

Análise evolutiva da dinâmica florestal nativa por meio da Linguagem de Geoprocessamento Algébrico, utilizando imagens de alta resolução espacial do sensor REIS

Eliziane Pivoto Mello¹
Rudiney Soares Pereira¹
Elisiane Alba¹
Juliana Tramontina¹
Emanuel Araújo¹
Letícia Daiane Pedrali¹
Pablo Santos Berthes da Silva¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Caixa Postal 5082 - 97105-900 - Santa Maria -RS, Brasil

elizianemello@yahoo.com.br, {tramontina.ju, emanuelmadster, pablosbsilva, rudiney.s.pereira, lisianealba, lelepedrali}@gmail.com

Abstract: The intensity of conversion of native landscapes in favor of anthropic uses requires effective measures to monitor the evolution of these changes. Due to the growing expansion of agriculture, the native forests of the State of Rio Grande do Sul has undergone considerable pressure, including those located in small rural properties. The Geographic Information Systems (GIS) contribute to defining patterns of use and cover land, allowing buoyed decisions facing these changes. The purpose of this article was to evaluate the evolution of the uses and cover land in the city of Nova Esperança do Sul, RS, Brazil, and thus enable the monitoring of native forest dynamics in the years 2011, 2012 and 2013. For classification and generation maps use and cover land, were used images with high spatial resolution sensor REIS (RapidEye earth Imaging System), SPRING software and this tool LEGAL (Spatial Language for Algebraic GIS). Considering this time, it was observed that deforestation increased 0.27%, maintenance areas decreased by 0.75%, whereas the regeneration increasing 3.64%. The reduction of the expansion of other uses land showed that the native forest has advanced over these areas. The conclusion is that the methodology was effective, resulting in reliability and accuracy of the data generated. The results of this study can serve as a basis for planning and environmental and economic management of the area, allowing the development and careful driving the tobacco plantation, providing adequate financial return and sustainable development of this activity in the region.

Palavras-chave: remote sensing, temporal evolution, use and cover land, sensoriamento remoto, evolução temporal, usos e cobertura da terra.

1. Introdução

As alterações nos usos e coberturas terrestres, ocorridas ao longo das últimas décadas, têm ocasionado inúmeras modificações nos ecossistemas. O avanço das fronteiras agrícolas acarretou a substituição de áreas florestais nativas, o aumento da fragmentação e o comprometimento da conservação dos recursos naturais (Longui, 1999). Esse fracionamento em decorrência da conversão de florestas e vegetações nativas em prol da instalação de infraestruturas antrópicas, contribui para assoreamentos, aumento da turbidez das águas, desequilíbrio do regime das cheias, erosão dos solos e comprometimento da fauna silvestre (Oliveira Filho et al., 1994).

Em contrapartida, tem sido implementadas ferramentas que permitem a compreensão do padrão dessas modificações por meio do monitoramento da evolução desses usos e coberturas da terra. Nesse sentido, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) tem contribuído nas análises de compartimentos ambientais das regiões devido a possibilidade de integração de mapas temáticos, obtenção de dados de recursos naturais e condições socioeconômicas (Assad e Sano, 1998). O mapeamento do uso da terra associado a SIG permite o reconhecimento da evolução da dinâmica espacial das paisagens por meio de séries temporais de determinado

espaço geográfico. As imagens de satélite, assim como as informações diagnósticas obtidas, permitem acompanhar as transformações ao longo dos períodos, servindo de base para tomada de decisões em planejamentos e gestão nos distintos âmbitos territoriais (Sabins, 1999; Lippert et al., 2012). Uma técnica de análise extremamente eficaz em demonstrar o quanto determinada classe de uso e cobertura da terra possui estabilidade ao longo dos anos, é a Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico - LEGAL, do *software* SPRING. Por meio do cruzamento de mapas de distintos períodos, é possível determinar a dinâmica florestal e identificação dos processos de manutenção, desmatamento e regeneração florestal durante o período desejado (Sampaio et al., 2004; Lippert et al., 2012).

O Estado do RS apresenta áreas florestais que se encontram em considerável pressão devido ao avanço de práticas agrícolas, inclusive quando esse tipo vegetacional está presente em áreas de minifúndios. Considerando ser essencial o monitoramento da cobertura florestal como meio de se determinar níveis de alterações, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a evolução dos usos e cobertura da terra no município de Nova Esperança do Sul, RS, e assim viabilizar o monitoramento da dinâmica florestal nativa no período de 2011, 2012 e 2013, utilizando-se imagens de alta resolução do sensor REIS (*RapidEye Earth Imaging System*). A relevância deste trabalho se dá na medida em que permite demonstrar, com maior confiabilidade, o quanto as áreas ocupadas por florestas nativas vêm sendo afetadas por pressões decorrentes de usos antrópicos, especialmente atividades fumicultoras praticadas na área de estudo.

