

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA OCUPAÇÃO DO SOLO NO CONTEXTO AGRÍCOLA DA AGRICULTURA FAMILIAR

Analyze the evolution of land use in the agricultural family context

Michele Monguilhott*
Laurindo Antonio Guasselli**
Elódio Sebem***

***Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria**

Av. Roraima, 1000 – Bairro Camobi – Santa Maria, RS, Brasil – CEP: 97000-000 – Fone: (55) 3220-8273
michelemonguilhott@politecnico.ufsm.br

****Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS**

Professor Adjunto do Departamento de Geografia da UFRGS

Av. Bento Gonçalves, 9500 – Bairro Agronomia – Prédio 43.136 – Campus do Vale, Porto Alegre, RS, Brasil – Fone: (51) 3308-6329 / 3308-6348
laurindo.guasselli@ufrgs.br

*****Universidade Federal de Santa Maria - UFSM**

Coordenadora do Ensino Médio e Tecnológico / Colégio Politécnico da UFSM

Av. Roraima, 1000 – Bairro Camobi – Prédio 70, Sala E-23 – Santa Maria, RS, Brasil – CEP: 97105-900
elodiosebem@politecnico.ufsm.br

RESUMO

Este estudo trata da aplicação da técnica de Rotação Controlada por Eixo de Não-mudança – RCEN, utilizada com o objetivo de gerar, através de transformações radiométricas, imagens de detecção de mudanças do uso do solo e sua comparação com estatísticas fundiárias. O algoritmo RCEN foi utilizado para imagens do sensor Thematic Mapper (Landsat 5), no período entre 1996 a 2010, sendo três imagens de verão e três de inverno. As imagens de detecção foram segmentadas em três classes: recuperação, não-mudança e degradação e comparadas com o total de área plantada no contexto agrícola da agricultura familiar. A área de estudo compreende oito municípios no bioma Pampa, fisionomia esta que ocupa 63% do Rio Grande do Sul e que converteu aproximadamente 59% das áreas de cobertura vegetal nativa em explorações agrícolas e florestais. Os resultados mostram um aumento significativo da área plantada com lavouras temporárias, num período de 14 anos representando um incremento de 49,8% da superfície agrícola. A maior degradação ocorreu no período mais recente e pode ter relação com o aumento do crédito agrícola nos últimos anos, o que possibilitou aos agricultores familiares a partir da aquisição de máquinas e equipamentos aumentar suas áreas de cultivo agrícola. As áreas de Recuperação apresentaram ganho de vegetação, indicando no contexto agrícola mudanças de uso da terra. O modelo teve um coeficiente de determinação com 95% de confiabilidade. Os resultados com a técnica RCEN estão dentro de parâmetros de qualidade aceitáveis (eixos de Não Mudança com ajuste entre 72,7% e 95%).

Palavras-chave: RCEN. Detecção de mudança. Sensoriamento Remoto. Análise ambiental. Exploração agrícola.

ABSTRACT

This study deals with the Rotation Controlled by Non-change Axis (RCNA), used with the objective of generating land use detection images and their comparison with land statistics by radiometric changes. RCNA algorithm was used for Thematic Mapper (Landsat 5) sensor images, during the period of 1996 to 2010, being three summer and three winter images. The detection images were segmented in three classes: recuperation, non-change and degradation; they were compared with the total planted area in the agricultural family context. The study area comprises eight city councils in the Pampa biome, physiognomy that occupies 63 % of Rio Grande do Sul and that converted itself in approximately 59 % of the areas of native vegetation in agriculture and forestry exploration. The results showed a significant increase of

the planted area with temporary farming, in a period of 14 years, representing an increase of 49,8% of the agricultural surface. The greatest degradation occurred in the most recent period and can be related with the increase of agricultural credit in the previous years, what enabled the family agriculturists the acquisition of machines and equipment to increase their areas of agriculture. The Recuperation areas present a gain of vegetation, indicating in the agricultural context changes in the use of the land. The model has a coefficient of determination with 95% of reliability. The results with RCNA technique are within the acceptable quality parameters (Non- Change-Axis adjusted between 72.7 % and 95 %).

Keywords: RCNA. Change detection. Remote Sensing. Environment analysis. Agricultural exploration.

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a dinâmica de uso e ocupação do solo são cada vez mais utilizados. Surge com isso uma diversidade de metodologias, técnicas e ferramentas associadas às facilidades atribuídas aos aplicativos computacionais disponíveis atualmente.

Já a dinâmica de análise ambiental, conforme sugestões da European (1999), geralmente é realizada em três níveis de combinações de análises de uso e ocupação do solo: combinações espaciais por justaposição a partir de unidades de observação; combinações espaciais em 3-D por justaposição de vários planos de informações de uso e ocupação e as combinações temporais de ocupação ou utilização, dependente sobretudo do período de observação.

Analisar a evolução da ocupação do solo no contexto agrícola da Agricultura Familiar (AF) exige a delimitação espacial da superfície de um sistema produtivo definido por leis e resoluções.

Utilizando imagens do satélite LandSat TM, a presente pesquisa parte de uma análise de ocupação do solo efetuada a partir do emprego de uma técnica de transformação radiométrica que para Ponzoni e Shimabukuro (2007), pode facilitar a análise de ocupação do solo pois realça elementos não perceptíveis originalmente, destacando o conteúdo numérico da imagem e preservando o conteúdo das informações em um número reduzido de bandas transformadas.

A Rotação Controlada por Eixo de Não-mudança (RCEN) é uma dentre tantas outras técnicas empregadas para detecção de mudanças tornando-se importante ferramenta como afirmam Howarth e Wickware (1981) principalmente em aplicações para análise de mudanças no uso do solo, monitoramento de cultivos agrícolas, mapeamento de desflorestamento, estudos de mudanças na fenologia vegetal e planejamento urbano.

Nesse estudo foram analisados oito municípios localizados no Bioma Pampa, que apresentam uma matriz produtiva diversificada. Os principais cultivos agrícolas são o milho, a soja e o trigo (IBGE, 2006), tendo sua economia baseada no setor agropecuário (MOREIRA e MEDEIROS. 2014). É importante destacar que os campos/pastagens, foram substituídos por cultivos de arroz e soja principalmente.

Assim, esse trabalho pretende aplicar a técnica RCEN, estabelece a relação entre os dados estatísticos de superfície agrícola de lavouras temporárias e analisa a evolução do uso e ocupação do solo com base nas imagens detecção nos municípios de Cacequi, Dilermando de Aguiar, Lavras do Sul, Santa Margarida do Sul, Santa Maria, São Gabriel, São Vicente do Sul e Vila Nova do Sul.

1.1 Escolha do modelo

As técnicas de detecção de mudança tornaram-se uma importante ferramenta, afirmam Howarth e Wickware (1981) principalmente em aplicações para análise de mudanças no uso do solo, monitoramento de cultivos agrícolas, mapeamento de desflorestamento, estudos de mudanças na fenologia vegetal e planejamento urbano. Essas aplicações ocorrem a partir de métodos de modelagem para análise das imagens multitemporais.

Já Hayes e Sader (2001) definem esse método como o processo que diferencia um objeto

de uma localidade em imagens de tempos distintos (em anos diferentes, mas com mesmo intervalo de aquisição) apontando as alterações para posteriormente serem analisadas.

Para Kiel (2008), a detecção das mudanças é quantitativa quando se atém a quantificação das transformações que ocorreram informando o estado de cada um dos pixels em termos de “mudança ou não mudança” e delimitando as regiões com e sem mudanças. Ela é qualitativa se a informação da mudança, para além da localização e quantificação, avança até uma discriminação em classes, habilitando o estudo das trajetórias dos valores digitais dos pixels entre elas. A abordagem qualitativa depende de uma etapa quantitativa. Organizando em classes as mudanças ocorridas em um ponto, área ou região. O autor destaca que a natureza das mudanças é complexa, pois as classes de mudança não guardam uma correlação direta com as causas associadas a essas mudanças (KIEL, 2008).

Para Sebem (2005) o registro das respostas espectrais dos objetos da superfície terrestre é atualmente uma das mais importantes fontes de informação para a grande maioria dos estudos nas áreas ambientais e geofísicas e são instrumento de desenvolvimento econômico. Ainda neste contexto Pardi Lacruz et al. (2004), afirmam que imagens de sensores remotos vêm sendo utilizadas como fonte para o controle de danos ambientais, por meio de técnicas inovadoras de extração de informações.

Para que estas mudanças possam ser detectadas é necessária a comparação, duas a duas, de uma série de imagens de satélite, tomadas em diferentes momentos buscando identificar onde, quanto e o que foi alterado de um momento para o outro, através das assinaturas espectrais dos alvos.

Ressalta-se a importância da utilização do sensoriamento remoto orbital para o planejamento, acompanhamento e monitoramento do desenvolvimento das políticas públicas nacionais. Assim, como na gestão e proteção dos recursos naturais e do meio ambiente e, em especial, para reunir, processar e compreender as transformações ocorridas por força dos principais fatores antropogênicos (urbanização, intensificação da agricultura, expansão da capacidade energética, ocupação desordenada do espaço rural, etc.) e naturais (secas, enchentes, fogo, etc.) (KIEL, 2008).

Para o estudo da evolução da ocupação do solo no contexto agrícola da AF, escolhemos, dentre as técnicas de detecção de mudança, utilizar como modelo de análise a técnica conhecida como RCEN, que é uma técnica de análise por transformação radiométrica.

