

ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORQUETA, RS, BRASIL

*Temporal analysis of land use and coverage of the hydrographic basin of Forqueta
river, RS, Brazil*

Daniel Martins dos Santos*
Cleberton Diego Bianchini*
Eliane Fraga da Silveira**
Eduardo Périco*

***Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES / Lajeado, Rio Grande do Sul**

dsantos1@universo.univates.br

cleberton-db@hotmail.com

perico@univates.br

****Universidade Luterana do Brasil - ULBRA / Canoas, Rio Grande do Sul**

elianefraga3@hotmail.com

RESUMO

A paisagem é uma porção do espaço resultante da combinação de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que interagem e estão em constante evolução. A paisagem dos municípios localizados na bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, a maioria emancipado nos últimos vinte anos, vêm sofrendo constantes alterações. O objetivo do presente trabalho foi determinar como evoluiu o uso e cobertura da terra na bacia, e quais foram os principais fatores determinantes nesse processo em um período de 28 anos. Foram utilizadas imagens do Sensor TM dos satélites Landsat 5 e 8 de setembro de 1986, 1996 e 2006 e uma imagem de outubro de 2014. Para a delimitação da bacia hidrográfica do rio Forqueta foi utilizada a base de dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), através do divisor de águas, e extraída a bacia hidrográfica do rio Forqueta para cada imagem de cada ano, e classificado o uso da terra. No decorrer dos 28 anos analisados a área de agricultura está diminuindo gradativamente, chegando a um percentual de 13,19% de redução em 2014, representando uma área de aproximadamente 18.600 hectares. Isso se deve as novas técnicas de agricultura automatizadas, que impossibilitam o plantio com maquinário em terrenos mais declivosos, com consequente abandono das áreas, bem como, mais recentemente, devido a intensificação da fiscalização ambiental. A área de campo também reduziu 66,49%, e ocorreu ocupação dessas áreas por usos das FOM e FED, e pela silvicultura, essa última aumentou no período 1233,92%, tornando-se a segunda fonte de renda dos municípios.

Palavras-chave: Emancipação. Geoprocessamento. LANDSAT. Municípios. Paisagem.

ABSTRACT

A landscape is a portion of space resulting from the combination of physical, biological, and anthropic elements that interact and are constantly evolving. The landscape of the municipalities that are insert in the hydrographic basin of the Forqueta river, RS, most emancipated in the last twenty years, have been undergoing constant changes. The aim of the study was to determine how the land use and coverage in the basin had been evolved, and what were the main determining factors in this process over a period of 28 years. Images of the Sensor TM of the Landsat satellites 5 and 8 of September 1986, 1996 and 2006 and one image of October 2014 were used. For the delimitation of the hydrographic basin was used, the SRTM database (Shuttle Radar Topography Mission), and extracted the Forqueta river basin for each image of each year, and classified the land use. Along the 28 years, the agriculture area was gradually decreasing, reaching a percentage of 13.19% reduction in 2014, representing an area of approximately 18600 hectares. This is due to the new automated agriculture techniques, which make it impossible to plant with machinery on steeper terrain, with consequent abandonment of the areas, as well as, more recently, due to the intensification of environmental inspection. The field area

also decreased by 66.49%, and occurred occupation of these areas by FOM and FED, and by forestry, the latter increased in the period 1233.92%, becoming the second source of income of the municipalities.

Keywords: Emancipation. Geoprocessing. LANDSAT. Municipalities. Landscape.

1. INTRODUÇÃO

A ecologia de paisagem é o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (FORMAN; GODRON, 1986), sendo, na atualidade, uma ciência básica para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento da paisagem. Ela possibilita que a paisagem seja avaliada sob diversos aspectos, permitindo o estudo de seus processos ecológicos em diferentes escalas temporais e espaciais (TURNER, 1987).

Cada paisagem é o resultado de uma evolução específica, condicionada por fatores físicos e biológicos, sendo sua composição a soma de influências naturais e de ações humanas num determinado tempo. O estudo dessas mudanças ao longo do tempo fornece subsídios para a localização e identificação de riscos ambientais, crescimento urbano, expansão de atividades agrícolas, degradação de florestas, assoreamento de bacias hidrográficas, entre outros. A avaliação da paisagem permite diagnosticar os problemas atuais, estimar influências futuras e apontar as mudanças necessárias para manter o equilíbrio natural (PÉRICO; CEMIN, 2006).

O conceito de paisagem tem evoluído constantemente, bem como seus métodos de estudo. A partir do século XVIII, as reflexões de Goethe, Humboldt, Ritter e Richthofen tiveram um papel importante na orientação da geografia alemã, a partir deles a paisagem ganhou uma abordagem científica sistematizada e passou a ser compreendida como o resultado de interações causais manifestadas pela natureza, em função de como ocorre a integração entre os seus elementos, bem seja próprios da terra ou humanos (VITTE, 2007). Entre estes autores, o trabalho de Humboldt, sobressai por apresentar uma visão naturalista diferenciada da época. Humboldt estudou as modificações da paisagem fundamentado em elementos da vegetação e sua fisionomia, entendendo que o aspecto geral da paisagem mudava em função de fatores como o clima, a natureza do solo, a diversidade de espécies e a cobertura vegetal (MAXIMIANO, 2004). Para Humboldt, neste complexo de interações o homem atuava, como um mero coadjuvante em meio da natureza imponente.

No início do século XIX, Ratzel influenciou o pensamento da escola alemã no entendimento das paisagens, incluindo ideias sobre as relações causais existentes na natureza. O termo *landschaft*, transformou-se em um conceito geográfico, derivando-se em paisagem natural *naturlandschaft* e paisagem cultural *kulturlandschaft*, com os pensamentos de Ratzel ampliou-se para o *landschaftskunde* uma ciência das paisagens que ante uma ótica territorial, evidencia a expressão das estruturas da natureza organizadas por leis cientificamente observáveis (MACIEL; LIMA, 2011). Ratzel pode ser considerado um vanguardista em incluir o homem nos estudos geográficos, para ele a geografia permite estudar a influência que as condições naturais exercem sobre o homem.