2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo compreende o município de Nova Esperança do Sul, RS, Brasil, situando-se nas coordenadas geográficas de 54°44'9" a 54°55'36" de longitude Oeste e 29°18'21" a 29°30'57" de latitude Sul (Figura 1). Esse município abrange cerca de 220 km² do território do Estado do RS, localizando-se na Mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense (FEE, 2009) e na Bacia do Rio Ibicuí, que deságua na Bacia hidrográfica do Rio Uruguai (SEMA, 2009). Possui um clima Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e invernos amenos, segundo a classificação climática de Köppen (Moreno, 1961). O tipo vegetacional predominante é campo nativo - Bioma Pampa e floresta estacional decidual - Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2014).

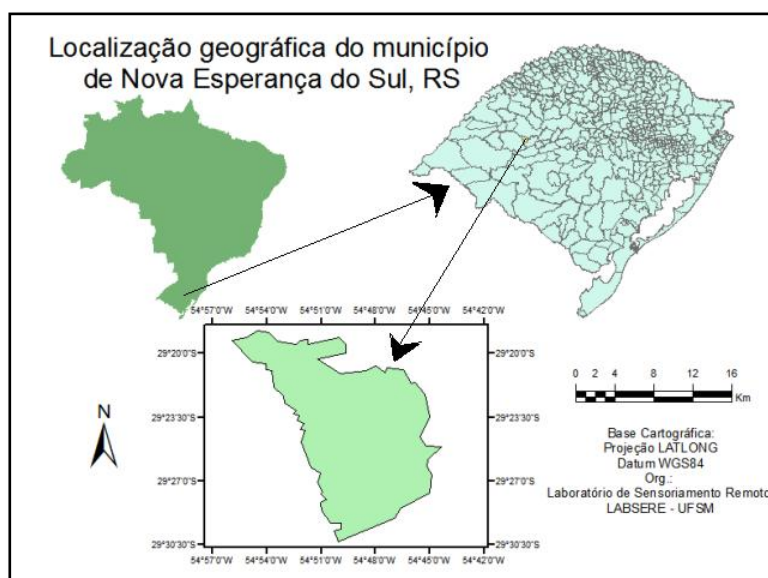


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil

A área de estudo caracteriza-se por possuir uma estrutura produtiva pouco diversificada, dependente das atividades agrossilvipastoris, com predominância de pequenas propriedades e agricultura familiar (Anese, 2009). As atividades agrícolas predominantes desenvolvidas são o cultivo de soja e de fumo (IBGE, 2010), essa última praticada especialmente em áreas nas adjacências de florestas nativas.

A base do trabalho constituiu-se em 3 imagens do sistema sensor REIS (*RapidEye Earth Imaging System*) para os anos de 2011, 2012 e 2013. A escolha desse sensor se deu em razão da maior qualidade dos produtos gerados, especialmente por apresentar a banda *Red-Edge* que permite maior detalhamento e precisão das feições identificadas.

A metodologia compreendeu a preparação dos dados de imagens, criação de um banco de dados no *software* Spring 5.1.8, realização de testes de composições e contrastes, definição de legenda das categorias de uso e cobertura da terra, confecção de um álbum de referência, testes de segmentação, classificação supervisionada das imagens a partir do algoritmo *Bhattacharya*, elaboração do mosaico dessas imagens e a geração dos mapas temáticos para a área de estudo. Tendo como base o Manual do Uso da Terra do IBGE (2006), delimitou-se as seguintes classes de usos e cobertura da terra: floresta nativa, floresta plantada, solo exposto, agricultura, campo nativo e água. A área urbana foi vetorizada manualmente para se evitar confusão com outra classe, sendo que os polígonos criados foram posteriormente extraídos da imagem classificada para garantir a correta quantificação das classes temáticas. Para a finalização do trabalho, procedeu-se ao cruzamento dos mapas de usos e coberturas da terra para os três anos de estudo para se obter dados específicos a classe floresta nativa. Dessa forma, cruzou-se o mapa de 2011 com 2012 e 2012 com 2013, utilizando-se a análise LEGAL. Procedeu-se a criação de novas classes temáticas, resultando em um mapa da dinâmica da cobertura florestal nativa para o período de 2011 a 2013. Para tanto, foram distinguidas as classes de manutenção, expansão, desmatamento e outros usos (demais classes de usos e coberturas da terra).

