

Detecção de mudanças utilizando imagens RapidEye através do *Model Maker* do ERDAS Imagine

Marcos Leandro Kazmierczak ¹
Paulo Henrique Amorim da Silva ¹
Guilherme Caldas ²
Iara Musse Felix ¹
Waldir Melo ²

¹ Santiago & Cintra Consultoria
Rua Vieira de Morais, 420, 12º andar – 04617-000 – São Paulo - SP, Brasil
{marcos.leandro, paulo.amorim, iara.musse@sccon.com.br}

² Instituto Estadual de Florestas – IEF / Governo do Estado de Minas Gerais
Cidade Administrativa – Edifício Minas – 2º Andar – Belo Horizonte – MG, Brasil
{waldir.melo, guilherme.caldas@meioambiente.mg.gov.br}

Abstract. The high availability of the RapidEye satellite constellation (five identical satellites) allowed the state of Minas Gerais to have three full coverage of the state in a year and a half. Environmentally, the detailed view provided by RapidEye image is contributing to enhance the control of forest cover and the management of water resources, and various other uses, such as databases updating and analysis of urban sprawl. Comparative analysis of the positional accuracy of the images revealed a difference of position between the images, an average of 222.89 m (with a standard deviation of 33.71 m). The results of unsupervised classification (ISODATA) allowed to observe the big picture RapidEye's ability to discriminate nuances of land cover, providing higher spectral separability in an easy and fast way. The Model Maker model developed to generate the detection change images proved to be of great value, greatly reducing the processing time. For RapidEye images, the processing time was 2 minutes and 30 seconds, compared with 29 minutes and 5 seconds without the model. The change detection had a significant improvement in visual outcome, caused by the spatial and radiometric characteristics of the RapidEye images, compared to the Landsat imagery that were used by the Minas Gerais state.

Palavras-chave: detecção de mudanças, classificação, ERDAS, RapidEye, change detection, image classification.

1. Introdução

Segundo Santos (2005), o processo de detecção de mudanças em imagens de satélite é definido como o reconhecimento de alterações nos padrões característicos de determinadas feições, em um determinado espaço de tempo. Alguns aspectos de determinadas feições, como no caso do monitoramento ambiental, devem ser considerados, como a origem da alteração da paisagem, a detecção propriamente dita da mudança, a intensidade, a direção e a extensão da transformação de uso e cobertura da terra (Macleod e Congalton, 1998).

A escolha dos dados a serem utilizados neste processo deve relacionar o tipo, a sequência das ocorrências para que possam subsidiar o controle e a fiscalização de determinada região (Steininger, 1996), cujo desenvolvimento metodológico e aplicações práticas podem ser vistos em trabalhos como Santos et al. (2002) e Lorena et al. (2002).

2. Metodologia de trabalho

Com recursos do banco alemão KfW o governo de Minas Gerais recebeu três coberturas completas do estado, num total de 1.833.354 km². Para a análise de detecção de mudanças foi selecionada uma área com a ocorrência de desmatamentos autorizados e desmatamentos ilegais na Bacia do Jequitinhonha (em azul na Figura 1), em Minas Gerais. Para o recobrimento da Bacia, cuja área dentro do Estado de Minas Gerais é de 66.319 km², são necessárias 164 imagens RapidEye, tendo sido selecionada a imagem 2431404, correspondente ao polígono em vermelho na Figura 1.

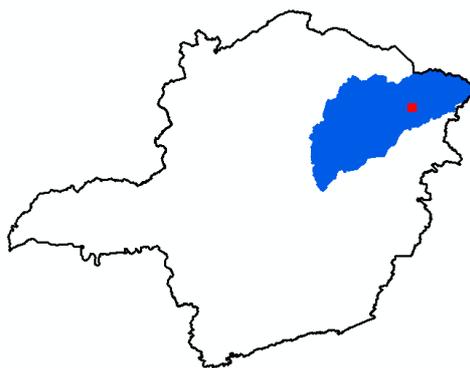


Figura 1 – Localização da área de trabalho, na Bacia do Rio Jequitinhonha (MG).