Neste período, Carl Troll, estava trabalhando a visão naturalista de Humboldt em ligação com as teorias de ecologia humana, o que resultou no surgimento da ecologia de paisagens, que é um ramo da ecologia que surge com a expectativa de associar a perspectiva horizontal geográfica com a perspectiva vertical ecológica (MAXIMIANO, 2004). Para Troll, a paisagem pode ser entendida como a heterogeneidade do espaço onde o homem habita, interpretação que foi respaldada por Schmithüsen em 1942, quando definiu as unidades da paisagem pelo conjunto dos seus processos ecológicos (SCHIER, 2003).

A ecologia de paisagem é uma linha jovem dentro da ecologia que mede a dinâmica dos ecossistemas em nível espacial e temporário com um enfoque amplo. Como ferramenta metodológica, a ecologia de paisagem integra conhecimentos biológicos da teoria ecológica na vida humana e conceitos das ciências sociais, desta maneira é reconhecida por ressaltar a importância dos serviços

ambientais e a gestão e planificação do uso do território (NAVEH LIEBERMAN, 2013; FARINA, 2011; BASTIAN, 2001; FORMAN; GODRON, 1986; NAVEH, 1982).

Atualmente, a perspectiva de análise integrada do sistema natural e a inter-relação entre os sistemas naturais, sociais e econômicos têm produzido uma nova dimensão e interpretação do conceito de paisagem. Tanto a comunidade acadêmica quanto o senso comum têm uma definição própria da paisagem, dependendo do objetivo de sua aplicação. Desta forma, a discussão sobre o conceito de paisagem continua sendo motivo de inquietação em diversas disciplinas científicas, e, sem dúvida, as óticas abordadas em cada uma destas escolhas de pensamento foram fundamentais para a conceptualização científica da paisagem, porém a diversidade de abordagens que permeia a construção do conceito depende do contexto histórico e espacial em que se inserem os autores ao forjaram suas ideias.

Dependendo da perspectiva de análise, é possível identificar dois grandes eixos de estudo, não necessariamente opostos, inclusive usualmente complementários. De um lado, a esfera da geografia física, que permite descrever as problemáticas da paisagem em função de suas características e componentes; do outro, a esfera da geografia humanista-cultural, previamente contextualizada, onde as paisagens tornam-se conotativas, cheias de valores subjetivos, alusivos às experiências, mentalidade e comportamentos individuais ou coletivos que reagem a um conjunto diverso de componentes culturais, ocupacionais e ecológicos (MACIEL; LIMA, 2011). Como foi assinalado, a geografia, é a ciência que melhor pode nos aproximar destes conceitos, pois estuda os fenômenos sociais e da natureza organizados espacialmente, em seu estudo o espaço constitui a unidade básica e sistemática que integra a totalidade dos recursos em um preciso momento da história, sobre uma área cultural comum (SANTOS, 2006).

As paisagens rurais no Rio Grande do Sul têm sofrido grandes alterações desde o início do processo de colonização. O aumento populacional e o fluxo de migrantes da área rural para urbana altera diretamente a paisagem de uma região (BROWN; LOMOLINO, 2006). Este constante movimento migratório altera a cobertura do solo a partir da conversão de ambientes com vegetação original em áreas agrícolas, pastagens ou áreas urbanas, e tem sido considerada a principal forma de impacto ambiental decorrente das atividades humanas. Esse processo leva a fragmentação de matas nativas, antes contínuas, afetando a biodiversidade regional, as interações bióticas e a disponibilidade dos recursos nos ecossistemas, determinando uma série de problemas ambientais em âmbito local e regional (MATSON et al., 1997).

Uma das metodologias mais empregadas para a avaliação do grau de fragmentação de uma área, são os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Vários autores (COSTA; XAVIER DA SILVA, 2004; ZAIDAN; XAVIER DA SILVA 2004; MOREIRA, 2005; JENSEN, 2009; NOVO, 2010) citam diversas aplicações do geoprocessamento para a questão ambiental, destacando-se o planejamento urbano, zoneamento de áreas com necessidade de proteção ambiental, suporte para elaboração de planos de manejo, fiscalização de áreas de proteção legal, avaliação de recursos florestais, mapeamento de fragilidades ambientais, dinâmicas da paisagem, avaliação da qualidade visual da paisagem, entre outras.

A maior dificuldade reside em delimitar qual a escala espacial adequada para o cada tipo de estudo. No Brasil, desde 1986, com a resolução CONAMA 001 (BRASIL, 1986) a bacia hidrográfica é reconhecida legalmente como unidade de planejamento. A escolha de uma bacia hidrográfica como área de estudo está baseada nos pressupostos das Ciências Ambientais, os quais colocam as bacias hidrográficas como sendo as unidades da paisagem mais adequadas para estudos ambientais, basicamente devido ao seu conceito de integração de fatores ecológicos, socioeconômicos e culturais. A solução de muitos problemas ambientais está intimamente vinculada com as preocupações que objetivam a manutenção das bacias hidrográficas (O'SULLIVAN, 1979).

A região de estudo apresenta um total de 22 municípios que estão totais ou parcialmente inseridos na bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, na área geopolítica conhecida como Vale do Taquari. Em toda região predominam as pequenas propriedades rurais (em média 15,7 ha) que

surgiram no Rio Grande do Sul, com a chegada dos primeiros colonizadores alemães, sendo que o processo imigratório se alastrou até o final do século XIX. O sistema produtivo trouxe uma nova visão de trabalho representado pela mão-de-obra familiar que produzia alimentos para o seu sustento e venda dos excedentes, contrastando com o modelo escravista que reinava no Brasil nas grandes propriedades (Ahlert e Gedoz, 1999). Essa forma produtiva, apesar de ter sofrido mudanças desde os primórdios até a atualidade, mantém ainda suas principais características. Com o advento da mecanização nas lavouras, as novas formas de manejo e venda de criação de animais para consumo, e principalmente, a introdução da silvicultura como fonte de renda, a cobertura do solo vem sofrendo grandes mudanças na região.

