

Estudo da dinâmica da cobertura/uso da Terra sob influência da BR-319 (trecho Manaus-Careiro Castanho) a partir de dados multitemporais do sensor TM-Landsat 5

Elizabete Ferreira da Cunha¹
Paulo Mauricio Lima de Alencastro Graça²
Francisco Dario Maldonado²

Universidade Federal do Amazonas- UFAM¹
Manaus-Am, Brasil
¹elizabete_ferreira@yahoo.com.br

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA²
Caixa Postal 515 - 12.245-970 - Manaus-Am, Brasil
²{pmlag , maldonado}@inpa.gov.br

Abstract: The objective of this study is to analyze the temporal changes in land use and land cover occurs in area of BR-319. The analyzed changes was located on the margins of this road in consequently of repaving carried out in the year 2001 in the sector Manaus - Careiro do Castanho - Igapó Açu. The methodology use the technique Radiometric Rotation Controlled by No Change Axis RCEN, to identify the areas that had changes in vegetation cover between 1990 and 2005. The application of method was obtained good results showing greater proportion of degradation in sector Manaus - Careiro do Castanho. This technique does not need a atmospheric correction to obtain good results. However, should be defined the characteristics that differentiate degraded and not degraded environments. In addition to know the nature of the disturbances that caused the changes.

Palavras Chaves; RCEN, BR-319, change detection, remote sensing, detecção de mudanças, sensoriamento remoto

1. Introdução

A dinâmica de uso do solo e cobertura da terra na Amazônia é influenciada por diferentes processos antrópicos, destacando-se entre eles, a prática de derrubada da floresta nativa para implantação de projetos agrícolas, pecuária, exploração seletiva de madeira e mineração que causam graves modificações ao ambiente. Alves (2002); Soares-Filho *et al.*(2006); mencionam que há uma forte relação entre as estradas e o desmatamento na Amazônia, que em larga escala teve seu início a partir de 1970, com a política de ocupação do território promovida pelo o governo brasileiro, principalmente associado aos projetos de construção das rodovias, como por exemplo: Belém-Brasília (BR-010), Transamazônica (BR-230), Cuiabá - Porto Velho (BR-364) Cuiabá-Santarém (BR-163).

Sendo assim, este trabalho teve como foco, mapear as mudanças de uso e cobertura da terra ocorrida entre 1990 e 2005, por meio de imagens TM/ 5 Landsat na área sob a influência da BR-319, trecho Manaus-Careiro até Castanho-Igapó Açu, em função da repavimentação realizada em 2001.

A metodologia adotada utiliza a técnica de detecção de mudanças RCEN - Rotação Radiométrica Controlada por Eixo de Não Mudança. Esta consiste numa transformação linear, a qual produz uma rotação dos eixos ortogonais do espaço radiométrico da imagem. Para esta rotação a técnica considera a correlação radiométrica entre os pixels de não mudança nas imagens da primeira e segunda data Maldonado *et al.* (2007). Na RCEN, o ângulo de rotação (α) é obtido como o arco-tangente da inclinação da reta de regressão linear do eixo de não mudança. A imagem detecção gerada reflete radiometricamente a presença de processos de degradação e recuperação. A técnica RCEN obteve bom desempenho no intervalo temporal investigado, considerando que utiliza imagens sem calibração ou correção atmosférica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo.

Área de estudo abrange os municípios de: Careiro da Várzea, Manaquiri e Careiro. (Figura 1), tem uma extensão de 1.800.000 ha e um perímetro aproximado de 360 km. Está situada entre as coordenadas geográficas 740000 9625000, 830000 9535000 no sistema de projeção UTM zona 20, Datum WGS84. A região tem cobertura de floresta ombrófila densa e em alguns pontos floresta de várzea com alta pluviosidade. Esta área encontra-se sob a influência dos 100 km da BR-319 repavimentados entre o município de Manaus e Careiro, realizado como parte do programa “Avança Brasil” em 2001, podendo sofrer uma intensa pressão de atividades agrícolas, madeireiras, piscicultura, caprinocultura, entre outras, sobre as áreas ainda remanescentes de floresta primária.

