

Uso de imagens *RapidEye* como apoio à tomada de decisões no planejamento e gestão da paisagem do município de Bom Sucesso - MG

Ana Clara Mourão Moura^{1,2}
Cláudia Ladeia Sepúlveda^{1,3}
Maisa Silveira Resende^{1,4}
Suellen Roquete Ribeiro^{1,5}

¹Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura da
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
Rua Paraíba, 697 - Funcionários - 30130-140 - Belo Horizonte - MG, Brasil
{²anaclara, ³csepulveda, ⁵suribeiro, }@ufmg.br, ⁴sisasilveira@gmail.com

Abstract. This paper presents a pilot case study in the municipality of Bom Sucesso in Minas Gerais, Brazil. It is an application of geoprocessing, more specifically the usage of RapidEye satellite images, in the landscape planning and management. Through the landscape recognition this study enables to aid the municipal decision-making process. The RapidEye images is a part of a Geographic Information System (GIS) which was produced for Bom Sucesso with a view to identify environmental protection areas as well as interesting areas for urban expansion. Once the environmental and urban interests are identified, they are combined in order to recognize vocations and consequent conflicts from occupation of the land. Those images were used because its satellites system has distinguished features, such as the coverage of extensive areas, high resolution and multispectral capabilities, besides, their images are free. Such features offer a new remote sensing way with an application in several areas of territorial planning. The RapidEye images classification is mainly approached in order to identify areas with exposed soil, urban occupation, watercourses and vegetation cover at different levels by combination of the images' colors layer. Through the classification it is possible obtaining distinguished results and aspects that allow the identification of risk areas which must be protected. Furthermore it is possible monitoring the vegetated areas. By these means, we expect to contribute towards a sustainable urban development.

Palavras-chave: geoprocessing, remote sensing, land cover, geoprocessamento, sensoriamento remoto, uso do solo.

1. Introdução

Haja vista a importância e abrangência do sensoriamento remoto e das geotecnologias nas diversas áreas do planejamento, este estudo de caso, piloto no município de Bom Sucesso em Minas Gerais, aborda o uso das imagens do satélite *RapidEye* (2009) na composição de um Sistema Informativo Geográfico (SIG) como suporte para a caracterização da paisagem do município. O processamento digital das imagens *RapidEye* de Bom Sucesso foi realizado de forma classificar as áreas de solo exposto, de ocupação urbana, de recursos hídricos e de cobertura vegetal com vistas a identificar as áreas de preservação ambiental, as de interesse para a expansão urbana assim como os conflitos gerados pela ocupação do território.

Este estudo fundamenta a aplicação de uma metodologia de análise espacial apoiada pelo geoprocessamento, pois, baseado em modelos de análise espacial, subsidia a compreensão de dinâmicas territoriais. Além de poder ser aplicável a outros municípios como base para a tomada de decisões no planejamento e gestão da paisagem, de forma a garantir que as atividades de ocupação sejam coerentes com o desenvolvimento sustentável do município.

Como pode ser observada na Figura 1, a ocupação inicial de Bom Sucesso foi motivada pela presença de valores ambientais relacionados à confluência de cursos d'água e à delimitação por cadeia de montanhas. A paisagem que recebeu a ocupação antrópica é de composição notável, porém, é o principal motivo de conflito no crescimento urbano. A iminente chegada de atividades mineradoras será catalisadora desse crescimento, o que poderá resultar em significativa transformação da paisagem que, além do seu grande valor ambiental, foi o motivo propulsor da ocupação.

