

Deteção de Mudanças Utilizando Análise Orientada a Objeto em Imagens Rápidas – Caso COMPERJ e Eventos extremos.

Felipe Mendes Cronemberger¹

Raul Sanchez Vicens¹

Maria Luisa Pimenta¹

¹ Universidade Federal Fluminense - UFF

Instituto de Geociências, Campus Praia Vermelha, Boa Viagem, Niterói, RJ, Brasil

felipecron@gmail.com; rcuba@vm.uff.br; pimenta.marialuisa@gmail.com

Abstract. The observation of the changes in the landscape is an important way to understand the future tendencies and impacts of the human action over the environment and to do the planning. Nowadays the monitoring of the landscape is done by using remote sense and GIS. So this article brings a monitoring in land use of a huge industry (COMPERJ) and its impacts over the landscape, using Object Base Image Analysis and Change Detection methodology. To do so, we use some software's and tools to prepare the images and make calculations. The ERDAS 2011 software was used to make the atmospheric correction, Atcor tool, and the software eCognition Developer to make the segmentation, secondary information (NDVI, Image subtraction) and classification of the changes in land use. We defined 4 classes of change in land use, they were: Exposed soil, for earthwork and siltation in rivers; vegetation suppression, for exposed soil in agricultural lands and deforestation; burned lands: loss of vegetation by fire; and Revegetation, for groins in vegetation. This article has found huge changes in exposed soil caused by the earthwork of COMPERJ between 2009 to 2010, a big siltation in river bank caused by an environmental hazard (rain) in January 15 of 2011.

Palavras-chave: COMPERJ, Object Base Image Analysis, Change Detection, COMPERJ, Análise orientada a objeto, detecção de mudanças.

1. Introdução

Ao se observar a paisagem ao longo do tempo pode-se constatar que esta sofre inúmeras alterações em sua estrutura e em seus processos, levando a novas configurações e funções próprias. Desta forma o monitoramento da paisagem visando a análise das mudanças do uso e cobertura do solo é de vital importância para o prognóstico de tendências futuras e consequentemente para o planejamento ambiental. Segundo Bayfield (1997) “monitorar é gravar uma mudança”, trata-se portanto de registrar mudanças (Lang, 2009).

A comunidade científica internacional criou diversas convenções e acordos internacionais para estabelecer regras para o monitoramento das atividades antrópicas, devido a elevada capacidade de alteração e degradação da paisagem destas ações. A agência de proteção ambiental dos EUA (EPA) formulou inúmeros componentes centrais do monitoramento, em especial as questões sobre: Observação de longo prazo de sistemas naturais e influenciados pelo homem; e identificação de mudanças induzidas pelo homem (Lang, 2009).

Atualmente o processo de monitoramento das paisagens se faz utilizando imagens de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas. 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.

Neste contexto o presente artigo apresenta por meio de uma metodologia de análise orientada a objeto e metodologia de detecção de mudanças um monitoramento do uso e cobertura do solo e de suas mudanças e impactos causados por mega-empreendimentos (Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro- COMPERJ) e por eventos extremos (chuvas intensas).

2. Metodologia de Trabalho

O presente artigo faz parte de um projeto maior de monitoramento dos impactos do COMPERJ sobre os objetivos de desenvolvimento do milênio (ODM) nos municípios de influencia do COMPERJ, projeto em parceria com UFF/PETROBRAS/ONU.

O COMPERJ esta localizado no Estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Itaboraí, Cachoeira de Macacu e Guapimirim, sua área de influencia compreende 11 municípios do leste fluminense. Para análise da detecção de mudanças nestes municípios foi escolhida o satélite RapidEye, devido a sua resolução espacial, temporal e espectral. Foram utilizadas 16 cenas para recobrir toda a região, porém neste artigo foi utilizada apenas a cena referente a área de construção do COMPERJ, conforme figura abaixo.