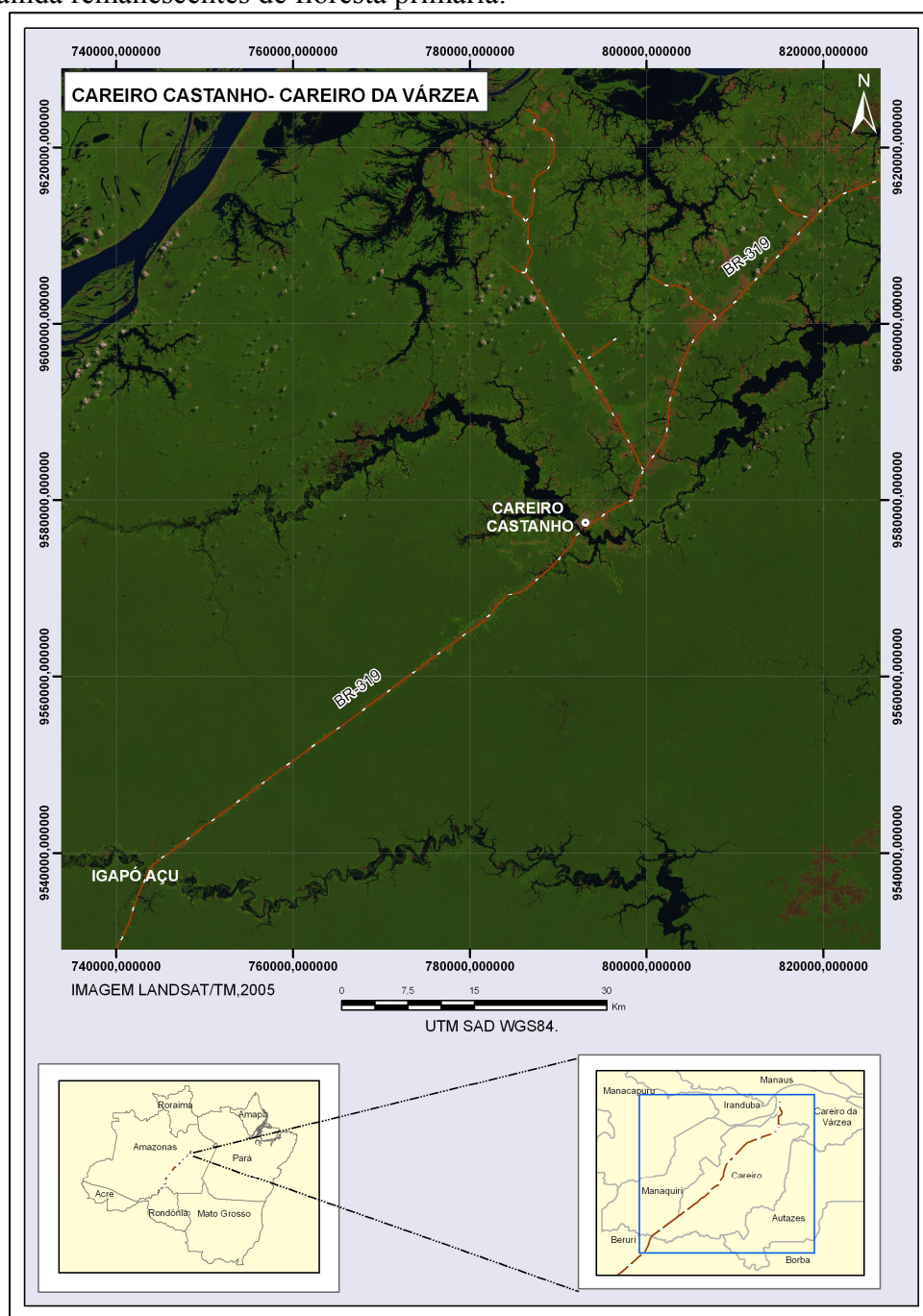


Figura 1 Imagem Landsat 5- TM, composição R(5), G(4), B(3), da área de estudo 2005.

