

Detecção de mudanças com técnica de Rotação Radiométrica – RCEN, inovações para uma abordagem prática usando SPRING

Francisco Darío Maldonado¹
Marcelo Francisco Sestini¹
Giane de Fátima Valles¹
Clotilde P. Ferri dos Santos¹

¹Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais - FUNCATE
Av. Dr. João Guilhermino - 429 - 18º Andar - Centro
São José dos Campos - SP - CEP: 12.210-131, Brasil.
francis@dsr.inpe.br, {marcelo.sestini, giane, cferri}@funcate.org.br

Abstract. The objective of this study is the detection of changes using RCEN technique in SPRING. For this objective was developed one new approach. The application of RCEN has not yet been implemented in software of image processing. This work presents a proposal to facilitate, although losing a little the robustness of change detection technique. The RCEN is a technique that does not need atmospheric correction to produce results. In this work is proposed a practical approach to determine the angle of rotation which is the main parameter for the operation of the technique. The results were satisfactory and the extraction of parameter not presented difficulties.

Keywords: change detection, SPRING, image processing, remote sensing.

Palavras-chave: detecção de mudanças, SPRING, processamento de imagens, sensoriamento remoto.

1. Introdução

As técnicas de detecção de mudanças necessitam de imagens com calibração radiométrica e correção atmosférica para produzir resultados aceitáveis, porém algumas técnicas podem produzir resultados com imagens sem essas correções. Uma destas técnicas é a RCEN - Rotação Radiométrica Controlada por Eixo de Não mudança, desenvolvida em Maldonado (2004). A RCEN é uma técnica simples que minimiza as diferenças entre efeitos atmosféricos até diferenças entre sensores. Essa técnica utiliza a equação de uma diferença entre bandas com dois coeficientes em cada termo da diferença, relacionados a um parâmetro angular que caracteriza e minimiza as diferenças entre elas.

O principal parâmetro de funcionamento dessa técnica é o ângulo de rotação inferido da inclinação do chamado “Eixo de não mudança”. A abordagem mais adequada para obter esse parâmetro necessita de dados de campo onde foram obtidas amostras de sítios que não mudaram entre as datas analisadas. Esta abordagem já foi apresentada para a região semi-árida em Maldonado e Santos (2005) e em Maldonado et al. (2007), e foram testadas na região amazônica em Santos et al. (2005), Graça et al., (2007).

Outra abordagem menos custosa necessita da análise de um diagrama de dispersão das imagens que permita visualizar a frequência de ocorrência dos valores das imagens multitemporais. Esta abordagem se dificulta pela falta de opções para gerar esses diagramas de dispersão nos programas de processamento de imagens. Nesses diagramas podem ser observadas regiões com maiores frequências que representam as classes temáticas mais importantes nas imagens. Geralmente, tais regiões pertencem a grupos de pontos que não mudaram em cada classe. Essas regiões radiométricas se localizam sobre o chamado eixo de não mudança da dispersão.

Essa técnica ainda não foi implementada no programa SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Camara et al., 1996), software livre desenvolvido pelo INPE que possui uma linguagem de programação chamada LEGAL

(Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) onde podem ser criadas rotinas como a RCEN, com linhas de códigos relativamente simples. Para aproveitar esta linguagem foi desenvolvida a nova abordagem simples de ser implementada. Essa abordagem baseia-se na análise conjunta da cena e histogramas para interpretar as formas e feições dessas curvas que representam os mesmos elementos em ambas datas.

O objetivo deste trabalho foi aplicar a técnica RCEN em SPRING. Para esse fim, desenvolveu-se um programa em Legal, utilizando os histogramas simples gerados no programa para obter os parâmetros necessários para a aplicação de tal técnica.

2. Área de estudo

A área de estudo (**Figura 1**) abrange parte dos municípios de Ponta Porã, Amambaí e Paranhos, limítrofes com Paraguai. Esta região do Estado do Mato Grosso do Sul compreende um relevo alçado inserido na Bacia Sedimentar do Paraná. Composta por superfícies planas ou aplainadas, os rebordos dessas superfícies são delimitados por vertentes íngremes e representam remanescentes de uma antiga superfície de erosão. Além de colinas dissecadas e morros com geometria convexo-côncava, vertentes de gradiente suave a médio e topos arredondados ou alinhados com ocorrência de mesas, cristas e topos aguçados.