Na Bacia do Rio Jequitinhonha, o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais identificou, em julho de 2010, um total de 363 desmatamentos, sendo 46 autorizados - 12,67% dos desmatamentos (em verde na Figura 2) e 317 ilegais - 87,33% dos desmatamentos (em vermelho na Figura 2). Em termos de área, os desmatamentos autorizados somam 1.568,61 ha (13,99% do total) e os desmatamentos ilegais somam 9.642,16 ha (86,01% do total).

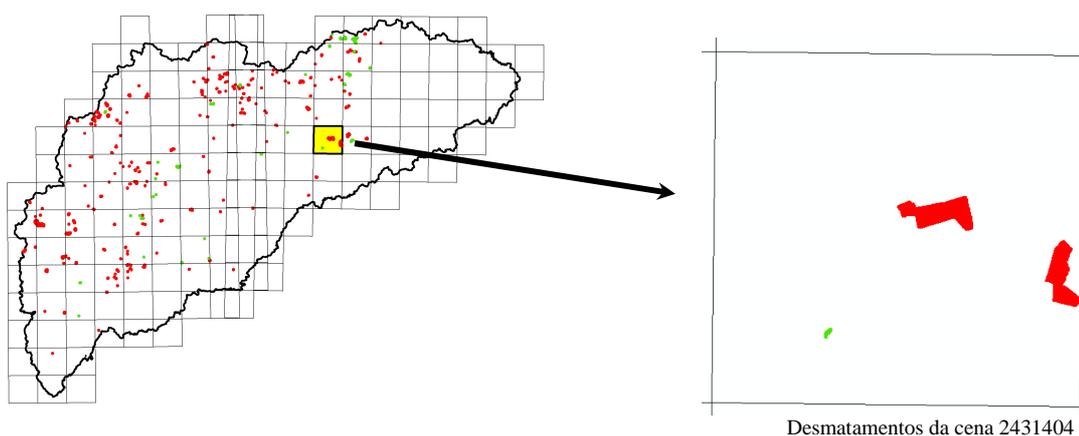


Figura 2. Detalhamento da área de trabalho.

Até recentemente, o Estado de Minas Gerais utilizava imagens Landsat para ações de monitoramento. Com a adoção das imagens RapidEye, os resultados passaram a apresentar maior acurácia posicional e maior capacidade de discriminação, devendo-se a isso a utilização de ambos os sensores na execução desta análise comparativa. Foram utilizadas imagens Landsat (15m de resolução, 8 bits) relativas à órbita/ponto 217/71, nas datas de 07/08/2009 e 23/06/2010, e imagens RapidEye (5m de resolução, ortoretificadas, 16 bits) relativas à cena 2431404, nas datas de 28/11/2009 e 20/06/2010.

Todas as imagens passaram por uma etapa de correção atmosférica, utilizando-se o módulo ATCOR2 do ERDAS Imagine e os dados de ângulo zenital solar, ângulo azimutal solar, inclinação do sensor e azimute do satélite, a partir dos arquivos de metadados. Estes dados de entrada são listados na Tabela 1.

Tendo em vista eliminar a interferência do analista no pré-processamento das imagens, foi realizada uma manipulação de contraste simplificada, aplicando-se o *Standard Deviation Stretch* do ERDAS Imagine. A etapa seguinte consistiu no processamento das imagens corrigidas atmosféricamente para geração de um índice de vegetação (NDVI) e geração de uma imagem diferença (entre os NDVI's das duas datas) para detectar as mudanças ocorridas. Para este processamento foi gerado um modelo com os recursos do *Model Maker* do ERDAS Imagine, detalhado na Figura 3.

Tabela 1. Dados de entrada para configuração do modelo ATCOR2.