2.2 Pré-processamento das imagens Landsat 5

A fase de pré-processamento (Figura 2) apresenta o esquema dos passos metodológicos para aplicação da RCEN Rotação Radiométrica Controlada por Eixo de Não Mudança multiespectral Maldonado(2004); que consistiu no registro geométrico das imagens analisadas, ou seja, co-registro imagem-imagem, sendo utilizado como referencia as bandas das imagens de 1990, por ser uma imagem de melhor qualidade visual, obtendo 15 PCTs (pontos de controle terrestre) da imagem de 1990 para servir como base para a imagem de 2005, obtendo um RMS (Resíduo Médio Quadrático) ou erro do registro de 0.3 (um terço de um pixel).

Após o co-registro as imagens originais em valores brutos (números digitais) foram utilizadas pela técnica de detecção de mudanças. O pré-processamento desta metodologia é simples já que dispensa a correção atmosférica das imagens. O georreferenciamento se faz após a aplicação da técnica RCEN.

2.3 Seleção de banda.

Nesta etapa foram selecionadas as três bandas espectrais do verde até infravermelho médio, intervalo mais adequado para detecção de mudanças. As bandas foram empacotadas para o uso pela técnica de detecção. Esta seleção se fez através da inspeção visual considerando perda de contraste por ocorrência de névoa, ou alta proporção de nuvens e sombras.

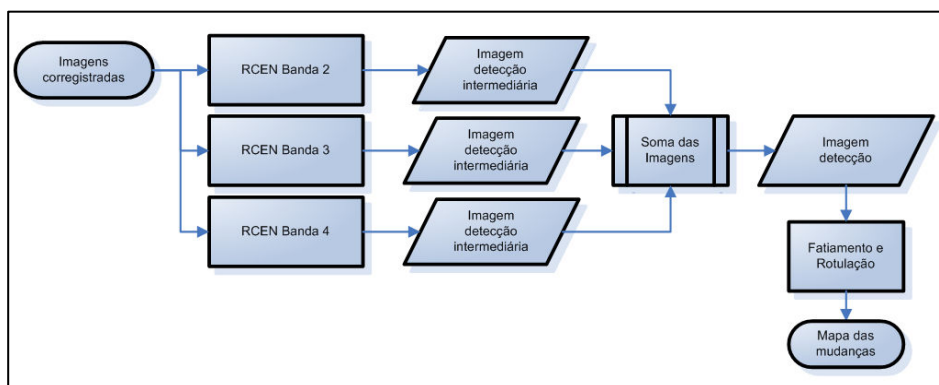


Figura 2. Fluxograma metodológico da RCEN aplicada a três bandas.

2.4 Rotação Radiométrica Controlada por Eixo da Não Mudança-RCEN.

A RCEN é uma transformação linear similar a uma “subtração de imagens”, modificada por um fator relacionado ao eixo formado pela reta de regressão da radiometria dos pixels de não mudança identificado previamente no terreno. Este eixo descreve a correlação radiométrica entre os pixels de não mudança nas imagens da primeira e segunda data.

Nesta técnica, o ângulo (α) é obtido com o arco-tangente da inclinação da reta de regressão linear dos pontos de não mudança e duas bandas na faixa espectral do visível. A primeira banda corresponde à primeira data (1995) do período da detecção e a segunda banda corresponde à segunda data (2005). Esta operação é repetida em forma independente para uma imagem do infra-vermelho. 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. Estes pontos são obtidos localizando nas imagens as amostras georreferenciadas rotuladas durante o trabalho de campo, e extraindo a radiometria destes pontos na imagem.