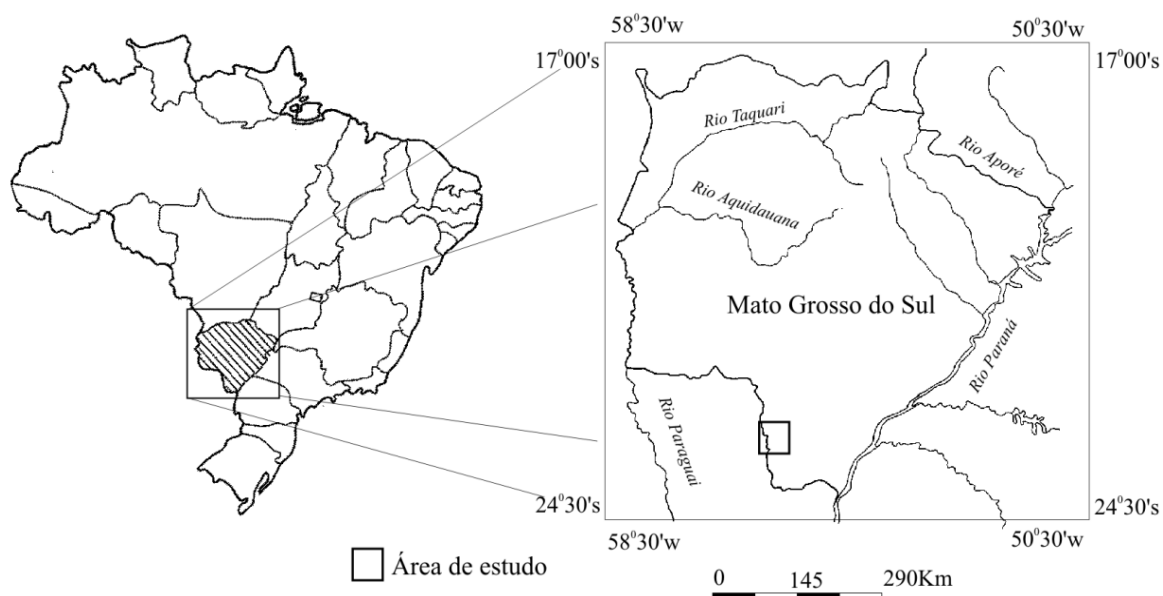


Figura 1- Localização da área de estudo no sul do município de Ponta Porã.

Na região predomina a vegetação dos campos limpos formado por grandes áreas de gramíneas e vegetação herbácea constituindo amplas pastagens naturais alternando vegetação arbustiva e arbórea ciliar. Os solos são principalmente latossolos vermelhos escuros com predominância de latossolos roxos (**Figura 2**).



Figura 2- Pastagens típicas da região, sobre terreno ondulado com mata ciliar relativamente preservada.

O clima da região, segundo a classificação de Koppen de 1948 (in: Projeto RADAMBRASIL, 1982), é do tipo Aw (Tropical mais ameno). A área de estudo possui tipo bioclimático Termoxeroquimênico atenuado, com temperaturas médias acima de 20°C e abaixo de 24°C, com período seco de 3 a 5 meses (inverno) e pluviosidade anual de 1300 mm.

3. Material e Método

As imagens utilizadas foram Landsat TM órbita 225 ponto 76, das datas 23 de Setembro 1994 e 21 de Setembro 2002 (Figura 3).