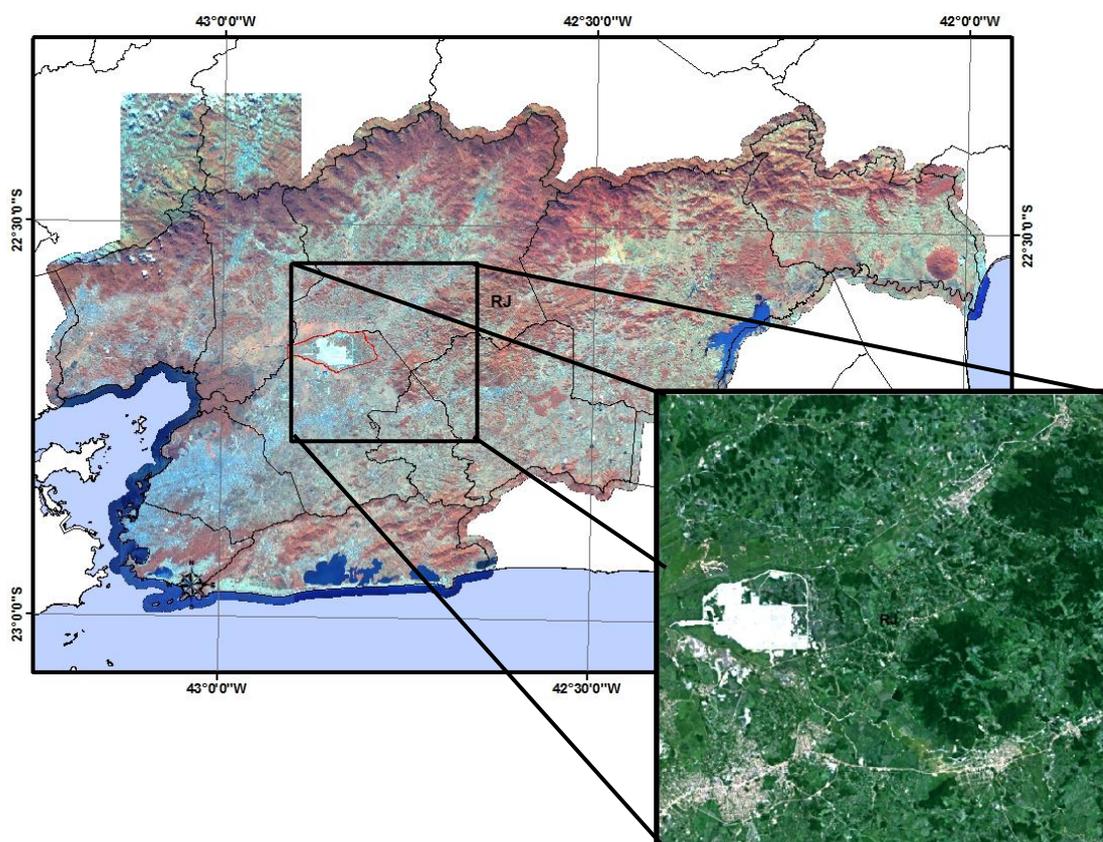


Figura 1 – Localização da área de estudo

A imagem foi adquirida em 3 datas diferentes, todas já ortorretificadas. Porém para o processo de detecção de mudanças as imagens tiveram que passar por uma série de programas e ferramentas computacionais, definidos a seguir.

Para correção atmosférica das imagens foi utilizado o programa ERDAS 2011, ferramenta ATCOR, na opção ATCOR2 workstation, onde foram inseridos 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.

