R), 4(G) e 3(B) de baixa resolução espacial. Em sequência, a transformação de Gram-Schmidt aplicada à banda pancromática simulada e às bandas multiespectrais, e a pancromática simulada é empregada como a primeira banda. Então, a primeira banda Gram-Schmidté trocada pela banda pancromática de alta resolução e uma transformação inversa é aplicada para formar a imagem sintética de saída (Soares et al. 2015).

Realizada a composição e a fusão efetuou-se a Correção Radiométrica da mesma para minimizar diferenças entre os níveis de cinza registrados por um conjunto de detectores. A técnica de remoção de ruídos baseia-se na análise do desvio de cada pixel em relação a sua vizinhança, objetivando a detecção de dados defeituosos. Para esse tipo de análise, os pixels com ruído foram então substituídos pelos pixels ou vizinhos mais próximos sem problemas, ou por um nível de cinza interpolado entre a sua vizinhança. Posteriormente, novas visitas foram realizadas aos locais considerados críticos pela fotointerpretação a fim de se identificar a presença de áreas úmidas e solos expostos (Fernandes, 2012).

Por fim, utilizando a proposta metodológica, chave de interpretação visual de imagens, sensoriamento remoto, proposto por Florenzano (2008), que consiste na interpretação visual preliminar, trabalho de campo da verificação preliminar e interpretação final, o que subsidiará o processamento digital da imagem, foi realizado trabalho de campo na área de estudo, para a coleta de pontos de controle através das técnicas de GPS, admitindo-se erro de posicionamento de 5 cm. Esse procedimento visa uma análise mais efetiva na classificação e no mapeamento do uso do solo. Dando seguimento a proposta metodológica foi escolhida as seguintes classes

temáticas: Áreas Úmidas, Vegetação Natural e Antropismo (agricultura, pastagem e mancha urbana). Para a aquisição e classificação dessas classes utilizou-se o complemento do software QGIS 2.14.0 com método PDI – processo digital de imagem através da seleção de pixels semelhantes Semi-Automatic Classification (SPC) que gera parâmetros estatísticos para ponderar as distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes e considerar a distribuição de probabilidade para cada classe mapeada. Para a elaboração final do mapa (layout) foi utilizado o software QGIS 2.14.0 (2016).

4. Resultados e Discussão

A partir de dados SRTM, foi realizada a delimitação automática da bacia do córrego Laranja Doce, presentes na extensão GRASS do software QGIS. Pode-se afirmar que os dados do SRTM foram relativamente precisos e acurados, no caso analisado. Além de serem eficientes por demandarem menor tempo no processo de tratamento dos dados brutos até o delineamento da bacia.

Após o processo, foi possível tirar dados como área e perímetro da bacia, sendo uma ótima ferramenta de suporte para os estudos de uso e ocupação do solo apresentando os seguintes resultados. A bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce possui 642 km² de área e 184 km de perímetro, formando uma rede de drenagem de 193,5 km e o seu rio principal possui uma extensão de 57 km, **Figura 3**.