Imagem	Landsat	Landsat	RapidEye	RapidEye
Data	07/08/2009	23/06/2010	28/11/2009	20/06/2010
Ângulo Zenital Solar (°)	82,4	70,0	11,7	42,2
Ângulo Azimutal Solar (°)	---		115,8	18,9
Latitude (°)			-16,6	
Longitude (°)			-41,34	
Elevação (m)			520	
Ângulo de Aquisição (°)	0	0	2,62	12,33
Ângulo Azimutal do Sensor (°)	98,2	98,2	278,17	280,16
Visibilidade (km)	59	24	20	39

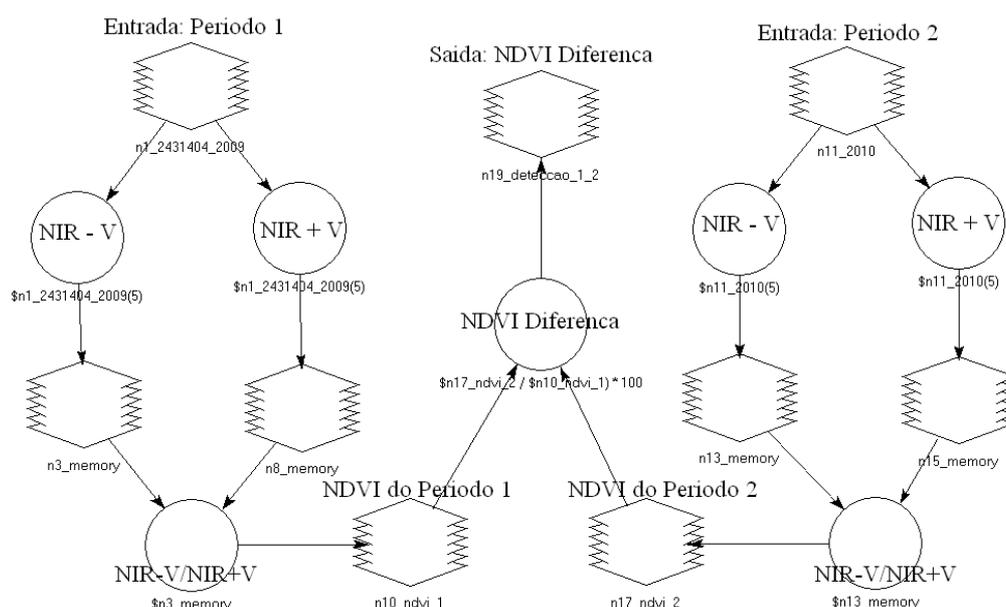


Figura 3. Modelo de detecção de mudanças gerado com o *Model Maker* do ERDAS Imagine.

3. Análise dos resultados

3.1. Incremento na precisão posicional

O fato da imagem RapidEye ser ortorretificada permitiu ao IEF obter um aumento significativo na acurácia do posicionamento das imagens. Conforme análises realizadas na imagem Landsat de 23/06/2010 e na imagem RapidEye de 20/06/2010, a diferença de posicionamento entre as imagens foi, em média, de 222,89m (desvio padrão de 33,71m). Na Figura 4, o polígono em vermelho (vetor) foi extraído da imagem Landsat e sobreposto sobre a imagem RapidEye para extração dos valores dos deslocamentos.

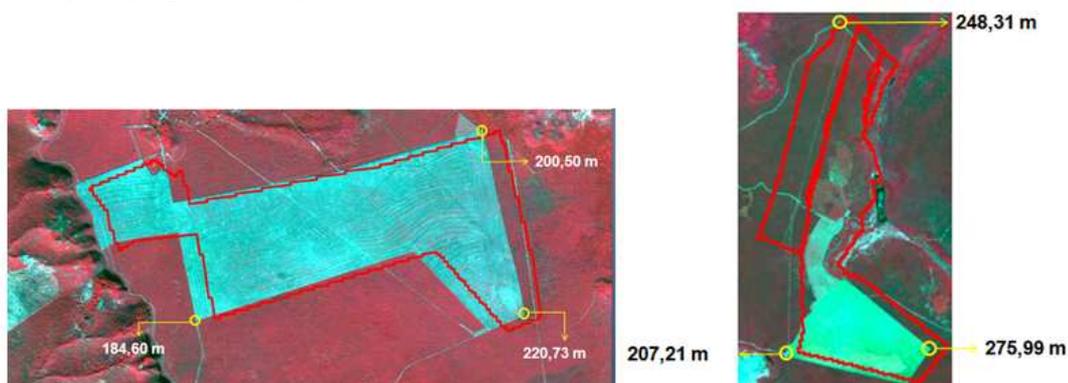


Figura 4. Exemplos de deslocamento entre as imagens RapidEye e Landsat.