Tabela 1 – Dados de Correção Atmosférica das imagens RapidEye

| | | | |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| Data | 19/04/2009 | 19/08/2010 | 20/01/2011 |
| Ângulo Zenital (°) | 54,2 | 55,6 | 23,3 |
| Ângulo Azimutal (°) | 354,3 | 355,0 | 345,4 |
| Latitude (°) | -22,66374 | -22,66374 | -22,66374 |
| Longitude (°) | -42,78106 | -42,78106 | -42,78106 |
| Elevação (m) | 50 | 50 | 50 |
| Ângulo de Aquisição (°) | 8,6 | 12,45 | 8,8 |
| Ângulo Azimutal do Sensor (°) | 98,2 | 279,15 | 97,93 |
| Visibilidade (km) | 59 | 49 | 20 |

Para a classificação do uso e cobertura do solo e detecção de mudança foi utilizado o sistema operacional eCognition. Este sistema computacional realiza tarefas de interpretação de imagens de Sensoriamento Remoto empregando segmentação multirresolução, Análise Orientada ao Objeto (AOO) e hierarquia de decisões.

A AOO permite que um objeto seja gerado de forma a combinar em uma única entidade, sua estrutura (atributos) e seu comportamento (operações), estabelecendo relações com os demais (Camargo, 2008). A Hierarquia de decisões permite segmentar uma imagem em níveis que relacionam-se entre si (segmentação multirresolução) a partir de um algoritmo desenvolvido para extrair segmentos espectralmente homogêneos com base tanto no valor do *pixel* quanto na forma do objeto, definidos pelos Planos de Informação inseridos e por parâmetros estabelecidos. A classificação se desenvolveu com base no relacionamento hierárquico aplicado em rede semântica e por lógica *fuzzy*, que além da capacidade de tratar conceitos inexatos, define para cada objeto um conjunto de seus respectivos graus de pertinência através de seus operadores lógicos.

A Figura 2 apresenta o fluxograma metodológico das etapas realizadas deste mapeamento.

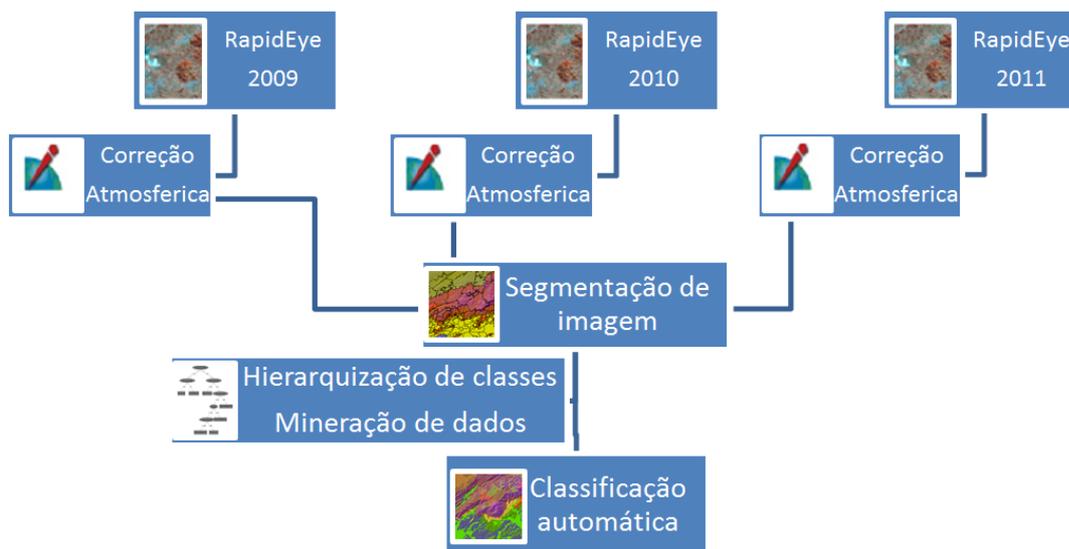


Figura 2 – Etapas metodológicas da Detecção de Mudanças

3. Análise dos Resultados

3.1 Correção Atmosférica

O satélite RapidEye possui resolução espacial de 5m, resolução radiométrica de 16bits, e resolução espectral de 5 bandas. Estas configurações permitiram uma ótima qualidade para a classificação e detecção de mudanças, na tabela 2 são apresentados as estatísticas básicas da radiometria da cena analisada antes e depois da correção.