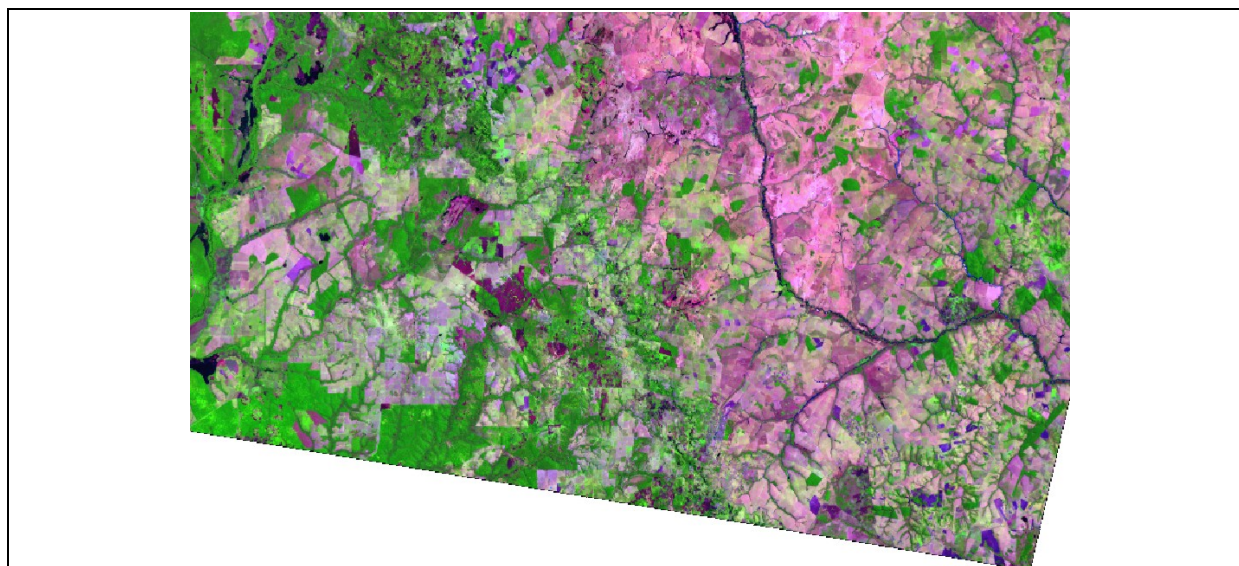


Figura 3 – Cena da Imagem Landsat TM composição RGB Bandas 3, 4 e 5 do ano 2002.

Observa-se na imagem da Figura 3 duas grandes classes temáticas: as áreas de vegetação arbóreo-arbustiva e amplas áreas de pastagens com solos de diferentes tonalidades. Nessa figura se observa, ainda, a paisagem característica com pastagens e mata ciliar no leste da imagem e ao oeste da imagem uma região com vegetação arbóreo-arbustiva mais preservada, na região de Ponta Porã, Amambaí e Paranhos.

O software utilizado foi o SPRING 4.6 e Matlab 7.0 R14 para análise e desenvolvimentos da metodologia. A metodologia adotada se apresenta na **Figura 4** a seguir.

