

Revista Brasileira de Cartografia (2014) N^o 66/5: 1157-1176
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

DETECÇÃO DE MUDANÇA DO USO E COBERTURA DA TERRA USANDO O MÉTODO DE PÓS-CLASSIFICAÇÃO NA FRONTEIRA AGRÍCOLA DO OESTE DA BAHIA SOBRE O GRUPO URUCUIA DURANTE O PERÍODO 1988-2011

*Land-use and land-cover change detection using post-classification method in the
agricultural frontier of Western Bahia over the Urucuia Group during the period
1988-2011*

**Sandro Nunes de Oliveira¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior²,
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes², Renato Fontes Guimarães²
& Éder de Souza Martins³**

**¹Instituto Federal de Brasília - IFB
Campus Gama**

Lote 01, DF 480, Setor de Múltiplas Atividades - Cep: 72.429-005 - Gama, DF, Brasil.
sandro.oliveira@ifb.edu.br

**²Universidade de Brasília - UnB
Departamento de Geografia**

Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte - Cep: 70.910-900 - Brasília, DF, Brasil.
osmarjr@unb.br, robertogomes@unb.br, renatofg@unb.br

³EMBRAPA Cerrados

BR-020, km 18 - Caixa postal: 08223, Cep: 73310-970 - Planaltina, DF, Brasil.
eder@cpac.embrapa.br

*Recebido em 07 de Outubro, 2013/ Aceito em 12 de Abril, 2014
Received on October 07, 2013/ Accepted on April 12, 2014*

RESUMO

Este artigo tem como objetivo detectar as mudanças da cobertura e uso da Terra ao longo do período 1988-2011, utilizando imagens de sensoriamento remoto para o Oeste da Bahia (Brasil Central). A área de estudo é restrita aos solos sobre o Grupo Urucuia (Cretáceo Superior), que é composta por arenitos continentais relacionados a ambiente desértico. Esta formação geológica gera áreas planas com predominância de Latossolos, caracterizado por textura média, excessivamente drenados e adequado para o desenvolvimento da agricultura intensiva e mecanizada. Portanto, esta área apresenta um dos maiores índices de crescimento da agricultura no bioma Cerrado. A detecção de mudança foi realizada pelo método de pós-classificação a partir de dados multitemporais do sensor TM-Landsat. A classificação de imagens através da interpretação visual identificaram seis classes de uso e cobertura da Terra: agropecuária, áreas urbanas, corpos d'água, reflorestamento, vegetação alterada e vegetação natural. A detecção de mudança foi feita a partir da tabulação cruzada entre as imagens bi-temporais. Durante o período, as principais alterações ocorreram nas

classes de vegetação natural (decréscimo de 26,57%) e agropecuária (27,13%). O avanço da agropecuária ocorreu principalmente em áreas de vegetação nativa.

Palavras chaves: Análise Multitemporal, Detecção de mudança, Pós-Classificação, Uso da Terra, Cobertura da Terra, Oeste da Bahia.

ABSTRACT

This paper aims to detect land-cover and land-use changes over the period 1988-2011, using remote sensing imagery for Western Bahia (Central Brazil). The study area is restricted to soils over the Urucua Group (Late Cretaceous), which is composed by continental sandstones related to desert environment. This geological formation generates flat areas with a predominance of Oxisols, characterized by medium texture, excessively drained and suitable for the development of intensive and mechanized agriculture. Therefore, this area has one of the highest rates of agricultural growth in the Cerrado biome. The change-detection was achieved using the post-classification method from multitemporal Landsat TM data. The image classification by visual interpretation identified six classes of land-use/ land-cover: agriculture and livestock, urban areas, water bodies, reforestation, altered vegetation and natural vegetation. The change-detection was made from the cross-tabulation between the bi-temporal images. During the period, major changes occurred in the natural vegetation classes (down 26.57%) and agriculture and livestock (27.13%). The advancement of agriculture and livestock was mainly on areas of native vegetation.

Keywords: Multitemporal Analysis, Change-detection, post-classification, land-use, land-cover, Western Bahia.

1. INTRODUÇÃO

As inovações tecnológicas e organizacionais na agricultura brasileira a partir da década de 1970 têm gerado modificações no bioma Cerrado (ABELSON & ROWE, 1987; NEPSTAD *et al.*, 1997; SANTANA, 2008). Estima-se que em 2002 cerca de 40% da área natural do Cerrado já havia sido convertida em outros tipos de uso da terra (SANO *et al.*, 2010). A importância do Cerrado está no fato de possuir a mais rica flora dentre as savanas do mundo, com alto nível de endemismo (RATTER *et al.*, 1997; SILVA & BATES, 2002), por ser uma área produtora de grãos (BRANNSTROM, 2005; JASINSKI *et al.*, 2005) e de formação de pastagens (FERREIRA *et al.*, 2013).

A região do Oeste da Bahia é atualmente uma das principais fronteiras agrícolas no bioma Cerrado (MMA, 2011), com a conversão de áreas de vegetação natural em cultivos agrícolas (BATISTELLA *et al.*, 2002; BRANNSTROM *et al.*, 2008; CASTRO *et al.*, 2013; FLORES *et al.*, 2012; GURGEL *et al.*, 2013; MENKE *et al.*, 2009; PINHEIRO, 2012; SANO *et al.*, 2011; SPAGNOLO *et al.*, 2012). Nesta região o maior avanço da agricultura ocorre sobre as rochas do Grupo Urucua. Conforme Campos & Dardenne (1997a, b) o Grupo Urucua é subdividido nas Formações Posse e Serra das Araras. A sucessão e associação faciológica sugere um ambiente de formação desértico controlado por um sistema

eólico com campos de dunas que se modifica para um sistema fluvial-eólico representado por lençóis arenosos (SPIGOLON & ALVARENGA, 2002). Esta formação geológica abriga o Sistema Aquífero Urucua (SAU) que no período de recessão das chuvas é responsável pela regulação das vazões dos afluentes da margem esquerda do médio rio São Francisco e pela alimentação de nascentes de tributários da margem direita do rio Tocantins, na borda ocidental da Serra Geral de Goiás (GASPAR *et al.*, 2007). Sobre as rochas do Grupo Urucua forma-se um terreno plano e solos com predomínio de Latossolos com textura média e boas condições de drenagem, sendo um ambiente propício para a implantação de agricultura mecanizada voltada para produtos agrícolas de exportação.

Neste contexto, o monitoramento da dinâmica da expansão agrícola é um fator fundamental para avaliar as mudanças ambientais e socioeconômicas da região. A detecção de mudança permite quantificar as alterações do uso e cobertura da Terra, utilizando um conjunto de dados multitemporais (SINGH, 1989). As imagens de satélite são adequadas para a quantificação das mudanças, uma vez que fornecem medidas consistentes e repetíveis em escala regional (KENNEDY *et al.*, 2007; QIN *et al.*, 2006).

O processamento de imagens multitemporais para a detecção de mudança pode ser

subdividido em dois tipos (LAMBIN, 1999; SILVA *et al.*, 2012): (a) modelo discreto, baseado em imagens bi-temporais, onde cada unidade espacial é representada por um único valor categórico e que é estável ao longo de um período de tempo; e (b) modelo contínuo, onde são empregadas séries temporais densas para descrever a trajetória da superfície e da dinâmica espacial.

Neste trabalho, a análise de mudança será realizada com base no processamento de imagens bi-temporais discretas. Uma vantagem do modelo discreto é que ele permite uma descrição simples e rápida da dinâmica espacial (SILVA *et al.*, 2012). O processamento digital de imagens bi-temporais pode ser subdividido em dois tipos: pré-classificação e pós-classificação (JENSEN *et al.*, 1993; YUAN *et al.*, 2005).

Os métodos de pré-classificação realizam inicialmente um realce digital das áreas onde ocorreram mudanças, considerando os dois tempos, e depois sobre este resultado realiza-se a classificação. Diferentes procedimentos de pré-classificação foram propostos, tais como: simples operações algébricas como divisão e razão de bandas temporais (HUDAK & WESSMAN, 2000; ELMORE *et al.*, 2000); análise de vetor de mudança (BOVOLO & BRUZZONE, 2007; CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2011), mistura espectral (ADAMS *et al.*, 1995; ELMORE *et al.*, 2000; TURAZI *et al.*, 2009), método de regressão (HEALEY *et al.*, 2006), análise de principais componentes (FUNG & LEDREW, 1987; DENG *et al.*, 2008), dentre outros.

O processamento de detecção de mudança pelo procedimento de pós-classificação realiza, inicialmente, a classificação individual de cada imagem temporal e depois efetua uma comparação das imagens por tabulação cruzada, com o propósito de identificar as áreas com mudança (HOWARTH & WICKWARE, 1981; MAS, 1999). Diferentes métodos de classificação são utilizados na detecção de mudança por pós-classificação, como a interpretação visual (LOVELAND *et al.*, 2002), classificadores supervisionados (FERREIRA *et al.*, 2010; LIU & ZHOU, 2004) ou não supervisionados (SILVA *et al.*, 2012). O método de pós-classificação possui como vantagem a menor influência dos efeitos atmosféricos e radiométricos (LU *et al.*, 2003). O grau de sucesso desta técnica depende da

precisão do registro das imagens (SINGH, 1989) e da confiabilidade da classificação (FULLER *et al.*, 2003). A técnica de pós-classificação tem sido utilizada na detecção de mudanças em zonas úmidas (SOLIMAN & SOUSSA, 2011), áreas de expansão agrícola (FLORES *et al.*, 2012; SPAGNOLO *et al.*, 2012), áreas urbanas (RAFIEE *et al.*, 2009; VAN DE VOORDE *et al.*, 2007), desmatamento (LIU *et al.*, 2008), padrões de paisagem (HESSEL *et al.*, 2012; HUZUI, *et al.*, 2012); qualidade da água (HUIPING *et al.*, 2011), e no monitoramento do uso e cobertura da Terra (FULLER *et al.*, 2003).

O presente trabalho possui como objetivo detectar as mudanças espaciais do uso e cobertura da Terra pelo método de pós-classificação nas regiões sobre a formação geológica do Grupo Urucuaia, nos municípios do Oeste da Bahia, entre o período de 1988 a 2011. A área de estudo possui aproximadamente 7.559.783,69 hectares e inclui os municípios de Formosa do Rio Preto, Riachão das Neves, Barreiras, Luís Eduardo Magalhães, São Desidério, Baianópolis, Correntina, Jaborandi e Cocos (**Figura 1**).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Imagens utilizadas

No presente trabalho foram utilizadas imagens de dois sensores: (a) imagens de alta resolução espacial do sensor PRISM/ALOS; e (b) imagens do sensor TM/Landsat 5.