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). Finalmente, a técnica de detecção utiliza o ângulo (θ) como o parâmetro principal da transformação (**Equação 1**).

$$I_{intermediaria} = \cos(\theta) \times I_{Data 2} - \sin(\theta) \times I_{Data 1} \quad (1)$$

Esta equação produz uma imagem de detecção intermediária para cada banda espectral em duas datas (Figura 3) exemplifica graficamente a obtenção de cada imagem intermediária.

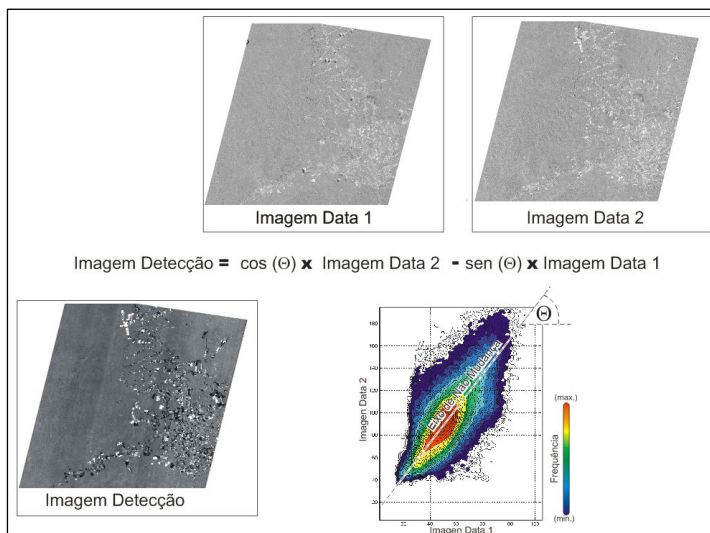


Figura 3- Obtenção da imagem intermediária de detecção de mudanças para cada banda espectral.

O algoritmo de obtenção de imagem intermediária foi aplicado três vezes, uma para cada banda espectral (TM2, TM3, TM4) utilizando diferentes ângulos que foram determinados pela técnica de regressão da radiometria dos pontos de não mudança de cada banda, (Figura 4) finalmente as imagens detecção intermediárias são somada para produzir a imagem detecção final (Figura7).

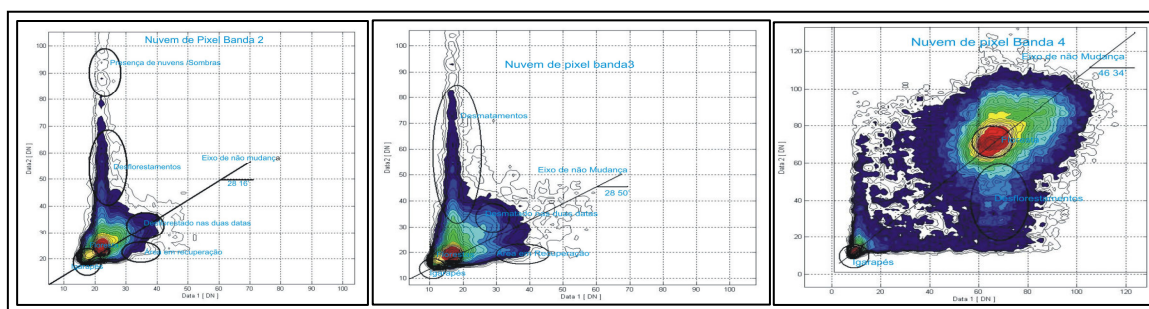


Figura 4- Compilação de nuvem de geração de pixel das bandas 2 (280° 16'), banda 3 (28° 50') e banda 4 (46° 33') com seus respectivos ângulos.