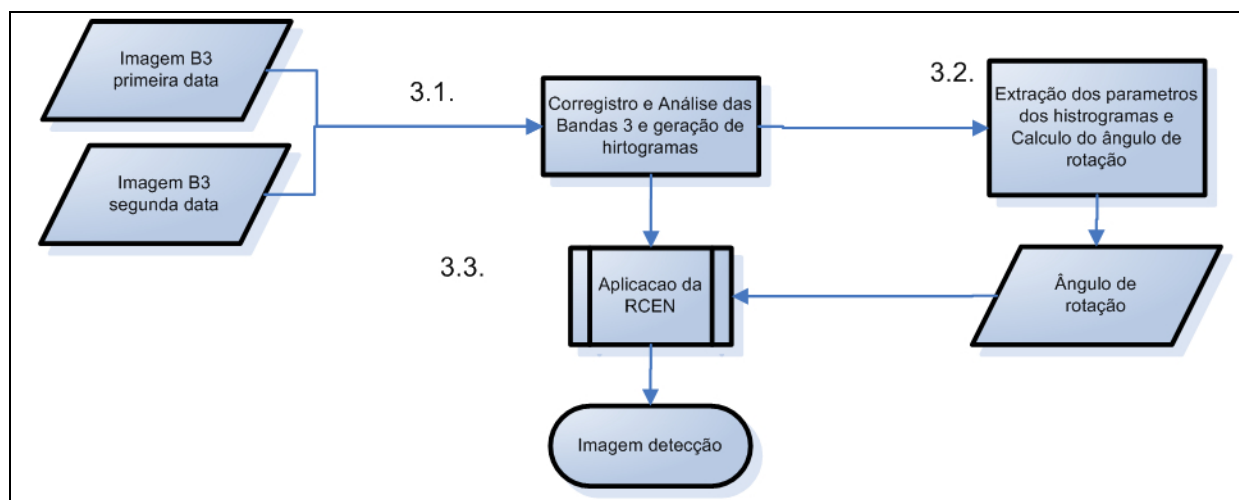


Figura 4 – Fluxograma da metodologia.

3.1. Corregistro e Analise das Bandas 3 e geração de histogramas

Na metodologia são usadas imagens sem calibração nem correção atmosférica, porém estas devem estar corregistradas com erro menor a 1/3 do tamanho do pixel. Esta precisão é crítica para a obtenção de bons resultados com qualquer técnica de detecção. Outro cuidado a ser tomado é com relação à seleção de imagens da mesma época do ano. Desta forma as mudanças observadas correspondem a mudanças de uso no terreno e não a mudanças por efeito da sazonalidade ou sombreamento. Nestas imagens a maior proporção está formada por áreas que não mudaram e, portanto, apresentam valores radiométricos correspondentes a áreas de não mudança. Estes valores podem ser muito diferentes, dependendo dos efeitos atmosféricos ou de características dos sensores.

As mudanças nas imagens são devido a mudanças de uso da terra e não por causa estacional por efeito da sazonalidade. Deste modo, a forma dos histogramas são similares, podendo apresentar formas de sino com uma moda ou formas bimodais, quando há duas classes ocupando proporções similares da cena. Quando as imagens são da mesma época, as modas das classes geralmente são também modas de não mudanças. Isto permite selecionar pontos de similaridade nas mesmas formas dos histogramas. Para tanto, deve-se, também considerar-se um período de tempo razoável, que em áreas com muita dinâmica de uso deve ser menor a 4 anos, porém em áreas menos dinâmicas este espaço de tempo pode aumentar, permitindo ainda usar esta abordagem prática da aplicação da RCEN.

A abordagem prática se baseia na obtenção dos valores das modas (picos) das classes, as quais são extraídos dos histogramas. Podem ser selecionados outros pontos de similaridade reconhecidos em ambas curvas, sempre que não sejam muito próximos.

3.2. Extração de parâmetros dos histogramas e cálculo do ângulo de rotação.

Os parâmetros para a aplicação da RCEN estão relacionados com o “eixo de não mudança” do diagrama de dispersão, como se observa na **Figura 5**, este eixo passa pelas modas (picos) das classes. Ainda que as mudanças na cena sejam numerosas, a forma das curvas em geral permitem encontrar tais picos que representam a distribuição gaussiana de cada uma das classes mais abundantes da cena.