Logo, a técnica RCEN foi utilizada com o objetivo de gerar, através de transformações radiométricas de imagens LandSat TM, imagens de detecção de mudanças e verificar a relação existente entre as áreas mapeadas de recuperação, não mudança e degradação de uso do solo com base no total de área plantada de lavouras temporárias.

1.2 O contexto agrícola

A propriedade familiar, definida pelo Estatuto da Terra (BRASIL, 1964), dimensiona e distingue o imóvel rural como sendo o imóvel explorado pessoalmente pelo agricultor e sua família, absorvendo toda a força de trabalho na garantia de sua subsistência e progresso social e econômico. A área desse imóvel é fixada pelo módulo fiscal que varia entre 5 e 110 hectares. O tamanho do módulo fiscal depende principalmente da disponibilidade de condições de produção, da dinâmica de mercado, da infraestrutura instalada, disponibilidade tecnológica e de aspectos naturais, como água e solo.

Entende-se assim a partir dessa definição que a AF está diretamente vinculada a uma pequena propriedade. Porém no texto constitucional sua área é distinta da pequena propriedade, (art. 4º, item II, da lei 4504, de 30/11/1964) classifica o imóvel rural como: propriedade familiar, módulo rural, minifúndio, empresa rural e latifúndio (BRASIL, 1964).

Diante dessa área fixada existe uma confusão entre o que é agricultor familiar e a dimensão da pequena propriedade, a pequena propriedade foi estabelecida pelo artigo 4º, II da Lei nº 8.629/93 (BRASIL, 1993), como sendo "o imóvel rural de área compreendida entre um e quatro módulos fiscais". Por isso essa confusão atual onde há o entendimento de que, em função desta nova definição, a propriedade familiar pode alcançar até quatro módulos fiscais, restritos a pequena propriedade.

Logo, não é só uma questão conceitual, mas de enquadramento de um sistema produtivo diferenciado por sua relação com a terra e com o mercado, trazendo para a discussão uma adaptação do agricultor familiar às condições atuais socioeconômicas e demográficas desenvolvendo o agricultor familiar estratégias de reprodução social abordadas por Schneider (1999, 2003); Carneiro, (2002); Cazella et al., (2009); Lozano, (2011); Azevedo, (2012), dedicando-se os agricultores familiares a "um conjunto variado de atividades econômicas e produtivas, não necessariamente ligadas à agricultura ou ao cultivo da terra", com estratégias de auto-consumo dependentes da dinâmica do agricultor familiar. Essa diversificação de atividades não agrícolas aliadas à dinâmica da agricultura familiar exprimem uma pluriatividade implicando em uma diversidade de significados assumidos pela estrutura social na agricultura (CARNEIRO, 2002).

Observa-se também que, em países em desenvolvimento e crescimento econômico, essas novas formas de relação com a terra e com o mercado configuram um cenário diferenciado para o contexto da agricultura familiar.

Nesse sentido, para enquadrar o sistema produtivo com a tipologia do agricultor, o Instituto Nacional de Reforma Agrária (INCRA), em 1994 definiu as diferenças entre os modelos de agricultura patronal e familiar enquadrando os estabelecimentos como consta no quadro 1 (FAO/INCRA, 1994).

Quadro 1 – Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil Diferenças entre os modelos de agricultura Familiar e Patronal

Item	Agricultura Familiar	Agricultura Patronal
Área	Varia segundo MF até 4 MF	Superior a 4 MF
Produção	Policultura	Monocultura
Gestão	Familiar	Empresarial
Mão-de-obra	Membro da família	Contratado / Assalariado

Fonte: Adaptado da Lei nº 11.326, de 24/07/2006, BRASIL (2006)

No presente artigo é abordado o contexto da agricultura familiar limitado a superfície agrícola utilizada, ou seja, a área plantada. Nesse contexto, para enquadramento da área territorial, nos municípios da área de estudo utilizou-se a variação de superfície agrícola estabelecida por módulo fiscal constante da Tabela 1, relacionando o tamanho do módulo fiscal municipal com o tamanho máximo que a propriedade pode atingir no contexto do agricultor familiar.

Tabela 1 – Tamanho do módulo fiscal (MF) e tamanho máximo das propriedades familiares na área de estudos

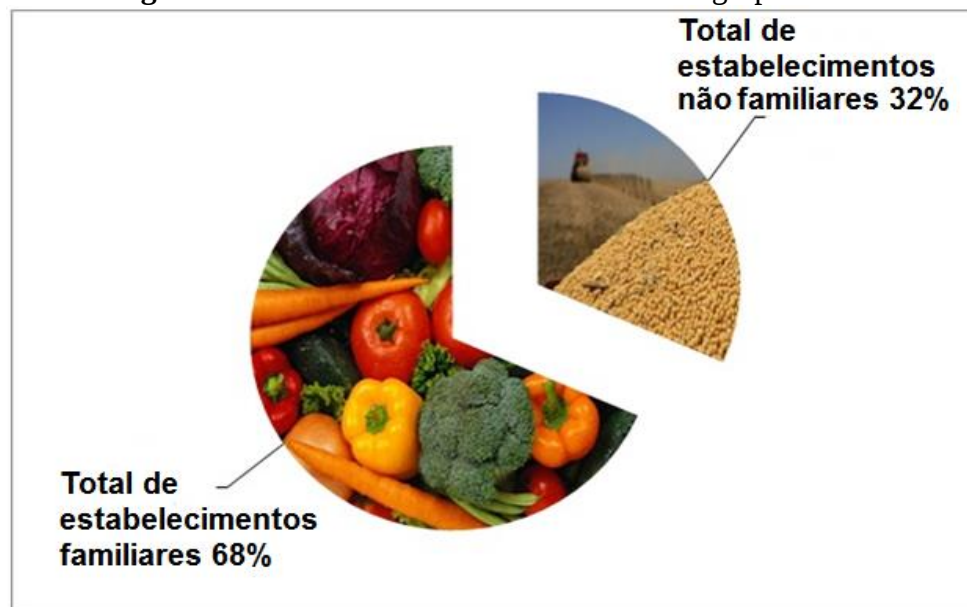
Município	Tamanho do módulo fiscal (ha)	Tamanho máximo da propriedade familiar (ha)
Cacequi	28	112
Dilermando de Aguiar	22	88
Lavras do Sul	20	80
Santa Maria	22	88
Santa Margarida do Sul	28	112
São Gabriel	28	112
São Vicente do Sul	22	88
Vila Nova do Sul	35	140

Fonte: Embrapa - Milho e Sorgo, 2012

A dimensão espacial das propriedades familiares para os municípios da área de estudo, fixadas pelo módulo fiscal, variam em superfície agrícola de 80 a 140 hectares.

Pode-se observar na Figura 1 que nos municípios da área de estudo existe uma grande concentração de agricultores familiares chegando a 68% do total de estabelecimentos.

Figura 1 – Percentual dos Estabelecimentos Agropecuários



Fonte: IBGE (2010)

Essa questão não se restringe a uma dimensão de superfície utilizada mais sim a diferença de sistema produtivo e também da estrutura fundiária. Existindo, nesse sentido, uma confusão de conceitos que exigem certo cuidado quando trabalhamos com dados estatísticos. Cabe ressaltar que a Lei da Agricultura Familiar (BRASIL, 2006) estabelece os quatro módulos fiscais, mas no censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi utilizado como parâmetro de cálculo o módulo estabelecido pela FAO/INCRA (2000) o qual estabelece um limite máximo de 15 módulos médios regionais, portanto aumentado a superfície de área plantada para enquadramento como agricultor familiar.

Logo, nos estudos FAO/INCRA (2000) foram incluídos como familiares os estabelecimentos com área superior à daqueles abrangidos pela Lei. O módulo fiscal médio regional foi calculado a partir do módulo médio estadual ponderado segundo o número de municípios. A área máxima regional fixada foi de 1.122ha na região Norte; 769 ha no Centro-Oeste; 694ha no Nordeste; 384ha no Sudeste e 280ha na região Sul do Brasil.

Os dados publicados pelo Censo Agropecuário IBGE de 2006 (FRANÇA, et al. 2009) alertam para o fato de que as áreas plantadas são superiores aos MF estabelecidos nos municípios da área, não sendo possível nesse primeiro momento da pesquisa reenquadrar a área plantada ao contexto da agricultura familiar estabelecido por lei.

1.3 A técnica RECEN

A técnica de Rotação Controlada por Eixo de Não-mudança (RCEN) proposta por Maldonado (2004), no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) utiliza “a distância estatística ao eixo radiométrico de não-mudança” do dispersograma da imagem multitemporal. A técnica foi utilizada inicialmente com dados multitemporais dos sensores LANDSAT/ETM+ e CBERS-2/CCD em área de florestas de transição (MALDONADO et al., 2005).

A técnica RCEN baseia-se em uma rotação radiométrica da imagem multitemporal

composta por bandas do espectro visível. A RCEN utiliza a equação de uma diferença entre bandas com dois coeficientes em cada termo da diferença, relacionados a um parâmetro angular que caracteriza e minimiza as diferenças entre elas, cujo principal parâmetro de funcionamento é o ângulo de rotação inferido da inclinação em relação ao "eixo de não-mudança" definido por uma equação (MALDONADO et al., 2001).