As mudanças na cobertura vegetal estão relacionadas em forma inversa com as mudanças radiométricas no verde e no vermelho (TM2 e TM3) e em forma direta com as mudanças no infravermelho (TM4). Deste modo quando há diminuição da cobertura vegetal os valores da radiometria nas bandas do verde e vermelho aumentam, de forma que quanto mais intensa a mudança maior o aumento do valor radiométrico. No entanto, no infravermelho próximo a diminuição de cobertura vegetal produz uma diminuição do valor radiométrico por esta razão na soma das imagens intermediárias, o termo do infravermelho é somado com sinal negativo (Equação 2).

$$I_{Detecção} = I_{intermediaria.Banda.2} + I_{intermediaria.Banda.3} - I_{intermediaria.Banda.4} \quad (2)$$

3. Resultados e discussão

Por se tratar de uma área com padrões de ocupações diferentes surgiu a necessidade de fazer um estudo individualizado da área de forma que esta foi dividida em duas, sendo limitada pela a hidrografia com os rios Careiro Castanho e Igapó Açú (Figuras 5 e 6).

Por estar próxima ao município de Manaus trecho norte da área piloto (Figura 5) encontra-se muito alterado em comparação ao trecho sul (Figura 6), influenciada pela demanda de atividades (agrícolas e pecuárias) e pela a facilidade de escoamento de seus produtos até o município de Manaus. Para essa área obtivemos os seguintes percentuais de: degradação forte (10,90%), degradação média (7,73%), não Mudança (75,78%), recuperação média (2,96%), recuperação forte (2,63%). (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual das classes de mudanças na área norte (trecho Careiro da Várzea - Careiro Castanho).

Tipos de mudanças	Área em Pixel	Área em ha	%
Recuperação forte	71725	19365,75	2,63
Recuperação média	80745	21801,15	2,96
Não Mudança	2066220	557879,4	75,78
Degradação média	210690	56886,3	7,73
Degradação forte	297084	80212,68	10,9
Total	2726464	736145,28	100

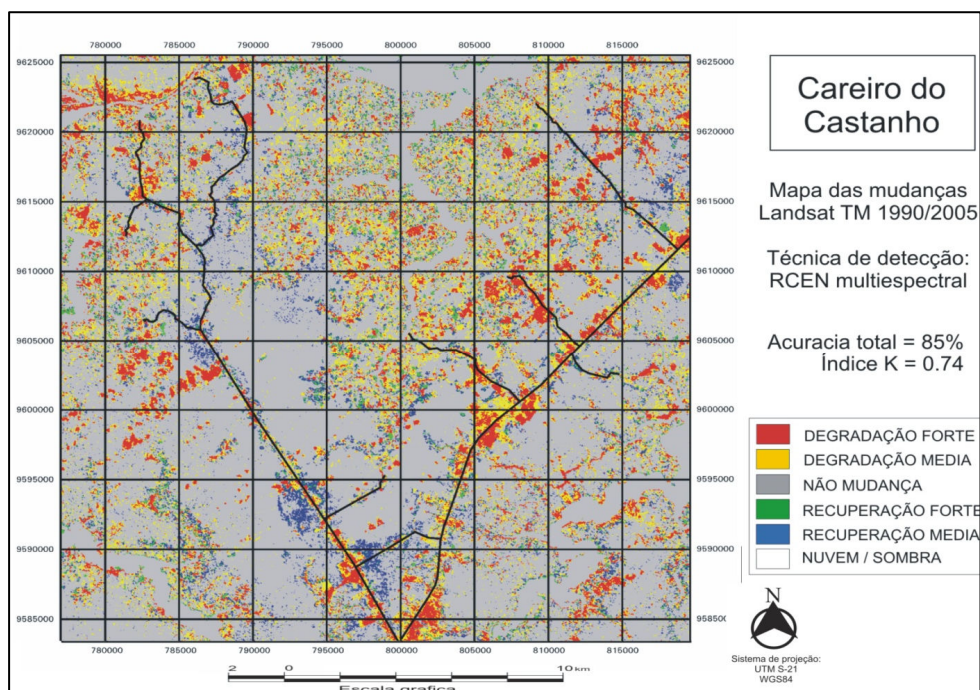


Figura 5- Mapa de detecção de mudança no uso e cobertura do solo no trecho Careiro da Várzea - Careiro do Castanho obtido através da técnica RCEN setor norte da área piloto.

