



**RELATÓRIO TÉCNICO**  
**PLANO DE TRABALHO - PRODUTO I**

**PROJETO BRA/14/G32 - MANEJO DO USO SUSTENTÁVEL DA TERRA NO SEMIÁRIDO  
DO NORDESTE BRASILEIRO (SERGIPE)**

***TERMO DE REFERÊNCIA – RC 29470***

***CONTRATO N.º BRA10-34362***

***“ESTUDO APRIMORAMENTO SAP - DETECÇÃO DE MUDANÇA DE USO DO SOLO PARA  
SERGIPE”***

CONSULTOR: Alexandre Augusto Barbosa

**Junho/2016**

## SUMÁRIO

	<b>Pag.</b>
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	2
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. MATERIAIS E MÉTODOS	2
3.1 ÁREA DE ESTUDO	2
3.2 DADOS	3
3.2.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE	4
3.2.2 DETECÇÃO DE MUDANÇAS	6
3.2.3 ETAPAS DE PROCESSAMENTO	8
4. RESULTADOS E PRODUTOS	11
5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	11
6. BIBLIOGRAFIA	12

### FIGURAS

FIGURA 1 – ÁREA DE ESTUDO	3
FIGURA 2 – COBERTURA DAS CENAS LANDSAT	4
FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO PROCESSO DE DETECÇÃO DE MUDANÇAS	10

### TABELAS

TABELA 1 – LISTAGEM DAS IMAGENS UTILIZADAS	5
TABELA 2 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO	11

## 1. INTRODUÇÃO

O Projeto BRA/14/G32 – Manejo de Uso Sustentável de Terras no Semiárido do Nordeste Brasileiro (Sergipe) aborda a desertificação no Estado do Sergipe, localizado no Nordeste brasileiro, com vista a intensificar toda a região do semiárido. Ele foi pensado com o objetivo de aperfeiçoar e coordenar os programas e políticas existentes para o manejo sustentável da terra, revertendo a degradação da terra em um Estado onde 74,2% é de áreas susceptíveis à desertificação (ASD) e com apenas 13% da vegetação original da Caatinga remanescente.

Segundo dados da *Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe*, a região é marcada pela degradação da cobertura florestal e é inevitável deixar de relacioná-la com os modos de produção destacando-se: práticas agrícolas inadequadas, o pastoreio excessivo, o desmatamento, a destruição de áreas com vegetação nativa e, conseqüentemente, o desaparecimento de muitas espécies animais e vegetais, colocando-se em questão a própria capacidade de uso da terra e dos recursos para a manutenção das atividades produtivas e garantia de serviços ambientais.

Conforme relatado em Fernandes (2015), ainda há escassez de estudos sobre as alterações no uso e na cobertura da terra na região semiárida de Sergipe. Dessa forma, é de suma importância estudos voltados para essa região buscando avaliar a situação da cobertura vegetal, de forma a produzir base científica para subsidiar o entendimento dos processos de desmatamento e a definição de políticas públicas bem como, de diretrizes para o uso sustentável dos biomas nesse Estado.

Visando contribuir com os estudos que estão sendo realizados na região, está sendo proposto no presente trabalho analisar o processo de degradação/desertificação por meio de técnicas de detecção de mudança que irão permitir monitorar áreas em constante processo de degradação e também verificar áreas que podem estar sofrendo processo de regeneração. Para isso, será adaptada a abordagem proposta por Maldonado (2004), quando desenvolveu a técnica da Rotação Radiométrica Controlada por Eixo de Não Mudança (RCEN) a partir da modificação da Análise das Componentes Principais (ACP). A inovação da RCEN em relação à ACP é que ela aumenta a eficiência da detecção de mudanças, pois possibilita o maior controle do ângulo de rotação derivado da análise bi-temporal das imagens. O método já foi aplicado em várias regiões, por vários autores (Graça, 2005; Maldonado et al. 2007; Graça et al. 2009; Santos et al. 2009; Arasato et al. 2012; Pavanelli 2015 entre outros), apresentando ótimos resultados no mapeamento da degradação, desmatamento e regeneração em diferentes ambientes como caatinga, mata atlântica, floresta amazônica e savana.