A detecção de mudanças tem uma premissa básica que consta de que mudanças no fenômeno estudado produzem alterações proporcionais aos valores resultantes das transformações radiométricas das imagens. Considerando que os elementos de mudança sejam maiores que os produzidos por outros fatores de menor importância, ou seja, condições atmosféricas, ângulo de inclinação solar e umidade do solo entre outros. Para os autores a seleção de imagens adequadas minimiza o efeito desses fatores sugerindo o uso de imagens da mesma época para a redução do ângulo de iluminação minimizando também as diferenças sazonais em áreas onde a vegetação é predominante (MALDONADO et al., 2001).

Maldonado e Carvalho (2003) desenvolveram duas técnicas de detecção de mudança: a Rotação Controlada por Índice de Precisão (RCIP) e a técnica RCEN, os autores realizaram um estudo comparativo entre as técnicas: ACP, RCIP e RCEN, obtendo o menor ângulo de rotação com a aplicação da técnica de detecção de mudanças RCEN. Destacam a simplicidade dos procedimentos de rotação controlada que oferecem a possibilidade de aperfeiçoar os resultados interagindo com os dados obtidos em campo. Descrevem que as técnicas desenvolvidas por sensoriamento remoto são orientadas à identificação espectral de indicadores de degradação, desenvolvendo como indicador "a distância estatística ao eixo radiométrico de não mudança" do dispersograma da imagem multitemporal.

A técnica RCEN (Rotação Controlada por Eixo de Não Mudança), deriva de uma modificação da ACP (Análise por Componentes Principais) controlando assim o eixo de rotação, obtendo segundo Maldonado e Carvalho (2003), um bom resultado em termos de Índice de precisão do mapeamento ou Índice Kappa. A técnica melhora a detecção de mudanças em grandes áreas, diminuindo o tempo computacional e minimizando a relação custo benefício dos processamentos digitais, melhor identificando as diferenças entre o estado de objetos ou fenômenos em uma escala de análise espaço-temporal. A disponibilidade de dados periódicos dos sensores orbitais tem possibilitado um maior desenvolvimento de estudos para o desenvolvimento de técnicas adequadas a análise de mudança de uso e ocupação do solo.

1.4 O algoritmo proposto

Para detectar as mudanças de uso do solo, utiliza-se uma rotação radiométrica aplicando a seguinte equação:

$$IDet = Data_2 * \cos \theta - Data_1 * \sin \theta \quad (1)$$

Onde: **IDet** = imagem detecção de mudança; θ = ângulo de rotação; $Data_1$ = banda TM da região do vermelho (0,63-0,69 μ m) na primeira data, e $Data_2$ = banda TM da região do vermelho (0,63-0,69 μ m) na segunda data.

1.5 Dados utilizados

O Quadro 2 mostra a lista de imagens do Sensor TM (órbita ponto 223/81), obtidas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens foram registradas no sistema UTM WGS84 utilizando correção geométrica imagem-imagem.

Quadro 2 – Datas das imagens utilizadas para análise de detecção de mudanças

Época do Ano	Data da Imagem	Intervalo entre imagens (anos)
Inverno	28/07/1996	---
Inverno	16/07/2003	7
Inverno	27/07/2007	4
Verão	25/12/1998	---
Verão	27/02/2005	7
Verão	26/12/2010	5

Fonte: Elaboração própria dos autores

Para o processamento digital das imagens, análise, agregação e comparações, que resultaram nos planos de informações, foram utilizados os programas e aplicativos ERDAS IMAGINE 2013® (Hexagon Geoespatial, 2013), ArcGIS 10.4.1® (Esri, 2016) e Excel 2010® (Microsoft, 2010).

A coleta de dados foi apoiada em planos de informação vetoriais (Quadro 3), tais como: limites administrativos, pontos amostrais e dados socioeconômicos disponíveis na base SIDRA.

Quadro 3 – Síntese dos dados utilizados para a análise de ocupação do solo

Dados Espaciais e Socioeconômicos	
Imagens de satélite	Landsat/TM (julho 1996), (julho 2003), (julho 2007), (dezembro 1998)
Área territorial - Limites administrativos	Landsat/TM (fevereiro 2005), (dezembro 2010) Plano de Informação vetorial derivada da base malha municipal IBGE, 2012
Área plantada, PRODU	Derivados do SIDRA (IBGE 2006)
População	Derivados do SIDRA (IBGE 2010)

Fonte: Elaboração própria dos autores

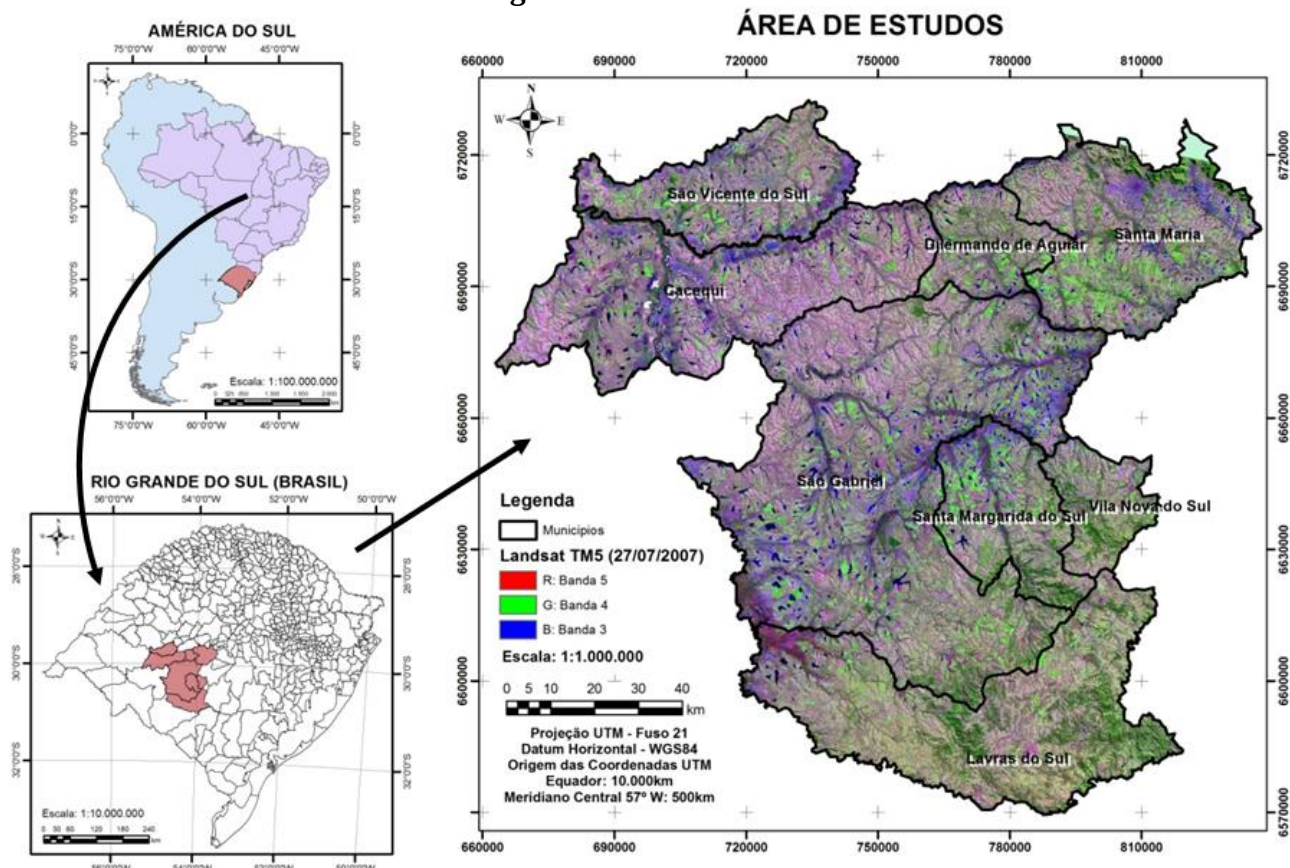
A caracterização das amostras de treinamento, considerando áreas de não mudança do uso do solo dentro do intervalo de tempo utilizado no trabalho, foi baseada em 45 pontos coletados sobre as imagens para três classes de ocupação: florestas, campos e corpos d'água.

O total da área cultivada foi definido como o somatório da área plantada de cada produto agrícola, e derivou dos dados estatísticos do Censo Agropecuário (IBGE, 2006), disponibilizado pelo sistema SIDRA agregados espacialmente ao conteúdo temático.

2 ÁREA DE ESTUDOS

A área de estudos é formada por oito municípios do Rio Grande do Sul (Cacequi, Dilermando de Aguiar, Lavras do Sul, Santa Margarida do Sul, Santa Maria, São Gabriel, São Vicente do Sul e Vila Nova do Sul) cobertos pela cena órbita ponto 223/81 do Sensor TM (Thematic Mapper) a bordo da plataforma Landsat 5, compreendem uma superfície de 15.029,82km² entre as coordenadas 29°34' e 30°57' de Latitude Sul, e 53°30' e 55°21' de Longitude Oeste, localizada na metade sul do estado do Rio Grande do Sul (Figura 2).

Figura 2 – Área de estudo



Fonte: Elaboração própria dos autores

A população da área (Tabela 2) concentra-se nas áreas urbanas dos municípios analisados, mas configuram municípios de matriz econômica agropecuária classificando em área rural, tendo em vista os valores de densidade demográfica observados.