2.1.1 Imagens PRISM/ALOS

O sensor PRISM (*Panchromatic Remote-Sensing Instrument for Stereo Mapping*) está a bordo do satélite ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) desenvolvido pela JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) (IGARASHI, 2001). Lançado em 24 de janeiro de 2006 possui órbita circular heliossíncrona, altitude de 691,65 km e resolução temporal de 46 dias (SAUNIER *et al.*, 2010).

As imagens pancromáticas utilizadas são de 8 bits e referentes ao produto 1B2 do sensor PRISM do período de 2007 a 2010, que são submetidas à calibração radiométrica e geométrica conforme a grade da projeção UTM. A largura da faixa de imageamento é de 35 km no modo de observação estéreo e de 70 km em observação nadir, com resolução espacial de 2,5 m (JAXA, 2006).

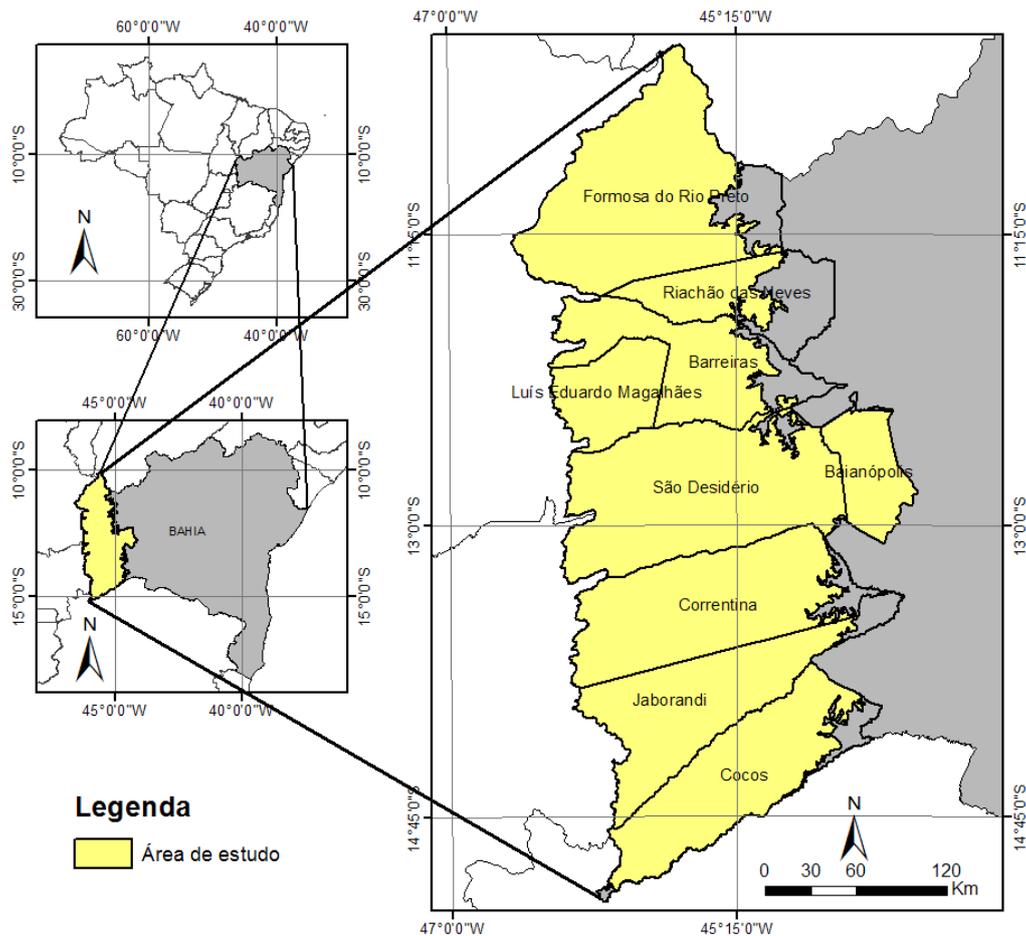


Fig. 1 - Mapa de localização da área de estudo.

2.1.2 Imagens TM/Landsat 5

O programa Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*) foi desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) no início dos anos 70. O satélite Landsat 5, um dos oito do programa, foi lançado em 1984 e funcionou até o ano de 2013. O Landsat 5 possuía órbita polar circular heliossíncrona, altitude de 705 km, resolução temporal de 16 dias, largura da faixa de imageamento de 185 km e os sensores TM (*Thematic Mapper*) e MSS (*Multispectral Scanner System*) (NASA, 2014).

Neste trabalho foram utilizadas as imagens TM/Landsat 5 relativas às seis bandas da faixa do visível e infravermelho com resolução espacial de 30 metros dos anos de 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008 e 2011. Estas imagens foram adquiridas gratuitamente pelo site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo link: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR>>. Na seleção das imagens foram adotados os seguintes critérios: a) preferência por imagens da estação seca; b) disponibilidade no banco de dados; e c)

quantidade de nuvens inferior a 10%. As órbitas/pontos e datas das imagens utilizadas estão listadas na **Tabela 1**.

Tabela 1: Órbita/ponto das imagens TM do Landsat 5 utilizadas.

Ano	Órbitas	Pontos	Data
1988	219	69/70	27 de agosto
	220	67/68/69/70	02 de agosto
	220	68/69/70	03 de setembro
	221	67/68	09 de agosto
1992	219	69/70	22 de agosto
	220	67	28 de julho
	220	68/69/70	13 de agosto
	221	67/68	03 de julho
1996	219	69	16 de julho
	219	69/70	29 de maio
	220	67/68	7 de julho
	220	68/69/70	21 de junho
	221	67	28 de junho
2000	221	68	14 de julho
	219	69/70	12 de agosto
	220	67/68	19 de agosto
	220	69	18 de julho
	220	68/69/70	16 de junho
	221	67/68	09 de julho

2004	219	69/70	23 de agosto
	220	67/68	01 de agosto
	220	68/69/70	27 de junho
	221	67/68	07 de julho
2008	219	69	02 de agosto
	219	70	03 de setembro
	220	67/68	24 de julho
	220	69/70	08 de julho
	220	70	10 de setembro
2011	221	67/68	16 de agosto
	219	69/70	10 de julho
	220	67/68	03 de setembro
	220	68/69/70	17 de julho
	221	67/68	08 de julho

2.2 Detecção de mudança pelo método de pós-classificação

A detecção de mudança foi realizada a partir de três etapas: a) classificação das imagens PRISM/ALOS; b) classificação das imagens TM/Landsat 5; e c) detecção e quantificação das mudanças.

2.2.1 Classificação das imagens PRISM/ALOS

A classificação das imagens PRISM/ALOS dos anos de 2007 a 2010 foi realizada por meio de interpretação visual em tela e pela vetorização manual das classes no programa ArcGIS 9.3. O mapeamento foi realizado pelo Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais (LSIE) da Universidade de Brasília (UnB) por meio do Projeto “Geoprocessamento e Cadastramento de Propriedades do Oeste Baiano” desenvolvido em parceria com o Instituto Interamericano de Comércio e Agricultura (IICA) e o Ministério da Integração Nacional.

Nesta etapa, outras imagens foram utilizadas para auxiliar na interpretação provenientes dos sensores TM/Landsat 5, CCD/CBERS 2 (*Couple Charged Device/China-Brazil Earth Resources Satellite*) e imagens de alta resolução espacial do *Google Earth*. O emprego de outras imagens permitiu a solução de diferentes problemas, tais como, presença de nuvens, distinção de padrões de uso da Terra e avaliação de diferenças entre imagens de datas distintas. Durante o período de mapeamento, também, foi realizado trabalho de campo para validação das classes e para a coleta de amostras de solo.

A interpretação das imagens do sensor PRISM/ALOS permitiu a identificação e mapeamento de 26 classes de uso e cobertura

da Terra (**Tabela 2**).

Tabela 2: Classes de uso e cobertura da Terra obtidas a partir das imagens PRISM/ALOS.

Classes de uso e cobertura da Terra	
Agricultura	Pequena Propriedade
Área Urbana	Piscicultura
Barreira de Vegetação	Pista de Pouso
Canal	Pivô Central
Captação de água	Planta Industrial
Carvoaria	Problema Ambiental
Cultura Permanente	Reflorestamento
Granja	Reservatório
Lagoa Cárstica	Sede de Propriedade
Loteamento	Uso Indefinido
Massa d'água	Vegetação Alterada
Mineração	Vegetação Natural
Pecuária	Vila/Povoado

Entretanto, para viabilizar a retroanálise ao longo do tempo das imagens TM/Landsat 5 (com menor resolução espacial) foi realizada uma simplificação do mapeamento para 6 classes de uso e cobertura da Terra (**Tabela 3**). A simplificação das classes do mapeamento das imagens PRISM/ALOS não resultou em prejuízos à análise, uma vez que, proporcionalmente, a maioria delas possuía áreas irrelevantes.

Tabela 3: Classes de uso e cobertura da Terra utilizadas neste trabalho.

Classes de uso e cobertura da Terra	
Agropecuária	Reflorestamento
Áreas urbanas	Vegetação alterada
Corpos d'água	Vegetação natural

2.2.2 Classificação das imagens TM/Landsat 5

Diferentes mapeamentos disponíveis na área de estudo relativos aos anos de 1988, 1992, 1996, 2000, 2004 e 2008 foram utilizados na presente pesquisa:

- **1984, 1988, 1992, 1996, 2000 e 2004:** São Desidério (SPAGNOLO *et al.*, 2012).
- **1988, 1992, 1996, 2000 e 2004:** Barreiras (FLORES *et al.*, 2012); Baianópolis (GUIMARÃES, 2012).
- **1988, 1992, 1996, 2000, 2004 e 2008:** Riachão das Neves (GURGEL *et al.*, 2013); Formosa do Rio Preto (CASTRO *et al.*, 2013); e Correntina (PINHEIRO, 2012).
- **1987, 1991, 1994, 1998, 2001, 2004, 2005 e 2007:** Luís Eduardo Magalhães (MENKE

et al., 2009).

- **1996, 2000, 2004 e 2008:** Cocos (HESSEL et al., 2012).