Tabela 2 - estatísticas básicas da radiometria da cena analisada antes e depois da correção

| | | Banda 1 | | Banda 2 | | Banda 3 | | Banda 4 | | Banda 5 | |
|------------------|----------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | | Antes | Atcor |
| RapidEye 2009 | Mínimo | 3730 | 0 | 2273 | 0 | 731 | 0 | 1060 | 0 | 0 | 0 |
| | Máximo | 14416 | 11424 | 16280 | 15469 | 16586 | 15293 | 14545 | 18959 | 37475 | 17844 |
| | Media | 4726 | 170 | 3943 | 529 | 2196 | 417 | 3811 | 1311 | 7703 | 3303 |
| | Desv.pad | 452 | 195 | 722 | 297 | 1013 | 467 | 851 | 481 | 1660 | 791 |
| RapidEye 2010 | Mínimo | 4014 | 0 | 2542 | 0 | 0 | 0 | 1192 | 0 | 604 | 0 |
| | Máximo | 14615 | 13900 | 14844 | 14543 | 37365 | 12815 | 12475 | 13603 | 30341 | 14861 |
| | Media | 5289 | 434 | 4479 | 746 | 3279 | 719 | 404 | 1459 | 6724 | 2930 |
| RapidEye 2011 | Mínimo | 5121 | 0 | 3753 | 0 | 0 | 0 | 2374 | 0 | 0 | 0 |
| | Máximo | 25784 | 15120 | 30246 | 15934 | 56954 | 16706 | 18629 | 20583 | 41865 | 16368 |
| | Media | 6324 | 209 | 5970 | 589 | 3950 | 702 | 5921 | 1520 | 10859 | 3671 |

A alteração da radiometria das bandas é marcante, especialmente nas bandas do azul. O que se percebe é que após a correção as amplitudes entre os anos e entre as bandas é muito menor, e por tanto diminuindo os erros referentes ao processos semi-automatizados da AOO e em especial ao nivelamento entre os anos necessário durante o processo de detecção de mudanças, uma vez em que o algoritmo utilizado é a subtração de um ano menos o outro.

3.2 Segmentação

Foi adotados dois níveis de segmentação para classificação. Para os dois níveis foram usadas as 5 bandas do satélite (Azul, Verde, Vermelho, Limite do vermelho (LV), Infravermelho (IVP)), nos 3 anos, conferindo um peso igual a todas as 15 bandas. O parâmetro de escala utilizado foi de 200. foram atribuídos pesos maiores ao valor do *pixel* e a compacidade dos objetos, em detrimento da forma e suavidade. A Tab. 3 apresenta os parâmetros utilizados.

Tabela 3 – Parâmetros de Segmentação, utilizados no software eCognition

| Nível 1 – Limiar de similaridade: 200 | | | | | |
|---------------------------------------|------|-----|-------|-------------|-----------|
| Planos de informação | peso | cor | forma | compacidade | suavidade |
| 15 bandas | 1 | 0,8 | 0,2 | 0,8 | 0,2 |

No primeiro nível foi classificada a mudança do uso e cobertura do solo entre as imagens de 2010 e 2009, já no segundo nível foram classificadas as mudanças entre as imagens de 2011 e 2010. Para classificação das mudanças foi utilizado a metodologia explicada a seguir.

3.3 Detecção de mudanças

No processo de detecção de mudança foram utilizadas as bandas do Vermelho, LV e IVP além do NDVI. Para o calculo de mudança foi utilizado o algoritmo da diferença da imagem de um ano menos a imagem do ano anterior, que consiste em subtrair do valor do pixel em uma imagem pelo valor do pixel correspondente na outra imagem. Para tanto foi utilizada a ferramenta “Create new arithmetic feature” do programa eCognition.