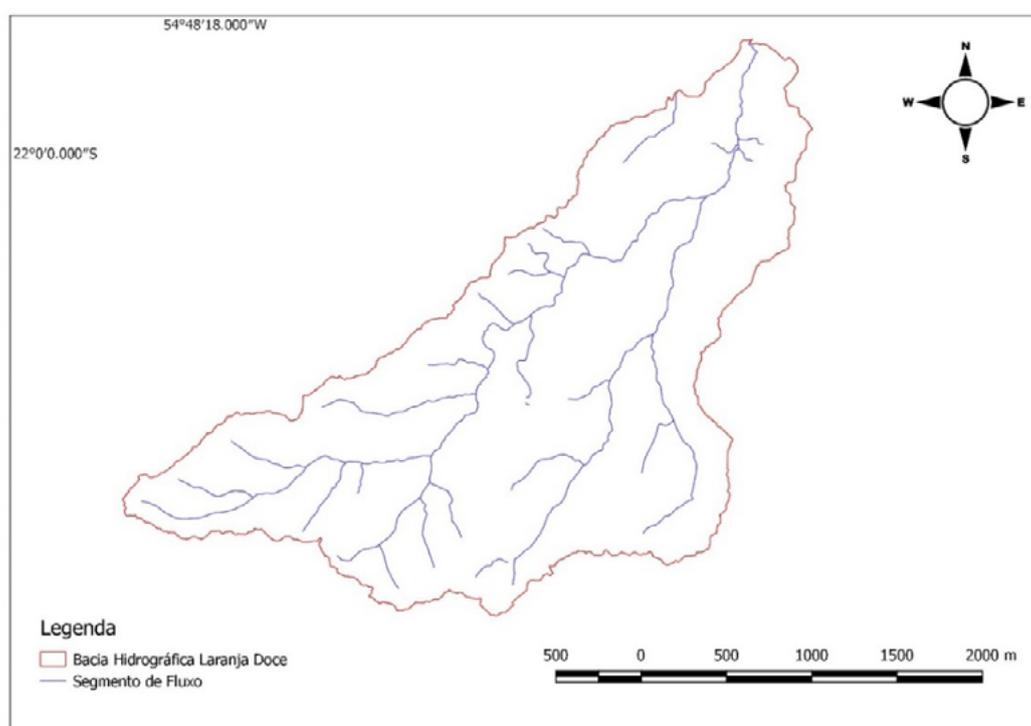


Figura 3. Delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce com seus respectivos segmentos de fluxo.

O crescimento da cidade, a falta de um planejamento urbano adequado, a ocupação do solo de forma inconsequente sem a implantação de uma infraestrutura adequada contribuiu bastante para vários danos ambientais atualmente observados. A região não constitui um espaço essencialmente urbanizado, apresentando situações desiguais, quando se analisa a área, a população,

densidade demográfica, população urbana e rural. Conhecer o uso do solo em uma bacia hidrográfica e principalmente com se dá o funcionamento das atividades econômicas conduz a diagnósticos e prognósticos da área estudada. Neste contexto, as classes para a análise foram definidas em antropismo, que é toda a atividade resultante da ação do homem sendo pastagens, lavouras e a expansão da mancha urbana na bacia de estudo, vegetação natural, onde toda a vegetação ainda presente e a que protege os mananciais da bacia e que merecem uma gestão maior pela diminuição significativa decorrente da expansão antrópica, e a classe de área úmidas, sendo as áreas com a presença de água no perímetro da bacia em estudo, como mostrado na **Figura 4**.

Considerando a dinâmica sistêmica de uma bacia hidrográfica, onde fatos ocorrentes em um ambiente afetará o outro, as atividades da agropecuária, podem interferir na qualidade e quantidade da água do córrego, decorrente da carga poluidora recebida ao longo do seu percurso (Pereira et al. 2016). Portanto, o gerenciamento ambiental, a fiscalização e o fortalecimento de programas de educação ambiental são de suma importância na minimização dos problemas advindos da urbanização para isso (Borges, 2009).

Outros fatores consequentes da urbanização ou uso do solo inadequado aceleram o processo de erosão e assoreamento do leito fluvial, a impermeabilização do solo permite a ocorrência de enchentes, fator este, sentido pela população urbana nos últimos anos, reduzindo assim as áreas úmidas da bacia e a porcentagem de vegetação natural. Neste contexto, a exploração das terras elimina a vegetação que serve de barreira natural ao escoamento superficial impedindo assim, a infiltração e diminuindo a disponibilidade da água (Braz et al. 2014).