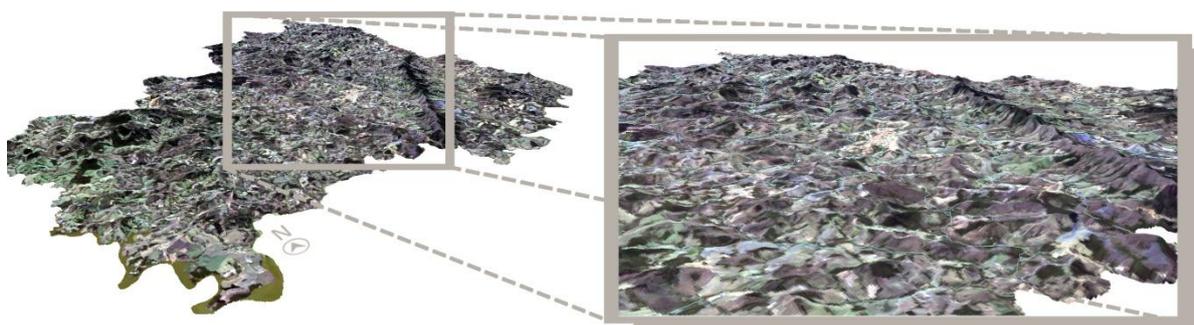


Figura 1. Imagem *RapidEye* (2009) sobre DEM da imagem ASTER (2009) de Bom Sucesso.

1.2. Imagens *RapidEye*

Atualmente, há um grande número de satélites em órbita. Os satélites do sistema *RapidEye* possuem características diferenciadas que abrangem aspectos como cobertura de extensas áreas, alta resolução e capacidades multispectrais, além de suas imagens serem gratuitas. Os satélites foram lançados em 2008 e desde então contam 5 satélites em órbita ao redor da terra. Possuem resolução radiométrica de 12 *bits* e resolução temporal de 5,5 dias (nadir). É um sistema de coleta imagens em cinco bandas espectrais – Azul (B), Verde (G), Vermelho (R), *Red-Edge* e Infravermelho Próximo – e com resolução de *pixel* 5 por 5 metros.

A inovação está na banda *Red-Edge*, localizada entre o vermelho e o infravermelho próximo, que mede variações na vegetação e permite a separação de espécies e monitoramento da saúde da vegetação, segundo Felix et al., (2009). Cada banda possui um alcance do comprimento de onda, sendo a faixa entre 440 e 510 μm a banda Azul, 520 e 590 μm Verde, 630 e 685 μm Vermelho, 690 e 730 μm *Red-Edge* e entre 760 e 850 μm Infravermelho próximo.

Através da combinação dessas camadas de cores é possível a obtenção de resultados diferenciados que viabilizam tanto a identificação de áreas de risco, passíveis de intervenção e que devem ser preservadas, como permite o monitoramento de áreas vegetadas, visando o controle das atividades antrópicas com caráter predatório. Ainda referente à combinação dessas bandas somada à resolução das imagens é possível obter um resultado de classificação quanto ao uso do solo bastante efetivo, onde se tem a diferenciação dos cursos d'água, das áreas de solo exposto e de ocupação urbana como também a diferenciação entre os níveis de cobertura vegetal. Tudo isso oferece uma nova maneira de aplicações do sensoriamento remoto nas diversas áreas do planejamento territorial.

2. Metodologia de Trabalho

O estudo no município de Bom Sucesso é uma aplicação de metodologia de análise espacial apoiada pelo geoprocessamento, o qual, segundo Moura (2007) “*compreende a aquisição, tratamento e análise de dados espaciais*”. Por meio da associação de dados alfanuméricos e espaciais que compõem o SIG gerado para Bom Sucesso é possível a caracterização da paisagem do município, onde o processamento digital das imagens *RapidEye* foi organizado de modo a permitir a classificação da cobertura do solo, que é imprescindível à identificação de áreas com necessidade de preservação ambiental e com potencial para a expansão urbana. Uma vez identificados os dois interesses, quais sejam ambiental e antrópico, eles são cotejados com vistas a reconhecer as vocações e os conflitos gerados pela ocupação do território. Para a análise do banco de dados gerado foram ainda utilizados modelos de análise espacial multicritérios e combinatória de bases matriciais. A estrutura metodológica do estudo pode ser observada no diagrama esquemático da Figura 2.



Figura 2. Estrutura metodológica para o estudo de caso em Bom Sucesso.

O processo de classificação das imagens *RapidEye*, pelo software SPRING (INPE, 2010), quanto à cobertura do solo teve a finalidade de identificar as áreas de solo exposto, de ocupação urbana, de recursos hídricos e de cobertura vegetal. O mapa de Uso do Solo gerado a partir desse processo possibilita ainda a identificação dos diferentes níveis de cobertura vegetal, entre eles: rasteiro, arbustivo e arbóreo, como também cultivo agrícola. Isso é possível por ser a resolução imagem a menor suportada no processo de segmentação necessário à classificação. Além disso, o tamanho do *pixel* possibilita uma simplificação da mancha urbana, fato que potencializa este processo.