Tabela 2 – Dados demográficos da área de estudo

Município	População (n. de habitantes)			DD (hab/ km ²)
	Urbana	Rural	Total	
Cacequi	11.964	1.721	13.685	5,77
Dilermando de Aguiar	991	2.073	3.064	5,08
Lavras do Sul	4.748	2.921	7.669	2,95
Santa Maria	248.334	12.693	261.027	145,98
Santa Margarida do Sul	552	1.800	2.352	2,46
São Gabriel	53.860	6.648	60.508	12,03
São Vicente do Sul	5.881	2.559	8.440	7,18

DD = Densidade Demográfica aproximada. Fonte: Censo Demográfico, IBGE (2010)

Os municípios da área e estudos participam com destaque da produção agrícola estadual como pode ser comprovado na Tabela 3, principalmente no cultivo de arroz, milho, feijão e soja.

O clima da região para Rossato (2011) é classificado como subtropical II caracterizado pela influência dos sistemas polares em até 48% dos dias do ano. Os municípios da área situam-se nas áreas de clima Subtropical Ia, Subtropical II e Subtropical III.

O Clima Subtropical Ia: é pouco úmido com Inverno frio e verão fresco. A Área com maior influência dos sistemas polares e com menor participação dos sistemas tropicais conjugados com a influência do relevo. É uma região climática que chove entre 1200-1500 mm anuais, distribuídos em 80-100 dias de chuva. A temperatura média anual varia entre 17-20 °C.

Tabela 3 – Síntese dos dados econômicos da área de estudo

Município	Área (km ²)	Ordem do PIB de 2006	Valor da Produção Primária/2005 (R\$)	Produtividade e Prim./2005 (US\$/Km ²)	% Cresc. 1986-2006	% Cresc. 1982-2007
Cacequi	2.370	148	41.312.879,95	17.446,32	216,37	266,49
Dilermando de Aguiar	600,5	360	15.935.359,37	26.647,76	-	-
Lavras do Sul	2.600,60	229	24.003.445,75	9.332,60	55,96	115,76
Santa Margarida do Sul	955,30	260	23.997.400,18	25.180,90	-	-
Santa Maria	1.788,10	15	33.580.421,77 110.361.912,3	18.635,08	120,62	216,24
São Gabriel	5.023, 80	56	2	21.454,49	87,15	146,11
São Vicente do Sul	1.175,20	216	24.711.283,09	21.175,05	191,22	209,57
Vila Nova do Sul	507,90	352	6.381.231,46	12.318,98	-	-

Fonte: Nutep/UFRGS, KLERING (2007) e IBGE (2010)

O Clima Subtropical II medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias. É uma área com maior influência dos sistemas polares e tropicais continentais, porém com interferência crescente dos sistemas tropicais marítimos, e que influenciam também o relevo (Depressão Central), a continentalidade e a maritimidade. As chuvas oscilam entre 1500-1700 mm anuais. A temperatura média anual varia entre 17°-20°C. Já o Clima Subtropical III: úmido com variação longitudinal das temperaturas médias: é uma área com menor influência dos sistemas polares e maior interferência dos sistemas tropicais conjugados com o efeito do relevo (escarpa e vales da borda do Planalto Basáltico), da continentalidade, da maritimidade e das áreas urbanizadas. Nessa região chove entre 1700-1800 mm ao ano e a temperatura média anual varia entre 17-20°C.

3 METODOLOGIA

A imagem de melhor qualidade visual, órbita ponto 223/81 de 27/07/2007, foi usada como base para o registro imagem-imagem necessário, para que todas as cenas coincidissem no espaço e foram reamostradas pelo método do vizinho mais próximo de tal forma a minimizar a as perdas de informação radiométrica original.

Para a análise de detecção foi utilizada a Banda 4 (0,76 a 0,90µm) do Sensor TM, já que a Banda 3 (0,63 a 0,69µm) apresenta menor amplitude de variação do que as bandas do infravermelho próximo para os componentes de vegetação presentes na área de estudos, levando em conta os pontos de saturação para a região do visível e para a região do infravermelho sendo mais adequadas em diferentes etapas de desenvolvimento da planta (Ponzoni e Shimabukuro, 2007).

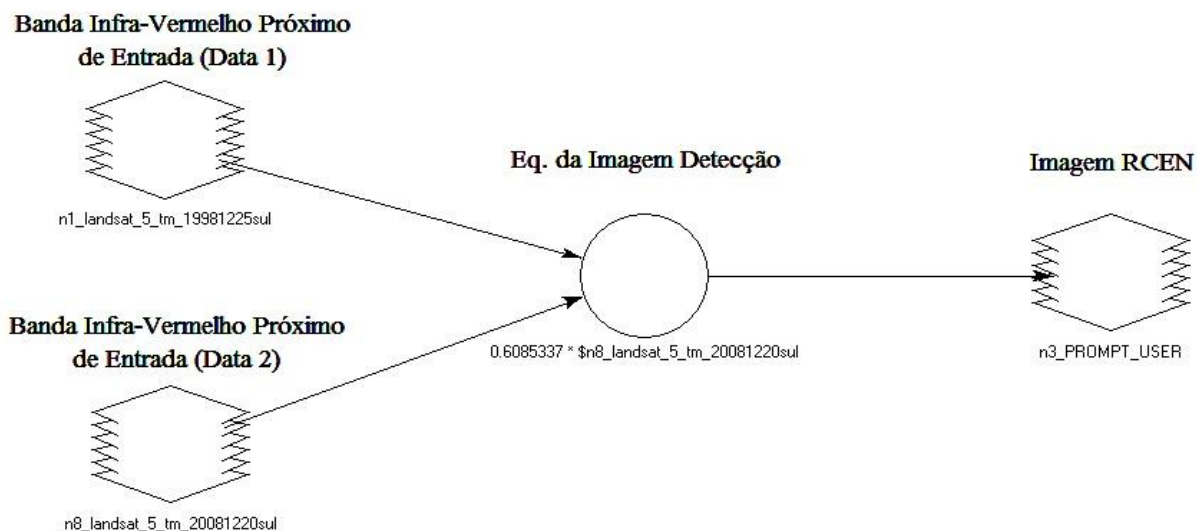
Para cada ponto amostral foi criado um vetor de influência (buffer) de 100m de diâmetro, e calculada a média dos níveis digitais dos pixels contidos neste polígono. Estas médias foram plotadas em gráficos de dispersão entre as bandas de duas datas subsequentes, sendo o período de inverno formado pelos pares 28/07/1996-16/07/2003 (1996-2003) e 16/07/2003-27/07/2007 (2003-2007) e o verão por 25/12/1998-27/02/2005 (1998-2005) e 27/02/2005-26/12/2010 (2005-2010).

Os valores digitais médios obtidos foram considerados como pontos amostrais de não mudança e com eles ajustaram-se retas de regressão para a obtenção do ângulo de rotação radiométrica (θ = arco tangente do coeficiente angular da reta de regressão). Importante descrever que para o eixo "x" são plotados os valores obtidos na imagem mais antiga do par e aqui chamada "Data 1" e para o eixo "y" a imagem mais recente denominada "Data 2".

Para detectar as mudanças de uso do solo, utiliza-se uma rotação radiométrica aplicando a equação (1).

Para a obtenção das imagens de detecção de mudanças foi construído no *Model Maker* do aplicativo ERDAS IMAGINE 2013® o algoritmo da Figura 3.

Figura 3 – Algoritmo para geração da imagem detecção



Fonte: Elaboração própria dos autores

Esse algoritmo quantifica as transformações de ocupação do solo informando a radiância de cada pixel em termos de "mudança ou não mudança" delimitando as regiões com e sem mudança de uma data para a outra, através das assinaturas espectrais dos alvos, tendo como produto uma nova imagem.

As imagens de detecção foram delimitadas por município para facilitar a agregação dos dados estatísticos socioeconômicos. Para cada imagem foi calculado o desvio padrão (σ), a média ($\bar{x}$) e a moda (Mo). Optou-se por comparar o uso da média e da moda como ponto central do fatiamento das imagens de detecção realizando a discriminação dos novos valores digitais em três classes: Regeneração, Não-Mudança e Degradação. O Quadro 4 apresenta as classes de fatiamento utilizadas neste trabalho.

Quadro 4 – Amplitudes de classe do fatiamento das imagens de detecção

Classes	Amplitude das Classes	
	$\bar{x}$ como ponto central	Mo como ponto central
Regeneração	$VMin \text{ a } (\bar{x} - \sigma)$	$VMin (\bar{x} - Mo)$
Não-Mudança	$(\bar{x} - \sigma) \text{ a } (\bar{x} + \sigma)$	$(\bar{x} - Mo) \text{ a } (\bar{x} + Mo)$
Degradação	$(\bar{x} + \sigma) \text{ a } VMax$	$(\bar{x} + Mo) \text{ a } VMax$

VMin = Valor mínimo; VMax = Valor máximo. **Fonte:** adaptado de Maldonado et al., (2005)

Para as imagens fatiadas foram calculadas as áreas correspondentes a cada uma das classes utilizadas. Os valores de Regeneração e Degradação foram comparados com a área plantada, dados resultantes do Censo Agropecuário do IBGE (2006), no último ano do par de análises, ajustados através de retas de regressão. Em todos os ajustes foi considerado como parâmetro válido o coeficiente de determinação R^2 , que segundo Nagelkerke (1991), pode ser usado para avaliar a qualidade do ajuste de um modelo. Ele indica quanto da variação total de y é explicado pelo modelo de regressão ajustado aos dados.