Os trabalhos supracitados foram elaborados a partir dos mesmos procedimentos: (a) correção geométrica das imagens TM com as imagens PRISM/ALOS para obter uma adequada sobreposição espacial; e (b) classificação por interpretação visual das classes de uso e cobertura da Terra.

Contudo, para a análise de todo o intervalo espacial e temporal proposto algumas informações ainda permanecem ausentes. Portanto, para completar o banco de dados foi realizada a classificação das imagens TM/Landsat 5, conforme os mesmos procedimentos dos trabalhos anteriores, para os seguintes locais e anos:

- toda área de estudo para o ano de 2011;
- município de Jaborandi para os anos de 1988, 1992, 1996, 2000, 2004 e 2008;
- município de Cocos para os anos de 1988 e 1992;
- municípios de Barreiras e São Desidério para o ano de 2008;
- município de Luís Eduardo Magalhães para os anos de 1988, 1992, 1996, 2000 e 2008.
- Em seguida, procedemos à padronização e junção dos dados, gerando-se os mapas unificados da área de estudo para os anos de 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008 e 2011.

2.2.3 Detecção e quantificação das mudanças

A detecção das mudanças foi realizada a partir da tabulação cruzada gerando uma imagem com os padrões de mudança e uma planilha com as respectivas áreas e porcentagens das áreas modificadas.

3. RESULTADOS

3.1 Dinâmica do uso e cobertura da Terra

O mapa de uso e cobertura da Terra do Oeste da Bahia elaborado a partir da interpretação visual das imagens PRISM/ALOS no período entre 2007-2010 é apresentado na **Figura 2**.

Observou-se que para esse período 65,66% da área de estudo era ocupada por vegetação natural (Cerrado), 28,09% por atividades agropecuárias, 0,72% por áreas de reflorestamento, 5,42% por vegetação alterada,

0,06% por corpos d'água e 0,04% por áreas urbanas. As áreas de agropecuária concentraram-se na porção oeste, enquanto que as áreas de vegetação natural predominam nas porções leste e sul. As áreas de reflorestamento concentram-se na porção sudoeste e as áreas de vegetação alterada estão espalhadas ao longo de toda área de estudo.

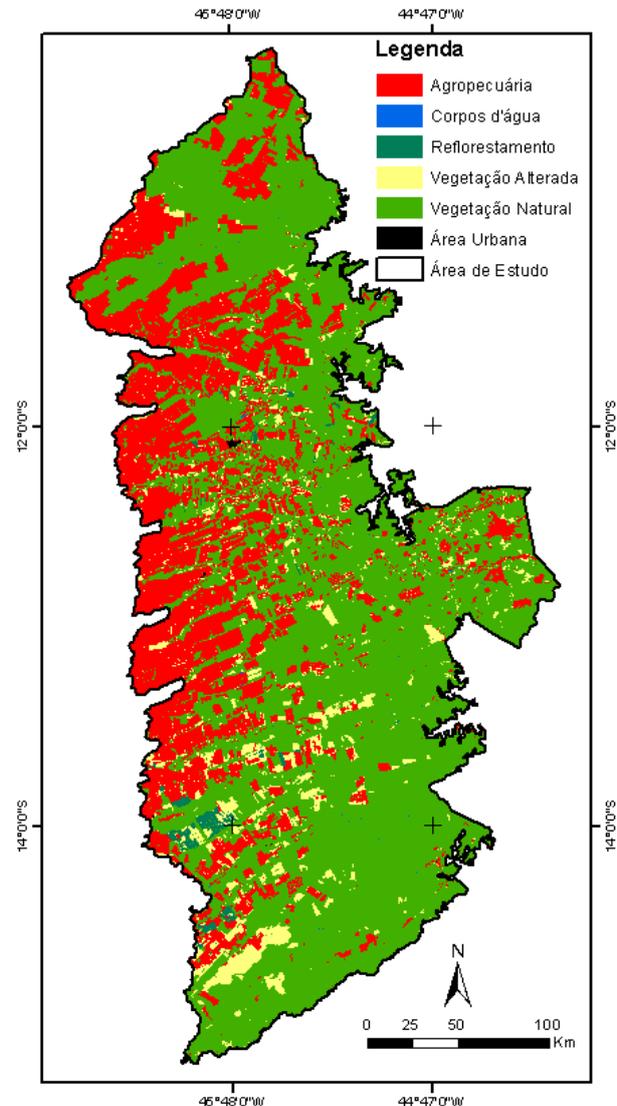


Fig. 2 - Mapa de uso e cobertura da Terra da área de estudo elaborado a partir da interpretação visual das imagens PRISM/ALOS dos anos de 2007-2010.

A **Figura 3** apresenta os mapas com a evolução temporal do uso e cobertura da Terra obtidos a partir da classificação manual das imagens TM/Landsat 5 ao longo de 23 anos (1988 a 2011). Os gráficos com as respectivas porcentagens de área de cada classe de uso e cobertura da Terra são apresentados nas **Figuras 4 e 5**.

Ao longo de todo o período em análise houve uma redução de 26,57% da área de cobertura de vegetação natural, passando de 89,41% em 1988 para 62,84% em 2011 (**Figura 4**). No período de 1988 a 1992 houve uma redução de 6,83% da área de vegetação natural. De 1992 a 1996, o ritmo de desmatamento diminuiu para 2,89%. De 1996 a 2000 a área desmatada aumentou para 3,58% e de 2000 a

2004 para 6,70%. No período de 2004 a 2008 houve uma redução no ritmo de desmatamento para 3,75% e de 2008 a 2011 para 2,82%. Isto representa uma taxa média de desmatamento de quase 1,16% ao ano. Cabe destacar, entretanto, que mesmo com as reduções frequentes, a região da fronteira agrícola do Oeste da Bahia ainda possui áreas significativas de vegetação natural.

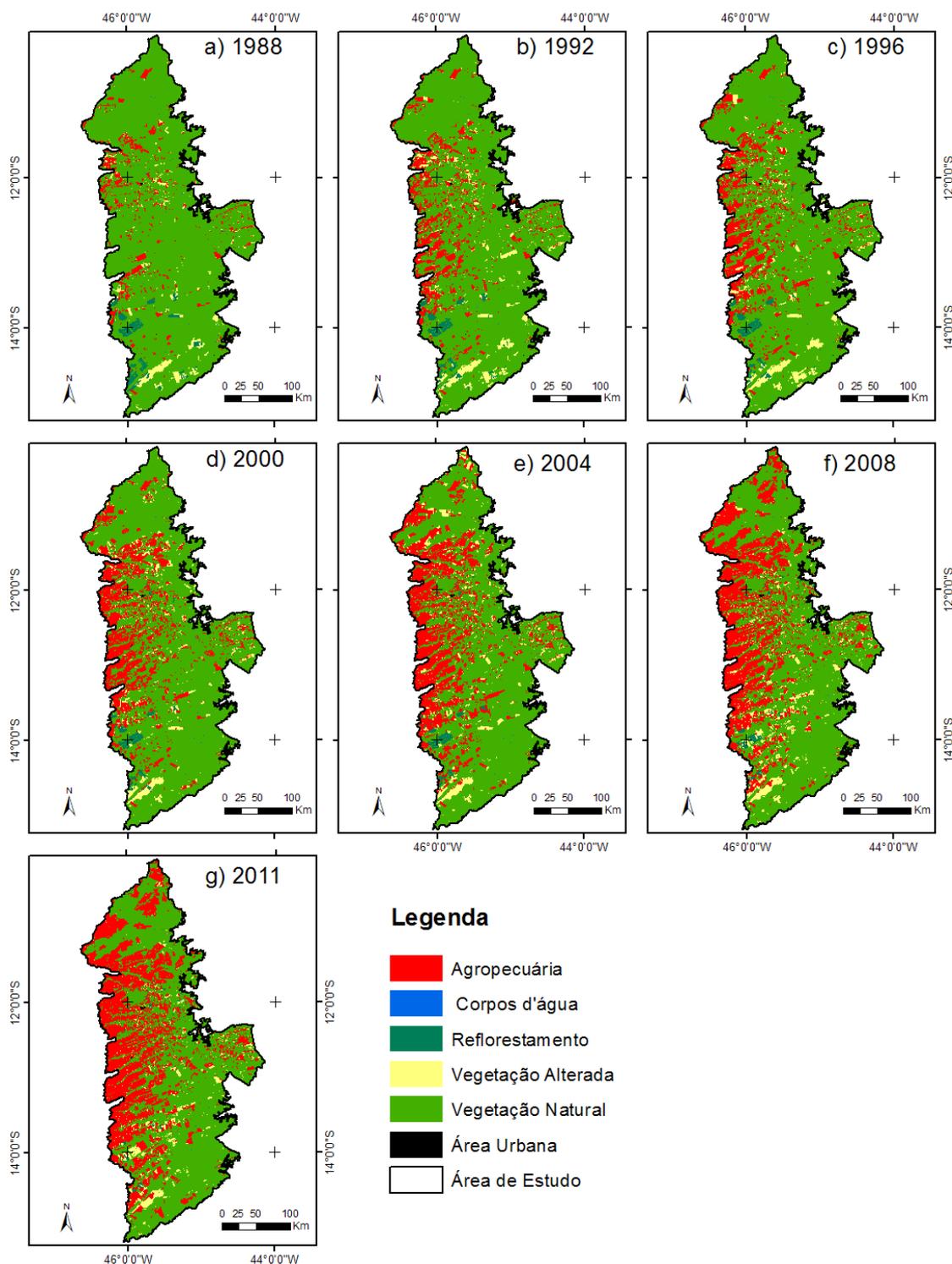


Fig. 3 - Evolução temporal do uso e cobertura da Terra obtida a partir da classificação manual das imagens TM/Landsat 5 do período de 1988 a 2011.