No mapeamento de Bom Sucesso quanto ao seu Uso do Solo utilizaram-se as bandas BGR das imagens na seguinte ordem: 3, 4 e 5. Tais bandas, nesta respectiva ordem, somadas à correção do contraste realçam os elementos, principalmente a vegetação, através de uma coloração alaranjada, o que facilita a sua classificação. As imagens *RapidEye* são organizadas na forma de um mosaico, com cenas de 625 km². A área de Bom Sucesso ocupa 4 cenas. Para uma melhor execução do processo de classificação, cada cena foi recortada em 9 partes. Das 36 imagens geradas, utilizou-se para a classificação da área de estudo as 4 imagens que compreendem o núcleo central do município e abrangem as áreas ao redor da mancha urbana. Esta divisão das cenas, bem como a área escolhida para as análises futuras podem ser conferidas na Figura 3.

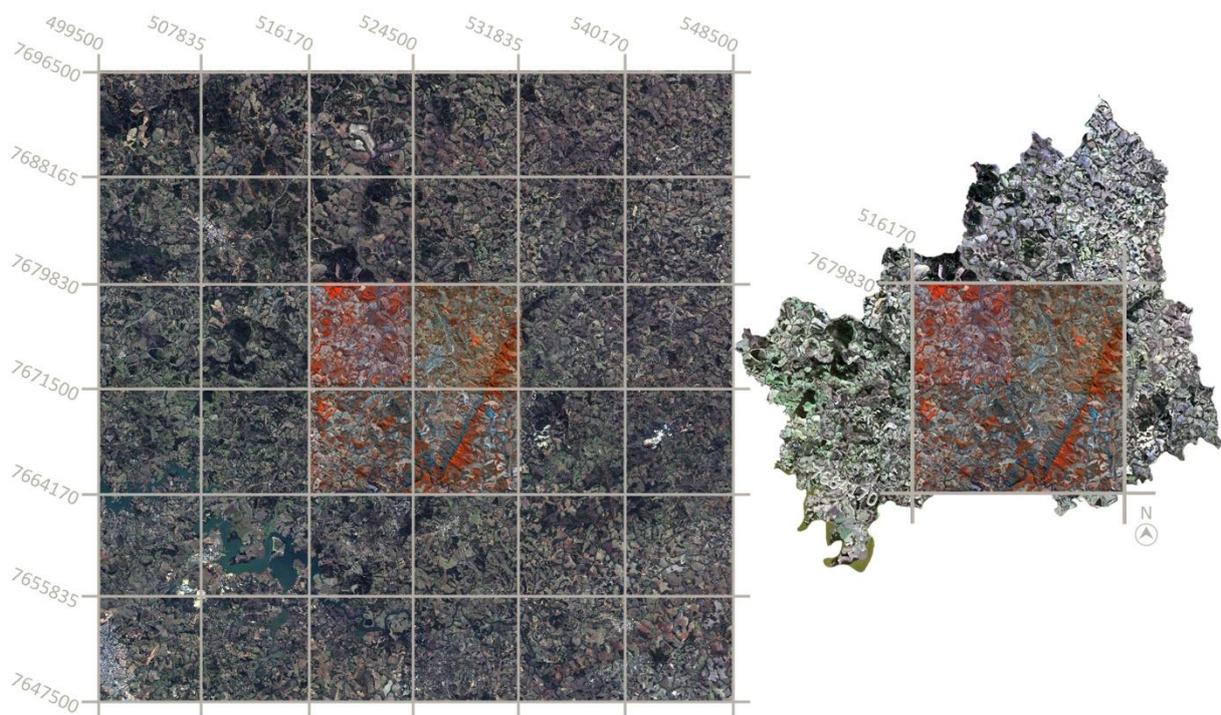


Figura 3. Área de estudo obtida através dos recortes das cenas das imagens RapidEye (2009) de Bom Sucesso.