## *2. OBJETIVO*

Este trabalho tem como objetivo o aprimoramento do Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação – SAP, incorporando a detecção de mudança de uso do solo para o Estado de Sergipe, principalmente nas áreas sujeitas a severa Degradação da Terra - DT do Alto Sertão de Sergipe – ASS, tendo como subsídio o sensoriamento remoto.

### *2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- Elaborar e desenvolver metodologia para a aplicação de detecção de mudança de uso da terra no Estado de Sergipe, principalmente nas áreas sujeitas a severa degradação de terra do Alto Sertão de Sergipe.

- Elaborar o mapeamento resultante da detecção de mudança para as classes natural e antrópica, contendo a análise de áreas que se mantiveram inalteradas e daquelas que mostraram a degradação ou regeneração.

## *3. MATERIAIS E MÉTODOS*

### *3.1 ÁREA DE ESTUDO*

A área de estudo refere-se ao Estado de Sergipe, localizado na região Nordeste do Brasil, situada na faixa próxima à zona equatorial (Latitudes 09° 30' a 11° 35' Sul e Longitudes 36° 20' a 38° 15' Oeste), com extensão de aproximadamente 21.918,493 km<sup>2</sup>.

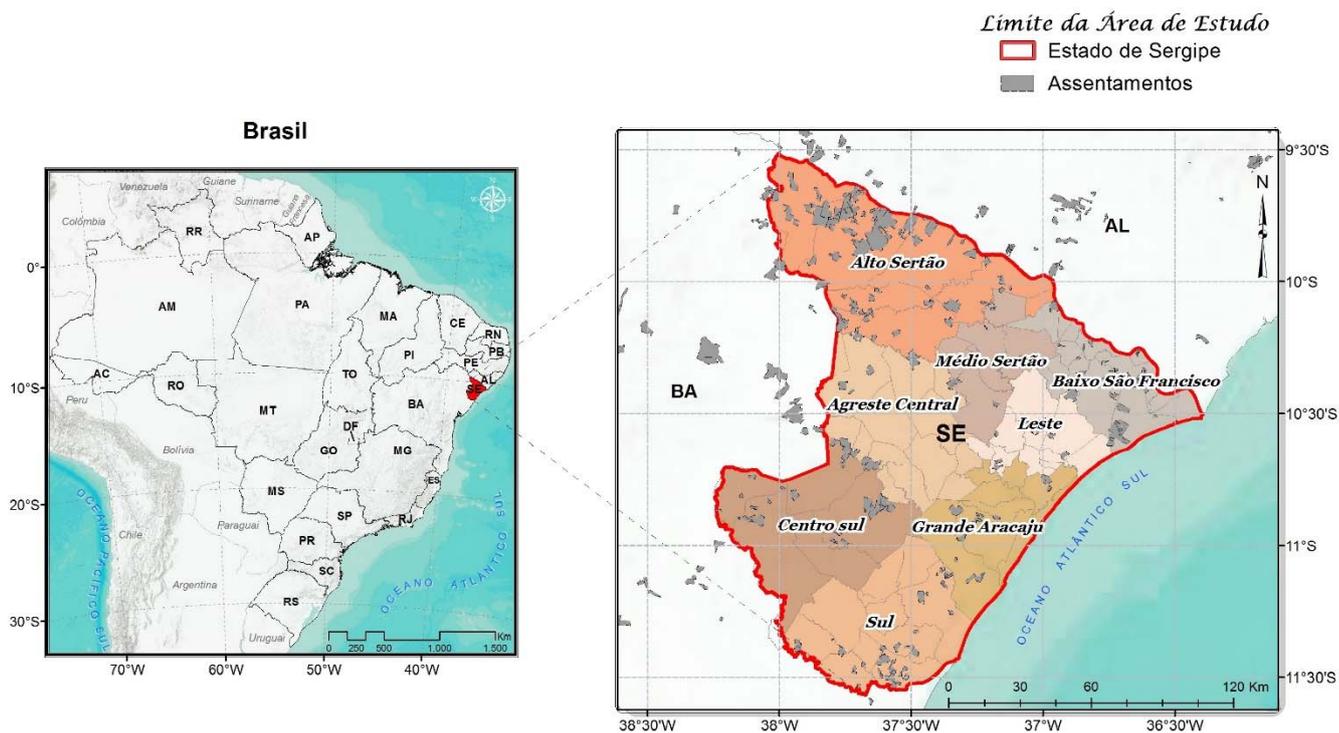


Figura 1 - Área de Estudo

A topografia do território sergipano é relativamente plana sendo encontrado em alguns locais relevo modestamente ondulado. A altitude na região não ultrapassa 300 metros. Na região são identificados os seguintes climas: tropical quente e úmido (ocorre no litoral do estado, apresenta temperatura de 25°C e três meses de seca), tropical quente e semiúmido (ocorre em uma área de transição entre o litoral e o sertão, a temperatura média anual é de 30°C, o período de seca abrange 4 a 6 meses) e tropical quente e semiárido (corresponde a faixa do sertão, onde a temperatura média anual é de 40°C, o período de estiagem dura cerca de 8 meses). Quanto à cobertura vegetal, há o predomínio da vegetação litorânea (coqueiros, vegetação rasteira e mangue) e caatinga no centro do Estado (disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/brasil/aspectos-naturais-sergipe.htm>).

### 3.2 DADOS

Para a realização do estudo serão utilizadas imagens de satélite digitais do sensor LANDSAT e mapas de uso e cobertura da terra já existentes como os do Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação - SAP referentes aos anos de 2000 e 2010, na escala 1:500.000, e o mapa de cobertura vegetal e utilização da terra de Sergipe (2007-2009), escala 1:300.000 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE (IBGE, 2011). Como