O resultado foi a subtração da banda do LV e IVP e o NDVI entre os anos de 2010-2009 e 2011-2010. A subtração indica o grau de transformação ocorrido, representado por uma imagem com valores negativos a positivos, por se tratar de uma imagem de 16 bit de resolução radiométrica os valores variaram entre -4427 a 12806 na banda do LV e de -1,62 a 1,15 no NDVI.

Os valores próximos a 0 indicam que não houve mudança nenhuma na imagem, entretanto mesmo com a correção atmosférica as imagens apresentam diferenças radiométricas entre os objetos, o que acarreta em valores diferenciados mesmo sem que tenha ocorrido alguma mudança significativa, desta forma deve-se definir qual amplitude de valores representam mudanças reais.

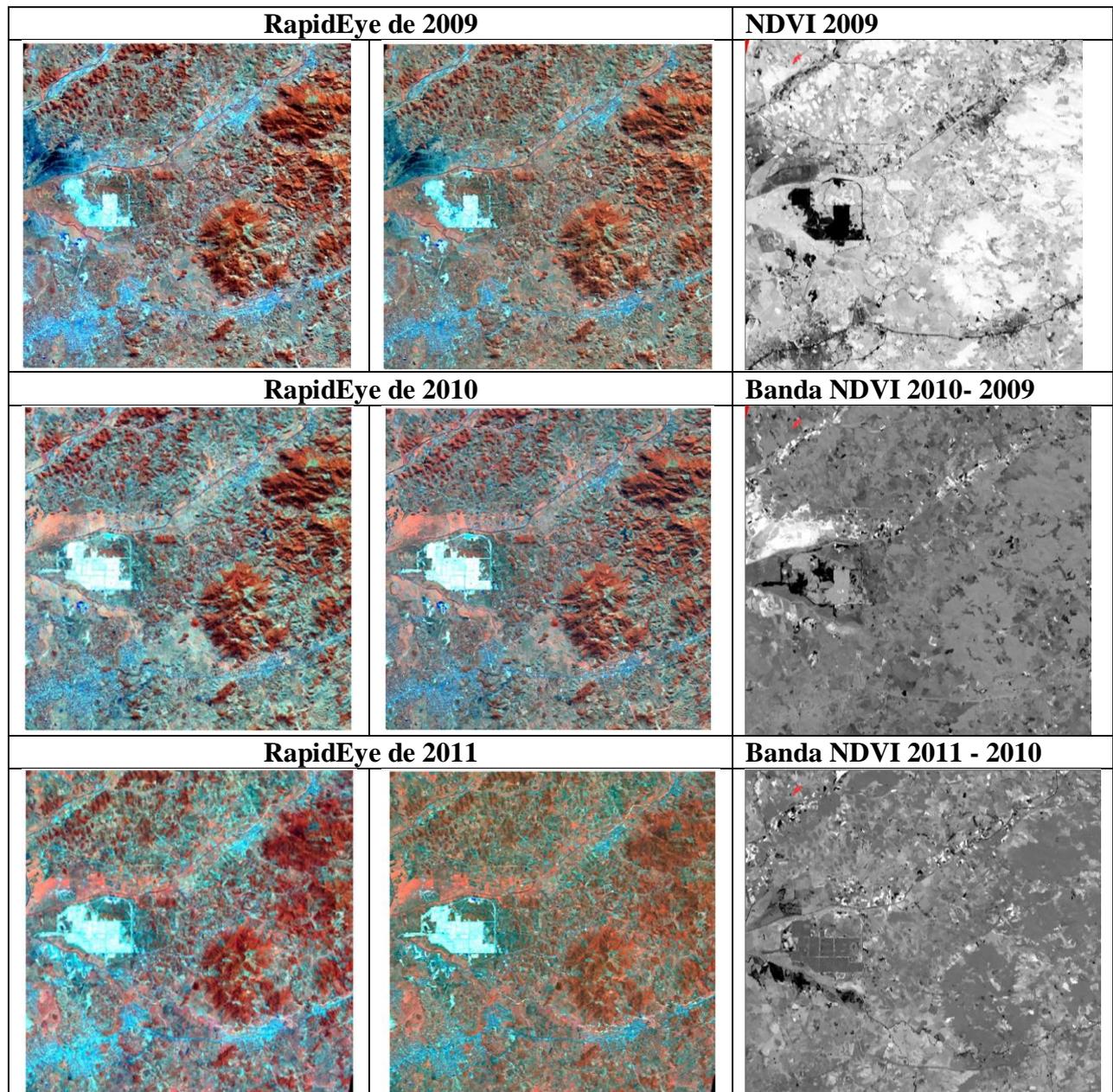


Figura 3 – Imagens RapidEye antes da correção (esquerda) depois de corrigidas (centro) e subtração entre imagens NDVI (direita).

A figura 3 apresenta os resultados das correções atmosféricas e a diferença entre a subtração das imagens, utilizando o NDVI entre 2010 – 2009 e 2011-2010, além de utilizar o LV e o NIR entre os mesmos anos. A partir destes dados foram geradas as classes de mudança do uso e cobertura do solo.

Neste trabalho as áreas consideradas de mudança foram enquadradas em 4 classes, são elas: **Antropização**, representando processos de remoção da capa vegetal e exposição do solo causado pela ação antrópica e pelo assoreamento dos rios; **Supressão de vegetação**, representa o desmatamento de florestas, vegetações secundárias iniciais ou solos preparados para cultivo; **Queimada**, perda de cobertura vegetal pela ação do fogo; e **Revegetação**, áreas agrícolas que passaram de estado de pousio para produção, restauração de solo exposto para pastagem ou de pastagem para vegetação secundária inicial.