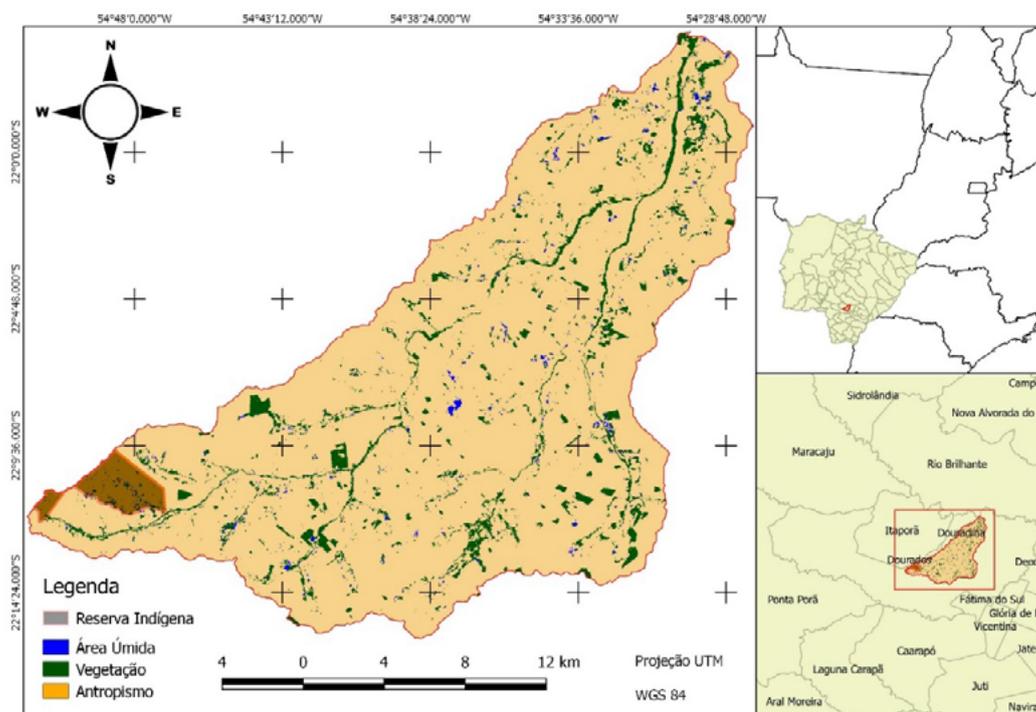


Figura 4. Uso do solo na bacia hidrográfica do Laranja Doce.

4.1. Uso do solo na bacia do Laranja Doce.

A **tabela 2** indica a distribuição do uso da terra na bacia do Laranja Doce, observamos que a classe antropismo ocupa 89,4% da área, em relação à área total da bacia, sendo pastagens, lavouras e mancha urbana, deixando claras as alterações feitas ao meio ambiente, essas que oferecem riscos de voçorocas, assoreamento e ravinas que se manifestam principalmente através do pisoteio do gado, devido ao intenso uso da terra voltado à agropecuária, as áreas cobertas por vegetação natural representam 9,7 % da superfície, indicando o intenso desmatamento e a substituição dos sistemas naturais pelos agropecuários. As áreas úmidas representam 0,9 % em 2016, indicando o avanço da agropecuária sobre essas áreas, as comunidades indígenas também sofrem com a expansão territorial, assim sendo, a conservação é necessária nesta região, devido à prática da pecuária e a expansão de áreas destinadas à pastagem, pois é um processo que acarreta na perda de espaço, afetando os costumes e tradições das tribos indígenas presentes na região (Carvalho, 2006).

Tabela 2. Distribuição do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Laranja Doce.

Distribuição do Uso do Solo	Área (%)
Áreas Úmidas	0,9 %
Vegetação Natural	9,7 %
Antropismo	89,4 %

Esses dados expõem a estrutura fundiária da bacia, haja vista que a agricultura e a pecuária na região são responsáveis pela exploração de grandes porções de terra, o que resulta em um efeito positivo na economia e negativo para o meio ambiente.

5. Conclusões e Sugestões

Fatores como gratuidade, precisão e acurácia na delimitação automática da rede de drenagem a partir de dados do SRTM em ambiente SIG, proporcionam economia de tempo e de recursos para a realização de pesquisas e diagnósticos ambientais.

A análise ambiental deve ser vista sob um olhar crítico, tomando como referência todas as variáveis que compõe a paisagem, sejam elas físicas ou humanas. Atualmente a utilização de geotecnologias como o Sensoriamento Remoto (SR) e o Processamento Digital de Imagem (PDI), tem auxiliado no mapeamento de grandes áreas e permitido um maior conhecimento da superfície terrestre. Essas geotecnologias também têm minimizado os custos com o mapeamento e com o tempo na elaboração de produtos cartográficos, onde esses processos podem ser realizados em poucas horas.

Sendo assim, nesta pesquisa foram usadas imagem de satélite produto do SR e o PDI para confeccionar o mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Laranja Doce. É visível a esta bacia apresentar consideráveis áreas de pastagem, agricultura e mancha urbana, mas também é destacada a presença de vegetação nativa do bioma cerrado. O conhecimento do uso do solo na bacia do Laranja Doce foi fundamental para entender a configuração de sua paisagem e o resultado do uso intenso de suas terras. Através da análise do mapa e das visitas de campo, foi possível perceber que a bacia apresenta em grande parte de suas terras ocupadas por lavouras e pastagens e fortes processos de ocupação degradada acelerada advindas da expansão urbana.

Através disso torna-se relevante esta análise e diagnóstico, para a contribuição de um melhor planejamento ambiental e gestão da bacia do Laranja Doce. Sendo assim, nesta pesquisa foram usadas imagem de satélite produto do SR e o PDI para confeccionar o mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Laranja Doce. Pois se sabe que o conhecimento da

dinâmica de uso e cobertura do solo oferece ao analista ambiental uma ferramenta fundamental para entender o comportamento do espaço geográfico e assim, promover medidas que possam mitigar os efeitos provocados pela ação antrópica no meio.