O IBGE realiza desde novembro de 1972 o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - LSPA, com o objetivo de previsão e acompanhamento de safras agrícolas, estimando área, produção e rendimento médio das safras.

A unidade de investigação utilizada é o município, local de cultivo dos produtos que são estabelecidos pelo Plano Único de Estatísticas Agropecuárias, fixados pela CEPAGRO criada pelo Decreto nº 68.678, de 25 de maio de 1971 (BRASIL, 1971), são eles: abacaxi, algodão arbóreo (em caroço), algodão herbáceo (em caroço), alho, amendoim (em casca), arroz, aveia, banana, batata-inglesa, cacau, café, cana-de-açúcar, castanha de caju, cebola, centeio, cevada, coco-da-baía, feijão, fumo, guaraná, juta, laranja, maçã, malva, mamona, mandioca, milho, pimenta-do-reino, rami, sisal ou agave, soja, sorgo, tomate, trigo e uva.

A área plantada desses produtos é definida como a área plantada de cada produto agrícola, no ano de referência da pesquisa, considerando-se os diferentes tipos de cultivo existentes: simples, associado e intercalado (IBGE, 2002).

Com base nos dados estatísticos de 2010 (Tabela 4) constata-se que os municípios são em sua maioria constituídos de estabelecimentos que se enquadram no contexto da AF, enquadramento esse que nessa pesquisa restringe-se a área utilizada em módulo fiscal, ou seja, a superfície agrícola utilizada.

Não foi objeto de análise da presente pesquisa os demais critérios que definem o agricultor familiar.

Tabela 4 – Agricultura familiar da área de estudos

Municípios	N. de Estabelecimentos Agropecuários	Outros Estabelecimentos	Área Ocupada (ha)
Cacequi	545	243	8 249
Dilermando de Aguiar	851	625	9 357
Lavras do Sul	882	591	17 289
Santa Maria	426	302	6 971
Santa Margarida do Sul	2339	1 798	37 031
São Gabriel	1705	1 035	28 316
São Vicente do Sul	1132	725	11 373

Fonte: Censo Agropecuário, IBGE (2006)

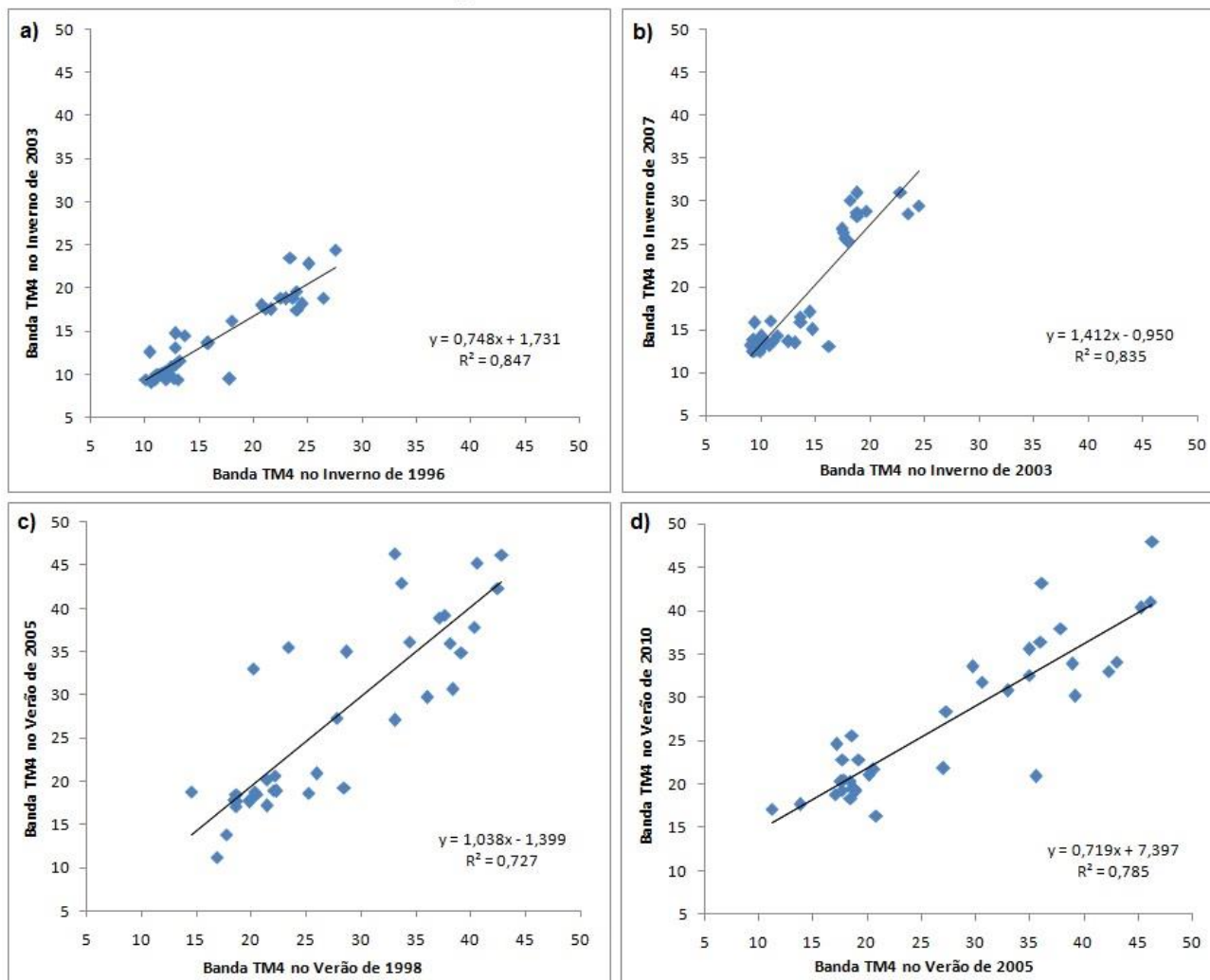
A produção agrícola municipal é coletada para fornecer informações sobre as áreas de lavouras, temporária e permanente, produção obtida, rendimento médio e valor de produção para 29 tipos de produtos agrícolas de culturas temporárias e 33 de culturas permanentes, utilizando como escala de análise os níveis, municipal, microrregional, mesorregional, estadual, grandes regiões e nacional.

Foi realizada uma agregação espacial de conteúdo temático através do uso de dados estatísticos do Censo Agropecuário (IBGE, 2006). Os dados agregados referem-se ao período de análise e são relativos a características da estrutura fundiária (número de estabelecimentos, área plantada, área dos estabelecimentos rurais, população, densidade demográfica entre outros dados socioeconômicos).

Os dados estatísticos são agregados ao conteúdo temático e contribuem para a validação da classificação temática derivadas das imagens de detecção de mudança.

4 RESULTADOS

As Figuras 4a, 4b, 4c e 4 mostram as plotagens dos níveis digitais dos pontos amostrais de Não-Mudança da área de estudos entre as datas pareadas na metodologia. Observa-se nesta plotagem a reta de regressão de Não Mudança e a tangente do ângulo de rotação (coeficiente angular da reta). A análise de regressão para Strahler e Strahler (1989), é um procedimento para estabelecer a equação que melhor descreva a relação observada entre Y (Data 2) e X (Data 1).

Figura 4 – Relação entre os valores digitais: a) 1996-2003; b) 2003-2007; c) 1998-2005 e d) 2005-2010**Níveis Digitais dos Pixels de Não-Mudança**

Fonte: Elaboração própria

A correlação é observada nos resultados expressos nas Figuras 4a, 4b, 4c e 4d. A Figura 4a refere-se ao ajuste do modelo para o período de 1996-2003, a Figura 4b ao ajuste do modelo para o período de 2003-2007 (inverno), já a Figura 4c refere-se ao ajuste do modelo para o período 1998-2005 e a Figura 4d, para o período de 2005-2010 (verão).

Podemos observar que para o período de inverno a amplitude dos dados é menor que para o verão. Fazendo uso dos 45 pontos amostrais para os anos investigados e utilizando 454 pixels de referência para estimar a acurácia das classes, obteve-se uma margem de erro de 5%, onde a confiabilidade do mapeamento (R^2) para o período de inverno (1996-2003 e 2003-2007) foi de 0,847 e de 0,835 respectivamente e para os dados de verão (1998-2005 e 2005-2010) de 0,727 e 0,785.

Isto também se deve provavelmente ao observado por CHUVIECO (2000), quando cita que às temperaturas mais baixas podem impedir ou reduzir o desenvolvimento vegetativo. Esta estabilidade do inverno produz por consequência R^2 maiores que os produzidos no verão para a relação existente entre os pontos de Não Mudança do uso do solo entre as datas de análise.

A reta de regressão define também ângulo de rotação do eixo de não-mudança (θ) nos valores constantes da Tabela 5.

Tabela 5 – Períodos de análise e valores do índice R^2 e θ

Época do ano	Data 1	Data 2	R^2	Ângulo de não-mudança (θ)
INVERNO	1996	2003	0,847	36,796489
INVERNO	2003	2007	0,835	54,693290
VERÃO	1998	2005	0,727	46,068198
VERÃO	2005	2010	0,785	35,716135

Fonte: Elaboração própria

Segundo Maldonado et al. (2005), a proximidade do ângulo de rotação ao valor 45° indica a compatibilidade dos dados entre as imagens ou datas analisadas. Observa-se que para os pares de 1996-2003 e 2005-2010 o ângulo de rotação esteve abaixo de 45° indicando que a segunda data teve em geral uma resposta espectral abaixo da primeira. Já para os pares, 2003-2007 e 1998-2005, os valores foram acima da bissetriz dos eixos cartesianos significando respostas espectrais maiores na segunda data.