O roteiro para a classificação das imagens foi dividido em quatro etapas. A primeira consistiu na organização da área de trabalho, onde foram criados bancos de dados, projetos e modelos de dados. Para a definição da área de trabalho, foram determinadas as coordenadas de canto, selecionadas as bandas e corrigido o contraste. A segunda etapa foi a segmentação da imagem por similaridade de *pixels*. Segundo Carvalho (2010) “a segmentação da imagem baseia-se em agrupar os *pixels* que apresentam comportamento espectral semelhante”. Utilizou-se o valor 10 para a similaridade e 100 para a área de agrupamento de *pixels*. A princípio, foram utilizados os valores 100 para a similaridade e 5 para a área, o que resultou em uma alta segmentação da imagem dificultando, assim, a classificação. As Figuras 4 e 5 demonstram a comparação entre as duas segmentações das imagens da área de estudo.

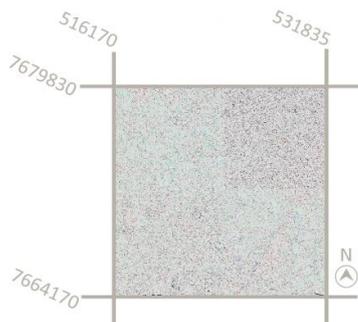


Figura 4. Segmentação por similaridade 100; área de *pixel* 5.

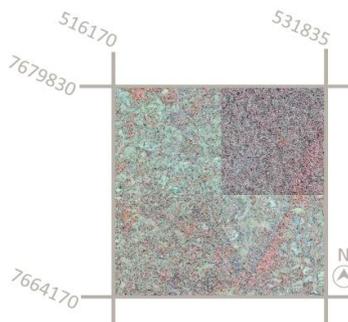


Figura 5. Segmentação por similaridade 10; área de *pixel* 100.

A terceira etapa consistiu na definição das chaves de classificação que determinam as tipologias de cobertura do solo. Foram definidas 7 classes de ocupação: água/sombra, vegetação rasteira, vegetação arbustiva, vegetação arbórea, cultivo agrícola, solo exposto, mancha urbana. O agrupamento das classes água e sombra é necessário em função da similaridade espectral de ambas que provoca confusão entre as classes durante o processo. Para realizar a classificação foram recolhidas amostras de regiões previamente segmentadas. Quanto maior o número de amostras colhidas, mais próximo da realidade se aproximava a classificação.

Na quarta etapa, fez-se a conversão das matrizes (*rasters* geradas) para vetores (*shapes*), o que facilita o uso da base de dados construída para as análises futuras. O resultado da classificação foi, portanto, a obtenção das *shapes* de cada classe que caracterizam o uso do solo do município, visto na Figura 6.

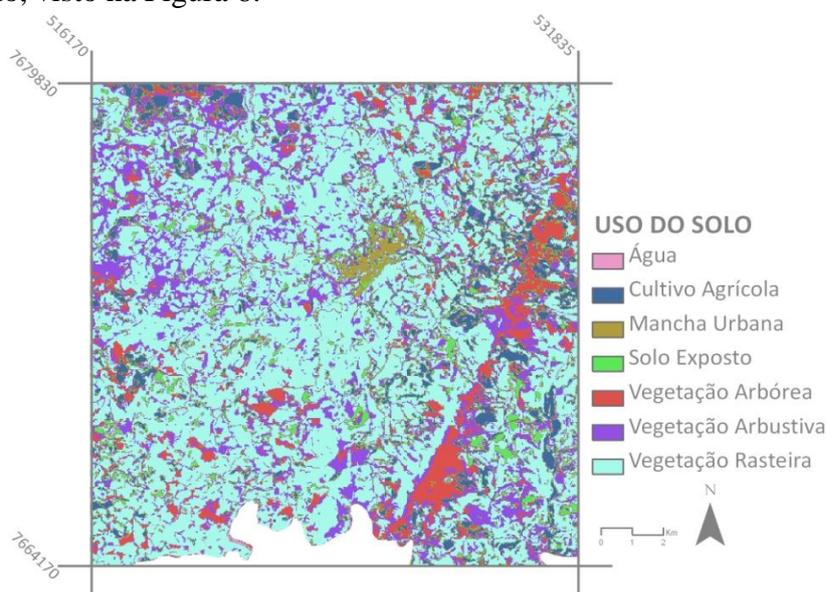


Figura 6. Classificação da área de estudo quanto ao uso do solo.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos neste estudo viabilizam a construção de diagnósticos, prognósticos e complexas análises espaciais que tanto podem ser aplicados nas ações de planejamento e gestão territorial como na agricultura, em estudos de meio ambiente assim como na fiscalização do cumprimento da legislação ambiental.