6. Referências.

- Andersen, H. E.; Reutebuch, S. E.; Mcgaughey, R.; D'oliveira, M.; Keller, K. Monitoring selective logging in western Amazonia with repeat LIDAR flights. **Remote Sensing of Environment**, v.151, p. 157–165, 2014.
- Brasil. Resolução CONAMA N° 302 de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.**
- Brasil. Lei 9.433. Política nacional de recursos hídricos. **Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1997.** 72p.
- Braz, A. M.; Águas, T. A.; Costa, K. C.; Garcia, P. H. M. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego Fundo – Três Lagoas/MS.** I Simpósio Mineiro de Geografia, Alfenas, p. 1822-1835, 2014.
- Borges, R. F.; Borges, F. A.; Brito, J. L. S.; Nishiyama, L. **Mapeamento de áreas úmidas através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento na bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim – MG.** Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2009.
- Campos, S.; Araújo Júnior. A. A.; Barros, Z. C.; Cardoso, L. G.; Piroli, E. L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2004.
- Carvalho, A. L. A. **O geoprocessamento na gestão ambiental em terras indígenas: uma experiência com etnomapeamento junto à comissão pró-índio do acre.** 127p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
- Faria, A. L. L.; Silva, J. X.; Goes, H. B. **Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do ribeirão do espírito santo,** caminhos de geografia, Juiz de Fora - MG. v.9, n.4, p. 50-65, 2003.
- Fernandes, R. R. Uso de Geotecnologias no mapeamento do uso da terra e estudo de fitofisionomias em áreas úmidas na região de médio araguaia. 2012. 90p. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso.
- Florenzano, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. **São Paulo: Oficina de Textos, 2008.**
- Leal, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar, Dourados, MS**, v.6, p. 65-84, 2012.
- Libos, M.; Rotunno Filho, O. C. Modelagem da Poluição não Pontual na Bacia do Rio Cuiabá Baseada em Geoprocessamento. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.8, n.4, p. 115-135, 2003.
- Lima, P. A. de. **Ocupação do fundo de vale do córrego laranja doce na cidade de Dourados – MS. Análise da proposta de implantação de um parque ecológico.** Dissertação de mestrado para obtenção de título de mestre em Geografia (Área de concentração Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental). UNESP, Presidente Prudente-SP 1999.
- Machado, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimento em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002. 166p. Dissertação (Doutorado) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz universidade de São Paulo.
- Moraes, E. C. Fundamentos de sensoriamento remoto. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2002.** 23p.
- Nascimento, M. C.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. S.; Silva, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio alegre, espírito santo. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v.15, n.2, p. 207-220, 2005.
- Novo, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 4ª Edição. **São Paulo: Edgard Blucher, 2010,** 387p.

Paranhos Filho, A. C.; Lastória, G.; Torres, T. G. **Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução as Geotecnologias**. Campo Grande, MS, UFMS. 2008, 198p.

Passos, P. F.; Santana, N. M. G.; Teixeira, J. L.; Paz, D. M.; Menezes, J. B. Uso de técnicas de geoprocessamento para estimativa de áreas susceptíveis à erosão na bacia hidrográfica do rio Mamanguape-PB. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife-PE, p. 001-005, 2010.

Pereira, B. W. F.; Maciel, M. N. M.; Oliveira, F. A.; Alves, M. A. M. S.; Ribeiro, A. M.; Ferreira, B. M.; Ribeiro, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiental e Água**. Taubaté, v. 11, n.2, p. 472-485, 2016.

Refosco, J. C. Ecologia da paisagem e Sistema de Informações Geográficas no estudo da interferência da paisagem na concentração de Sólidos Totais no reservatório da usina de Barra Bonita, SP. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p.343-449, 1996.

Rocha, R. M. C. Geoprocessamento aplicado à certificação ambiental: estudo de caso em palmas sola – SC. **Revista Geografia – Londrina**. v. 20, n. 3, p, 143-154, 2011.

Rodrigues, M. Introdução ao Geoprocessamento. Anais. **Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. Universidade de São Paulo**. p. 1-26, 1990.

Sebusiani, H. R. V.; Bettine, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, SP. v. 7, n. 1, p. 256-285, 2011.

Sillero, N.; Tarroso, P. Free GIS for herpetologists: free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free / open source software. **Acta Herpetologica**, v.5, n. 1, p. 63-85, 2010.

Sirkorski, S. R. Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano. In: **Congresso e feira para usuários de geoprocessamento**. GIS Brasil: Anais. Curitiba: Sagres. p. 40-45, 1996.

Soares, R. B.; Soares, C. B. S. S.; Costa, J. A. L.; Costa, S. S. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/OLI. **Anais XVII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa – PB, INPE, p. 4836-4843, 2015.