Os períodos em que o ângulo foi inferior a 45° , 1996 a variabilidade da precipitação foi considerada habitual tendendo a seca (HS) por Rossato (2011), já em 2003 foi seco (S), e em 2007, chuvoso (C). O ângulo para o inverno 2003-2007 (Tabela 9) foi de $54,69^\circ$ o que corrobora com Maldonado et al. (2005) quando destaca que a resposta espectral da segunda data (2007) foi maior que a Data 1 (2003) quando considerada a variabilidade da precipitação como elemento explicativo.

O mesmo se verifica nas imagens de verão de 2005 e 1998, seco (S) e em 2010, chuvoso (C), cujo ângulo de rotação foi inferior a 45° .

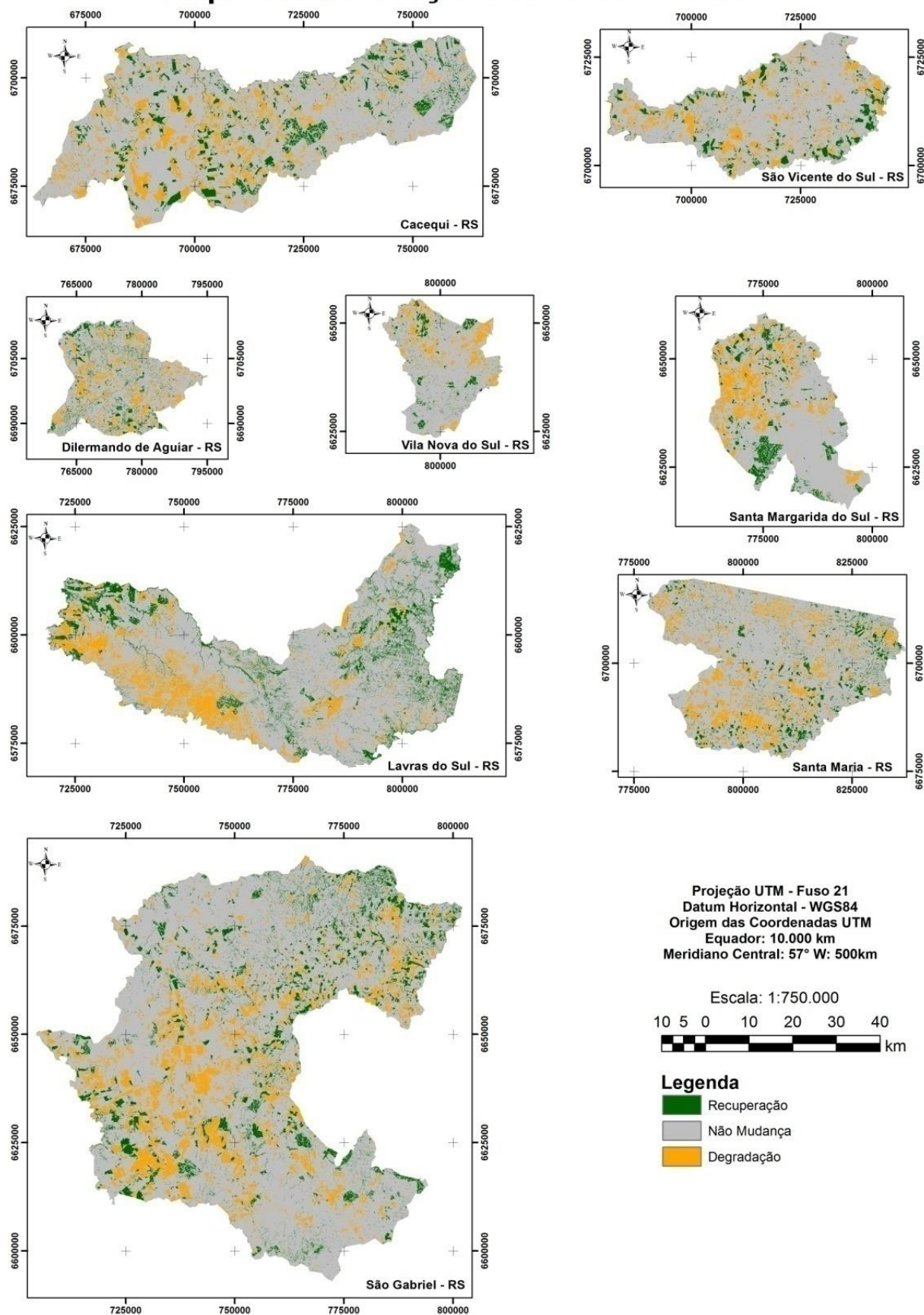
Após a obtenção dos ângulos de rotação, foi aplicado o algoritmo (Equação 1) onde a partir da média e da moda do histograma de distribuição dos valores obtidos pelas I Det foram fatiadas as imagens geradas na área de estudos nas classes Regeneração, Não Mudança e Degradação conforme limiares descritos no Quadro 4.

O resultado temático da aplicação desses limiares (Figura 5) mostra as imagens de detecção de mudança para os oito municípios analisados observando-se as regiões classificadas em verde como Regeneração, em cinza a classe de Não Mudança e em laranja Degradação.

Os resultados indicados na imagem de detecção de mudança, para alguns municípios, indicam percentuais consideráveis de degradação na ocupação do solo o que corrobora com o destaque feito por (HASENACK, 2008) quando o autor aponta a redução da cobertura vegetal nativa pela conversão do campo em exploração agrícola e de florestas exóticas.

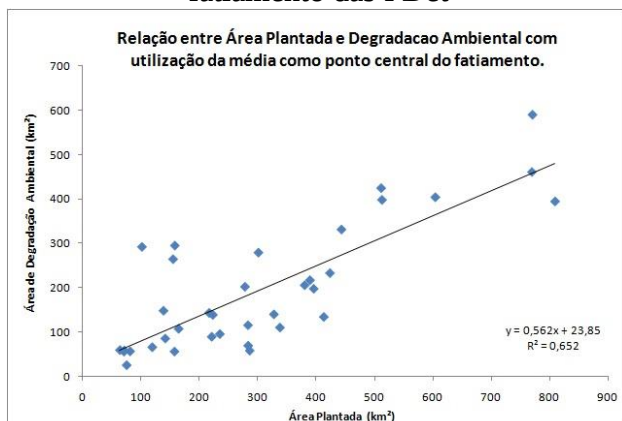
As Figuras 6 e 7, mostram a relação existente entre a área plantada (eixo x) obtida dos dados estatísticos do IBGE e os valores de degradação (eixo y) oriundos do fatiamento pela média do histograma.

A área plantada também foi relacionada com a classe recuperação do mesmo fatiamento e está representada na Figura 7.

Figura 5 – Mapa de detecção de mudanças para os municípios que integram a área de estudo**Mapa das mudanças RCEN 2005/2010.**

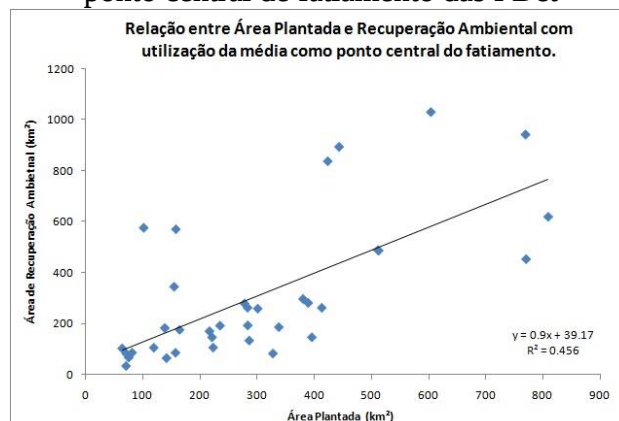
Fonte: Elaboração própria dos Autores

Figura 6 – Relação entre área Plantada x Degradação com a média como ponto central de fatiamento das I Det



Fonte: Elaboração própria

Figura 7 – Relação entre área Plantada x Recuperação Ambiental com a média como ponto central de fatiamento das I Det

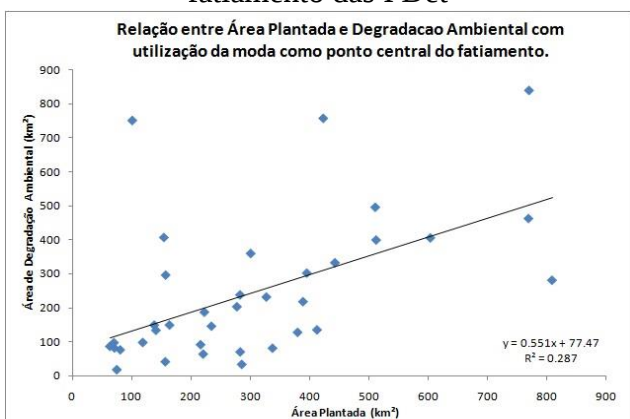


Fonte: Elaboração própria

Ao observarmos as Figuras 8 e 9 observamos que a relação entre Degradação e Área Plantada foi melhor explicada quando a média foi o ponto de partida para o fatiamento da imagem ($R^2 = 0,652$ versus $R^2 = 0,287$).