A visualização tridimensional, na Figura 1, permitida pela sobreposição de uma imagem *RapidEye* sobre a camada gerada a partir do *Digital Elevation Model* (DEM) de uma imagem ASTER (NASA, 2009), que também é gratuita e cujos *pixels* contêm informações altimétricas, favorece os estudos de caracterização da paisagem do município. Além disso, o mapeamento quanto ao uso do solo, oriundo do processo de classificação das imagens *RapidEye*, integra, com relativa importância, as análises espaciais desenvolvidas para o município, as quais demonstram uma das aplicações possíveis para este tipo de levantamento.

Com o intuito de realizar a análise multicritérios, foram selecionadas as variáveis provenientes da estruturação da base de dados cartográfica e alfanumérica (SIG) gerada para Bom Sucesso. Moura (2007, 2900) explica que a metodologia de análise espacial por multicritérios é bastante adequada para o emprego das geotecnologias na criação de sínteses de variáveis cujo objetivo é a identificação de áreas prioritárias para algum fenômeno ou arranjo geográfico.

Mapeadas inicialmente sob a forma de cartas temáticas, as variáveis que possuíam extensão vetorial foram convertidas para formato matricial (*raster*). Apesar da resolução da imagem *RapidEye*, foi adotado valor de *pixel* 25 por 25 metros para a unidade territorial de integração dos dados devido à resolução das outras variáveis envolvidas nas análises, não obstante a resposta por unidade de área de 25 por 25 metros é suficiente para o estudo.

Para elaborar as sínteses, Potencial de Expansão Urbana e Necessidade de Preservação Ambiental, as variáveis foram combinadas pelo procedimento da álgebra de mapas, como é demonstrado pelas Árvores de Decisões das Figuras 7 e 8.

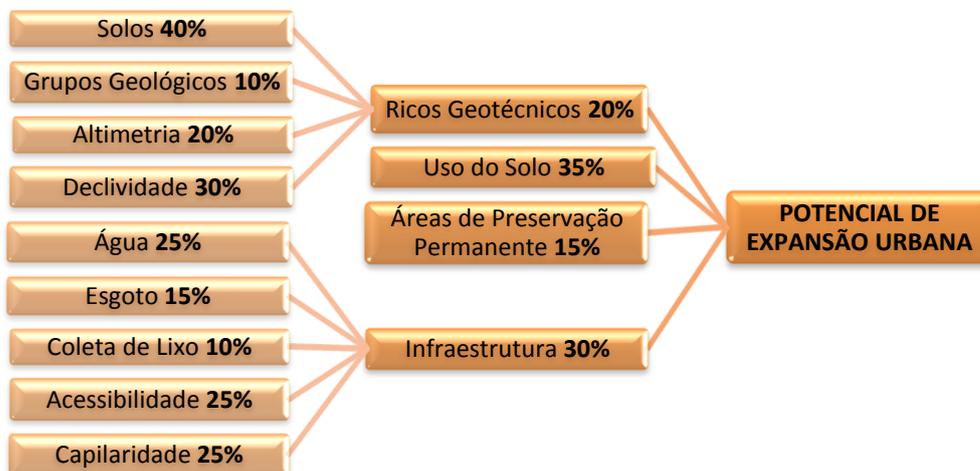


Figura 7. Árvore de Decisões para a identificação do Potencial de Expansão Urbana na área de estudo.