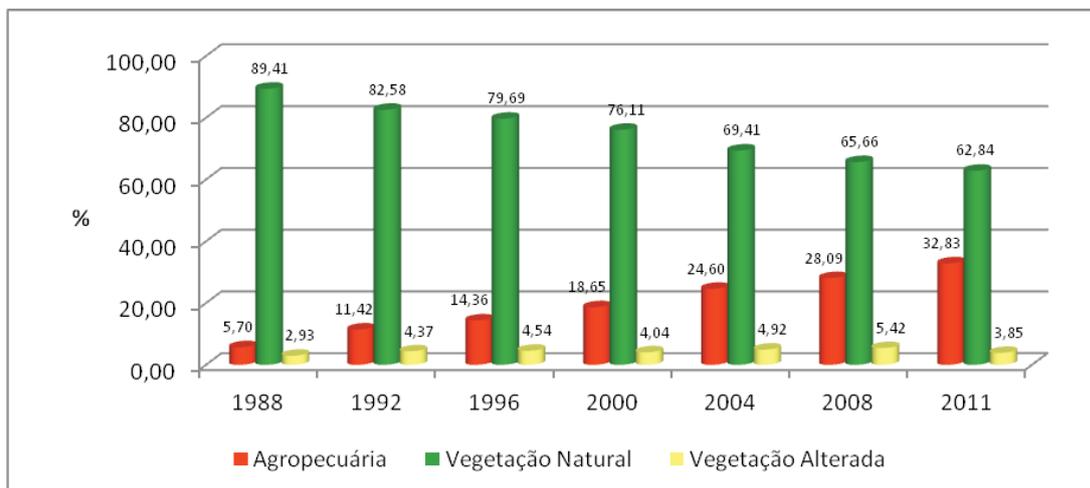


Fig. 4 - Gráfico com as porcentagens de área das classes: agropecuária, vegetação natural e vegetação alterada para a área de estudo.

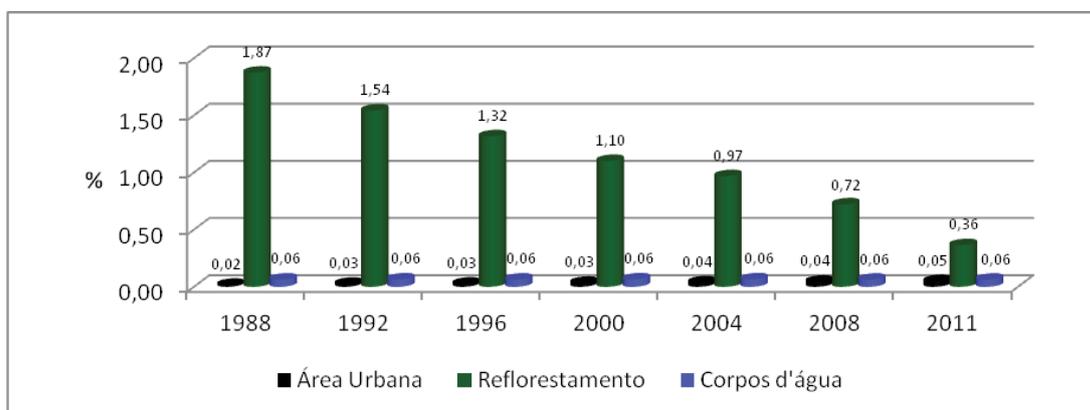


Fig. 5 - Gráfico com as porcentagens de área das classes: área urbana, reflorestamento e corpos d'água para a área de estudo.

Em contraposição à classe de vegetação natural, a agropecuária teve uma elevada taxa de crescimento (**Figura 4**). Em 1988 representava 5,70% da área de estudo, passando para 32,83% em 2011, com um aumento de área de 27,13%. Isto representou um incremento médio anual de 1,18%. No período de 1988 a 1992 houve um aumento de 5,72% na área da classe agropecuária (**Figura 6**). De 1992 a 1996 o ritmo de crescimento diminuiu para 2,94%. De 1996 a 2000 a área ocupada pela agropecuária aumentou para 4,29% e de 2000 a 2004 para 5,95%. No período de 2004 a 2008 houve uma redução para 3,50% e de 2008 a 2011 um aumento de 4,74%.

A vegetação alterada apresentou comportamento irregular ao longo do período (**Figura 4**). Em 1988 representava 2,93% da área total, subindo para 4,37% em 1992 e 4,54% em 1996. Em 2000 diminuiu para 4,04%, voltando a subir novamente para 4,92% em 2004 e 5,42%

em 2008. Em 2011 houve uma nova redução de área para 3,85%.

No período em análise, o reflorestamento teve uma redução de 1,51% em sua área total (**Figura 5**). Em 1988 representava 1,87% da área de estudo, valor que foi reduzindo ao longo do tempo para 1,54% em 1992, 1,32% em 1996, 1,10% em 2000, 0,97% em 2004, 0,72% em 2008 e 0,36% em 2011.

Proporcionalmente, a classe Área Urbana teve poucas alterações ao longo dos anos (**Figura 5**). Em 1988, representava 0,02% da área de estudo. Em 1992 aumentou para 0,03%, valor que permaneceu o mesmo até 2000. Em 2004 aumentou para 0,04%, permanecendo no mesmo patamar até 2008. Em 2011 aumentou para 0,05%.

E por fim, percentualmente, a classe corpos d'água não apresentou variações no período analisado (**Figura 5**).

3.2 Padrões das Áreas de Mudança

Os padrões de mudança da área de estudo estão apresentados nas **Figuras 6 e 7**. A **Figura 6** apresenta as mudanças ocorridas entre os períodos mapeados, enquanto a **Figura 7** sintetiza os intervalos de tempo a partir das datas de implantação dos principais programas para o desenvolvimento da fronteira agrícola do Oeste da Bahia. Até o ano de 1991, os principais programas de incentivo ao desenvolvimento da região estiveram voltados para a irrigação, redistribuição de terras, implantação de assentamentos rurais e estímulos financeiros, que inclui a agroindústria, indústria de insumos, máquinas, tratores e implementos agropecuários. Em 1991, a lei da política agrícola foi institucionalizada, ampliando-se as linhas de

crédito e a criação dos planos de safra. Em 2000-2001, o Governo do Estado da Bahia criou os programas de apoio ao agronegócio, em especial para o algodão e o café.

Observou-se que até no ano de 1992 a agropecuária representava 11,42% da área de estudo (863.327,30 ha) e concentrava-se na porção centro-oeste. Nos períodos seguintes, houve um avanço principalmente para as porções norte e sul, numa taxa de 7,23% (546.572,36 ha) de 1992 a 2000 e de 14,19% (1.072.733,31 ha) de 2000 a 2011. Verificou-se ainda, que na porção leste há uma área considerável sem a presença de agropecuária.

Os dados quantitativos das conversões das classes de uso e cobertura da Terra nos períodos analisados são apresentados nas **Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9**.

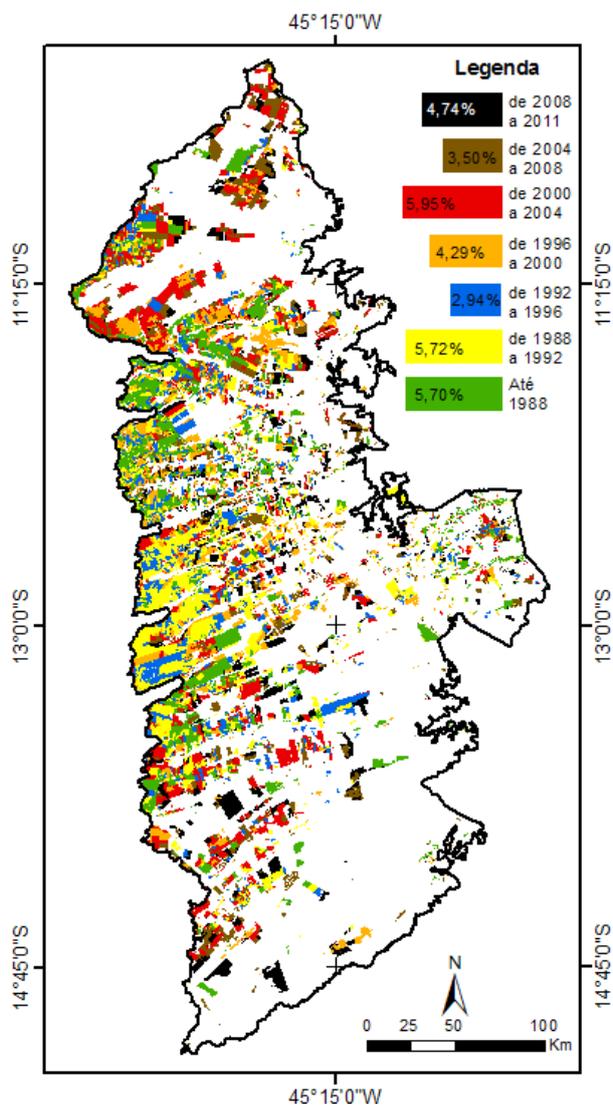


Fig. 6 - Mapa de detecção de mudança da agropecuária na área de estudo entre os períodos do mapeamento.

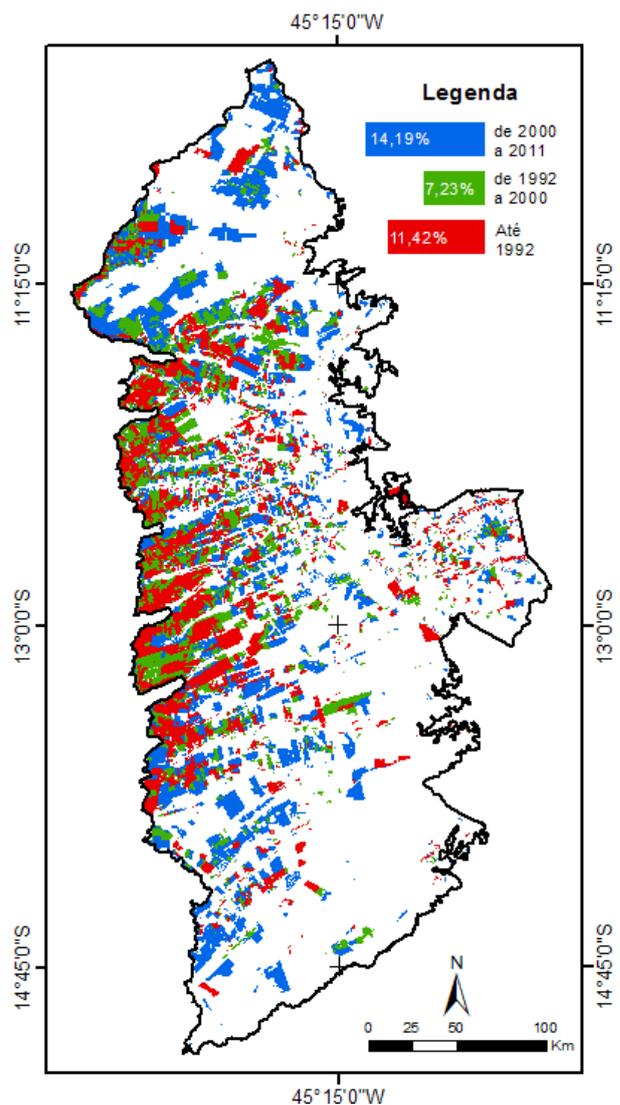


Fig. 7- Mapa de padrões das áreas de mudança da agropecuária na área de estudo.