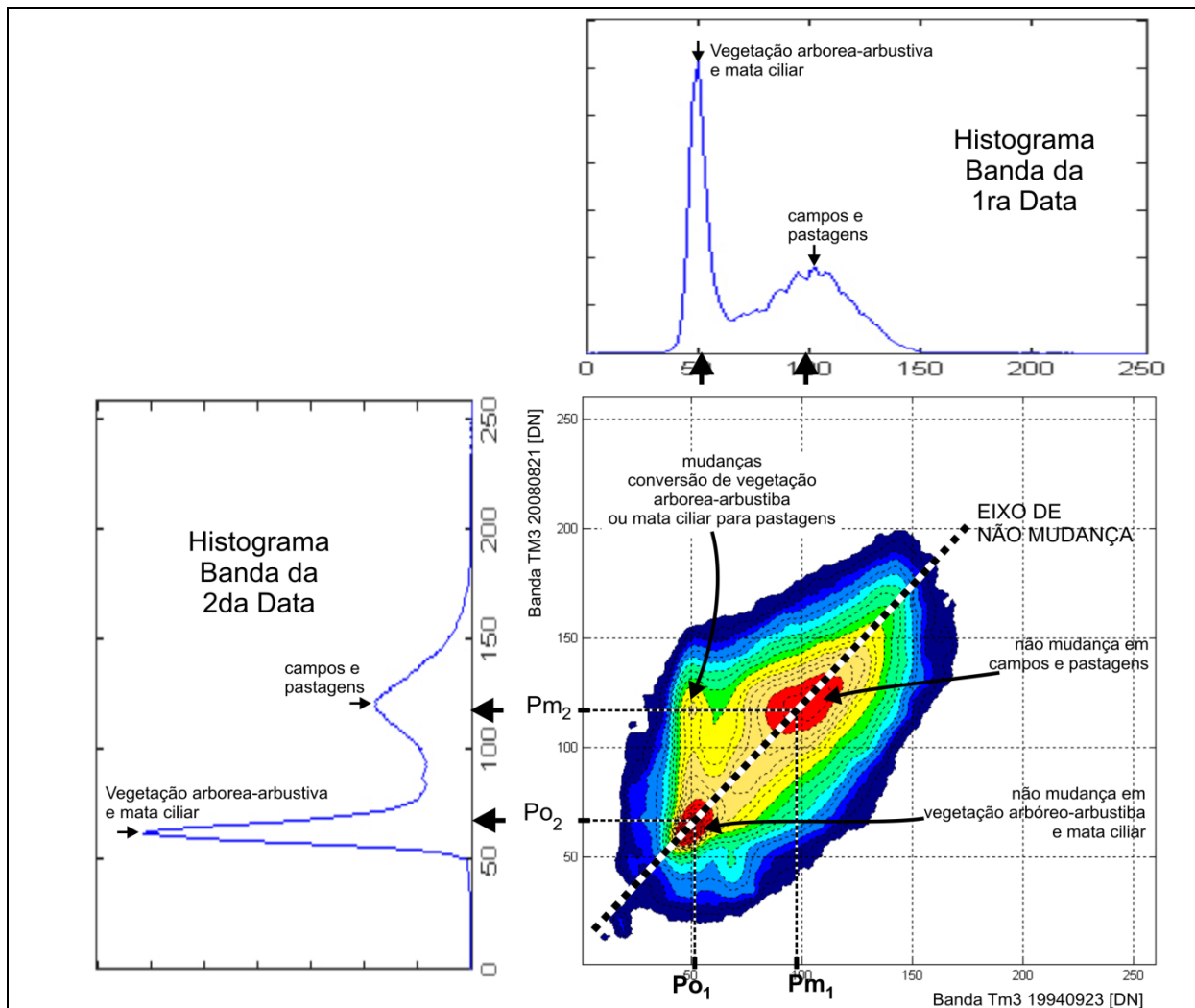


Figura 5 – Diagrama de dispersão das duas bandas com os histogramas das bandas individuais. Observa-se a relação nas formas dos histogramas com o diagrama de dispersão.

Após a extração, esses pontos (**Figura 5**) podem ser usados para encontrar a inclinação do eixo de não mudança, sempre após a análise conjunta dos histogramas e imagens. Os pontos selecionados nos histogramas são: P_{O_1} = (Centro da Classe 1 na primeira data), P_{M_1} = (Centro da Classe 2 na primeira data), P_{O_2} = (Centro da Classe 1 na segunda data), P_{M_2} = (Centro da Classe 2 na segunda data). Assim o cálculo do ângulo de inclinação do eixo será:

$$\text{Angulo}(\theta) = \arctg\left(\frac{P_{M_2} - P_{O_2}}{P_{M_1} - P_{O_1}}\right) \quad (1)$$

A primeira banda corresponde à primeira data do período da detecção e a segunda banda corresponde à segunda data. Esta operação é repetida em forma independente para uma imagem do infra-vermelho próximo. A equação da regressão dos pontos de não-mudança na dispersão é obtida pelo cálculo derivado dos pares de valores dos sítios amostrais obtidos em número suficiente. O parâmetro angular (θ) se calcula como a tangente do arco do coeficiente “m” de inclinação da reta de regressão (Maldonado e Santos, 2005).