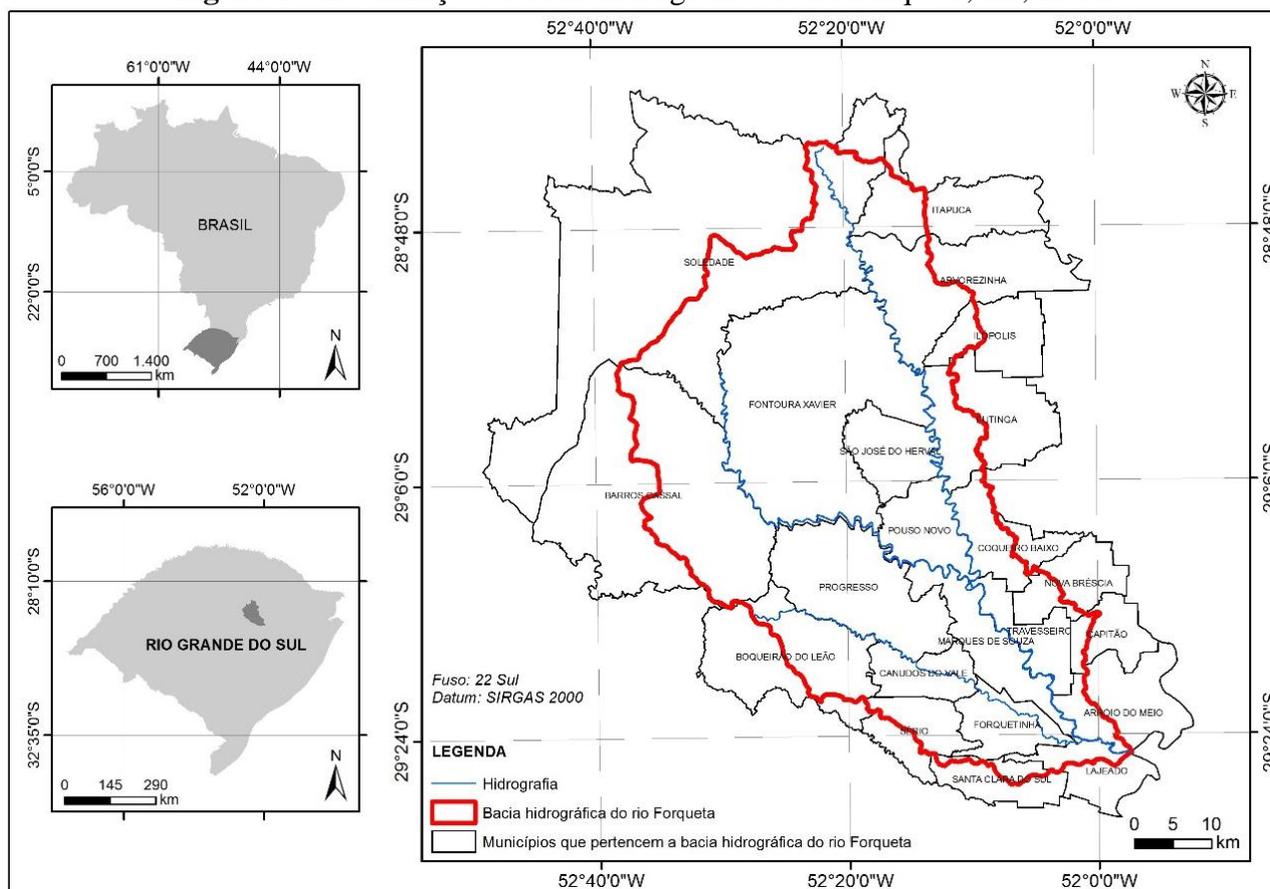
Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi determinar como evoluiu o uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, e quais foram os principais fatores determinantes nesse processo em um período de 28 anos.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Forqueta, situa-se na porção centro-nordeste do Estado do Rio Grande do Sul entre as latitudes 28°42' e 29°27' S e longitudes 51°57' e 52°38' W com uma área de 2.845,60 km² (Figura 1).

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

A altitude varia dos 14 aos 813 metros, com as maiores altitudes na porção norte da bacia. Sua cobertura vegetal original é composta por Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Floresta Estacional

Decidual (FED). No entanto, atualmente estas florestas encontram-se bastante fragmentadas e em diferentes estágios de sucessão ecológica. Quanto à hidrografia, os maiores recursos hídricos são o rio Forqueta, rio Fão e rio Forquetinha, sendo que estes são abastecidos por uma densa malha hidrográfica de pequeno porte. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, apresentando volumes médios anuais de 1600mm, no entanto percebe-se um volume mais elevado nas estações de inverno e primavera (PÉRICO; CEMIN; MOHR, 2012).

2.2. Materiais

Foram utilizadas como bases de dados as cartas planialtimétricas elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1979) em escala de 1:50.000 e digitalizadas por Hasenack e Weber (2010) e dados do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), da altitude e declividade, disponibilizados no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) e interpolados para uma resolução espacial de 30 metros (VALERIANO, 2005; 2008).

A análise temporal foi realizada a partir de um conjunto de imagens do Sensor TM, do satélite Landsat 5, com resolução espacial de 30 m, órbita-ponto 220-80, de 12/09/1986, 07/09/1996, 19/09/2006 e uma imagem do Sensor TM, do satélite Landsat 8, também com resolução de 30 m, órbita-ponto 220-80, de 27/10/2014, compreendendo um período de 28 anos. As imagens foram obtidas de forma gratuita do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Dentro do possível, se procurou imagens do mesmo período do ano, para evitar alterações na paisagem provocadas por retirada da vegetação para cultivos sazonais.

Os *Softwares* utilizados como suporte no processamento digital das imagens de satélite na pesquisa foram: ArcGis 10.2, ERDAS Imagine, ENVI 5.0, Google Earth Pro e Excel.

2.3. Métodos

As bandas utilizadas para a avaliação temporal das imagens de satélites foram a banda 3 (Vermelho), 4 (Infravermelho Próximo) e 5 (Infravermelho Médio) para o Landsat 5 e banda 4 (Vermelho), 5 (Infravermelho Próximo) e 6 (Infravermelho Médio) para o Landsat 8, realizando a união das mesmas com a utilização do *software* ERDAS Imagine. Segundo Eckhardt, Silveira e Rempel (2013), essas bandas são indicadas para análise das coberturas florestais, culturas anuais, de solo exposto, espelhos de água e áreas urbanas.

Após a união das bandas, foi feita a correção geométrica, com a utilização do *software* ArcGis 10.2. Para o georreferenciamento foi utilizado o sistema viário das cartas da DSG, vetorizadas por Hasenack e Weber (2010). Foram marcados pontos geográficos na imagem da bacia hidrográfica do rio Forqueta, através de um conjunto de pontos de controle, a fim de se obter o menor erro médio quadrático.