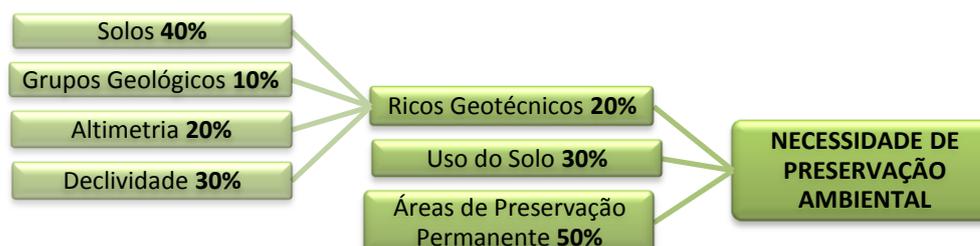


Figura 8. Árvore de Decisões para a identificação da Necessidade de Preservação Ambiental na área de estudo.

Neste estudo, foi adotada a média ponderada pelos métodos "knowledge driven evaluation" e "data-driven evaluation". De acordo com o grau de pertinência referente ao interesse analisado, foram atribuídos pesos para as variáveis combinadas e notas para seus componentes de legenda. Moura (2007, 2902) explica a lógica de combinação das variáveis:

“O emprego da Média Ponderada cria um espaço classificatório, ordinal, que pode ser também entendido como uma escala de intervalo. Esse processo pode também ser utilizado em escala nominal, desde que os eventos sejam hierarquizados segundo algum critério de valor. A ponderação deve ser feita por "knowledge driven evaluation", ou seja, por conhecedores dos fenômenos e das variáveis da situação avaliada, ou por "data-driven evaluation" que se refere ao conhecimento prévio de situações semelhantes. Nesse processo, a possibilidade de se ponderar de modo inadequado uma situação é o inverso do número de ponderações atribuídas”.

É possível, então, perceber que os pesos atribuídos à variável Uso do Solo retratam sua alta relevância nas análises, o que justifica a utilização das imagens *RapidEye* como base para a produção da variável. Ressalta-se ainda a importância de tais imagens ao possibilitarem a identificação das diferentes tipologias de cobertura do solo bem como dos níveis de cobertura vegetal, que integram sua legenda. Na análise do interesse urbano, a atribuição de notas aos componentes de legenda do Uso do Solo, demonstrada na Tabela 1, destacou com valores elevados as tipologias de uso que não oferecem impedância à ocupação urbana, como Mancha Urbana, Solo Exposto e cobertura vegetal de pequeno porte. Para a análise do interesse ambiental, os valores elevados foram atribuídos, observam-se na Tabela 2, aos elementos, Água e cobertura vegetal de médio e grande porte, de alto valor para a preservação ambiental.

Tabela 1. Notas aos componentes de legenda de Uso do Solo – interesse urbano.

Tema	Componente de Legenda	Nota
Uso do Solo	Água	0
	Cultivo	0
	Mancha Urbana	10
	Solo Exposto	8
	Vegetação Arbórea	0
	Vegetação Arbustiva	5
	Vegetação Rasteira	8

Tabela 2. Notas aos componentes de legenda de Uso do Solo – interesse ambiental.

Tema	Componente de Legenda	Nota
Uso do Solo	Água	10
	Cultivo	0
	Mancha Urbana	0
	Solo Exposto	2
	Vegetação Arbórea	10
	Vegetação Arbustiva	5
	Vegetação Rasteira	2

Na figura 9 é possível conferir o resultado das combinações, que foram as sínteses de Potencial de Expansão Urbana e de Necessidade de Preservação Ambiental.