As classes foram separadas segundo os descritores abaixo retirados da subtração entre os anos, 2010-2009 e 2011-2010 das bandas do LV, IVP e NDVI :

Tabela 4 – Descritores usados na Detecção de Mudança

| | Subtração | Valor min. | Descritor | Valor max. |
|------------------------|-----------|------------|-----------|------------|
| Antropização | NDVI | -0,2 | | 0 |
| | LV | 900 | | 1000 |
| Supressão de vegetação | NDVI | -0,8 | | -0,3 |
| | IVP | -1300 | | -1200 |
| Queimada | NDVI | -0,5 | | -0,3 |
| | LV | -200 | | -150 |
| Revegetação | NDVI | 0,1 | | 0,2 |
| | IVP | 1000 | | 1200 |

3.4 Resultados

A análise das variações no uso e cobertura do solo ao longo destes 21 meses de imageamento apresentou um elevado padrão de mudanças. Em especial os processos de Antropização, entretanto também foram detectados varias mudanças de supressão da vegetação e revegetação. Estes padrões são melhor observados em função de cada período.

Entre os anos de 2009 a 2010, ocorreu um intenso processo de terraplenagem na área do COMPERJ e em sua periferia, totalizando 8,6 km² de área **antropizada** (figura 4). Paralelo a isso houve uma grande **recomposição** da pastagem em áreas antes alagadas na periferia do COMPERJ junto aos rios Macacu e Guapi-açu, totalizando 7,87 km² (figura 4). Na parte leste e norte da imagem houveram: inúmeras **queimadas**, totalizando 1,74 km²; Áreas de **revegetação**, recomposição de pastagens e áreas cultivadas em sua maioria, com 3,38 km², e pequenas áreas de regeneração inicial (figura 5); áreas de **supressão** de coberturas herbáceas em sua maioria, totalizando 4,65 km², com a presença de pequenas áreas de supressão de vegetação arbórea (figura 6).