Com exceção das áreas urbanas e corpos d'água, todas as demais classes tiveram parte de suas áreas convertidas em outros tipos de uso e cobertura da Terra.

A agropecuária teve áreas significativas convertidas em outras classes no período de 1988 a 2008, sendo que de 1992 a 1996 a conversão chegou a 10,49% (**Tabela 5**). Em todos os períodos analisados, a agropecuária foi convertida principalmente em vegetação alterada e vegetação natural. Por outro lado, a expansão das áreas de agropecuária ocorreu a partir das mudanças presentes nas classes de vegetação natural, vegetação alterada e reflorestamento. Portanto, o avanço da agropecuária na fronteira agrícola do Oeste da Bahia ocorreu tanto em áreas naturais de Cerrado quanto em áreas já ocupadas anteriormente.

A vegetação natural teve áreas significativas

convertidas em outras classes durante todo o período estudado, sendo que de 2000 a 2004 a conversão chegou a 10,43% (**Tabela 7**). As conversões foram principalmente para as classes de agropecuária e vegetação alterada. Com exceção das áreas urbanas, todas as demais classes tiveram áreas convertidas em vegetação natural.

A vegetação alterada e o reflorestamento tiveram as maiores taxas de conversão em todos os anos analisados (**Tabelas 4 a 9**). O reflorestamento foi convertido principalmente em vegetação alterada e agropecuária, enquanto que a classe de vegetação alterada foi convertida em agropecuária e vegetação natural.

Os corpos d'água tiveram comportamento irregular ao longo do tempo, sendo convertidos principalmente em vegetação natural e vegetação alterada.

Tabela 4: Detecção de mudança das classes de uso e cobertura da Terra de 1988 a 1992.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 1988 (%)					
		Agropecuária	Áreas Urbanas	Corpos d'água	Reflorestamento	Vegetação Alterada	Vegetação Natural
Classes em 1992 (%)	Agropecuária	91,04	0,00	0,00	0,17	14,86	6,48
	Áreas Urbanas	0,03	100,00	0,00	0,00	0,01	0,01
	Corpos d'água	0,00	0,00	99,86	0,00	0,00	0,01
	Reflorestamento	0,01	0,00	0,00	78,87	1,62	0,02
	Vegetação Alterada	5,20	0,00	0,09	20,82	67,29	1,91
	Vegetação Natural	3,72	0,00	0,05	0,14	16,23	91,57
Total da classe		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mudanças na Classe		8,97	0,00	0,14	21,13	32,72	8,42

Tabela 5 - Detecção de mudança das classes de uso e cobertura da Terra de 1992 a 1996.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 1992 (%)					
		Agropecuária	Áreas Urbanas	Corpos d'água	Reflorestamento	Vegetação Alterada	Vegetação Natural
Classes em 1996 (%)	Agropecuária	89,52	0,00	0,00	1,22	13,62	4,27
	Áreas Urbanas	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Corpos d'água	0,00	0,00	99,83	0,00	0,01	0,00
	Reflorestamento	0,04	0,00	0,00	81,82	0,56	0,03
	Vegetação Alterada	4,63	0,00	0,05	16,09	64,78	1,14
	Vegetação Natural	5,81	0,00	0,12	0,87	21,03	94,56
Total da classe		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mudanças na Classe		10,49	0,00	0,17	18,18	35,22	5,43

Tabela 6 - Detecção de mudança das classes de uso e cobertura da Terra de 1996 a 2000.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 1996 (%)					
		Agropecuária	Áreas Urbanas	Corpos d'água	Reflorestamento	Vegetação Alterada	Vegetação Natural
Classes em 2000 (%)	Agropecuária	91,81	0,00	0,01	3,25	20,29	5,64
	Áreas Urbanas	0,01	100,00	0,00	0,00	0,08	0,00
	Corpos d'água	0,00	0,00	99,51	0,00	0,01	0,01
	Reflorestamento	0,02	0,00	0,00	79,97	0,55	0,03
	Vegetação Alterada	3,03	0,00	0,11	12,68	41,33	1,96
	Vegetação Natural	5,13	0,00	0,39	4,10	37,74	92,36
Total da classe		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mudanças na Classe		8,19	0,00	0,51	20,03	58,67	7,64

Tabela 7 - Detecção de mudança das classes de uso e cobertura da Terra de 2000 a 2004.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 2000 (%)					
		Agropecuária	Áreas Urbanas	Corpos d'água	Reflorestamento	Vegetação Alterada	Vegetação Natural
Classes em 2004 (%)	Agropecuária	94,43	0,00	0,02	7,85	31,32	7,40
	Áreas Urbanas	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	Corpos d'água	0,00	0,00	99,64	0,00	0,02	0,01
	Reflorestamento	0,10	0,00	0,00	79,62	0,73	0,06
	Vegetação Alterada	2,30	0,00	0,13	10,67	52,35	2,96
	Vegetação Natural	3,17	0,00	0,21	1,86	15,58	89,56
Total da classe		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mudanças na Classe		5,57	0,00	0,36	20,38	47,65	10,43

Tabela 8 - Detecção de mudança das classes de uso e cobertura da Terra de 2004 a 2008.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 2004 (%)					
		Agropecuária	Áreas Urbanas	Corpos d'água	Reflorestamento	Vegetação Alterada	Vegetação Natural
Classes em 2008 (%)	Agropecuária	94,23	0,00	0,02	6,60	27,02	5,07
	Áreas Urbanas	0,01	100,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Corpos d'água	0,00	0,00	99,91	0,00	0,03	0,02
	Reflorestamento	0,15	0,00	0,00	64,23	0,61	0,05
	Vegetação Alterada	3,85	0,00	0,07	26,47	46,76	2,76
	Vegetação Natural	1,76	0,00	0,00	2,70	25,57	92,10
Total da classe		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mudanças na Classe		5,77	0,00	0,09	35,77	53,24	7,91

Tabela 9 - Detecção de mudança das classes de uso e cobertura da Terra de 2008 a 2011.

Dados em porcentagem (%)		Classes em 2008 (%)					
		Agropecuária	Áreas Urbanas	Corpos d'água	Reflorestamento	Vegetação Alterada	Vegetação Natural
Classes em 2011 (%)	Agropecuária	99,68	0,00	0,03	11,78	36,29	4,23
	Áreas Urbanas	0,01	100,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	Corpos d'água	0,00	0,00	99,96	0,00	0,00	0,00
	Reflorestamento	0,03	0,00	0,00	48,92	0,08	0,00
	Vegetação Alterada	0,06	0,00	0,00	39,24	59,77	0,48
	Vegetação Natural	0,22	0,00	0,01	0,06	3,85	95,29
Total da classe		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Mudanças na Classe		0,31	0,00	0,04	51,09	40,23	4,71

4. DISCUSSÕES

A dinâmica da ocupação da terra na fronteira agrícola do Oeste da Bahia sobre o Grupo Urucua está relacionada com a evolução das políticas públicas agrícolas e as variações na economia nacional e internacional (BRANNSTROM, 2005; MENKE *et al.*, 2009). Dentre os principais atores institucionais responsáveis pela criação e realização de ações que influenciaram no desenvolvimento da área em estudo, destacam-se:

- **Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio (MAIC)** - criado em 1909 tinha uma ampla gama de atuação. Ao longo dos anos teve várias alterações em seu nome e nas suas atribuições. Em 2001 a denominação passou a ser Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Atualmente é o órgão responsável pela gestão da política agrícola nacional.
- **Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE)** - criada em 1959 tinha uma vasta gama de atuação. Foi extinta em 2001 e substituída pela ADENE (Agência de Desenvolvimento do Nordeste). Em 2007 a ADENE foi extinta e recriou-se a SUDENE. Foi importante na expansão e modernização da infraestrutura de transportes e energia. Também atuou na implantação, ampliação e modernização de empreendimentos com base na concessão de incentivos de isenção total ou parcial do imposto de renda.
- **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)** - criada em

1973 contribuiu de forma decisiva para o domínio da tecnologia de manejo dos solos do Cerrado.

- **Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf)** - criada em 1974, tem como objetivo promover o desenvolvimento da região utilizando os recursos hídricos com ênfase na irrigação.
- **Companhia de Promoção Agrícola (CAMPO)** - criada em 1978, esta empresa tem o objetivo de desenvolver o potencial agrícola da região do Cerrado brasileiro.
- **Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Reforma Agrária, Pesca e Aquicultura da Bahia (Seagri)** - desvinculada da secretaria de Indústria e Comércio do governo da Bahia no início da década de 1980, atuou principalmente no desenvolvimento de programas voltados para a agropecuária, irrigação e agricultura familiar.
- **Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (AIBA)** - criada em 1990, atualmente possui mais de 1.300 associados. Atua na área de pesquisa e tecnologia.
- **Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA)** - criada em 1991 a partir da fusão entre a Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia (EPABA) e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Bahia (Emater-BA), atua principalmente na pesquisa e fomento da agropecuária e na assistência técnica e extensão rural.
- **Superintendência de Recursos Hídricos da**

Bahia (SRH) - criada em 1995 foi o órgão responsável pela outorga de uso da água para irrigação até o ano de 2008 quando foi substituída pelo Instituto de Gestão das Águas e Clima (INGÁ). Em 2011 a outorga de uso da água passou a ser de responsabilidade do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (Inema).