3.2. Capacidade de discriminação

Além da resolução espacial de 5m, a resolução radiométrica de 16 bits contribui significativamente para gerar um maior conteúdo de informação a partir das imagens RapidEye, o que gerou resultados de maior qualidade para a classificação e para a detecção de mudanças, como é demonstrado nos itens 3.3. e 3.4. A Tabela 2 sumariza as estatísticas básicas da radiometria das imagens analisadas.

Tabela 2. Estatísticas dos valores digitais das imagens Landsat e RapidEye.

		Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 6
Landsat 07/08/2009	Mínimo	1	1	1	1	0	0
	Máximo	191	247	243	254	255	255
	Média	41	38	30	91	32	16
	Desvio Padrão	16	18	18	21	39	22
Landsat 23/06/2010	Mínimo	0	0	0	0	0	0
	Máximo	191	255	255	255	255	255
	Média	18	17	13	44	32	16
	Desvio Padrão	24	23	20	52	39	22
RapidEye 28/11/2009	Mínimo	5.179	3.327	1.921	2.385	1.300	
	Máximo	15.760	19.782	21.040	18.271	26.702	
	Média	6.165	5.683	3.328	6.375	13.050	
	Desvio Padrão	786	976	1.363	778	2.162	
RapidEye 20/06/2010	Mínimo	3.701	2.145	1.127	1.043	900	
	Máximo	11.923	13.949	14.056	11.387	11.194	
	Média	4.545	3.688	2.552	3.399	5.848	
	Desvio Padrão	518	668	913	604	967	

3.3. Classificação não supervisionada

As imagens Landsat de 23/06/2010 e RapidEye de 20/06/2010 apresentam apenas 3 dias e diferença em suas aquisições, e este item apresenta o resultado da classificação realizada sobre ambas as imagens. Para eliminar a interferência do analista no processo de classificação, foi aplicado um classificador não supervisionado (ISODATA) para avaliar a diferença nos resultados, em função da diferença de resolução espacial (15 e 5m) e da resolução radiométrica (8 e 16 bits). Para este processamento foram definidas, para ambas as imagens, dez classes, vinte e cinco iterações e um *threshold* de 0,95. A Figura 5 apresenta estes resultados, onde fica nítida a maior capacidade de discriminação e de separabilidade na imagem RapidEye.

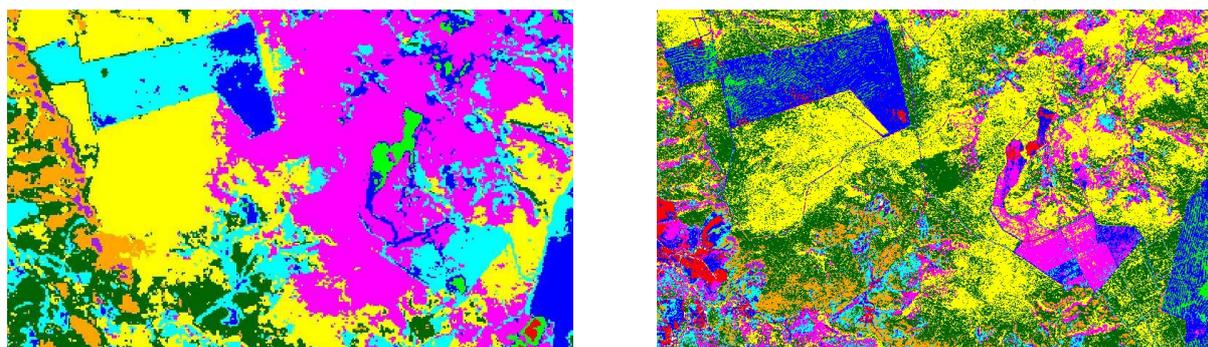


Figura 5. Classificação da imagem Landsat (esquerda) e RapidEye (direita)

3.4. Detecção de mudanças

Para a detecção de mudança, considerou-se o uso da imagem diferença entre as imagens NDVI de cada data, para ambos os sensores. O resultado da geração do NDVI de cada imagem, utilizando-se o *Model Maker*, é apresentado na Figura 6.