No *software* ENVI 5.0 foi realizada a classificação das imagens para obtenção da cobertura e uso da terra para área de estudo, através da classificação supervisionada, pelo método de máxima verossimilhança, utilizando o algoritmo Maximum Likelihood. Foram definidas amostras para que o classificador utilize como verdade, logo, os *pixels* foram comparados com as amostras e classificados com a que mais se aproximavam. Foram definidas oito classes de uso e ocupação da terra, Floresta Ombrófila Mista (FOM), Floresta Estacional Decidual (FED), áreas construídas, silvicultura, agricultura, campos, hidrografia e sombras.

Para verificar a qualidade e veracidade na classificação das imagens utilizaram-se as ferramentas de matriz de confusão e cálculo do coeficiente de concordância Kappa, no *software* ENVI 5.0.

Após a classificação de cada imagem, foi delimitada a bacia hidrográfica do rio Forqueta no *software* ArcGis 10.2. Primeiramente com dados do SRTM da região da bacia, foi utilizada a ferramenta *fill sinks*, com o objetivo de preencher depressões e remover picos da topografia do

terreno, dessa forma possibilitando um adequado fluxo de escoamento para a água. Após, com as ferramentas *Flow Direction* e *Flow Accumulation*, o fluxo foi direcionado para o vizinho mais baixo (linha de maior declividade) e a indicação do número de pixels que deságuam em cada pixel mais baixo da bacia, respectivamente. Posteriormente, foi definido o ponto exutório da bacia, que consiste na indicação da foz do rio Forqueta. Com a ferramenta *watershed* foi feita a extração da bacia, com base no ponto exutório. Após, foram definidas as nascentes, ou seja, qual é a área necessária para que se ocorra o início do escoamento superficial, para o presente estudo definiu-se 10 *pixels*, ou 6,7 hectares. Com a ferramenta *Stream Flow* foi gerada a drenagem da bacia e comparada com a hidrografia digitalizada da DSG, para verificar a veracidade dos resultados. Por fim, transformou-se a delimitação da bacia em arquivo vetorial, com a ferramenta *Raster to polygon*.

Após a delimitação da bacia, foi realizada a extração da mesma em cada imagem classificada anteriormente (1986, 1996, 2006 e 2014), utilizando a ferramenta *extract by mask* do ArcGis 10.2. A bacia foi dividida em altitudes maiores de 400 metros, áreas consideradas como o início da FOM (DURIGAN, 1999; BRITTEZ, 2005; IBGE, 2012), e menores de 400 metros consideradas como FED. Após realizou-se a transformação das imagens em arquivos vetoriais, para obtenção das áreas que cada classe ocupa bem como o comportamento e a evolução dessas no decorrer do período, através de uma intersecção, comparando a imagem de 1986 com 1996, 1996 com 2006 e 2006 com 2014, gerando uma tabela com as alterações no uso de cada classe.

Foi feita uma intersecção entre a declividade e as imagens de uso da terra, para verificar em quais classes de declividade encontravam-se os tipos de usos da terra, analisando as áreas com declividades maiores que 20%, que segundo Pereira e Neto (2004) são consideradas impróprias para utilização de agricultura mecanizada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A classificação supervisionada da imagem de satélite do ano de 1986 (Figura 2) revelou que a bacia hidrográfica do rio Forqueta possui 49,53% de seu território composto por agricultura, 18,77% por campos, 28,98% por florestas nativas, sendo que dessas 7,91% são de FED e 21,07% são de FOM, 0,71% por silvicultura, 0,16% por manchas urbanas e 1,84% por outros usos, como hidrografia e sombras (Tabela 1).

Tabela 1 – Cenário de uso e cobertura da terra dos anos de 1986, 1996, 2006 e 2014, da bacia hidrográfica do rio Forqueta

Classes Uso da Terra	Imagem de 1986		Imagem de 1996		Imagem de 2006		Imagem de 2014		Variação 86-14 %
	Km ²	%							
Agricultura	1407,15	49,53	1385,11	48,75	1086,48	38,23	1221,54	42,98	-13,19
Hidrografia	16,67	0,59	2,17	0,08	13,84	0,49	10,04	0,35	-39,77
Campos	533,38	18,77	337,21	11,87	347,60	12,23	178,72	6,29	-66,49
FED	224,74	7,91	281,37	9,90	364,81	12,84	382,24	13,45	70,08
FOM	598,67	21,07	703,68	24,77	814,59	28,66	757,02	26,64	26,45
Manchas Urbanas	4,61	0,16	8,39	0,30	9,81	0,35	12,74	0,45	176,36
Nuvens	0,00	0,00	0,65	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	---
Silvicultura	20,25	0,71	42,92	1,51	121,21	4,26	270,12	9,50	1233,93
Sombras	35,75	1,26	79,88	2,81	83,75	2,95	9,57	0,34	---
Total	2841,22	100,00	2841,37	100,00	2842,09	100,00	2841,99	100,00	---

Comparando a classificação supervisionada da imagem de satélite do ano de 1986 (Figura 2) com a de 1996 (Figura 3), ocorreu uma pequena diminuição na área ocupada pela agricultura, com uma redução de 0,78%, equivalente a 22,04 Km². Os campos diminuiram 6,90%, representando uma área de 196,17 Km² e as florestas nativas aumentaram 5,69%, equivalente a 161,63 Km². A

silvicultura aumentou 0,80%, representando uma área de 22,67 Km², apesar de não significar um grande crescimento em relação ao tamanho da bacia, esse aumento demonstra que a área de floresta plantada mais que dobrou seu tamanho em 10 anos avaliados. As manchas urbanas aumentaram em 0,14%, equivalente a 3,78 Km², mesmo representado uma pequena área, o crescimento quase que dobrou entre os anos de 1986 e 1996. Os outros usos como hidrografia, sombras e nuvens não foram avaliados, mas representam 2,91% da área da bacia (Tabela 1).