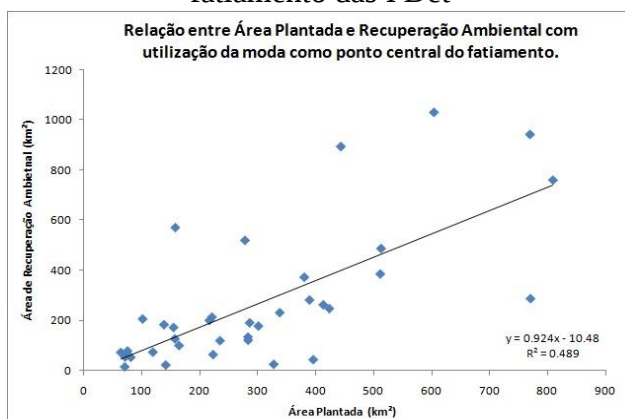
Por outra parte, a relação entre Regeneração e Área Plantada teve uma explicação parecida pela equação de regressão com $R^2 = 0,456$ (Figura 7) no fatiamento pela média e $R^2 = 0,489$ (Figura 9) quando a moda foi o ponto de partida, este último corroborando dos resultados encontrados por Maldonado (2001).

Figura 8 – Relação entre área Plantada x Degradação com a moda como ponto central de fatiamento das I Det



Fonte: Elaboração própria dos autores

Figura 9 – Relação entre a área Plantada x Recuperação com a moda como ponto central de fatiamento das I Det



Fonte: Elaboração própria dos autores

Na Tabela 6a e 6b observa-se o percentual das classes obtidas nas imagens detecção, com a média e a moda como ponto inicial do fatiamento, respectivamente.

Da mesma forma na tabela 6b foi utilizada a moda como ponto inicial para o fatiamento das I Det.

Com relação a área ocupada em cada uma das classes, a maior classe obtida é a de Não Mudança da cobertura do solo entre os anos de 2005 a 2010, onde, para o fatiamento pela média do histograma, está classe apresentou uma média de 78,03% variando de 75,10% para o município de Dilermando de Aguiar e um máximo de 82,47% para Vila Nova do Sul e quando o fatiamento foi aplicado utilizando valores da moda observou-se um mínimo de 73,27% (Santa Margarida do Sul), um valor máximo de 78,70% (São Vicente do Sul) e uma média de 76,89%.

Tabela 6 – Percentual de áreas degradadas, recuperadas e que não sofreram mudança de ocupação do solo agrícola com a média como ponto base de fatiamento

Município	Data1/Data2	6a) Média			6b) Moda		
		Reg. (%)	NM (%)	Deg. (%)	Reg. (%)	NM (%)	Deg. (%)
Cacequi	1996_2003	11,75	79,74	8,51	21,87	69,63	8,51
	1998_2005	12,50	78,84	8,66	15,68	78,99	5,34
	2003_2007	11,85	79,01	9,14	11,85	79,01	9,14
	2005_2010	10,90	77,34	11,76	7,47	77,42	15,10
Dilermando de Aguiar	1996_2003	17,04	73,20	9,76	11,96	73,89	14,14
	1998_2005	14,26	76,50	9,24	20,93	72,41	6,66
	2003_2007	17,53	71,62	10,86	12,20	71,77	16,03
	2005_2010	10,80	75,10	14,10	3,70	74,37	21,94
Lavras do Sul	1996_2003	22,37	66,28	11,35	8,00	62,88	29,12
	1998_2005	7,11	87,14	5,75	7,11	87,14	5,75
	2003_2007	22,15	66,39	11,47	22,15	66,39	11,47
	2005_2010	13,40	76,34	10,27	6,68	77,56	15,76
Santa Margarida do Sul	1996_2003	20,09	69,95	9,95	12,45	72,43	15,12
	1998_2005	13,99	79,98	6,03	19,89	76,73	3,38
	2003_2007	20,19	72,60	7,21	12,62	80,17	7,21
	2005_2010	8,68	76,72	14,61	2,64	73,27	24,08
Santa Maria	1996_2003	16,90	75,69	7,41	8,59	76,17	15,24
	1998_2005	12,01	80,91	7,08	14,86	79,98	5,15
	2003_2007	16,87	74,51	8,62	16,87	74,51	8,62
	2005_2010	9,44	77,86	12,70	2,81	77,84	19,36
São Gabriel	1996_2003	20,45	71,52	8,03	20,45	71,52	8,03
	1998_2005	12,30	79,86	7,84	15,09	79,35	5,56
	2003_2007	18,70	72,13	9,16	18,70	72,13	9,16
	2005_2010	9,00	79,27	11,73	5,70	77,66	16,65
São Vicente do Sul	1996_2003	15,00	75,87	9,13	8,51	78,87	12,62
	1998_2005	12,50	79,90	7,60	18,17	76,48	5,34
	2003_2007	14,53	73,28	12,19	17,06	75,24	7,70
	2005_2010	9,07	79,11	11,82	5,44	78,70	15,86
Vila Nova do Sul	1996_2003	16,02	72,68	11,30	10,66	73,63	15,71
	1998_2005	13,10	82,03	4,87	15,24	81,48	3,28
	2003_2007	16,82	72,26	10,93	10,36	75,02	14,63
	2005_2010	6,68	82,47	10,85	2,92	78,33	18,75

Reg. = Regeneração; NM = Não-Mudança; Deg. = Degradação.

Fonte: Elaboração própria dos autores

No caso da Degradação os municípios de Santa Margarida do Sul (14,61% em 2005_2010), Dilermando de Aguiar (14,10% para 2005_2010) e Santa Maria (12,70% para o mesmo período de análise), apresentaram os maiores valores quando a Média foi o ponto inicial de fatiamento. Tendo em vista que os parâmetros climáticos exercem influência sobre a produção o aumento das áreas degradadas pode estar relacionado também às mudanças no calendário agrícola de 2005, um ano de estiagem no Rio Grande do Sul.

Na Tabela 6b, quando temos a Moda como ponto inicial de fatiamento, observamos que os municípios de Santa Margarida do Sul (24,08% em 2005_2010) e Dilermando de Aguiar (21,94% para 2005_2010) se mantêm com maiores áreas de Degradação e Santa Maria é substituída pelo município de Lavras do Sul com 29,12% em 1996_2003.

Observamos que quando a Média (Tabela 6a) foi usada como ponto inicial do fatiamento das I Det em apenas 7, casos a Degradação foi maior que a Regeneração, sendo todos eles no período 2005_2010 para todos os municípios exceto Lavras do Sul, corroborando com a ideia de

que o aumento da capacidade tecnológica, aumenta consequentemente as áreas plantadas e nesse estudo considerada tematicamente como Degradação.

O mesmo observa-se no aumento da superfície agrícola apresentado na Tabela 7, em que, todos os municípios da área de estudos apresentaram aumento da área agrícola quando observados nos pares de imagens de inverno. O mesmo não aconteceu com as imagens de verão devido a que os cultivos deste período do ano são mais abundantes e afetam sobremaneira a banda TM4.

Tabela 7 – Área cultivada com lavouras temporárias na área de estudos por município em cada período de detecção

Município	Área Plantada (km ²) por período de detecção			
	Imagens de Inverno		Imagens de Verão	
	1996_2003	2003_2007	1998_2005	2005_2010
Cacequi	277,79	389,23	380,19	300,96
Dilermando de Aguiar	63,59	157,06	141,22	118,99
Lavras do Sul	101,32	157,63	138,22	154,63
Santa Margarida do Sul	--	283,40	285,99	327,43
Santa Maria	283,09	412,95	337,82	395,67
São Gabriel	604,02	769,61	809,31	770,57
São Vicente do Sul	164,15	216,51	220,89	222,86
Vila Nova do Sul	71,03	80,98	75,16	70,42
Total	1988,45	2910,57	2901,45	2872,78

Fonte: Elaboração própria dos autores

No contexto da Agricultura Familiar as alterações de área plantada podem estar relacionadas à lavoura permanente do Território Central/RS que obteve em 2006, um faturamento de R\$ 21.753.000,00, representando 1,73% da produção estadual. Já a lavoura temporária, no Território Central/RS atingiu a cifra de R\$ 1.172.662.000,00, representando 11,32% para o Estado. Destaque para as lavouras de soja, arroz, melancia, cana-de-açúcar, feijão, fumo, mandioca e trigo (CODETER, 2009).

As alterações podem estar relacionadas a diferentes fatores, outra possível explicação seriam os subsídios públicos do Programa Nacional de Agricultura Familiar (PRONAF) e a mudança da estrutura fundiária facilitada por políticas públicas.

5 CONCLUSÕES

Com base no uso da técnica de detecção de mudança, de uso e ocupação do solo, este trabalho obteve, das imagens de detecção, uma relação positiva para a classe de degradação relacionada ao acréscimo de área plantada nos municípios da área de estudos. A consistência dos resultados obtidos com a aplicação da técnica RCEN referencia o uso desse modelo na detecção de mudanças de ocupação do solo.

Os resultados mostram um aumento significativo da área plantada com lavouras temporárias, num período de 14 anos representando um incremento de 49,8% da superfície agrícola. A maior degradação ocorreu no período mais recente e pode ter relação com o aumento do crédito agrícola nos últimos anos, o que possibilitou aos agricultores familiares a partir da aquisição de máquinas e equipamentos aumentar suas áreas de cultivo agrícola. As áreas de Recuperação apresentaram ganho de vegetação, indicando no contexto agrícola mudanças de uso da terra.