3.3. Aplicação da RCEN

A técnica de detecção utiliza o ângulo (θ) como o parâmetro principal da transformação (**Equação 1**). Esta equação produz a rotação dos eixos ortogonais do espaço bi-dimensional dos valores radiométricos das imagens (na mesma banda espectral em duas datas).

$$I_{\text{Detecção}} = \cos(\theta) \times I_{\text{Data2}} - \sin(\theta) \times I_{\text{Data1}} \quad (2)$$

A equação da técnica RCEN é similar a uma simples diferença entre bandas de duas datas. Porém, esta técnica se baseia numa regressão linear da radiometria dos pontos de não mudança, a partir do espaço bi-temporal das imagens em duas datas. Esse conceito introduz dois coeficientes angulares em cada termo da diferença. A simplicidade da equação permite com poucas linhas de código da linguagem LEGAL aplicar a detecção no SPRING. A seguir, listagem do código da técnica de detecção de mudanças RCEN em LEGAL (7 linhas).

```
//Esta primeira linha é a declaração, onde é informada a Categoria
{
Image tm3a, tm3b, viimg("Imagem_deteccao");
// Aqui são as instanciações, onde são informadas as variáveis e
// PI's que serão manipulados e criados
tm3a = Retrieve (Name = "b3_1994");
tm3b = Retrieve (Name = "b3_2002");
viimg = New (Name = "Mudanca", ResX = 30, ResY = 30);
//Nesta linha é informada a operação a ser realizada entre os PI's
// Sendo 0.643 e 0.766 o coseno e seno do ângulo de rotação respectivamente
viimg = ((0.643*tm3b)-(0.766*tm3a))+100;
}
```

A imagem detecção gerada por este programa se caracteriza por ter em volta da média os valores dos pixels que representam as áreas que não mudaram. Os valores altos indicam as áreas que perderam cobertura vegetal e os valores baixos as áreas que ganharam cobertura vegetal. Sempre considerando que as imagens são da mesma época. Deste modo esta imagem pode ser fatiada e rotulada para obter um mapa das mudanças. Tal procedimento é baseado em um fatiamento estatístico, como mostrado em Maldonado (2007^c) ou com base em um fatiamento empírico, como mostrado em Maldonado (2007^b).

4. Resultados e discussão

Os histogramas das bandas apresentaram forma similar como se pode observar na **Figura 6**, o que permitiu a aplicação desta abordagem prática.

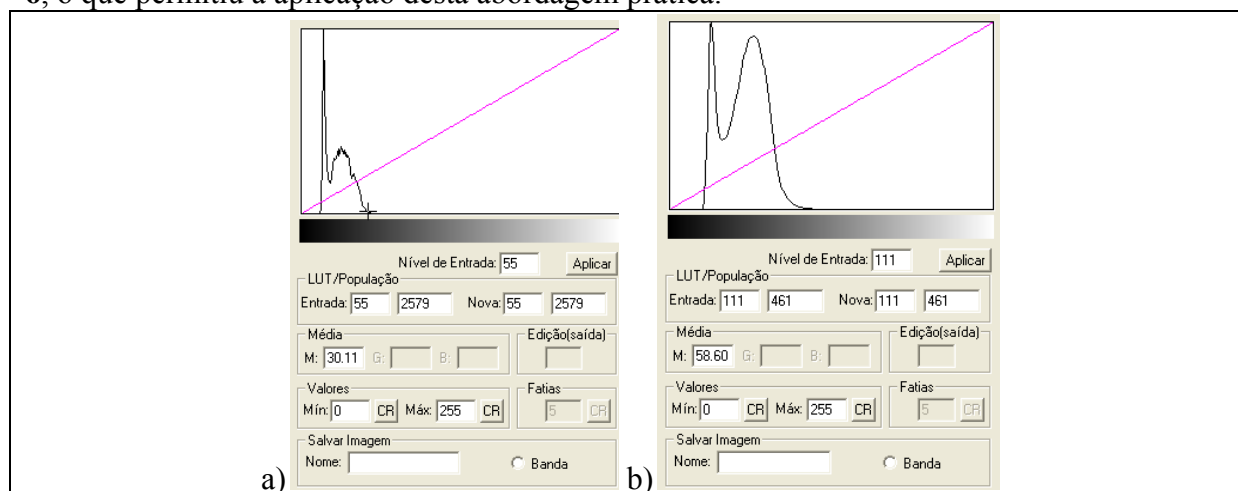


Figura 6 – Janelas dos histogramas do SPRING, Banda 3 da primeira (a) e segunda data (b).