ponto de partida em um trabalho investigativo como a detecção de mudanças, os mapas de uso da terra representam um apoio metodológico importante na análise do ambiente, e com certeza auxiliarão a compreensão de elementos-chave para a rotulação das classes finais do mapeamento de detecção de mudanças do espaço geográfico.

Também poderá ser usado de maneira auxiliar bases de dados cartográficos digitais disponíveis no IBGE, ANA, MMA, etc., como hidrografia, rodovias, altimetria, modelo digital de elevação, assentamentos, terras indígenas, etc. e ainda dados ambientais complementares como temperatura da superfície, umidade do solo, e pedologia disponíveis no SAP.

Por fim, deverá ser utilizado informações coletadas em campo de áreas amostrais de ocorrência de mudanças e de não mudança tanto em áreas antrópicas e/ou naturais, visando a verificação e calibração da acurácia do modelo de detecção de mudança.

### 3.2.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

A área de estudo é coberta por três cenas LANDSAT, cujas órbita/ponto são: 214/67, 215/67 e 215/68, conforme podemos visualizar na Figura 2. A Tabela 1 contém as informações das imagens que serão utilizadas.



Figura 2 - Cobertura das Cenas Landsat

Tabela 1 – Informações das imagens LANDSAT/TM 5, 7 e 8 selecionadas.

<b>ORBITA-PONTO</b>	<b>214/67</b>	<b>215/67</b>	<b>215/68</b>
<b>ANO</b>			
<b>2000</b>	LE7 07-DEZ-00	LT5 06-DEZ-00	LE7 20-MAI-00
<b>2002</b>	LE7 26-OUT-02	LE7 02-NOV-02	LE7 02-NOV-02
<b>2004</b>	LT5 10-DEZ-04	LT5 01-DEZ-04	LT5 01-DEZ-04
<b>2006</b>	LT5 26-AGO-06	LT5 07-DEZ-06	LT5 07-DEZ-06
<b>2008</b>	LT5 21-FEV-08	LT5 10-NOV-08	LT5 10-NOV-08
<b>2010</b>	LT5 08-OUT-10	LT5 29-SET-10	LT5 29-SET-10
<b>2013</b>	LC8 03-DEZ-13	LC8 14-ABR-13	LC8 10-DEZ-13
<b>2014</b>	LC8 17-SET-14	LC8 27-NOV-14	LC8 27-NOV-14
<b>2015</b>	LC8 23-NOV-15	LC8 14-NOV-15	LC8 14-NOV-15
Legenda: LT5: LANDSAT 5/TM LE7: LANDSAT 7/ETM LC8: LANDSAT 8/OLI			

Ainda sobre a seleção das imagens existem dois detalhes importantes a serem considerados:

1) O primeiro, é referente a grande presença de nuvens em determinadas áreas do Estado de Sergipe, principalmente nas áreas mais próximas do litoral e praticamente durante todo o período ao longo do ano, diminuindo um pouco na estação de seca. Por esse motivo a estação seca é o período preferencial para a aquisição das imagens de satélite tentando amenizar a problemática da presença de nuvens que atrapalham o mapeamento, e também pelo motivo do solo com menos umidade ser mais indicado para a aplicabilidade da técnica de detecção de mudanças em questão. No entanto, mesmo sendo selecionado imagens de data mais apropriada, será necessário a utilização de imagens complementares tantas quantas forem necessárias para atender o mapeamento de toda a área de estudo.