O trecho sul da área de estudo, apresenta uma ampla área de floresta com pouca antropização fato este ocorrido devido ao isolamento geográfico (Figura 6). Para está área que compreende o trecho Careiro do Castanho - Igapó Açú obteve - se um padrão de respostas espectrais para as classes de uso e cobertura do solo com percentual de: degradação forte (1,41%), degradação média (1,40%), não mudança (95,62%), recuperação média (0,78%), recuperação forte (0,80%). (Tabela 2). Fato que pode ser explicado pela a precária condição

de trafegabilidade na BR-319, que dificultou atividades antrópicas por ser uma área que está distante do centro populacional ainda conta com (95,62%), floresta sem alterações.

Tabela 2. Percentual das classes de mudanças na área piloto setor sul (trecho Careiro Castanho- Igapó Açú).

Tipos de mudanças	Área em Pixel	Área em ha	%
Recuperação forte	7004	25942	0,8
Recuperação média	6827	25284	0,78
Não Mudança	839378	3108808	95,62
Degradação média	12269	45442	1,40
Degradação forte	12355	45761	1,41
Total	877833	3251237	100

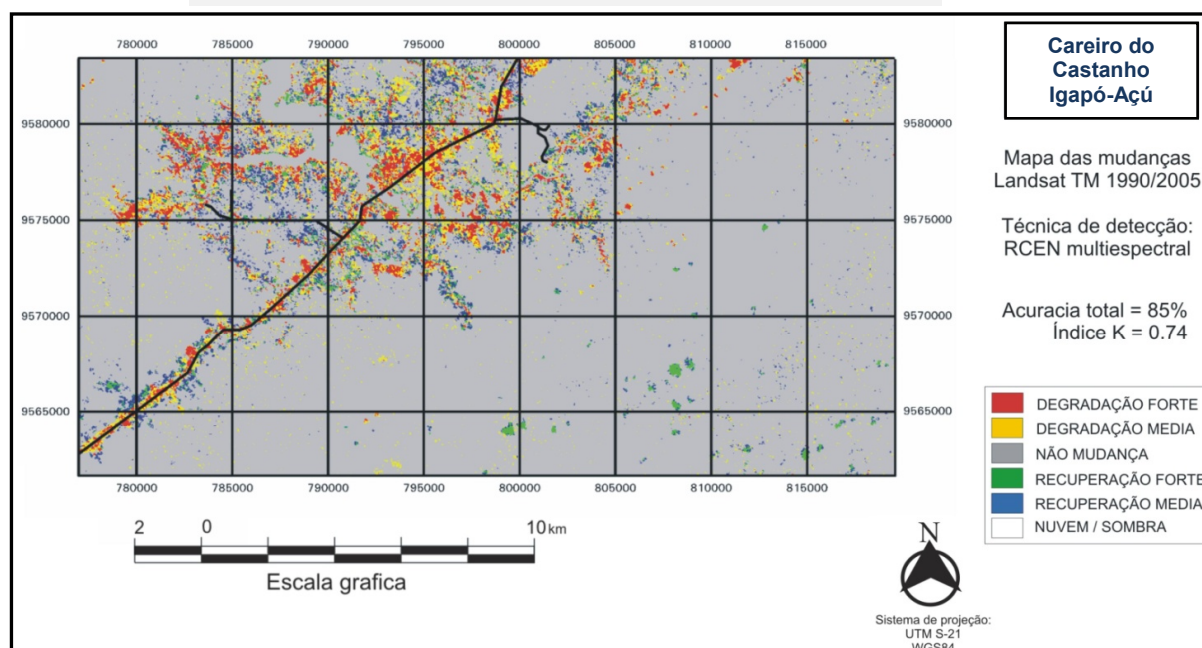


Figura 6 – Mapa de Detecção de mudanças no uso e cobertura do solo, trecho Careiro Castanho e Igapó Açú sul da área piloto.