O histograma da primeira data possui uma moda muito alta, em razão da perda de contraste por efeito atmosférico, o que provoca um estreitamento da largura de todo o histograma e, portanto, da largura da distribuição das classes. Observam-se as duas classes e as modas correspondentes, sendo que a primeira moda representa a vegetação arbóreo-arbustiva e a segunda moda representa as pastagens e campos. Os valores dessas modas foram, respectivamente, 51 e 102 na primeira data e 63 e 121 na segunda data (Figura 6).

Assim aplicando a Equação 1, foi obtido o ângulo de rotação o qual foi aplicado na Equação 2. O valor calculado para o ângulo foi de $48^{\circ} 40'$. Esse ângulo é maior de 45° , minimizando assim o efeito atmosférico da primeira data. No caso de não ser maior o efeito atmosférico na segunda data, o ângulo teria de ser diferente e menor do que 45° devido à maior diferença nos efeitos atmosféricos das datas do imageamento. No caso de ser maior o efeito atmosférico na segunda data, o ângulo teria sido menor de 45° , quanto maior a diferença entre as intensidades dos efeitos atmosféricos nas datas dos imageamentos, o ângulo será mais diferente de 45° para minimizar estas diferenças.

Na **Figura 7** observa-se a imagem de detecção com predominância de tons de cinza médios correspondentes a não mudança. Em geral, tais áreas correspondem a floresta não explorada e áreas agropecuárias sem mudanças de uso.

Tonalidades claras correspondem à perda da cobertura da floresta e são observadas ao longo das estradas. Com relação a padrões de forma e contexto, algumas fazendas novas apresentam formas geométricas regulares e com grandes áreas roçadas correspondendo a atividade pecuária empresarial.

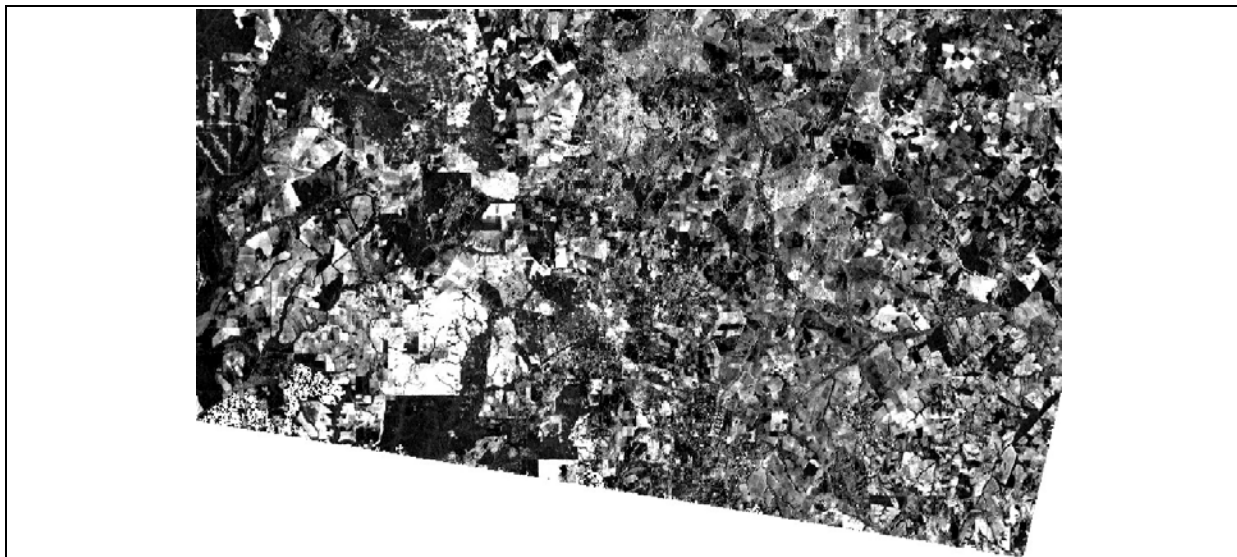


Figura 7 - Imagem de detecção de mudanças resultado da aplicação empírica da RCEN em SPRING.