Figura 2 – Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, Brasil, do ano de 1986

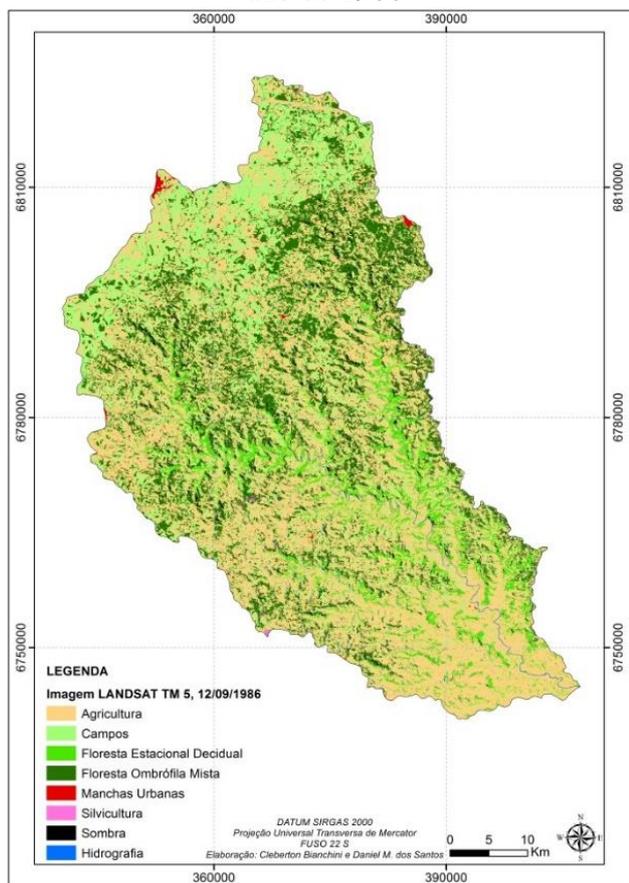
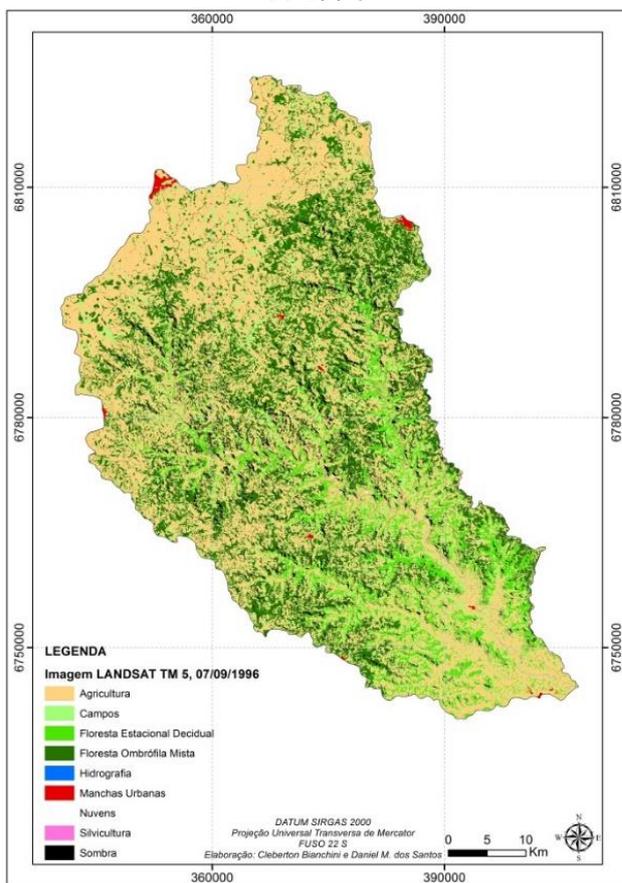


Figura 3 – Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, Brasil, do ano de 1996



Analisando a classificação supervisionada da imagem de satélite do ano de 1996 (Figura 3) e 2006 (Figura 4), ocorreu uma diminuição considerável na área de agricultura, equivalente a 298,63 Km², representando 10,52% de redução. Parte desse uso foi alterado para florestas plantadas (silvicultura), com aumento de 2,75% delas, equivalente a 78,29 Km², e o restante para florestas nativas, com uma regeneração de 6,83%, equivalente a 194,36 Km², desses 2,94% de FED e 3,89% de FOM, 83,45 Km² e 110,91 Km², respectivamente. As manchas urbanas aumentaram 1,43 Km², equivalente a 0,05%, representando uma pequena área da bacia, os outros usos como hidrografia, sombras e nuvens não foram avaliados, mas representam 3,43% (Tabela 1).

Figura 4 – Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, Brasil, do ano de 2006

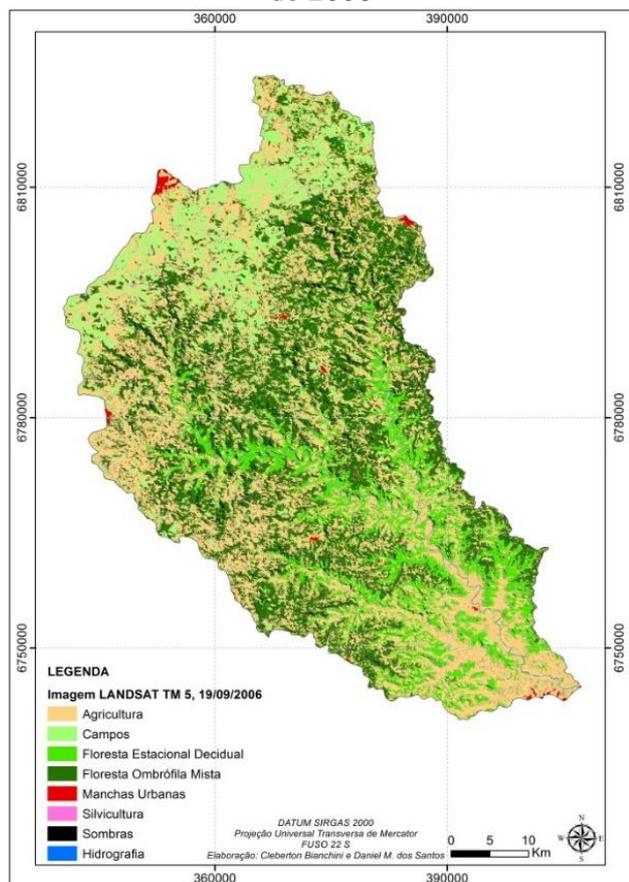
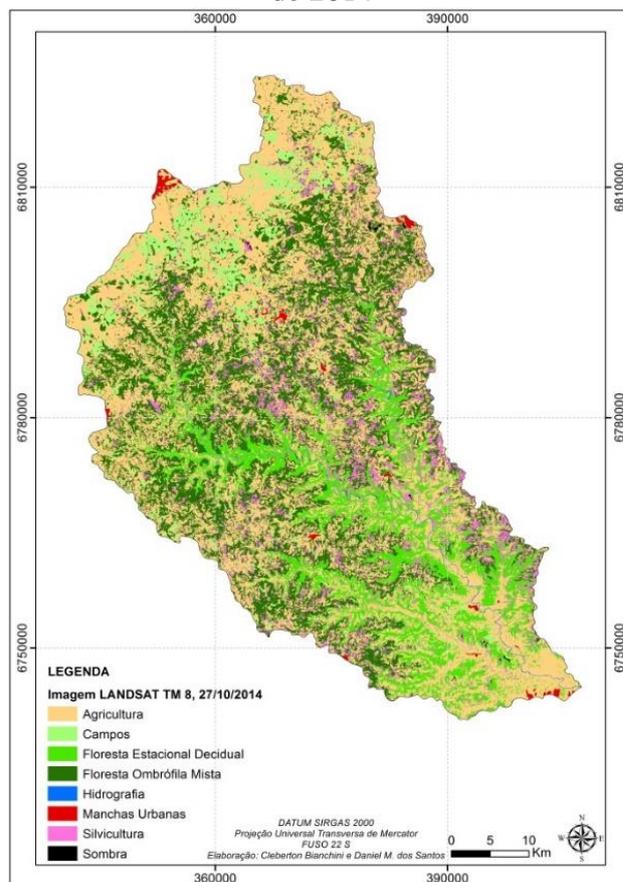