Ao longo do tempo, várias ações e programas contribuíram para o desenvolvimento da agropecuária na região da fronteira agrícola do Oeste da Bahia, destacando-se:

- **Institucionalização do crédito rural** - criado pela lei federal nº 4.829 de 5 de novembro de 1965, regulamenta o custeio, os investimentos, a comercialização e a industrialização de produtos agropecuários.
- **Programa de Redistribuição de Terras e de Estímulo à Agroindústria do Norte e do Nordeste (PROTERRA)** - criado pelo Decreto-lei nº 1.179 de 6 de julho de 1971, utilizava de incentivos fiscais para promover o acesso do homem à terra, criar melhores condições de emprego de mão-de-obra e fomentar a agroindústria.
- **Programa de Assistência Financeira à Agroindústria e a Indústria de Insumos, Máquinas, Tratores e Implementos Agropecuários (PAFAI)** - criado pelo governo federal em 1971, concedia créditos com juros diferenciados para ampliar a oferta de insumos, máquinas, tratores e implementos necessários ao setor rural, bem como oferecer condições de beneficiamento e industrialização dos produtos agropecuários das regiões abrangidas pelo PROTERRA.
- **Programa de Desenvolvimento da Agroindústria do Nordeste (PDAN)** - instituído pelo Conselho de Desenvolvimento Econômico em 1974, a sua execução ficou a cargo da SUDENE e do Banco do Nordeste, mediante taxas de juros subsidiadas.
- **Programa de Cooperação Nipo-Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER)** - criado em 1978 por meio de um acordo de cooperação entre o Brasil e o Japão é coordenado pela Companhia de Promoção Agrícola (CAMPO). Na região do Oeste da Bahia, a segunda etapa deste projeto (PRODECER II) foi desenvolvida no município de Formosa do Rio Preto, que em 1985 iniciou a implantação de assentamentos rurais.
- **Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (PROFIR)** - criado pelo Decreto federal nº 86.912, de 10 de fevereiro de 1982, tinha como objetivo principal aumentar a produção e a produtividade da agricultura nacional de alimentos básicos. Foi executado por intermédio de linha especial de financiamento à aquisição e à implantação de equipamentos de irrigação.
- **Programa Nacional de Irrigação (PRONI)** - criado pelo Decreto federal nº 92.395 de 12 de fevereiro de 1986 tinha o objetivo de executar a Política Nacional de Irrigação. O decreto de criação deste programa foi revogado em fevereiro de 1991.
- **Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE)** - criado pelo Decreto federal nº 92.344 de 29 de janeiro de 1986, foi implementado pela SUDENE.
- **Instituição da política agrícola** - institucionalizada pela lei federal nº 8.171 de 17 de janeiro de 1991, suas ações concentram-se em três linhas de atuação: gestão do risco rural, crédito e comercialização. Esta lei estabelece ainda a criação dos planos de safra, que com o passar do tempo, adquiriram montantes significativos de recursos financeiros.
- **Programa de Investimento para Modernização da Agricultura Baiana (AGRINVEST)** - criado pelo Decreto estadual nº 7.749 de 21 de janeiro de 2000 tem o objetivo de fomentar projetos dos setores agropecuário, agroindustrial e pesqueiro. Através deste Programa, o Governo da Bahia assume o pagamento de 50% dos custos financeiros dos financiamentos, durante o período de carência, limitados a 6% ao ano.
- **Programa de Desenvolvimento da Cafeicultura do Oeste do Estado da Bahia (PRODECAF)** - criado em 2000 pelo governo do estado da Bahia, tem o objetivo de desenvolver ações integradas de assistência técnica, gerencial e de crédito.
- **Programa de Incentivo ao Algodão na Região Oeste do Estado da Bahia (PROALBA)** - criado pela lei estadual

nº 7.932 de 19 de setembro de 2001 tem o objetivo de recuperar e desenvolver a cultura do algodão no território baiano, em especial quanto à modernização tecnológica. Este programa concede a redução de até 50% do ICMS incidente sobre o valor da comercialização do algodão em pluma, desde que o produtor obedeça a critérios de manejo da lavoura e qualidade da produção, pré-estabelecidos.

A detecção das mudanças no uso e cobertura da Terra na fronteira agrícola do Oeste da Bahia entre os anos de 1988 e 2011 demonstrou o resultado das ações e programas de incentivo agrícola, que proporcionaram um aumento das áreas de agropecuária e a redução das áreas de vegetação natural (**Figuras 3 e 4**). Além disso, as áreas de agropecuária, que inicialmente ocorriam de forma esparsa na paisagem, com o tempo, progrediram para extensas manchas contínuas, onde inexistem áreas naturais preservadas em seu interior (**Figuras 3 e 7**). Outro aspecto importante é que em termos de área total, o avanço da agropecuária se deu principalmente sobre as áreas de vegetação natural, compostas predominantemente por Cerrado nativo (SANTANA *et al.*, 2010).

As ações e programas, em especial o PROFIR (implementado em 1982), PRONI e PROINE (implementados em 1986), também contribuíram para o aumento das áreas de irrigação na região da fronteira agrícola do Oeste da Bahia. No município de Barreiras, o número de pivôs centrais passou de 9 em 1988 para 302 em 2008, o que corresponde a cerca de 3,87% de sua área total (FLORES *et al.*, 2012). O município de Luís Eduardo Magalhães não possuía nenhum pivô central em 1987 e em 2008 possuía 126, o que corresponde a aproximadamente 3% de sua área total (MENKE *et al.*, 2009). O aumento no número de pivôs centrais também foi identificado nos municípios de São Desidério (SPAGNOLO *et al.*, 2012) e Correntina (PINHEIRO, 2012), que passaram de 8 e 2 pivôs centrais em 1988 para 254 e 56 em 2008, respectivamente.

Os dados oficiais do IBGE sobre a área plantada e a quantidade produzida para o algodão herbáceo em caroço, milho, soja, arroz, café e

feijão no período 1990-2012 demonstram os impactos de todos esses programas de incentivos fiscais e de linhas de crédito na expansão das áreas agrícolas (**Figuras 8, 9, 10 e 11**).

A área plantada de soja passou de 195.000 hectares em 1990 para 1.109.707 hectares em 2012 (**Figura 8**). A quantidade produzida também evoluiu no período, passando de 220.402 toneladas em 1990 para 3.204.038 toneladas em 2012 (**Figura 9**).

O crescimento da área plantada de algodão herbáceo em caroço foi mais acentuado a partir do ano de 2000 (**Figura 8**), após a criação dos programas AGRINVEST e PROALBA. Em 1990 eram apenas 761 hectares, em 1999 eram 14.000 hectares e em 2012 alcançou os 382.926 hectares. A quantidade produzida passou de 1.284 toneladas em 1988 para 1.244.971 toneladas em 2012 (**Figura 9**). Os dados do IBGE (2014) indicam que em 2012 o valor da produção do algodão foi de dois bilhões e setecentos milhões de reais, valor superior ao da soja.

A área plantada de milho apresenta pequenas variações ao longo do período analisado, mas em termos gerais, o crescimento foi quase constante, passando de 15.853 hectares em 1990 para 163.544 hectares em 2012 (**Figura 8**). A quantidade produzida aumentou de 20.476 toneladas em 1990 para 1.749.247 toneladas em 2012 (**Figura 9**).

O Programa de Desenvolvimento da Cafeicultura do Oeste do Estado da Bahia (PRODECAF) contribuiu para a ampliação e consolidação das áreas de plantio de café (**Figura 10**). De 1990 a 1995 não havia registro de área plantada na região. Em 1996 surgiram 100 hectares, passando para 7.215 hectares em 1999 e 13.144 hectares em 2012. A quantidade produzida apresenta variações ao longo do período, sendo que em 2012 foi de 30.883 toneladas (**Figura 11**).

A área plantada de feijão também teve variações no período analisado (**Figura 10**). Em 1990 eram 11.053 hectares. Em 1993 aumentou para 41.815 hectares. No período de 1994 a 2007 há uma redução significativa na área plantada, que volta a crescer em 2008. A quantidade produzida acompanha as oscilações da área plantada (**Figura 11**).

Em sentido contrário, a área plantada de arroz teve redução no período analisado (**Figura 10**). Em 1990 eram 24.017 hectares, aumentando para 67.285 hectares em 1992. A partir de 1992

inicia-se a redução na área plantada, restando 11.896 hectares em 2012. A quantidade produzida teve uma das maiores variações dentre as culturas analisadas (**Figura 11**).

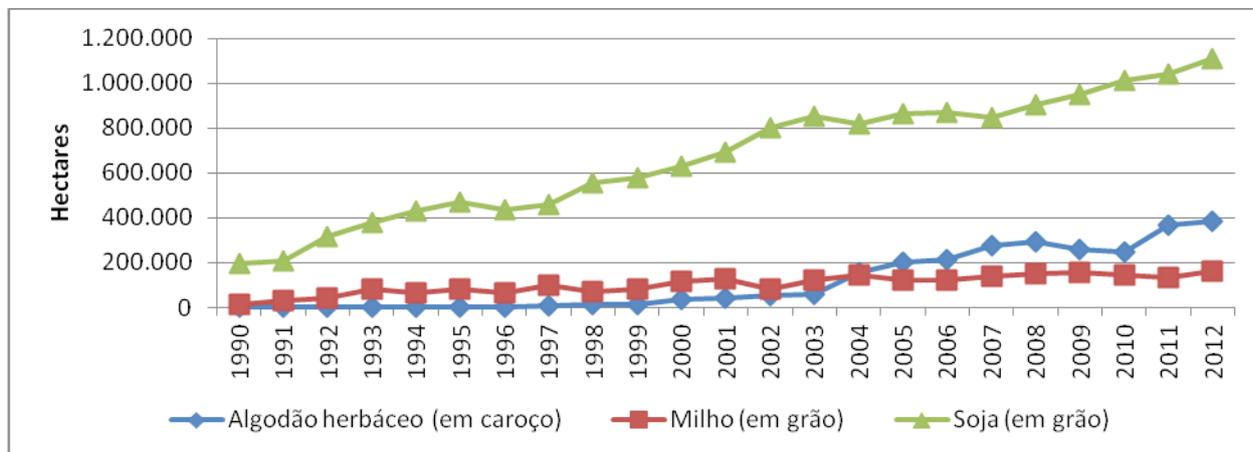


Fig. 8 - Área plantada de algodão, milho e soja na área de estudo de 1990 a 2012. Fonte: IBGE, 2014.