2) O segundo detalhe é o fato de não existirem imagens LANDSAT disponíveis para o ano de 2012 e desta forma optou-se por mapear o ano de 2013, sendo que tal substituição não causará prejuízo aos objetivos do trabalho.

### *3.2.2 DETECÇÃO DE MUDANÇAS*

A detecção de mudanças é o processo que visa identificar diferenças no estado de um objeto ou fenômeno por observá-lo em momentos diferentes. Essencialmente, envolve a capacidade de quantificar os efeitos temporais utilizando conjuntos de dados multitemporais. A existência de acervos históricos de imagens de satélite de qualidade consistentes e em curtos intervalos de tempo, faz com que a detecção de mudanças seja uma das principais aplicações do sensoriamento remoto através da utilização de dados obtidos a partir de satélites em órbita da Terra.

Sua utilização é útil em diversos casos como análise de mudanças no uso da terra, monitoramento de agricultura itinerante, avaliação do desmatamento, estudo de mudanças na fenologia da vegetação, mudanças sazonais na produção de pastagens, avaliação de danos, monitoramento de colheita, monitoramento de desastres, características térmicas e outras mudanças ambientais.

Existem muitas técnicas de detecção de mudanças disponíveis na literatura como por exemplo subtração de imagens, razão de imagens, regressão de imagens, diferença de índices de vegetação, análise por principais componentes, comparação direta da pós-classificação, análise de vetor de mudanças, análise multitemporal de mistura espectral, e mais recentemente a técnica da Análise Por Eixos De Não Mudança - RCEN (Maldonado 2004).

A grande dificuldade em se trabalhar com técnicas de detecção de mudança é que a maioria delas depende criticamente da precisão do registro geométrico entre as imagens de diferentes datas que pretendem-se executar as análises. Além deste fator, as imagens devem apresentar calibração radiométrica e correção atmosférica e precisam ser da mesma época do ano para reduzir problemas de diferenças do ângulo solar e mudanças na fenologia da vegetação e umidade do solo.

Sendo assim, visando agilizar o processamento das imagens e minimizar os problemas relatados acima, no presente trabalho optou-se por utilizar a técnica de detecção de mudança denominada RCEN, pelo fato desta dispensar as correções radiométricas e atmosféricas, pois grande parte das diferenças de baixas frequências nos dados multitemporais está associada às diferenças atmosféricas no momento de passagem do satélite ou da calibração do sensor, e a correta determinação do ângulo do eixo de não-mudança garante, segundo Maldonado (2004), a compatibilização radiométrica entre os pares de imagens, minimizando possíveis diferenças derivadas de efeitos atmosféricos e de sensibilidade de sensores espectralmente compatíveis.

A RCEN visa a extração de informações relacionadas ao monitoramento da paisagem, provendo o reconhecimento de alterações nos padrões característicos da radiometria de determinados alvos nas imagens, num determinado espaço temporal. A técnica emprega uma transformação linear, a qual produz uma rotação dos eixos ortogonais do espaço radiométrico das imagens bi-temporais, sendo aplicada em correspondência ao eixo formado pela reta de regressão da radiometria dos pixels de não mudança identificado previamente. Este eixo descreve a correlação radiométrica entre os pixels de não mudança dos alvos de interesse nas imagens da primeira e segunda data. Por sua vez, o ângulo de rotação é obtido como o arco-tangente do coeficiente de regressão linear do eixo de não mudança.

Desta maneira, a imagem de detecção é gerada utilizando uma das equações do algoritmo de rotação simples considerando-se o ângulo de rotação, e tendo como resultado a *Imagem de Detecção de Mudanças*, cujo mapa contém a estratificação temática de recuperação/degradação da cobertura vegetal e seus níveis de intensidade.