O aumento da superfície agrícola utilizada (SAU) nos períodos analisados podem ter relação com os parâmetros climáticos que exercem influência sobre a produção provocando mudanças nos calendários agrícolas. Os ciclos de rotação de cultura podem representar o principal fator explicativo das mudanças observadas.

Percebe-se que o ajuste do modelo encontrou um significativo coeficiente de determinação com 95% de confiabilidade. Considerando que os resultados obtidos com a aplicação da técnica RCEN estão dentro de parâmetros de qualidade aceitáveis (eixos de Não Mudança com ajuste entre 72,7% e 95%) acreditamos que os resultados das áreas de Recuperação, Não Mudança e Degradação das imagens de detecção na área de estudo refletem o status quo dos períodos de análise.

Cabe salientar que as classes de Degradação são áreas que apresentaram perda de vegetação e as Classes de Recuperação, áreas que, dentro do período analisado, apresentaram ganho de vegetação, indicando no contexto agrícola mudanças de uso da terra. Já no contexto do sensoriamento remoto, os resultados obtidos para Degradação e Recuperação podem ser mudanças na cobertura vegetal observadas pelas alterações espectrais nas imagens Landsat e que, devido à dinâmica espectral ao longo do ciclo de desenvolvimento, a degradação deve ser melhor avaliada com novos trabalhos de campo para a incorporação de outras variáveis que tenham relação com os fenômenos que provocam essas mudanças e assim obter melhores ajustes estatísticos para o mapeamento dessas áreas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo auxílio recebido para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A. I. de. Terra, Trabalho e Família: a reprodução social dos agricultores familiares dos projetos públicos de irrigação na Região do Médio Vale do São Francisco. **Tese de Doutorado**. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, 2012. 241p.: il.

BRASIL. Lei n. 4.504, de 30 de novembro de 1964. **Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4504.htm>. Acesso em: 20 jun. 2014.

BRASIL. Lei n. 8.629, de 25 de fevereiro de 1993. **Dispõe sobre a regulamentação dos dispositivos constitucionais relativos à reforma agrária, previstos no Capítulo III, Título VII, da Constituição Federal**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8629.htm> Acesso em: 20 jun. 2014.

BRASIL. Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm>. Acesso em: 20 jun. 2014.

BRASIL. Decreto nº 68.678, de 25 de maio de 1971. **Cria o Instituto Brasileiro de Estatística da Fundação IBGE, Comissão Especial de Planejamento, Controle e Avaliação das Estatísticas Agropecuárias**. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-68678-25-maio-1971-410398-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 20 jun. 2014.

CARNEIRO, M. J. A pluriatividade na agricultura familiar. Revista Estudos, Sociedade Agricultura. Rio de Janeiro. **Revista semestral de ciências sociais aplicadas ao estudo do mundo rural**. v. 19, out., 2002.

CAZELLA, A. A.; BONNAL, P.; MALUF, R. S. (Org.) Agricultura familiar, multifuncionalidade e desenvolvimento territorial no Brasil. Rio de Janeiro: Mauad **X**, **NEAD**, **IICA**, 2009. 301p.

CHUVIECO, E. **Fundamentos de Teledetección Espacial**. Madrid: Rialp. 3ª Edição revisada. 2000. 568p

CODETER, Colegiado de Desenvolvimento Territorial – Território Central RS. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável**. 2009. Disponível em: <http://sit.mda.gov.br/download/ptdrs/ptdrs_qua_territorio075.pdf>. Acesso em: 02 jun. de 2014.

EMBRAPA. **Variação geográfica do tamanho dos módulos fiscais no Brasil** / Elena Charlotte Landau ... [et al.]. -- Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 199 p.

ESRI Environmental Systems Research Institute, Inc. **ArcGIS 10.2 for Desktop Advanced**. RedLands, C.A., U.S.A., 2016.

EUROPEAN Commission. **Land cover and land use information systems for European Union policy needs**. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 1999. 193 p.

FAO/INCRA **Diretrizes de Política Agrária e Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, Versão resumida do Relatório Final do Projeto UTF/BRA/036, março, 1994.

FAO/INCRA. **Novo retrato da agricultura familiar - o Brasil redescoberto**. Termo de cooperação técnica FAO/INCRA. 2000. Disponível em: <<http://www.faser.org.br/anexos/Retratodaagriculturafamiliar.pdf>>. Acesso em: 05 jun. de 2014.

FRANÇA, C. G. de, GROSSI, M. E. D., MARQUES, V. P. M. de A. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. MDA, 2009. 96p.

HASENACK, H. **Pesquisadores concluem mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa**. EcoDebate Cidadania & Meio Ambiente. Publicado em 04/01/2008. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2008/01/04/pesquisadores-concluem-mapeamento-da-cobertura-vegetal-do-bioma-pampa/>>. Acesso em: 12 Mar. 2014.

HAYES, J. D.; SADER, A. S. **Change detection techniques for monitoring forest clearing and regrowth in a tropical moist forest**. 2001. Disponível em: <<http://www.asprs.org/>>. Acesso em: 08 jun. 2012.

HEXAGON GEOSPATIAL. Earth Resources Data Analysis System – **ERDAS IMAGINE**. Norcross, G.A., U.S.A., 2013.

HOWARTH, J. P.; WICKWARE, G. M. Procedures for change detection using Landsat digital data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 2, n. 3, p. 277-291, Set. 1981.

IBGE. **Pesquisas agropecuárias/ IBGE**, Departamento de Agropecuária. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 92p.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Agropecuario_2006/>. Acesso em: 25 jan. 2014

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica** (SIDRA). 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. de 2014.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Eletrônica** (SIDRA). 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. de 2014.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2010/>>. Acesso em: 25 jan. de 2014.

IBGE. **Malha municipal digital do Brasil**; situação em 2000 e 2010. Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em: 20 jan. de 2014

KLERING, L. R. **Núcleo de Estudos e Tecnologias em Gestão Pública**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/nutep/principal.php>>. Acesso em: 12 jun. 2014.

KIEL, R. Detecção de Mudanças no Uso e na Cobertura do Solo em uma Série Temporal de Imagens da Região da Campanha do Rio Grande do Sul. **Dissertação**. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 203 p. Disponível em: http://www.ufrgs.br/ppgsr/publicações/Dissert_RobertoKiel.pdf. Acesso em: 23 maio 2012.

LOZANO, M-A. S. P. e L. Ferramentas de gestão e apoio à tomada de decisão das unidades de agricultura familiar **[dissertação]** Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Socioeconômico de Pós-Graduação em Administração. Florianópolis, SC, 2011. 237 p. il.

MALDONADO, F. D.; SANTOS, J. R.; CARVALHO, V. C. Controlled spectral rotation as alternative to Principal Components Analysis for change detection in area of semi-arid. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. (SBSR), 2001, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2001. [CD-ROM].

MALDONADO, F. D.; CARVALHO, V. C. Indicador de degradação a Escala Sub-Regional para Detecção de Mudanças na Cobertura das Terras com Sensoriamento Remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. (SBSR), 2003, Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003.

MALDONADO, F. D. Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal da região semiárida. **Tese** (Doutorado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. São José dos Campos. 2004.

MALDONADO, F. D.; SANTOS, J. R.; GRAÇA, P. M. Integração de imagens LANDSAT/ETM+ e CBERS-2/CCD para detecção de mudanças em área da Amazônia sob domínio da floresta de transição. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12. (SBSR), 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005.

MICROSOFT. Office - **EXCEL**. Redmond, Washington D. C., U.S.A., 2010.

MOREIRA, V. S.; MEDEIROS, R. M. V. As novas configurações do espaço agrário no Rio Grande do Sul / Brasil: da pecuária tradicional ao complexo agroindustrial da soja. **Confins** [Online], 2014. Disponível em: <<http://confins.revues.org/8805>>. Acesso em: 05 jun. de 2014.

NAGELKERKE, N. J. D. A note on a general definition of the coefficient of determination.

Biometrika, Vol. 78, No. 3, 1991. pp. 691-692

PARDI LACRUZ, M. S.; SANTOS, J. R.; CONFORTE, J. C. **Aplicabilidade de imagens MODIS/TERRA e análise harmônica com vistas ao monitoramento ambiental**. In: **Aplicações de Geotecnologias na Engenharia Florestal**. Disperati, A. A.; Santos, J. R. (eds). Curitiba, PR: Copiadora Gabardo Ltda. 2004 pp. 150-159.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira ed., 2007. il. 127 p.

ROSSATO, M. S. Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia. **Tese de Doutorado**. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. UFRGS. 2011.

SCHNEIDER, S. **Agricultura familiar e industrialização**: pluriatividade e descentralização industrial no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Editora da UFRGS. 1999.

SCHNEIDER, S. **A pluriatividade na agricultura familiar**. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 2003.

SEBEM, E. Aportaciones de la teledetección en el desarrollo de un sistema metodológico para la evaluación de los efectos del cambio climático sobre la producción de las explotaciones agrarias. **Tesis Doctoral**. Universidad Politécnica de Madrid. 2005. 384p.

STRAHLER, A. N.; STRAHLER, A. **Geografia Física**, 3ª ed. Barcelona, Omega. 1989. 550 p.

Data de submissão: 24.06.2014

Data de aceite: 29.06.2016

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.