Em tons escuros, tem-se as áreas onde observa-se um ganho de cobertura vegetal, correspondentes ao longo das drenagens, a algumas áreas de mata ciliar em recuperação e às pastagens abandonadas ou convertidas em uso agrícola (**Figura 7**). Nessa figura também observa-se a perda de cobertura vegetal em valores digitais altos (níveis de cinza claros). Na porção esquerda da imagem, observa-se um grande polígono de vegetação arbórea que foi convertida em pastagens. Na porção direita, observa-se ocupação, em sua grande maioria, por

campos e pastagens, onde predomina a não mudança, com tons cinzas médios, indicando a permanência, nessas áreas, do mesmo tipo de uso.

Assim, a imagem detecção de mudanças é uma imagem onde os valores de níveis de cinza que não mudam são próximos aos da média da imagem e os valores que mudam, correspondentes à perda de cobertura vegetal, são maiores que a média (mais claros) e os que correspondem à ganho de cobertura vegetal, são mais escuros. Esta imagem pode ser fatiada para obter um mapa de mudanças ou utilizada como uma banda suplementar com informação temporal para classificação de imagens.

5. Conclusões

A imagem detecção de mudança foi obtida rápida e facilmente. O uso das imagens deve considerar a possível perda de exatidão e, neste caso, podemos dizer que a precisão é aceitável. A precisão da classe de não mudança em geral foi boa e esta informação é muito útil para uma classificação.

Os extremos dos histogramas, quando não há nuvens nas cenas, podem ser usados também, sobretudo quando a seleção das modas das classes apresenta dúvida. A presença de muitas nuvens na cena, a maioria das vezes, invalida esta abordagem.

Referências

Camara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas, U.M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling". **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

Graça, P.M.; Maldonado, F.D.; Fearnside, P.M. Detecção de desmatamento em novas áreas de expansão agropecuária no sul do Amazonas utilizando imagens CBERS-2. In: XIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianopolis. **Anais**. São José dos Campos : INPE, 2007. p. 917-924.

Maldonado, F.D. **Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal da região semi-árida**. 2004, 314p. (INPE-7243-TDI/929). Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.

Maldonado, F.D.; Santos, J.R. Metodología de Detección de cambios utilizando técnicas de Rotação radiométrica.. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais** 2005. São José dos Campos : INPE, 2005. p. 601-608.

Maldonado^a, F.D.; Santos, J.R. Metodología de detección de cambios utilizando técnicas de rotación radiométrica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 601-608. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00018-8. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep-/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.19.44>>. Acesso em: 07 ago. 2008.

Maldonado^b, F.D.; Graça, P.M.L.; Fearnside, P.M. Detecção de mudanças na cobertura vegetal da floresta amazônica utilizando a técnica RCEN multiespectral com imagens CBERS-2, região de Apuí-AM.. In: XIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianopolis. **Anais** 2007. São José dos Campos : INPE, 2007. v.1. p.6819-6826.

Maldonado^c, F.D.; Santos, J.R.; Graça, P.M.L.. Change Detection Technique based on the Radiometric Rotation Controlled by No-Change Axis, applied on Semi-arid Landscape. **International Journal of Remote Sensing**, v.28, n.8, p.1789-1804, 2007.

RADAMBRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Folha S/A 21-Mato Grosso do Sul. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1982. 510 p.(Levantamento dos Recursos Naturais, v. 10).

Santos, J.R.; Maldonado, F.D.; Graça, P.M.L. Integração de imagens LANDSAT/ETM+ e CBERS-2/CCD para detecção de mudanças em área da Amazônia sob domínio da floresta de transição. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 1655-1662. CD-ROM, On-line.