Figura 5 – Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, Brasil, do ano de 2014

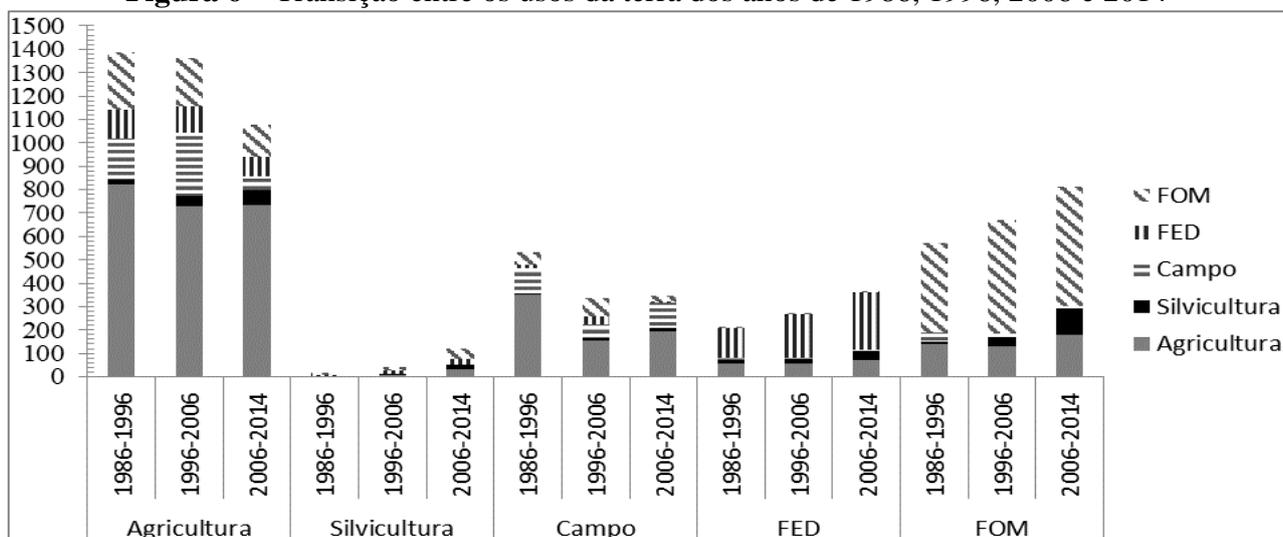


Na classificação supervisionada da imagem de satélite do ano de 2006 (Figura 4) e 2014 (Figura 5), ocorreu um aumento da agricultura, representando uma área de 135,06 Km², equivalente a 4,75%. Parte desse aumento foi devido a troca de cultivos agropecuários, de pastagem para agricultura, pois verifica-se que as áreas de campo reduziram 5,94%, equivalente a 168,88 Km². Referente as florestas nativas houve uma redução de 1,41%, sendo que a FED aumentou 17,43 Km², equivalente a 0,61% e a FOM diminui 57,57 Km², equivalente a 2,02%. As florestas plantadas (silvicultura) mais que dobraram suas áreas entre os anos de 2006 e 2014, com um aumento de 148,91 Km², equivalente a 5,24% (Tabela 1).

A figura 6 apresenta a transição entre os usos da terra das classes de agricultura, silvicultura, campo e florestas (FED e FOM), entre os períodos 1986-1996, 1996-2006 e 2006-2014. No período de 28 anos, a área de agricultura reduziu 22,96%, ocorrendo transição para silvicultura (17,42 Km²), campos (126,12 Km²), FED (177,22 Km²) e FOM (245,8 Km²). A área com silvicultura apresentou um grande aumento no período, 633,97%, e perdeu pouca área para os demais usos: para campos (0,32 Km²), agricultura (1,95 Km²), FED (4,32 Km²) e FOM (7,91 Km²). Embora o aumento seja proporcionalmente grande, a área original plantada em 1986 era pequena (15,74 Km²), e em 2014 (120,25 Km²). Com relação aos campos, ocorreu uma redução de 34,74%, ocorreu transição para as classes de silvicultura (1,58 Km²), FED (14,88 Km²), FOM (54,63 Km²), e principalmente agricultura (353,32 Km²). Além das áreas de silvicultura, as áreas de florestas também apresentaram aumento. FED aumentou, no período de 28 anos, 72,40%. A transição ocorrida no período foi de 0,93 Km² para FOM, 11,45 Km² para silvicultura, 12,47 Km² para campos e 57,73 Km² passaram para agricultura. A área de FOM aumentou 42,50%, um total de 380,13 Km² mantiveram-se inalterados,