Duas características importantes intrínsecas às técnicas de detecção de mudanças é a correta escolha da época seca ou chuvosa de acordo com os objetivos pretendidos, e a outra é a seleção das faixas espectrais do sensor que melhor contribuam para a formação de indicadores espectrais dos alvos – neste trabalho, a vegetação e o solo exposto. Na literatura, algumas pesquisas observaram que a variabilidade espectral no infravermelho próximo e médio é muito alta e não está associada com nenhuma característica importante da paisagem do semiárido.

No infravermelho próximo, predominam as características da estrutura celular da folha; e na porção do infravermelho médio, entre 1.3 a 2.5 $\mu\text{m}$ , os valores de reflectância são determinados pelo conteúdo de água da vegetação. Estas características na vegetação do semiárido são muito variáveis, portanto pouco confiáveis, não sendo aconselhado o uso do infravermelho próximo e médio como indicador de mudanças em regimes de semiárido, sendo sugerido a região espectral do vermelho por ser mais consistente. Essa região, correspondente ao visível (0.4 até 0.7 $\mu\text{m}$ ), é considerada por alguns autores como a melhor faixa do espectro eletromagnético para a discriminação da vegetação semiárida, em razão de serem melhor observadas as características mais relevantes da vegetação, quando esta encontra-se pouco coberta pela folhagem. Em relação aos solos, o conteúdo de matéria orgânica e umidade também tem grande importância no comportamento espectral desta faixa do espectro do visível, visto que a refletância do solo diminui quando o teor da matéria orgânica aumenta.

Sendo assim, neste trabalho pretende-se adaptar e aplicar a técnica da RCEN fazendo-se uso das imagens multitemporais do sensor LANDSAT principalmente na banda espectral do vermelho, para realizar a detecção de mudanças na cobertura vegetal da área de estudo.

### 3.2.3 ETAPAS DE PROCESSAMENTO

As etapas do processo de execução compõem-se de cinco fases principais:

#### 1) *Aquisição das imagens:*

Será realizado a aquisição das imagens orbitais do satélite LANDSAT que cobrem a área de estudo para o período proposto. As imagens são disponibilizadas gratuitamente pela USGS no site <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

#### 2) *Pré-processamento das imagens:*

Consiste na verificação das imagens LANDSAT adquiridas analisando a qualidade radiométrica e geométrica das mesmas, corrigindo as anomalias caso necessário.

Nesta fase também será verificado a presença de nuvens e sombras nas imagens com a opção de adquirir outras imagens auxiliares com datas aproximadas afim de minimizar a presença dessas, realizando-se mosaicos.

Por fim, as nuvens e sombras remanescentes nas cenas serão mascaradas e excluídas, assim como os corpos d'água, pois estes elementos podem prejudicar a geração das imagens de detecção de mudança.

#### 3) *Adaptação e aplicação do algoritmo de detecção de mudanças:*

O algoritmo da RCEN engloba basicamente as seguintes etapas:

- Identificação e coleta de amostras dos alvos de não mudança da radiometria das imagens das duas datas das quais se pretende gerar a imagem de detecção de mudanças.

- Cálculo de regressão dos valores modais da radiometria das amostras das imagens das duas datas dos alvos de interesse de não mudança e cálculo do ângulo de rotação do eixo de não mudança, representada pela Equação 1:

$$\text{Ângulo } (\theta) = \text{arctg} ( \text{VRA2\_Dt2} - \text{VRA1\_Dt2} ) / ( \text{VRA2\_Dt1} - \text{VRA1\_Dt1} ) \quad (1)$$

Onde:  $\theta$  = ângulo de rotação,

arctg = arco-tangente,

VRA2\_Dt2 = Valor da Radiometria do Alvo 2 na segunda data

VRA1\_Dt2 = Valor da Radiometria do Alvo 1 na segunda data

VRA2\_Dt1 = Valor da Radiometria do Alvo 2 na primeira data

VRA1\_Dt1 = Valor da Radiometria do Alvo 1 na primeira data

- Transformação linear aplicando a rotação controlada dos eixos ortogonais do espaço radiométrico das imagens, gerando assim a imagem de detecção de mudanças, aplicando a Equação 2:

$$I \text{ Detecção} = \text{Cos}(\theta) \times I\text{Data2} - \text{Sin}(\theta) \times I\text{Data1} \quad (2)$$

Onde:

$I \text{ Detecção}$  = imagem de detecção de mudanças

$\text{Cos}(\theta)$  = cosseno do ângulo de rotação

$\text{Sen}(\theta)$  = seno do ângulo de rotação

$I\text{Data2}$  = valor do pixel da imagem da segunda data

$I\text{Data1}$  = valor do pixel da imagem da primeira data

Principalmente nesta fase será desenvolvido script visando a otimização do algoritmo de detecção de mudanças.