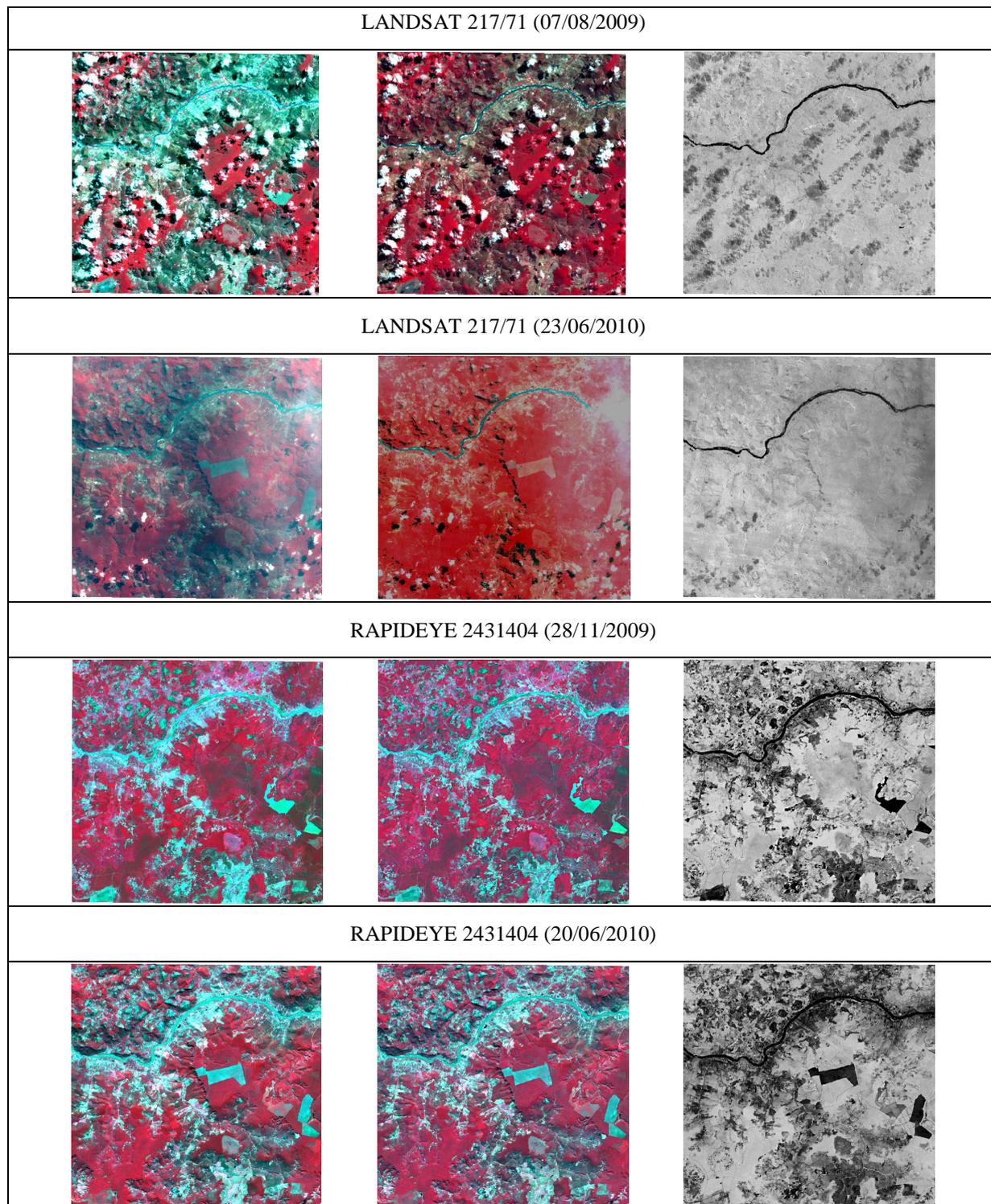


Figura 5. Imagens Landsat e RapidEye utilizadas: imagens de entrada sem correção atmosférica (esquerda), imagens com correção atmosférica (centro) e imagens NDVI (direita).

Um das técnicas de detecção de mudanças consiste em subtrair do valor do pixel em uma imagem (data 1) o valor do pixel correspondente na outra imagem (data 2). Teoricamente, se nenhuma mudança ocorreu, a diferença entre os dois valores será zero. Desta forma, assumindo a subtração da data 2 a partir da data 1, pixels mais claros têm valores positivos, e pixels mais escuros têm valores negativos. A distância do zero até o valor resultante da subtração indica o grau de mudança ocorrido.