Entre o 2º semestre de 2010 ao 1º semestre de 2011 as alterações na paisagem foram muito menores, não ocorreram **queimadas**, as taxas de **supressão de vegetação** ficaram em 0,044 km², a área de **revegetação** foi de 7,85 km², em especial pelos processos de recuperação das pastagens queimadas e pelas áreas agrícolas estarem vegetadas (Figura 7). No processo de **antropização** ganha destaque o assoreamento dos rios, causado pelo evento de chuvas intensas de 15 de janeiro na região serrana fluminense, totalizando uma área de 2,799 km² (figura 7).

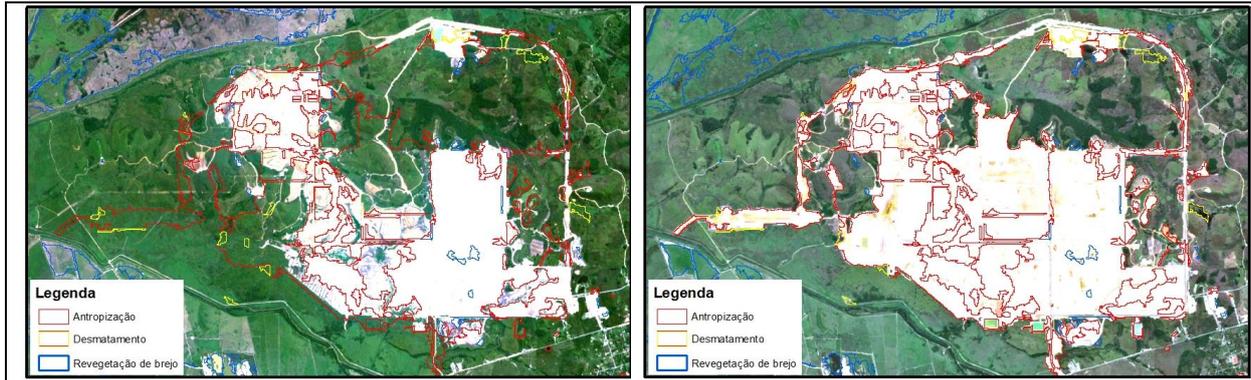


Figura 4 – áreas de solo exposto e revegetação. Imagem 2009 (esquerda) e 2010 (direita)

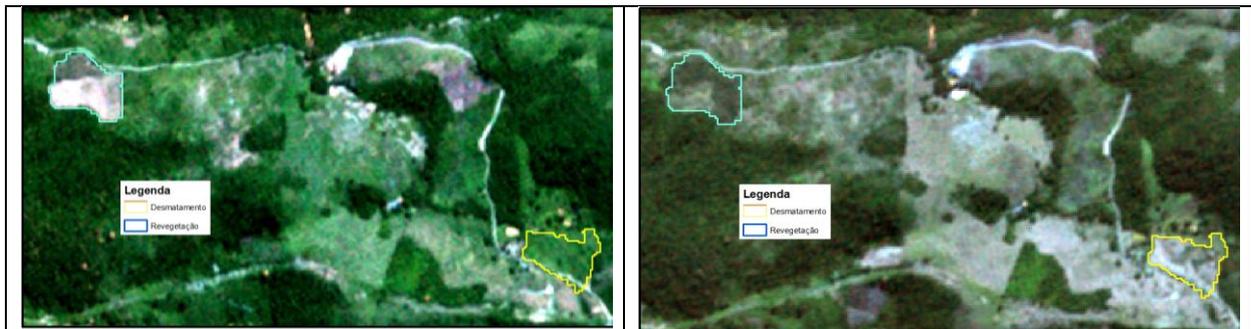


Figura 5 – áreas de regeneração inicial e remoção de gramíneas. Imagem 2009 (esquerda) e 2010 (direita)