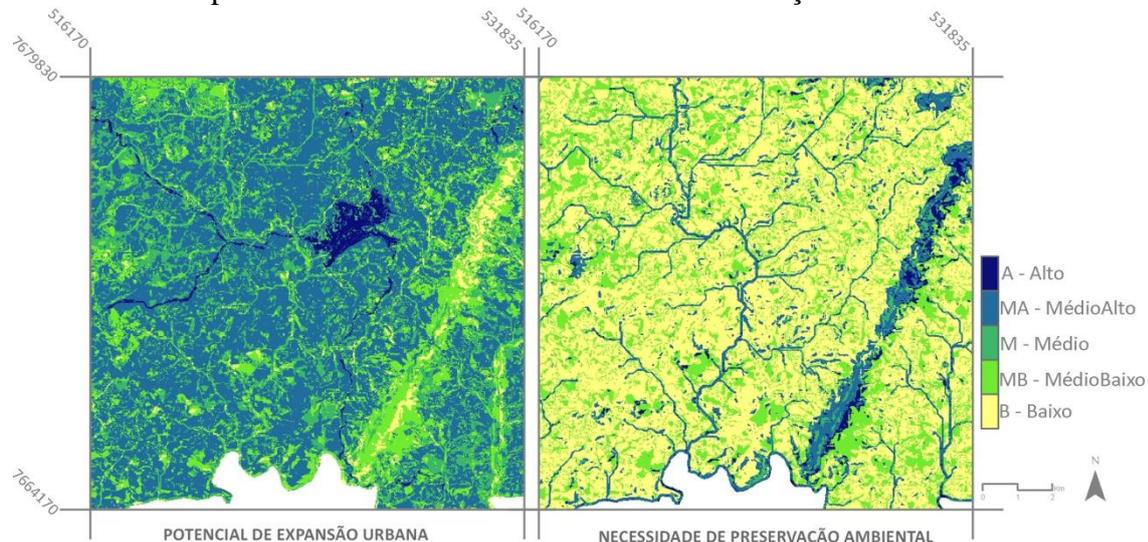


Figura 9. Potencial de Expansão Urbana e Necessidade de Preservação Ambiental na área de estudo.

Elaboradas a sínteses de interesse Ambiental e de interesse para a Expansão Urbana, elas foram cotejadas, pelo modelo de análise combinatória de bases matriciais, de modo a promoverem a identificação das áreas onde a vocação de ocupação é claramente definida, onde há conflitos de interesse e condições específicas de potencialidades ou restrições, bem como das áreas onde há a necessidade de recuperação, fiscalização e proteção ambiental. O procedimento, denominado “Matriz de Interesses Conflitantes”, vem sendo testado pelo Laboratório de Geoprocessamento em estudos de caso com diferentes objetivos e em diferentes escalas territoriais. A Matriz de Interesses Conflitantes da Figura 10 é o resultado das várias combinações de cruzamentos entre os graus dos interesses ambiental e urbano no município de Bom Sucesso.

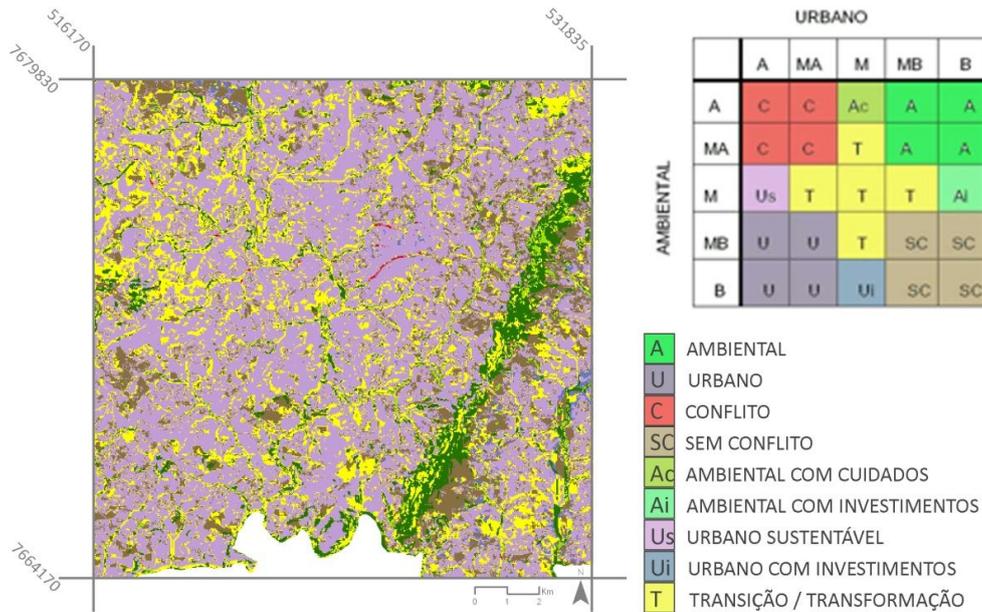


Figura 10. Matriz de Interesses Conflitantes gerada para a área de estudo.