A análise da dinâmica do desmatamento e recuperação ocorridas na área foi adotado o conceito de “floresta acessível”. Este conceito está relacionado com a distância das estradas e a ocorrência de acidentes geográficos (rios, várzeas, igarapés, terrenos acidentados, áreas declivosas entre outros) que diminuem a probabilidade de degradação destas áreas. Deste modo, o cálculo de área para os mapas de detecção de mudanças (tabela 1 e 2) (área norte e sul Figura 5e 6) apresentam valores adequados com a realidade.

A Figura7 apresenta o mapa de detecções de mudanças no uso e cobertura do solo de toda a área de estudo. Pode ser observado nesta figura duas porções com padrões de mudanças diferenciados, ao norte com alta proporção de mudanças, e uma rede de estradas bem desenvolvida, e ao sul apresenta baixa proporção de mudanças e uma rede de estradas pobre formada principalmente pela BR-319 que neste trecho se encontra pouco conservada e sem pavimentação no período observado.

Também é possível observar na (Figura 7) os pontos de localização das sedes dos municípios envolvidos neste estudo e as mudanças forte que estão espacialmente distribuídas em seu entorno como é o caso dos municípios de: Manaquiri, Careiro da Várzea e Careiro do Castanho. Estas mudanças estão espacialmente associadas às estradas, pois, apresentam se em

maiores proporções e estão relacionadas ao desflorestamento da área para implantação de pastagens e agriculturas. Também foi observada uma degradação média com padrão de pixels isolados (padrão sal e pimenta), associada às não mudanças na floresta. Esta degradação está distribuída homoganeamente e provavelmente se relaciona com diferenças de iluminação entre cenas. Para a classe de recuperação média, correspondente a floresta que sofreu impactos advindos do fogo sem controle utilizado por algumas práticas agropecuárias inadequadas e estão em avançado processo de regeneração. Outros padrões similares observados correspondem às áreas de uso antigo que foram desflorestadas e abandonadas recentemente, de forma que, na segunda data apresenta um crescimento moderado de capoeira. Também foi observada uma degradação média (cor amarela) com padrão de pixels isolados em áreas de floresta, provavelmente relacionados com mudanças hídricas em pequenos lagos e igarapés na floresta de várzea.

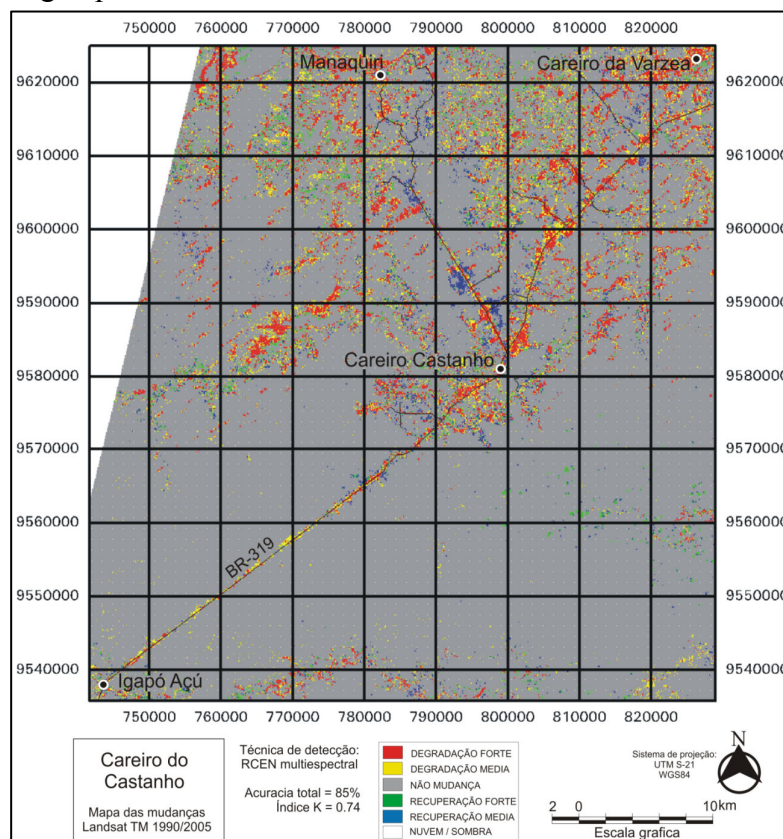


Figura 7- Mapa das mudanças de uso e cobertura do solo para a totalidade da área piloto.