Por meio do LEGAL foi possível a determinação das mudanças ocorridas no lapso temporal de 3 anos consecutivos. Nesse sentido, observaram-se dados referentes às áreas de florestas nativas que se mantiveram intactas, assim como áreas que passaram por regeneração e redução devido a conversão em outros usos. Essa redução é transcrita como desmatamento e a expansão corresponde a áreas de vegetação florestal que passaram por regeneração no decorrer do período. A classe de outros usos se refere a todos os demais usos classificados, ou seja, água, campo, floresta plantada, agricultura e área urbana.

3. Resultados e Discussão

A geração dos mapas de usos e cobertura da terra para os anos de 2011, 2012 e 2013 demonstrou as alterações ocorridas no município ao longo desses 3 anos. Conforme pode-se visualizar na Tabela 1, a classe de floresta nativa aumentou sua área, crescendo 2,42% ao final do período. As áreas ocupadas por florestas plantadas sofreram decréscimo, com perda de 0,55%. A classe de solo exposto foi reduzida ao longo do período, sendo a diferença entre o primeiro e o último ano ficando em 11,16%. A agricultura foi a única classe que cresceu consideravelmente, alterando-se 24,11 % no período 2011-2012 e 12,42 % de 2011-2013. O campo nativo passou por redução de 11,49% no primeiro período mencionado, retornando a crescer 8,4% de 2012 a 2013.

Tabela 1. Quantificação das áreas ocupadas pelos diferentes usos e coberturas da terra, para o período de 2011, 2012 e 2013 na área de estudo.

Classes de Uso	2011		2012		2013	
	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)	Área (km ²)	Área (%)
Floresta Nativa	59,44	26,95	58,40	26,48	64,77	29,37
Floresta Plantada	2,03	0,92	2,68	1,22	0,81	0,37
Solo Exposto	40,57	18,40	12,83	5,82	15,97	7,24
Campo	89,48	40,57	64,12	29,08	82,65	37,48
Agricultura	25,32	11,48	78,49	35,59	52,70	23,90
Água	1,97	0,89	2,27	1,03	1,90	0,86
Área Urbana	1,72	0,78	1,72	0,78	1,72	0,78
Área Total	220,53	100	220,52	100	220,52	100

Na Figura 2, observa-se a espacialização dos diferentes usos e cobertura da terra para a área de estudo, em 3 anos consecutivos, considerando-se as classes de água, solo exposto, floresta nativa, floresta plantada, campo, agricultura e área urbana.