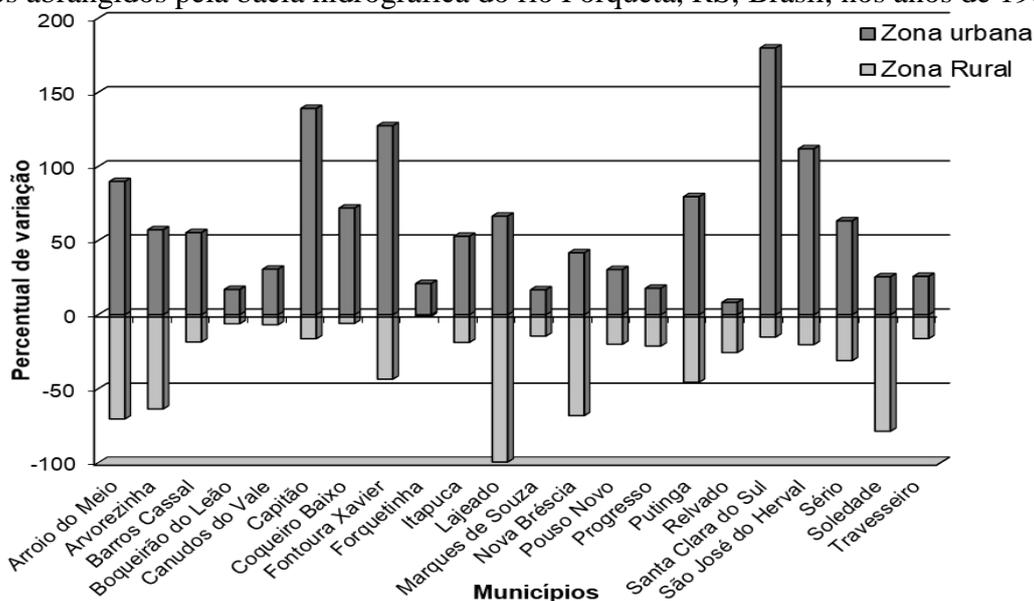
0,88 Km² foram ocupados por FED, 10,35 Km² por silvicultura, 38,52 Km² por campos e 139,95 Km² transformados em agricultura.

Figura 6 – Transição entre os usos da terra dos anos de 1986, 1996, 2006 e 2014



Neste período (1986-1996) ocorreu a criação de vários municípios, na área da bacia, que emanciparam-se da cidade de Lajeado: Boqueirão do Leão e Progresso (1989), Santa Clara do Sul e Sérgio (1993), Marques de Souza (1997) e, posteriormente Canudos do Vale e Forquetinha (2001) (Rosa et al., 2012). São municípios que baseiam sua economia principalmente na criação de suínos e produção de laticínios (Rio Grande do Sul, 2012). O percentual de variação da população rural foi negativo e da população urbana, positivo, entre 1985 e 2012 para todos os 22 municípios que fazem parte da bacia (FEE, 2014) (Figura 7). Isso indica uma forte migração do campo para as zonas urbanas, o que afetou pouco a área cultivada, que apresentou uma redução de 22,96%, mas parece ter ocorrido uma transição para silvicultura, que cresceu 666, 97%. A silvicultura exige menos necessidade de cuidado intensivo, apresenta menor dependência do clima e, pode ocupar áreas que a agricultura mecanizada não consegue atingir, como as encostas.

Figura 7 – Percentual de variação do número de habitantes das zonas rurais e urbanas nos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, Brasil, nos anos de 1985 e 2012.



Fonte: Modificado FEE (2014).

Foi realizada uma comparação entre a declividade classificada, conforme a Embrapa (PEREIRA; NETO, 2004), e os usos da terra, para as classes de agricultura, florestas (FED e FOM) e silvicultura, classificados a partir das imagens de satélite dos anos de 1986, 1996, 2006 e 2014. Conforme Pereira e Neto (2004), declividades maiores que 20%, são consideradas áreas impróprias para a agricultura mecanizada. Considerando a declividade acima de 20%, entre 1986 e 2014 ocorreu um decréscimo de 40,05% nas áreas com agricultura, e um aumento de 57,74% nas áreas de florestas e 1089% nas áreas com silvicultura (Tabela 2).

Um dos motivos para essas transições no uso do solo foram os avanços tecnológicos, que tornaram o manejo do solo nesses locais mais difíceis e menos produtivos (PEREIRA; NETO, 2004). Silva, Eckhardt e Rempel (2010), realizaram um trabalho semelhante no município de Roca Sales, próximo da bacia hidrográfica do rio Forqueta. Os autores analisaram o uso da terra no período de 1989 a 2009, onde verificaram que as áreas de agricultura, localizadas nas áreas mais declivosas e mais elevadas do município, haviam sido abandonadas devido à dificuldade de manejo da terra, a baixa produtividade e pelo êxodo rural registrado no período em todo o Brasil. Com o abandono das áreas de agricultura, ocorreu uma regeneração das florestas nesses locais ou a utilização para silvicultura.

Georgin (2014), analisou o plantio de *Pinus elliottii* no norte do Rio Grande do Sul, o autor verificou que as áreas mais declivosas, locais onde o solo possuía uma baixa fertilidade, ou seja, áreas impróprias para cultivos anuais, estavam sendo utilizados para a silvicultura. Valverde et al. (2012), ainda citam a silvicultura como uma atividade boa para a geração de renda, e com características ambientais que a tornam preferível a outras atividades rurais, podendo ser explorada em terrenos declivosos. Porém, a prática dessa atividade em locais com declividades iguais ou superiores a 45°, topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, e as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, são consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP), sendo protegidas pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

Tabela 2 – Comparação entre a declividade e a classificação do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Forqueta

Declividade Embrapa	Classe	1986		1996		2006		2014	
		Área Km ²	%						
Maior que 20%	Agricultura	802,96	28,29	625,10	22,02	504,69	17,77	481,36	16,95
Maior que 20%	Florestas	577,60	20,35	724,59	25,53	883,74	31,12	911,13	32,09
Maior que 20%	Silvicultura	16,08	0,57	34,23	1,21	73,75	2,60	191,28	6,74

4. CONCLUSÕES

Através da utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), foi possível obter um conjunto de informações georreferenciadas, dessa forma, possibilitando a caracterização da área de estudo, facilitando a análise e compreensão dos elementos que compõem a paisagem.

Considerando o período de 28 anos, a avaliação do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Forqueta, permitiu verificar um decréscimo de 13,19% na área de agricultura, devido as novas técnicas de agricultura automatizadas, que impossibilitam o plantio com maquinário em terrenos mais declivosos, fazendo com que essas áreas sejam abandonadas, e pelo fato de haver uma maior fiscalização ambiental nos últimos anos. A área de campo reduziu 66,49%. Percebe-se que houve

uma ocupação dessas áreas por usos das FOM e FED e pela silvicultura, essa apresentou um aumento, no período, de 1233,92%, passando a representar uma fonte renda alternativa à agricultura.