A Figura 6 apresenta o resultado da imagem diferença dos dois sensores. Na parte superior, tem-se a imagem diferença Landsat, gerada a partir das imagens adquiridas em 07/08/2009 e 23/06/2010. Na parte inferior, tem-se a imagem diferença RapidEye, gerada a partir das imagens adquiridas em 28/11/2009 e 20/06/2010.

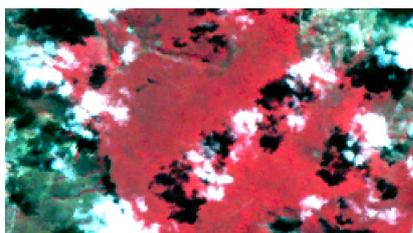


Figura 6. Comparativo entre a detecção de mudança na imagem Landsat (em cima) e na imagem RapidEye (em baixo).

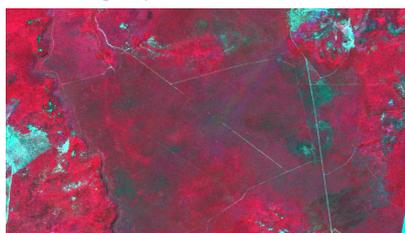
O tempo de processamento do modelo, para geração do NDVI e para a geração da imagem diferença, foi de 2 minutos e 30 segundos para as imagens RapidEye (contra 29 minutos e 5 segundos sem o modelo) e de 1 minuto e 10 segundos para as imagens Landsat.

A Figura 7 apresenta um detalhe dos resultados da detecção de mudanças na área do entorno de dois polígonos de desmatamento. A ocorrência de nuvens da primeira imagem Landsat compromete parcialmente a análise, mas percebe-se que mesmo o polígono de desmatamento da Área 1 não fica evidente na imagem diferença. O mesmo acontece com o reflorestamento implantado na Área 2 (centro da imagem).