4. Conclusão

Conclui-se, portanto, que a coleta de dados realizada por satélites configura-se como um modo de alta eficácia na caracterização da paisagem, fato que é imprescindível aos procedimentos de tomada de decisões nas atividades de seu planejamento e gestão. As implicações do sensoriamento remoto beneficiam não somente políticas de desenvolvimento urbano como também são indispensáveis às políticas de desenvolvimento dos diversos usos do solo, dentre eles as atividades agrícolas, as Áreas de Preservação Permanente e de Proteção Ambiental.

No caso específico de Bom Sucesso, nota-se como foi fundamental o uso das imagens do sistema de satélites *RapidEye* para uma classificação efetiva do uso do solo do município, visto que é uma variável de grande peso para as análises com interesses urbanos e ambientais. A efetividade da classificação se deu por meio das características diferenciadas das imagens, que além de serem gratuitas, oferecem suporte para uma diferenciação detalhada das diversas tipologias de uso do solo.

Todas essas características das imagens *RapidEye* contribuem para que os resultados das análises, a identificação das áreas propícias à expansão urbana, de proteção ambiental bem como os conflitos originados pela ocupação, sejam realmente eficazes no apoio à tomada de decisões no planejamento e gestão da paisagem de Bom Sucesso.

Pelos resultados apresentados, pode-se concluir que se deve investir na recuperação e fiscalização de algumas áreas de interesse ambiental, uma vez que há certo interesse urbano fazendo pressão, e os devidos cuidados devem ser tomados em direção ao uso sustentável do

solo, visto que os conflitos no município aparecem exatamente onde as atividades de ocupação não acontecem de acordo com as legislações ambientais vigentes. Isso não se justifica, sobretudo, porque o território é bem servido de áreas propícias à ocupação, porém há que se prestar a atenção, pois algumas necessitam investimentos para, de fato, se tornarem propícias. Além disso, ainda existem muitas possibilidades de ocupação de áreas isentas de conflitos, ideais para usos que, se localizados em outra área, acarretariam maiores impactos.

Embora este estudo esteja baseado em modelos, que são recortes da realidade, eles estão abertos para a calibração segundo os valores vigentes. E, principalmente, a apresentação das múltiplas variáveis, envolvidas no processo de caracterização, e dos resultados das análises contribui para viabilizar melhores condições de comunicação entre a comunidade, os técnicos e o poder político municipal.

Dessa forma, as aplicações e ganhos obtidos através do estudo apresentado, que também é aplicável a outros municípios, são reais, salvo se houver prosseguimento dos estudos e aplicações das ferramentas de geoprocessamento propostas. Por fim, as imagens *RapidEye* classificadas quanto ao uso do solo compõem um banco de dados que subsidia a compreensão de dinâmicas territoriais e, assim, servem como base de apoio às prefeituras na tomada de decisões essenciais ao desenvolvimento urbano sustentável.

Agradecimentos

As autoras agradecem o apoio do Ministério das Cidades através da bolsa de Extensão ProExt 2011 e à Pró-reitora de Graduação pelo apoio à participação no evento. Ainda agradecem o apoio do CNPq pela bolsa de iniciação científica e à FAPEMIG.

Referências Bibliográficas

Carvalho, Grazielle Anjos; MOURA, Ana Clara Mourão. **Análise espacial urbano-sócio-ambiental como subsídio ao planejamento territorial do município de Sabará**. 2010. xii, 133 f., enc.: Dissertação (Mestrado em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte. 2010.

Felix, I. M.; Kazmierczak, M. L.; Espindola, G. M. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal. **Anais...** INPE, 2009. Artigos, p. 7619-7622. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.14.18/doc/7619-7622.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2012.

Moura, A. C. M. Cartografia e Geoprocessamento Aplicados aos Estudos em Turismo. **Geomática**. Vol. 2 - Nº 1. Pag 58. ISSN 1980-8097. UFSM, 2007

Moura, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007, INPE, p. 2899-2906.