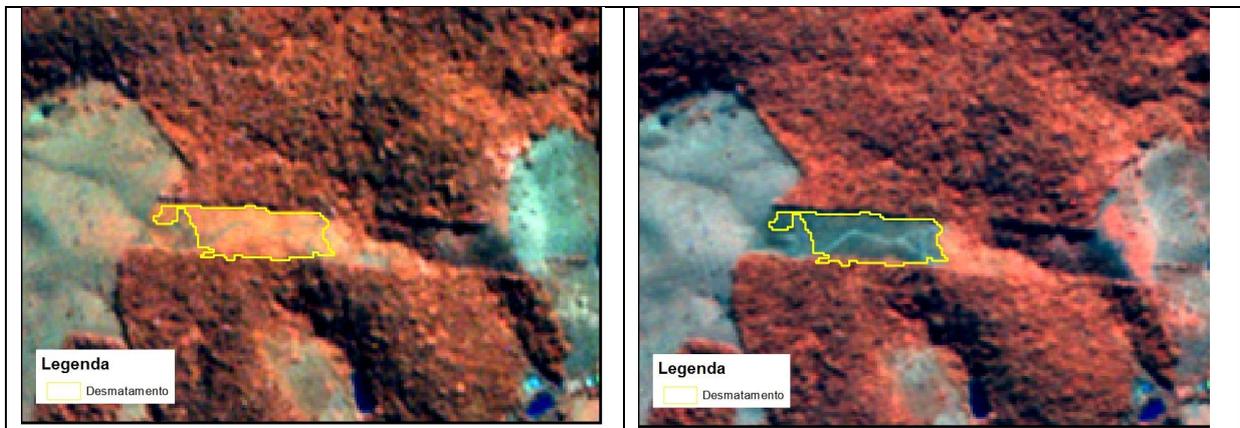


Figura 6 – áreas de desmatamento. Imagem 2009 (esquerda) e 2010 (direita)



Figura 7 – áreas de revegetação em cultivos e assoreamento do leito do rio. Imagem 2010 (esquerda) e 2011 (direita)

4 Conclusões

Os resultados preliminares evidenciam um elevado potencial das técnicas de análise orientada a objeto e a modelagem do conhecimento utilizando dados espectrais, primários e secundários (NDVI, subtração entre imagens). A utilização de AOO permitiu a classificação de extensas áreas em pouco tempo e utilizando poucos recursos humanos. Tornando viável o monitoramento constante das ações antrópicas sobre a paisagem.

Por sua vez a utilização do satélite RapidEye permitiu uma melhor discriminação dos objetos, devido a sua resolução espectral com as bandas do RGB e pela a inclusão de bandas que separam muito bem os objetos (LV, IVP). A alta resolução temporal também é um marco importante para o satélite (é formado por uma constelação de 5 satélites), que permite o monitoramento semestral das atividades do COMPERJ e seus impactos secundários na paisagem.

Entretanto a utilização destas tecnologias não é suficiente para um mapeamento sistemático de uma região. Neste ponto a metodologia de detecção de mudanças permite um rápido mapeamento de uma região em função de mapeamentos pretéritos, evitando contudo as inconsistências existentes entre a visão de diferentes mapeadores para diferentes anos.

Assim a utilização de uma metodologia de AOO e detecção de mudanças permite assim uma maior acurácia em menor tempo, otimizando custos e mão de obra.

5 Referencias Bibliográficas

Camargo, F. F. **Análise Orientada ao Objeto Aplicada ao Mapeamento de Unidades Geomorfológicas a partir de Dados ASTER/Terra**. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: INPE, 2008.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Lang, S.; **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.

Kazmierczak, M.L.; Silva, P.H.A.; Caldas, G.; Felix, I.M.; Melo, W. **Deteção de mudanças utilizando imagens RapidEye através do Model Maker do Erdas Imagine**. Anais XV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Curitiba, 2011, INPE. P.5941-5948

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