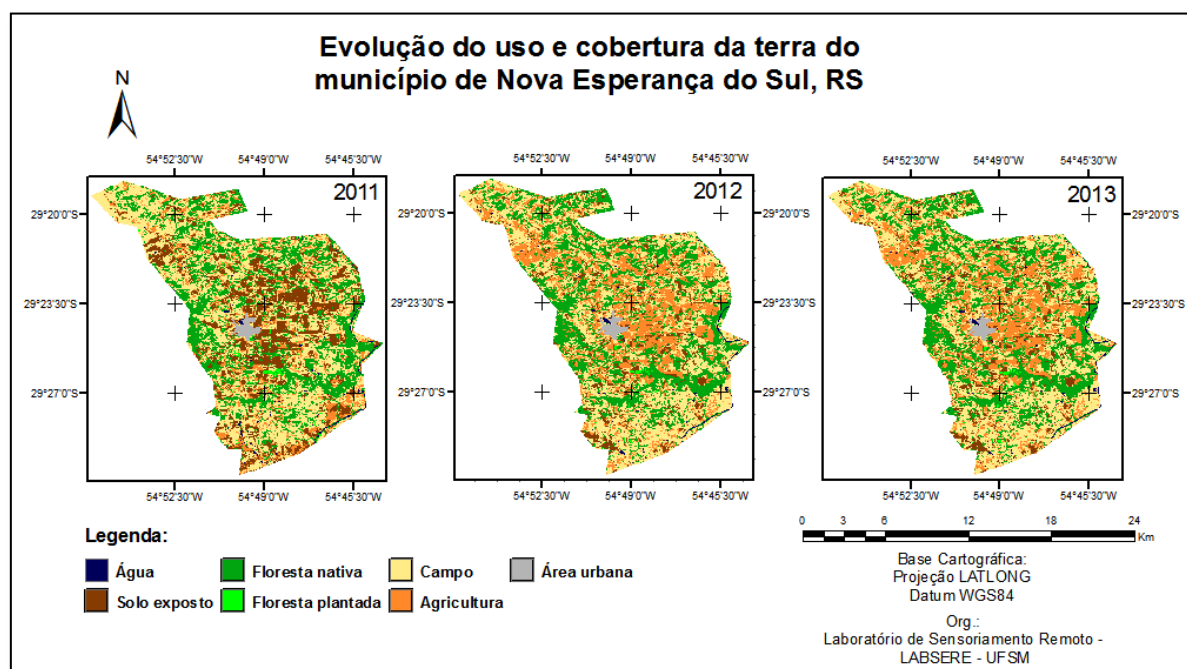


Figura 2. Mapas da evolução dos usos e cobertura da terra para a área de estudo.

O gráfico exposto na Figura 3, permite a observação mais nítida das mudanças ocorridas nas diferentes classes de usos e cobertura da terra da área de estudo. Por meio dele, percebe-se que a classe que mais variou ao longo do período foi a agricultura, com acréscimo considerável no ano de 2012. Decorrente dessa análise, infere-se que o acréscimo ocorrido na classe de agricultura nesse ano se deu, principalmente, em locais ocupados por solo exposto e campo nativo em 2011. Em 2013, áreas de agricultura cederam espaço especialmente para a classe campo, visto que essa retorna a crescer no final do período em questão.

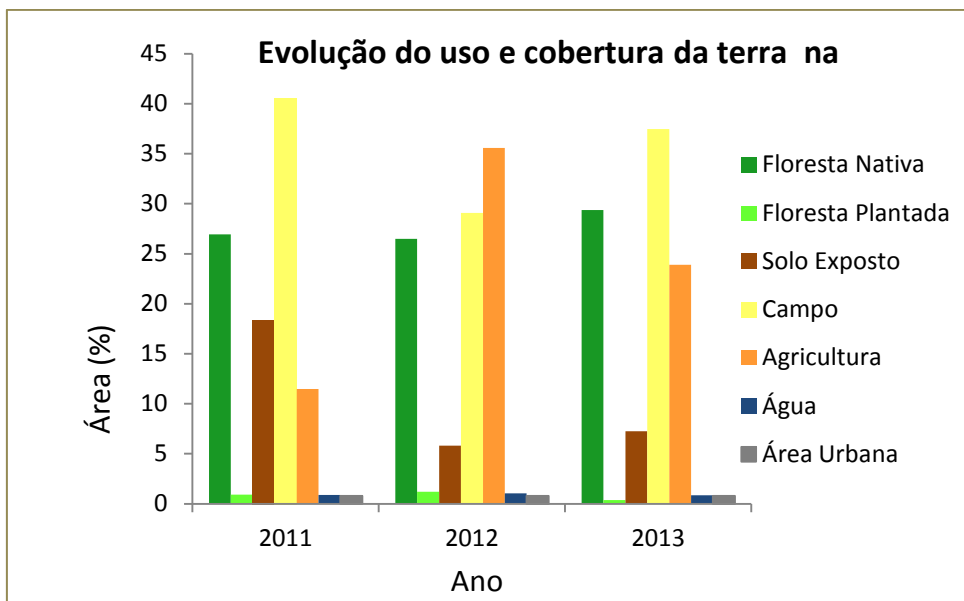


Figura 3. Gráfico comparativo entre as classificações do uso e cobertura da terra para a área de estudo nos anos de 2011, 2012 e 2013.

Utilizando-se da análise LEGAL, obtiveram-se os mapas de transição da dinâmica da floresta nativa para os períodos de análise, a saber: 2011, 2012 e 2013. Por meio desses, foi possível averiguar o quanto a classe floresta nativa foi subtraída, mantida ou expandida no decorrer dos 3 anos (Tabela 2).

Tabela 2. Dinâmica da floresta nativa no período de 2011 a 2012 e de 2012 a 2013 na área de estudo.

Tipo de Evolução	2011 - 2012		2012 - 2013	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Desmatamento	11,41	5,17	12,00	5,44
Manutenção	48,04	21,79	46,40	21,04
Expansão	10,34	4,69	18,38	8,33
Outros usos	148,95	67,56	142,01	64,40
Área Urbana	1,73	0,78	1,73	0,79
Área Total	220,47	100,00	220,52	100,00

A seguir, na Figura 4, apresenta-se a espacialização das transições ocorridas na vegetação florestal nativa com seus respectivos valores em percentuais (%), considerando o período de 2011 a 2012 e 2012 a 2013.