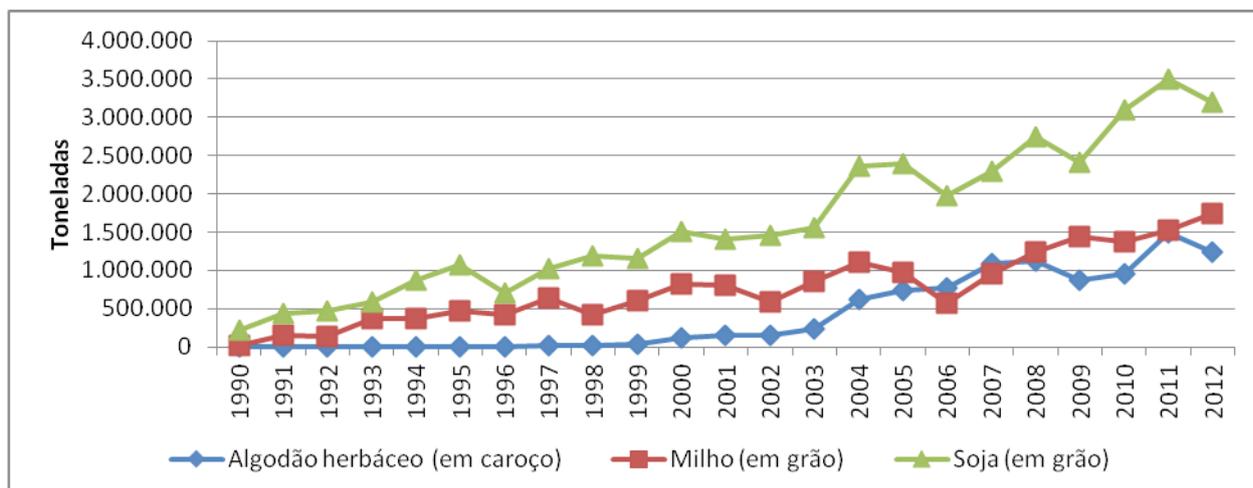


Fig. 9 - Quantidade produzida de algodão, milho e soja na área de estudo de 1990 a 2012. Fonte: IBGE, 2014.

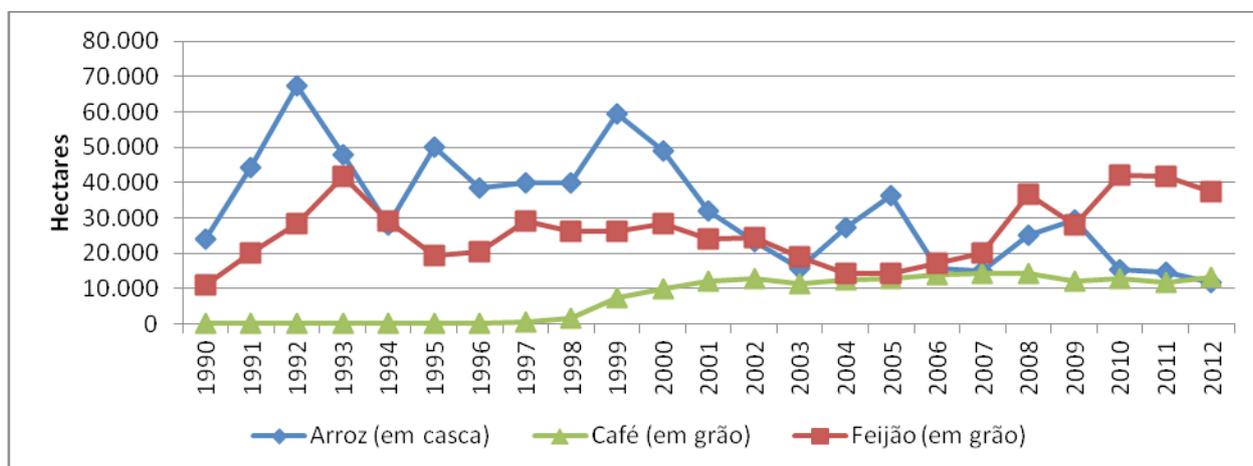


Fig. 10 - Área plantada de arroz, café e feijão na área de estudo de 1990 a 2012. Fonte: IBGE, 2014.

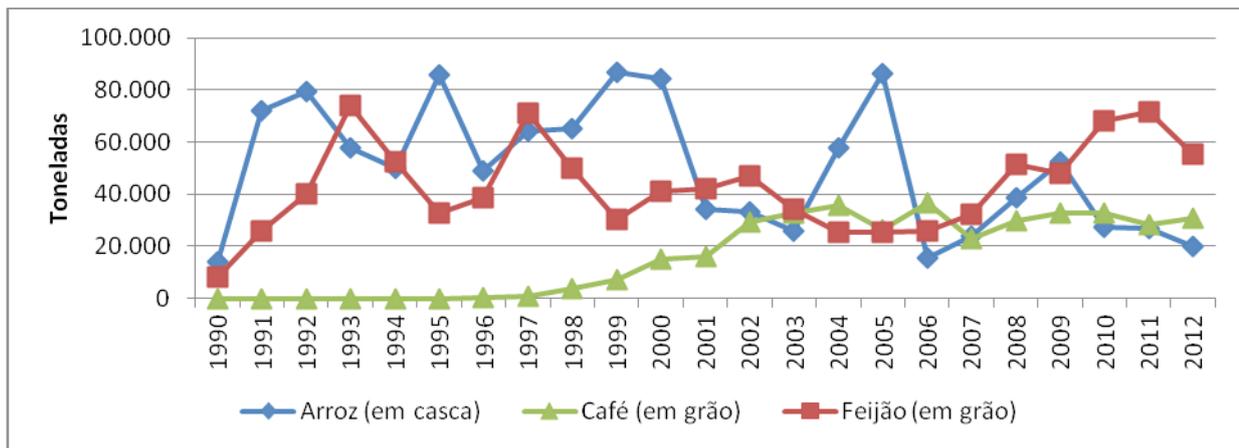


Fig. 11 - Quantidade produzida de arroz, café e feijão na área de estudo de 1990 a 2012. Fonte: IBGE, 2014.

Por fim, cabe destacar, que a região da fronteira agrícola do Oeste da Bahia sobre o Grupo Urucuia ainda possui áreas significativas de vegetação natural, que é composta principalmente por Cerrado nativo (**Figuras 3 e 4**). Entretanto, a rápida expansão das atividades agropecuárias pode comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas locais e a recarga do Sistema Aquífero Urucuia.

Segundo Gaspar *et al.* (2007) além de regular a vazão dos afluentes da margem esquerda do médio rio São Francisco e das nascentes dos tributários da margem direita do rio Tocantins na borda ocidental da Serra Geral de Goiás, a água subterrânea do Sistema Aquífero Urucuia tem sido progressivamente procurada como fonte de abastecimento, haja vista a baixa densidade de drenagem da região e a crescente demanda de água para o suprimento das sedes de fazendas, vilarejos e projetos de irrigação.

Diante disso, faz-se necessário a realização de novos estudos para avaliar a situação das unidades de conservação, das áreas de preservação permanente e do nível de fragmentação do Cerrado. Estes estudos podem auxiliar na proposição de corredores ecológicos locais e regionais, contribuindo assim, para a manutenção da biodiversidade local e para a preservação das áreas de recarga do Sistema Aquífero Urucuia.

5. CONCLUSÃO

A detecção de mudança por meio do método de pós-classificação permitiu a caracterização e a

descrição da evolução do uso e cobertura da Terra na área de estudo. Os procedimentos adotados permitiram a obtenção e monitoramento de seis classes de uso e cobertura da Terra: agropecuária, áreas urbanas, corpos d'água, reflorestamento, vegetação alterada e vegetação natural. No período analisado, as maiores mudanças ocorreram nas classes de vegetação natural (com redução de 26,57% em sua área de ocorrência) e agropecuária (com crescimento de 27,13%).

A análise das mudanças demonstrou alterações internas nas classes de agropecuária, reflorestamento, vegetação alterada e vegetação natural entre os períodos estudados, onde parte de suas áreas foram convertidas em outros tipos de uso e cobertura da Terra.

A expansão da agropecuária, impulsionada pelo surgimento de programas de linhas de crédito e de incentivos fiscais, ocorreu principalmente sobre as áreas de Cerrado nativo, formando extensas manchas contínuas de uso da terra onde inexistia vegetação natural preservada em seu interior.

A análise dos dados do IBGE sobre a área plantada e a quantidade produzida no período de 1990 a 2012 indica que os principais produtos agrícolas da área de estudo são a soja, o algodão e o milho.

Destaca-se ainda, que os polígonos gerados poderão ser retrabalhados posteriormente, o que permitirá a atualização constante do monitoramento do uso e cobertura da Terra na fronteira agrícola do Oeste da Bahia sobre o Grupo Urucuia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos seguintes financiadores: Instituto Federal de Brasília (IFB) pela concessão de licença remunerada ao autor Sandro Nunes de Oliveira; ao CNPq pelo financiamento das bolsas de pesquisa aos autores Osmar Abílio de Carvalho Júnior, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, Renato Fontes Guimarães e Éder de Souza Martins. Em especial os autores agradecem ao Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais (LSIE) da Universidade de Brasília (UnB), a Aline Brignol Menke, Aracelly dos Santos Castro, Bruno Pimenta Guimarães, Fabiana de Oliveira Hessel, Luana Cristine da Silva Jardim Pinheiro, Pedro Maury Flores, Rosana Sumiya Gurgel e Thiago Felipe de Oliveira Spagnolo pelo fornecimento dos dados do mapeamento do uso e cobertura da Terra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABELSON, P. H.; ROWE, J. W. A new agricultural frontier. **Science**, v. 235, p. 1450-1451, 1987.
- ADAMS, J. B.; SABOL, D. E.; KAPOV, V.; ALMEIDA FILHO, R.; ROBERTS, D. A.; SMITH, M. O.; GILLESPIE, A. R. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers: Application to land-cover change in the Brazilian Amazon. **Remote Sensing of Environment**, v. 52, p. 137-154, 1995.
- BATISTELLA, M.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E.; VIEIRA, H. R.; VALLADARES, G. S.; MANGABEIRA, J. A. C.; ASSIS, M. C. **Monitoramento da expansão agropecuária na região Oeste da Bahia**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2002. 40 p. (Documentos, 20).
- BOVOLO, F.; BRUZZONE, L. A theoretical framework for unsupervised change detection based on change vector analysis in the Polar Domain. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 45, p. 218-236, 2007.
- BRANNSTROM, C. Environmental policy reform on north-eastern Brazil's agricultural frontier. **Geoforum**, v. 36, p. 257-271, 2005.
- BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; FILIPPI, A. M.; REDO, D.; XU, Z.; GANESH, S. Land change in the Brazilian Savanna (Cerrado), 1986–2002: Comparative analysis and implications for land-use policy. **Land Use Policy**, v. 25, p. 579-595, 2008.
- CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE M. A. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana: uma revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, p. 269-282, 1997a.
- CAMPOS, J. E. G.; DARDENNE M. A. Origem e evolução tectônica da Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 27, p. 283-294, 1997b.
- CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GILLESPIE, A. R.; SILVA, N. C.; GOMES, R. A. T. A new approach to change vector analysis using distance and similarity measures. **Remote Sensing**, v. 3, p. 2473-2493, 2011.
- CASTRO, A. S.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S. Análise da dinâmica da paisagem no município de Formosa do Rio Preto (BA). **Espaço & Geografia**, v. 16, p. 307-323, 2013.
- DENG, J. S.; WANG, K.; DENG, Y. H.; QI, G. J. PCA-based land-use change detection and analysis using multitemporal and multisensor satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, p. 4823-4838, 2008.
- ELMORE, A. J.; MUSTARD, J. F.; MANNING, S. J.; LOBELL, D. B. Quantifying vegetation change in semiarid environments: Precision and accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index. **Remote Sensing of Environment**, v. 73, p. 87-102, 2000.
- FERREIRA, L. G.; FERNANDEZ, L. E.; SANO, E. E.; FIELD, C.; SOUSA, S. B.; ARANTES, A. E.; ARAÚJO, F. M. Biophysical properties of cultivated pastures in the Brazilian Savanna Biome: An analysis in the spatial-temporal domains based on ground and satellite data. **Remote Sensing**, v. 5, p. 307-326, 2013.
- FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; MARQUES, M. L.; TINÓS, T. M. Comparação entre técnicas de classificação digital de imagens para detecção