Área 1 - Landsat 07/08/2009



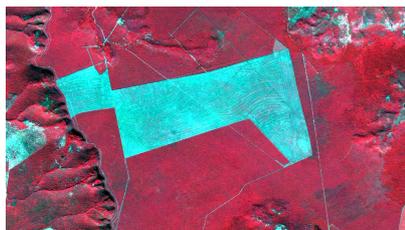
Área 1 - RapidEye 28/11/2009



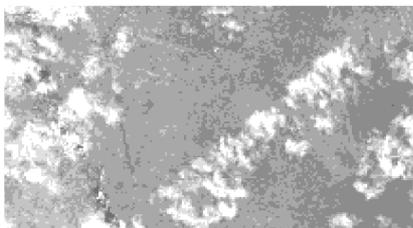
Área 1 - Landsat 23/06/2010



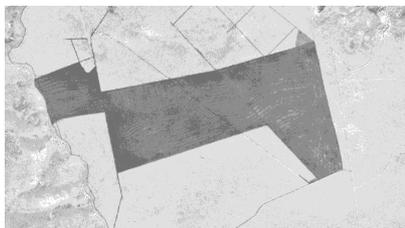
Área 1 - RapidEye 20/06/2010



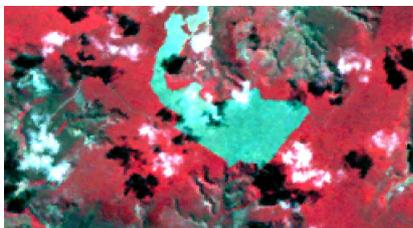
Área 1 - Imagem Diferença Landsat



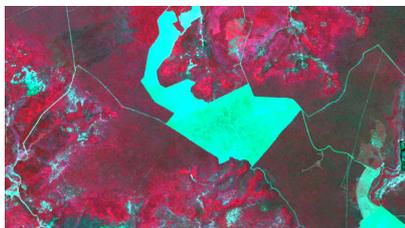
Área 1 - Imagem Diferença RapidEye



Área 2 - Landsat 07/08/2009



Área 2 - RapidEye 28/11/2009



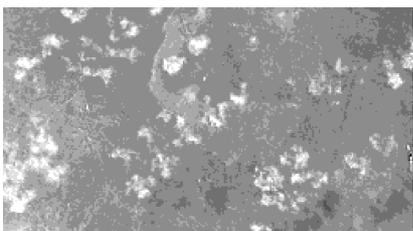
Área 2 - Landsat 23/06/2009



Área 2 - RapidEye 20/06/2010



Área 2 - Imagem Diferença Landsat



Área 2 - Imagem Diferença RapidEye



Figura 7. Detalhes da detecção de mudanças na área do entorno de dois polígonos de desmatamento existentes na área da imagem 2431404: Área 1 (em cima) e Área 2 (embaixo).

4. Conclusões

A análise comparativa da precisão posicional das imagens utilizadas revelou uma diferença de posicionamento, em média, de 222,89m (desvio padrão de 33,71m). As imagens Landsat do acervo do IEF estavam georreferenciadas com base na cartografia sistemática, em escala 1:100.000, enquanto as imagens RapidEye eram ortorretificadas. Em testes realizados sobre o Estado de Minas Gerais, em áreas com declividade até 10° (75% do estado) as imagens RapidEye apresentam compatibilidade com a escala 1:25.000 PEC A. Em áreas com 30° de declividade (25% do estado) a precisão corresponde a escala 1:45.000 PEC A.

Os resultados da classificação não supervisionada permitiram observar a grande capacidade da imagem RapidEye na discriminação de nuances da cobertura vegetal e de maior separabilidade espectral, auxiliando o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais a gerar resultados mais precisos em suas atividades de monitoramento e fiscalização.

O script do modelo utilizado mostrou-se de grande valia, reduzindo enormemente o tempo de processamento, que foi de 2 minutos e 30 segundos, para as imagens RapidEye. Para realizar os mesmos processos sem o emprego do modelo, clicando em cada ícone e preenchendo cada informação de entrada, a operação consumiu 29 minutos e 5 segundos.

A detecção de mudanças teve um incremento significativo no resultado visual, em função das características espaciais e radiométricas das imagens RapidEye, em relação às imagens Landsat. A alta disponibilidade da constelação de satélites RapidEye (5 satélites idênticos) permitiu ao estado de Minas Gerais dispor de três coberturas completas do estado em um período de um ano e meio. No aspecto ambiental, a visão detalhada fornecida pelas imagens RapidEye está contribuindo para a melhoria do controle da cobertura florestal e para a gestão de recursos hídricos, além de diversos outros usos, como na atualização de bancos de dados de conservação e na análise da expansão urbana.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem a Marlos Henrique, da CODEX Remote, pela cessão do script elaborado com o *Model Maker* e utilizado no processamento das imagens.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GREEN, K.; KEMPKA, D.; LACKEY, L. Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v. 60, n. 3, p. 265-271, 1994.

LORENA, R.B.; SANTOS, J.R.; SHIMABUKURO, Y.E.; BROWN, I. F.; KUX, H.J.H. A change vector analysis technique to monitor of landuse/land cover in SW Brazilian Amazon, Acre State. In: PECORA 15 - Integrating Remote Sensing at the Global, Regional and Local Scale. Denver, Colorado/USA, Nov., 8-15, 2002. Proceedings. [CDROM].

SANTOS, J. R. dos, MALDONADO, F. D., GRAÇA, P. M. L. A. Integração de imagens Landsat/ETM+ e CBERS-2/CCD para detecção de mudanças em área da Amazônia sob domínio da floresta de transição. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.57, p.15 - 27, 2005.

SANTOS, J.R.; SHIMABUKURO, Y.E.; DUARTE, V.; GRAÇA, P. M.A.; SILVA, P.G. Linear spectral mixture model as a tool for monitoring deforestation and timber exploitation in the Brazilian Amazon. In: SPIE-Remote Sensing for Agriculture Ecosystems and Hydrology, 4., 2002. Agia Pelagia, Crete, Greece. Proceedings. Sept., 2002. p. 320-325. [CDROM].

STEININGER, M. Tropical secondary forest regrowth in Amazonian: age, area and change estimation with Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, v.1, p. 9-27, 1996.