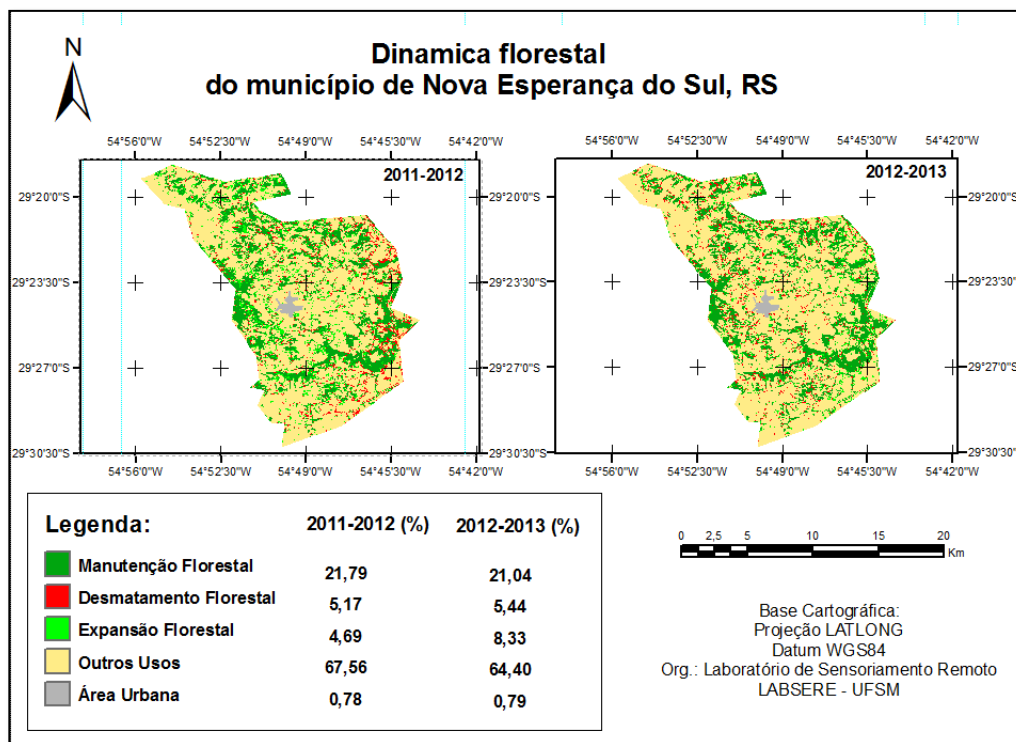


Figura 4. Mapas da dinâmica florestal nativa da área de estudo.

O gráfico da Figura 5 permite uma melhor visualização da evolução da dinâmica florestal ao longo dos 3 anos. A análise dos dados gerados demonstra que as alterações na paisagem florestal da área de estudo são inexpressíveis. As áreas de florestas desmatadas apresentaram um acréscimo de apenas 0,27%, enquanto que áreas que se mantiveram como florestas sofreram uma redução de 0,75%. O ponto positivo a ser destacado consiste no aumento de 3,64% de áreas de regeneração, ou seja, áreas de florestas que se expandiram sobre outros usos da terra ao final do período analisado. Ao contrário do que se esperava, áreas de florestas nativas da região não vem sendo subtraídas em prol da agricultura, especialmente para plantio de fumo.