#### ***4) Fatiamento e Rotulação das imagens de detecção de mudança:***

A imagem resultante do algoritmo de detecção de mudanças é representada por níveis de cinza discretizados em cada pixel na imagem digital, e tem como característica apresentar em volta da média os valores dos pixels que representam as áreas que não mudaram. Os valores de radiometria que interessam, no presente trabalho, são aqueles que correspondem as áreas de solo exposto e de cobertura vegetal, sendo os valores baixos referentes às áreas de cobertura vegetal e os altos às áreas que apresentam solo exposto.

Deste modo, a imagem de detecção de mudanças pode ser fatiada e rotulada para obter um mapa temático de detecção classificado com a seguinte legenda: - *Não Mudança*, - *Degradação Forte*, - *Degradação Média*, - *Recuperação Forte*, - *Recuperação Média*. O processo de fatiamento e rotulação pode ser baseado em um fatiamento estatístico utilizando-se o desvio padrão, ou ainda ser determinado empiricamente.

Nesta fase do processo, informações e dados amostrais sobre a paisagem, colhidos em campo, poderão auxiliar na calibração do algoritmo e garantir a qualidade dos resultados obtidos.

A figura abaixo ilustra cada uma das etapas que serão seguidas e que corresponde ao processamento das imagens.

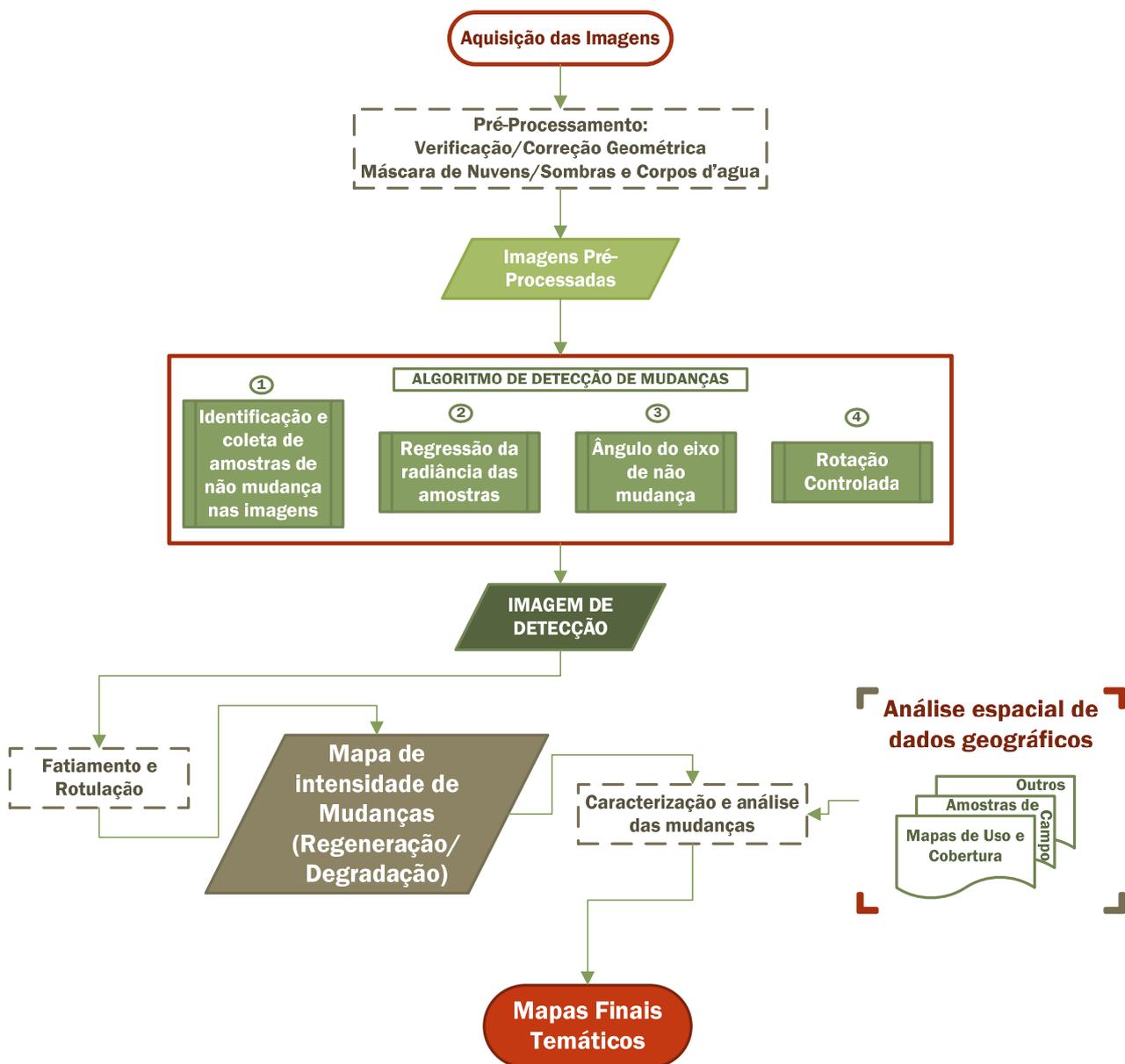


Figura 3 - Fluxograma dos processos de detecção de mudanças

### 5) Geração dos produtos finais

Os resultados finais serão disponibilizados em uma base de dados espaciais que irá conter arquivos shapefiles e imagens raster. Também serão gerados mapas no formato pdf para impressão e um relatório final contendo a metodologia utilizada.

Vale salientar que no decorrer do trabalho os produtos poderão ser adequados de acordo com a necessidade dos solicitantes.

Também está previsto a realização de uma oficina de treinamento para utilização do SAP como instrumento de monitoramento da mudança de uso do solo.

#### 4. RESULTADOS E PRODUTOS

**PRODUTO 1:** Relatório contendo metodologia estratégica de pesquisa, incluindo indicação inicial de fontes a serem consultadas, cronograma detalhado para o desenvolvimento da pesquisa e planilha contendo seleção/descrição das imagens que serão utilizadas.

**PRODUTO 2:** Base de dados com série temporal referente aos anos de 2000, 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2013, 2014 e 2015 de imagens de satélite LANDSAT para o mapeamento da detecção de mudança do uso do solo no Estado de Sergipe.

**PRODUTO 3:** Resultados finais contendo base dados espaciais e relatório final com resultados do mapeamento da detecção de mudança das classes de uso.

**PRODUTO 4:** Oficina de treinamento para utilização do SAP como instrumento de monitoramento da mudança de uso do solo.

#### 5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

O cronograma teve início no dia 23/05/2016, data em que foi assinado o contrato da consultoria.