- de mudanças do uso e cobertura da terra. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 62, p. 613-627, 2010.
- FLORES, P. M.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T. Análise multitemporal da expansão agrícola no município de Barreiras - Bahia (1988 - 2008). **Campo - Território**, v. 7, p. 1-19, 2012.
- FULLER, R. M.; SMITH, G. M.; DEVEREUX, B. J. The characterisation and measurement of land cover change through remote sensing: problems in operational applications? **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 4, p. 243-253, 2003.
- FUNG, T.; LEDREW, E. Application of principal components analysis to change detection. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 53, p. 1649-1658, 1987.
- GASPAR, M. T. P.; CAMPOS, J. E. G. O Sistema Aquífero Urucuia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, p. 216-226, 2007.
- GUIMARÃES, B. P. **Análise multitemporal do uso e ocupação do solo no município de Baianópolis (BA)**. 51f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- GURGEL, R. S.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; GUIMARAES, R. F.; MARTINS, E. S. Relação entre a evolução do uso da terra com as unidades geomorfológicas no município de Riachão das Neves (BA). **GeoTextos**, v. 9, p. 177-201, 2013.
- HEALEY, S. P.; YANG, Z.; COHEN, W. B.; PIERCE, D. J. Application of two regression-based methods to estimate the effects of partial harvest on forest structure using Landsat data. **Remote Sensing of Environment**, v. 101, p. 115-126, 2006.
- HESEL, F. O.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; GUIMARÃES, R. F. Dinâmica e sucessão dos padrões da paisagem agrícola no município de Cocos (Bahia). **RA'E GA**, v. 26, p. 128-156, 2012.
- HOWARTH, P. J.; WICKWARE, G. M. Procedures for change detection using Landsat digital data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 2, p. 277-291, 1981.
- HUDAK, A. T.; WESSMAN, C. A. Deforestation in Mwanza District, Malawi, from 1981 to 1992, as determined from Landsat MSS imagery. **Applied Geography**, v. 20, p. 155-175, 2000.
- HUIPING, Z.; HONG, J.; QINGHUA, H. Landscape and water quality change detection in Urban Wetland: A post-classification comparison method with IKONOS data. **Procedia Environmental Sciences**, v. 10, p. 1726-1731, 2011.
- HUZUI, A. E.; CĂLIN, I.; PĂTRU-STUPARIU, I. Spatial pattern analyses of landscape using multi-temporal data sources. **Procedia Environmental Sciences**, v. 14, p. 98-110, 2012.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Agrícola Municipal - 2012**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=27&i=P>>. Acesso em: 11 agosto 2014.
- IGARASHI, T. Alos mission requirement and sensor specifications. **Advances in Space Research**, v. 28, p. 127-131, 2001.
- JASINSKI, E.; MORTON, D.; DEFRIES, R.; SHIMABUKURO, Y.; ANDERSON, L.; HANSEN, M. Physical landscape correlates of the expansion of mechanized agriculture in Mato Grosso, Brazil. **Earth Interactions**, v. 9, p. 1-18, 2005.
- JAXA. JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY. **ALOS product format description (PRISM)**. 2006. Disponível em: <http://www.ga.gov.au/webtemp/image_cache/GA10285.pdf>. Acesso em: 19 agosto 2014.
- JENSEN, J. R.; COWEN, D. J.; ALTHAUSEN, J. D.; NARUMALANI, S.; WEATHERBEE, O. An evaluation of Coastwatch change detection protocol in South Carolina. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 59, p. 1039-1046, 1993.
- KENNEDY, R. E.; COHEN, W. B.; SCHROEDER, T. A. Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics. **Remote Sensing of Environment**, v. 110, p. 370-386, 2007.

- LAMBIN, E. F. Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues. **Global Ecology and Biogeography**, v. 8, p. 191-198, 1999.
- LIU, D.; SONG, K.; TOWNSHEND, J. R. G.; GONG, P. Using local transition probability models in Markov random fields for forest change detection. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, p. 2222-2231, 2008.
- LIU, H.; ZHOU, Q. Accuracy analysis of remote sensing change detection by rule-based rationality evaluation with post-classification comparison. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, p. 1037-1050, 2004.
- LOVELAND, T. R.; SOHL, T. L.; STEHMAN, S. V.; GALLANT, A. L.; SAYLER, K. L.; NAPTON, D. E. A strategy for estimating the rates of recent United States land-cover changes. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 68, p. 1091-1099, 2002.
- LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDÍZIO, E.; MORAN, E. Change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 25, p. 2365-2407, 2003.
- MAS, J. F. Monitoring land-cover changes: a comparison of change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, v. 20, p. 139-152, 1999.
- MENKE, A. B.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; MARTINS, E. S.; OLIVEIRA, S. N. Análise das mudanças do uso agrícola da terra a partir de dados de sensoriamento remoto multitemporal no município de Luís Eduardo Magalhães (BA - Brasil). **Sociedade & Natureza**, v. 21, p. 315-326, 2009.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Monitoramento do Bioma Cerrado 2009 - 2010**. Brasília, 2011. 65p.
- NASA. NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Landsat 5**. 2014. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/?p=3217>>. Acesso em: 19/08/2014.
- NEPSTAD, D. C.; KLINK, C. A.; UHL, C.; VIEIRA, I. C.; LEFEBVRE, P.; PEDLOWSKI, M.; MATRICARDI, E.; NEGREIROS, G.; BROWN, I. F.; AMARAL, E.; HOMMA, A.; WALKER, R. Land-use in Amazonia and the Cerrado of Brazil. **Ciência e Cultura**, v.49, p. 73-86, 1997.
- PINHEIRO, L. C. S. J. **Análise multitemporal da dinâmica do uso e cobertura da terra no município de Correntina - BA**. 2012. 66f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.
- QIN, D.; JIANWEN; M.; YUN, O. Y. Remote sensing data change detection based on the CI test of Bayesian networks. **Computers & Geosciences**, v. 32, p. 195-202, 2006.
- RAFIEE, R.; MAHINY, A. S.; KHORASANI, N. Assessment of changes in urban green spaces of Mashad city using satellite data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.11, p. 431-438, 2009.
- RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, v. 80, p. 223-230, 1997.
- SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010.
- SANO, E. E.; SANTOS, C. C. M.; SILVA, E. M.; CHAVES, J. M. Fronteira agrícola do Oeste Baiano: considerações sobre os aspectos temporais e ambientais. **Geociências**, v. 30, p. 479-489, 2011.
- SANTANA, J. M. A. **O Estado e a organização espacial do Oeste Baiano**. 2008. 114f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.
- SANTANA, O. A.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; CARDOSO, W. S.; MARTINS, E. S.; PASSO, D. P.; GUIMARÃES, R. F. Distribuição de espécies vegetais nativas em distintos macroambientes na região do oeste da Bahia. **Espaço & Geografia**, v. 13, p. 181-223, 2010.
- SAUNIER, S.; GORYL, P.; CHANDER, G.; SANTER, R.; BOUVET, M.; COLLET, B.; MAMBIMBA, A.; AKSAKAL, S. K. Radiometric, geometric, and image quality assessment of ALOS AVNIR-2 and PRISM sensors. **IEEE Transactions on Geoscience**

- and Remote Sensing**, v. 48, p. 3855-3866, 2010.
- SILVA, J. M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a Tropical Savanna Hotspot. **BioScience**, v. 52, p. 225-233, 2002.
- SILVA, N. C.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; ROSA, A. N. C. S.; GUIMARÃES, R. F.; Gomes, R. A. T. Change detection software using self-organizing feature maps. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 30, p. 505-518, 2012.
- SINGH, A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 10, p. 989-1003, 1989.
- SOLIMAN, G.; SOUSSA, H. Wetland change detection in Nile swamps of southern Sudan using multitemporal satellite imagery. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 5, 2011.
- SPAGNOLO, T. F. O.; GOMES, R. A. T.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; MARTINS, E. S.; COUTO JÚNIOR, A. F. Dinâmica da expansão agrícola do município de São Desidério-BA entre os anos de 1984 a 2008, importante produtor nacional de soja, algodão e milho. **Geo UERJ**, v. 2, p. 603-618, 2012.
- SPIGOLON, A. L. D.; ALVARENGA, C. J. S. Fácies e elementos arquiteturas resultantes de mudanças climáticas em um ambiente desértico: Grupo Urucua (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, p. 579-586, 2002.
- TURAZI, C. M. V.; CARVALHO, A. P. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Emprego da metodologia de detecção de mudanças a partir de mistura espectral no projeto de assentamento Americana, município de Grão Mogol-MG. **Espaço & Geografia**, v. 12, p. 151-183, 2009.
- VAN DE VOORDE, T.; DE GENST, W.; CANTERS, F. Improving pixel-based VHR land-cover classifications of urban areas with post-classification techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 73, p. 1017-1027, 2007.
- YUAN, F.; SAWAYA, K. E.; LOEFFELHOLZ, B. C.; BAUER, M. E. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan area by multitemporal Landsat remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 98, p. 317-328, 2005.