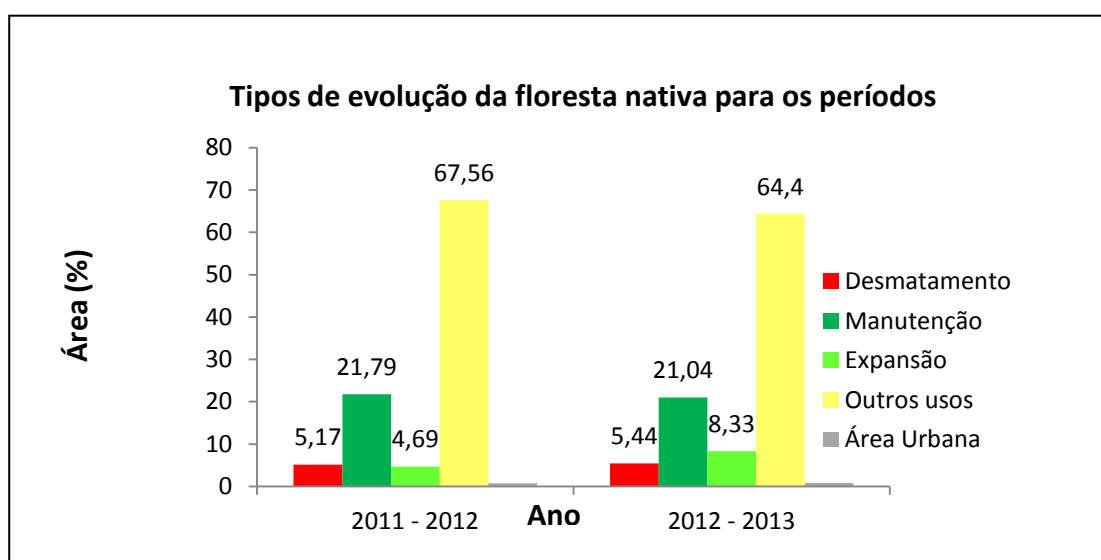


Figura 5. Gráfico demonstrando a evolução da dinâmica florestal na área de estudo no período de 2011-2012 e 2012 -2013.

4. Conclusões

O *software* Spring 5.1.8 e seu módulo LEGAL possibilitaram a realização da classificação das imagens e elaboração dos mapas temáticos da área de estudo para os anos de 2011, 2012 e 2013 de forma eficaz, acarretando precisão e confiabilidade aos resultados gerados.

As imagens do sensor *RapidEye* proporcionaram a classificação supervisionada dos usos e cobertura da terra, assim como a quantificação das áreas ocupadas pelas classes de floresta nativa, floresta plantada, solo exposto, agricultura, campo, água e área urbana.

A geração dos mapas decorrentes da classificação das imagens possibilitou a realização da álgebra de mapas, originando as transições entre os anos de 2011-2012 e 2012-2013 e, por fim, a quantificação da dinâmica da cobertura florestal.

As transições demonstraram que os índices de desmatamento e de manutenção de áreas florestais praticamente não se alteraram, enquanto que a expansão ou regeneração da floresta nativa quase duplicou durante o período em questão. A redução do percentual ocupado por outros usos durante esse período explicitou que a floresta nativa praticamente não vem sendo subtraída em prol desses.

Apesar do lapso temporal ser curto, pois abrange apenas 3 anos, esse foi suficiente para percepção acerca das transformações que vem ocorrendo na paisagem da área de estudo.

Os resultados dessa pesquisa poderão servir de base para o planejamento e gestão ambiental e econômica do município de Nova Esperança do Sul. Isso se faz relevante diante da necessidade de correta implantação, condução e exploração da atividade fumicultora, visto ser essa uma fonte de renda importante nessa região.

Agradecimentos

Ao Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco (SINDITABACO) que viabilizou a aquisição das imagens de satélite utilizadas nesse trabalho, por meio do Convênio UFSM/SINDITABACO, Projeto nº 030624, Projeto FATEC nº 3.03.0046 (100207). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelo aporte financeiro viabilizado por meio de concessão de bolsa de doutorado.

Referências Bibliográficas

ANÉSE, R.L.R. **Arranjos produtivos locais e capital social no Vale do Jaguarí/RS**. 2009, 43 p. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2009.

ASSAD, E. D, et al. Estruturação de dados geoambientais no contexto de sub-bacia hidrográfica. In: ASSAD, E. D; SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2.ed. Brasília: Embrapa - SPI, 1998. p. 119-158.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA – FEE. Mesorregiões e microrregiões geográficas (IBGE), Rio Grande do Sul — 2009. Disponível em: <http://mapas.fee.tche.br/wp-content/uploads/2009/08/micro_mesorregioes_rs_2009.png>. Acesso em 08 nov. 2014

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Infográficos: **dados gerais do município de Nova Esperança do Sul, Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=431303&search=|nova-esperanca-do-sul>>. Acesso em 07 de nov. 2014.

LIPPERT, D. BENEDETTI, A.C. PEREIRA, R. Evolução da cobertura florestal nas serras do sudeste, Rio Grande do Sul, entre 1984 e 2011. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v.7, nº 7, p. 1297-1305, 2012.

LONGHI, S. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 115-133, 1999.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J. de; MELLO, J.M. de; GAVILANES, M.L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

SABINS, F.F. **Remote Sensing: principles and interpretation**. 3. rd. New York: W. F. Freeman and Company, 1999. 494p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE - SEMA. **Bacia hidrográfica do Rio Ibicuí**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 08 Nov de 2014.