O mapeamento gerado por esta metodologia foi avaliado quanto a sua exatidão pela análise estatística *Kappa* Congalton & Green, (1999). Segundo Maldonado (2004); o coeficiente *Kappa* situa-se tipicamente entre 0 e 1, onde 1 indica o completo acordo, e quando multiplicado por 100, dá a porcentagem da medida de exatidão da classificação.

4. Considerações finais

A metodologia adotada neste estudo mostrou-se eficiente para a geração de forma rápida e com boa qualidade do mapa de mudanças que pode ser utilizado para o desenvolvimento de um sistema de atualização periódica dos mapas de uso e cobertura da terra com baixo custo.

Entre as técnicas utilizadas, pode-se afirmar que a de detecção de mudanças RCEN (rotação radiométrica controlada por eixo da não mudança), é uma técnica simples, baseada em subtração de imagens, podendo ser facilmente adotada pela comunidade usuária; visto

que, esta técnica permite que a detecção de mudanças seja operacionalizada sem a exigência de pré-processamentos complexos (imagens sem calibração radiométrica ou correção atmosférica). Os padrões espaciais de ocupação puderam ser mapeados de forma satisfatória na região da BR-319. Da análise conjunta dos dados de campo e do mapa de mudanças pode-se concluir que até 500 metros a partir das margens da estrada apresentam degradação forte causada pelo uso intensivo (corte raso de florestas e capoeiras) para pastagens e agricultura.

O solo é predominantemente utilizado para pecuária (bovinos, bubalinos e caprinos), seguido pela agricultura, exploração florestal e piscicultura que vem crescendo ultimamente na região contribuindo também para o desmatamento na região.

Recomenda-se que a metodologia adaptada neste estudo seja utilizada para monitorar os processos desencadeados pelas obras de infra-estrutura e de ocupação humana nas margens da BR-319 e nas estradas vicinais (estradas secundárias), considerando que, a BR-319 atravessa uma região com poucas áreas de proteção ambiental, o que pode estimular mais desmatamento, causando um grande aumento na pressão sobre os recursos florestais ao longo do seu eixo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pela bolsa de auxílio no projeto de pesquisa ao INPA, pelo o suporte fornecido no desenvolvimento do mesmo e ao INPE pelo o eficiente fornecimento de imagens Landsat /5TM.

Referências Bibliográficas

- Alves, D.S. 2002. Space time dynamics of deforestation in Brazilian Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, v.23: (2903-2908).
- Congalton, R.G.; Green, K. 1999. *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practice*. Mapping sciences series. New York: CRC Press Inc., 98 pp.
- Maldonado^a, F.D.; Santos, J.R.; Graça, P.M.L.A. 2007. Change detection technique based on the radiometric rotation controlled by no-change axis, applied on a semi-arid landscape. *International Journal of Remote Sensing*, 28(8):1001-1016.
- Maldonado, F.D.; Carvalho, V.C.; Santos, J.R. 2001. Change Detection in land use and landcover with remote sensing: degradation indicators at sub-regional level. International Conference on Land Degradation,3., 2001, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro: Miditec. 1 CD-ROM.
- Maldonado, F, D. 2004. *Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semi-árido*. Tese de Doutorado em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, SP. 311pp.
- Soares - Filho, B.S., Nepstad, D.C, Curran, L.M, Cerqueira, G.C.,Garcia, R.A, Ramos, C.A, McDonald, E.V.A, Lefebvre, P, Schlesinger P., 2006. Modelling conservation in the Amazon basin. *Nature*, 440(2):1010-1038.