Tabela 1 - Cronograma de Execução

PRODUTOS	MESES (2016)								MESES (2017)				
	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI
<b>Produto 1</b>													
<b>Produto 2</b>													
<b>Produto 3</b>													
<b>Produto 4</b>													

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Aragão, R., and J. A. P. Almeida. "Avaliação espaço temporal do uso do solo na área da bacia do Rio Japarutuba-Sergipe através de imagens LANDSAT." *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR. NATAL-RN: INPE 1* (2009): 1231-1238.
- Arasato, Luciana Satiko, et al. "Detecção de mudança da paisagem a partir de análise multissensor e multitemporal em associação com variáveis geomorfométricas no domínio da floresta atlântica." *Revista Brasileira de Cartografia* 64.4 (2012): 475-486.
- ASHBINDU SINGH (1989) Review Article Digital - Change detection techniques using remotely-sensed data, *International Journal of Remote Sensing*, 10:6, 989-1003, DOI: 10.1080/01431168908903939.
- Asner, G.P.; Wessman, C.A.; Bateson, C.A.; Privette, J.L. Impact of Tissue, Canopy, and Landscape Factors on the Hyperspectral Reflectance Variability of Arid Ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, v.74, n.1, p.69-84, Feb 2000.
- Brasileiro, Robson S. "Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação." *Scientia Plena* 5.5 (2009): 1-12.
- Davidson, Eric A., et al. "Objective indicators of pasture degradation from spectral mixture analysis of Landsat imagery." *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 113.G1 (2008).
- Dawelbait, Mona AA, and Francesco Morari. "LANDSAT, Spectral Mixture Analysis and Change Vector Analysis to Monitor Land Cover Degradation in a Savanna Region in Sudan (1987-1999-2008)." *Intern J Water Res Arid Environ* 1 (2011): 366377.
- de Alencastro Graça, Paulo Maurício Lima, et al. "Detecção de corte seletivo de madeira por técnica de rotação radiométrica na floresta amazônica." *Ambiência* 4.4 (2009): 97-106.
- de Carvalho, Tatiane Barreto, Robson Batista dos Santos, and Jeisikailany Santos Peixoto. "Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Jacaré, Sergipe."
- de Moura Fernandes, Márcia Rodrigues, et al. "Mudanças do Uso e de Cobertura da Terra na Região Semiárida de Sergipe." *Floresta e Ambiente* 22.4 (2015): 472-482..
- de Oliveira, Tiago Henrique, and Josiclêda Domiciano Galvíncio. "Uso e cobertura do solo em áreas semiáridas do Nordeste do Brasil." *Revista de Geografia (Recife)* 28.1 (2011): 120-133.
- Gong, Peng. "Change detection using principal component analysis and fuzzy set theory." *Canadian Journal of Remote Sensing* 19.1 (1993): 22-29.
- Lu, Dengsheng, Mateus Batistella, and Emilio Moran. "Linear spectral mixture analysis of TM data for land-use and land-cover classification in Rondonia, Brazilian Amazon." *International archives of photogrammetry remote sensing and spatial information sciences* 34.4 (2002): 557-562.