Analisando as áreas mais declivosas, com declividade acima de 20%, entre 1986 e 2014 ocorreu um decréscimo de 40,05% nas áreas com agricultura, e um aumento de 57,74% nas áreas de florestas e 1089% nas áreas com silvicultura.

REFERÊNCIAS

AHLERT, L; GEDOZ, S. T. Povoamento e desenvolvimento econômico na região do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul – 1822 a 1930. In: Simpósio de histórias subregionales de Rio Grande do Sul y Uruguay: ocupación territorial, inmigraciones y desarrollo socioeconómico. **Anais...** 1999. Uruguay. Anais: Uruguai: Segundas Jornadas Uruguayas de História Econômica, 1999.

BASTIAN, O. Landscape Ecology—towards a unified discipline? **Landscape Ecology**, v.16, n. 8, p. 757-766, 2001.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente N° 001, de 23 de janeiro de 1986.**

BRASIL. **Lei n° 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRITEZ, R. M. **A Floresta com Araucária no Paraná.** 56° Congresso Nacional de Botânica. Curitiba: SBB: UFPR, 2005.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia.** Ribeirão Preto: FUNPEC, 2006, 2 ed. 691p.

COSTA, N. M. C.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento Aplicado à Criação de Planos de Manejo: O Caso do Parque Estadual da Pedra Branca – RJ. In: Xavier da Silva, J., Zaidan, R. T. (Org). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. págs. 67-114.

DSG (Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro). **Cartas Topográficas.** Porto Alegre: DSG, 1979.

DURIGAN, M. E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma floresta ombrófila mista em São João do triunfo – PR.** Dissertação (Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

ECKHARDT, R. R.; SILVEIRA, C. A.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra no município de Bom Retiro do Sul - RS – Brasil. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 14, n. 47 Set/2013 p. 150–161.

FARINA, A. **Ecología del paisaje.** Universidad de Alicante, 2011.

FEE - **Fundação de Economia e Estatística**, 2009. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_coredes>. Acesso em: 12 out. de 2016.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology.** USA: J. Wiley, 1986. 619p.

GEORGIN, J. Plantio de *Pinus elliottii* em pequenas propriedades rurais no norte do Rio Grande do Sul. *Revista Monografias Ambientais - REMOA* v.14, n.3, p.3341-3345. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas** - UFSM, Santa Maria, mai-ago. 2014.

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Sistema fitogeográfico. Inventário das formações florestais e campestres. Técnicas e manejo de coleções botânicas. Procedimentos para mapeamentos**. Rio de Janeiro, 2012.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

MACIEL, A. B. C; LIMA, Z. M. C. O conceito de paisagem: diversidade de olhares. **Sociedade e Território**, v.23, no. 2: 159-177, 2011.

MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; SWIFT, M. J. Agriculture intensification and ecosystem properties. **Science**, 277:504-509, 1997.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Raega**, n. 8, p. 83-91, 2004.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 320 p.

NAVEH, Z; LIEBERMAN, A. S. Landscape ecology: theory and application. **Springer Science & Business Media**, 2013.

NAVEH, Z. Landscape ecology as an emerging branch of human ecosystem science. In: **Advances in ecological research**. Academic Press, vol. 12, 189-237, 1982.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

O'SULLIVAN, P. E. The Ecosystem - Watershed Concept in the Environment Sciences - A Review. **Intern. J. Environmental Studies**, vol. 13, pg:273-281, 1979.

PEREIRA, L. C.; NETO, F. L. **Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; MOHR, L. R. S. Fisiografia da bacia hidrográfica do rio Forqueta, RS, sul do Brasil. **Revista Scientia Plena**, vol. 8, num. 9, 2012.

PÉRICO, E.; CEMIN, G. Caracterização da paisagem do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs). **Revista Scientia Forestalis**, n. 70, p. 09-21, abril 2006.

RIO GRANDE DO SUL (Estado). Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio - SEAPA/RS. Departamento de Defesa Agropecuária - DDA. Serviço de Epidemiologia e Estatística - SEE.

Levantamento Pecuário Gaúcho 2012. Disponível em: <http://www.dda.agricultura.rs.gov.br/conteudo/3181/?Secretaria_da_Agricultura_divulga_dados_do_Levantamento_Pecu%C3%A1rio_2012_do_RS>. Acesso em: 15 jul. 2014.

ROSA, I.; PÉRICO, E.; REMPEL, C. A influência do processo de emancipação de pequenos municípios na urbanização da cidade de Lajeado, RS, Brasil. **Espacios**, Caracas, v. 33, n. 8, p. 4-19, 2012.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4ª edição. 2. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. 258 p

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de paisagem na geografia. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise** 7, 2003.

SILVA, J. F.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Análise temporal e modelagem ambiental da cobertura florestal nativa do município de Roca Sales – RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, 2010, n.º. 63/4, p. 527-544. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. ISSN:1808-0936.

TURNER, M.G. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of transition models. **Landscape Ecology**, v.1, p.27-39, 1987.

VALERIANO, M. M. Modelo digital de variáveis morfológicas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, GO. **Anais...**, 2005. p. 1-8.

VALERIANO, M. M. Dados topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais**. 1 ed. v.1, São Paulo: Oficina de textos, 2008.

VALVERDE, S. R.; MAFRA, J. W. A.; MIRANDA, M. A.; SOUZA, C. S.; VASCONCELOS, D. C. **Silvicultura brasileira: oportunidades e desafios da economia verde**. Rio de Janeiro, RJ: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. FBDS – Evolutiva Estudo (Boletim Técnico). 2012.

VITTE, A. C. **O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física**. Mercator - Revista de Geografia da UFC 6, no. 11, 2007.

ZAIDAN, R. T.; XAVIER DA SILVA, J. Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento de Áreas com Necessidade de Proteção: O Caso do Parque Estadual do Ibitipoca – MG. In: XAVIER-DA-SILVA, J. e Z Aidan, R. T. (Ed.). **Geoprocessamento e Análise Ambiental: aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.31-65.

Data de submissão: 29.03.2017

Data de aceite: 11.09.2018

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.