Lu, Dengsheng, Mateus Batistella, and Emilio Moran. "Multitemporal spectral mixture analysis for Amazonian land-cover change detection." *Canadian Journal of Remote Sensing* 30.1 (2004): 87-100.

Khiry, Manal Awad. *Spectral mixture analysis for monitoring and mapping desertification processes in semi-arid areas in North Kordofan State, Sudan*. Diss. University of Heidelberg, Germany, 2007.

Madanian, Maliheh Alsadat, Alireza Soffianian, and Sima Fakheran. "Monitoring Land Use/Cover Changes Using Different Change Detection Techniques (Case Study: Falavarjan Area, Isfahan, Iran)." (2012).

Maldonado, F. D. - Análise por componentes principais (ACP) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semi-árido brasileiro: Quixaba-PE. 1999, 134p. (INPE-7180-TDI/680). Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1999.

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, Francisco Darío, P. M. L. A. Graça, and Philip Martin Fearnside. "Detecção de mudanças na cobertura vegetal da floresta amazônica utilizando a técnica RCEN multiespectral com imagens CBERS-2, região de Apuí-AM." *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO* 13 (2007): 6819-6826.

Maldonado, F. D., J. R. Santos, and P. M. L. Graça. "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 (2007): 1789-1804.

Maldonado, Francisco Darío, et al. "Detecção de mudanças com técnica de Rotação Radiométrica-RCEN, inovações para uma abordagem prática usando SPRING." *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* 14 (2009): 1433-1440.

MMA, 2006 - C743 - Conhecendo o PAN- Brasil: Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca / Secretaria de Recursos Hídricos, Coordenação Técnica de Combate à Desertificação.

PAVANELLI, J. A. P. et al. "Rotação radiométrica para detecção de mudanças na paisagem de tensão ecológica em Roraima - Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

Santos, João Roberto, Francisco Darío Maldonado, and Paulo Mauricio Lima AlencastroGraça. "Integração de imagens Landsat/Etm+ e cbers-2/ccd para detecção de mudanças em área da amazônia sob domínio da floresta de transição." *Revista Brasileira de Cartografia* 1.57 (2005).

Santos, João R., et al. "Change detection in the semi-arid landscape using radiometric rotation applied to remote sensing data." *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009*. Vol. 3. IEEE, 2009.

*Secretaria De Estado Do Meio Ambiente E Dos Recursos Hídricos / Governo de Sergipe - "Florestas em Sergipe: Construindo uma Política Florestal" - (2012).*

Vieira, R. M. S. P. Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro: tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra. 2015. 109 p. (sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/03.09.04.35-TDI). Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2015. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3J54785>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

Xiaolu, Song, and Cheng Bo. "Change detection using change vector analysis from Landsat TM images in Wuhan." *Procedia Environmental Sciences* 11 (2011): 238-244.

Alexandre Augusto Barbosa

---

Alexandre Augusto Barbosa

CPF: 263.081.398-31