

Revista Brasileira de Cartografia (2015) N^o 67/7: 1341-1355
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

ANÁLISE TEMPORAL DAS MUDANÇAS NA PAISAGEM DE MATA ATLÂNTICA DO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL-RS

Temporal Analysis of Change in Landscape of Atlantic Forest in the Municipality of Caxias do Sul - RS

Gisele Cemin¹ & Jorge Ricardo Ducati²

**¹Universidade de Caxias do Sul – UCS
Instituto de Saneamento Ambiental**

Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – CEP 95070-560-Caxias do Sul - RS, Brasil
gcemin3@ucs.br

**²Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS
Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia**

Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP 91501-970-Porto Alegre - RS, Brasil
ducati@if.ufrgs.br

*Recebido em 16 de Janeiro, 2015/ Aceito em 1 de Agosto, 2015
Received on January 16, 2015/ Accepted on August 1, 2015*

RESUMO

Na atualidade, as atividades humanas têm levado a conversão de áreas florestais em ecossistemas agropastoris e urbanos. Neste processo, a floresta contínua é interrompida por estas barreiras antrópicas as quais são capazes de impedir o fluxo gênico, aumentando a taxa de endocruzamento, o que pode acarretar a diminuição da variabilidade genética e a consequente diminuição da diversidade biológica. A Mata Atlântica, alvo deste estudo, perdeu aproximadamente 71% de sua área, sendo que seus remanescentes apresentam, na sua grande maioria, áreas pequenas e isoladas uma das outras. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi de analisar as modificações do uso e cobertura do solo no município de Caxias do Sul-RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais de Mata Atlântica e avaliar índices de ecologia da paisagem, com a finalidade de verificar se as modificações ocorridas ao longo do tempo favoreceram a manutenção da biodiversidade. Para atingir o objetivo proposto, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 5 referentes aos anos de 1985, 2004 e 2011 para a obtenção das informações do uso e cobertura do solo, em especial, as áreas florestais e índices de ecologia de paisagem, tais como número, tamanho, forma, distância, área de interior e coesão. Os resultados indicaram um aumento de aproximadamente 203km² das áreas florestais entre os anos de 1985 e 2011, correspondendo a um incremento na ordem 36% das Florestas Estacional Decidual e Ombrófila Mista. Em contrapartida, houve diminuição das áreas dos campos de altitude (estepe gramíneo-lenhosa) de 563,77km² em 1985 para 304,16km² em 2011, uma diferença de 152,77km² (cerca de 30%). Os índices de ecologia de paisagem indicaram uma melhoria na qualidade ambiental no que tange os fragmentos florestais, uma vez que tamanho médio e a área interior dos fragmentos aumentaram, ocasionando uma maior coesão entre as áreas florestais vizinhas.

Palavras-chaves: Sensoriamento Remoto, Ecologia de Paisagem, Índices de Ecologia de Paisagem.

ABSTRACT

At present, human activities have led to conversion of forest areas in agropastoral and urban ecosystems. In this process, the continuous forest is interrupted by these anthropogenic barriers which are capable of preventing gene flow, increasing the rate of inbreeding, which can lead to decreased genetic variability and the consequent decline of biological diversity. The Atlantic Forest, the target of this study lost approximately 71% of its area, and its remnants have, for the most part, small and isolated from each other areas. In this context, the aim of this study was to analyze changes in land cover and land use in the municipality of Caxias do Sul-RS, with emphasis on the dynamics of forest fragments of Atlantic Forest and evaluating indices of landscape ecology, in order to verify whether changes occurred over time favored the maintenance of biodiversity. To achieve the proposed objective, we used Landsat 5 satellite images for the years 1985, 2004 and 2011 to obtain the information use and land cover, especially forest areas and landscape ecology indexes, such as the number, size, shape, distance, area core and cohesion. The results indicated an increase of approximately 203km² of forest areas between the years 1985 and 2011, representing an increase of around 36% of Seasonally Deciduous Forests and Mixed Ombrophilous. In contrast, there was decrease in areas of high altitude grasslands (jab grassy-woody) of 563,77km² in 1985 to 304,16km² in 2011, a difference of 152,77km² (about 30%). The indices of landscape ecology indicated an improvement in environmental quality in terms of forest fragments, since average size and the inner area of the fragments increased, causing greater cohesion between a forest and neighboring forest patches.

Keywords: Remote Sensing, Landscape Ecology, Index Landscape Ecology.

1. INTRODUÇÃO

O histórico de desmatamento e de degradação das florestas no território brasileiro provavelmente teve início há mais de 13 mil anos (DEAN, 1996) com os povos antigos (caçador-coletor) que se utilizavam do fogo para suas atividades. Este processo de ocupação e de degradação se intensificou com a chegada dos povos europeus há mais de 500 anos (FONSECA, 1985) e continua até os dias atuais. Dados divulgados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2014) e pela Fundação SOS Mata Atlântica (FUNDAÇÃO SOS MATAATLÂNTICA, 2015), apontam uma perda de floresta tropical no território brasileiro na ordem de 18,85% na Amazônia e de 85% na Mata Atlântica. Este dado é preocupante, uma vez que o Brasil é o país com maior biodiversidade do planeta, abrigando entre 10 e 20% das espécies e 30% das florestas tropicais do mundo (LEWINSOHN, 2005).

Neste processo de degradação do ambiente florestal, ocorre redução da extensão do habitat original ocasionando alterações na distribuição e na configuração espacial do habitat remanescente, a chamada fragmentação. A fragmentação do habitat consiste em um processo durante o qual uma grande área é transformada em vários habitats menores (fragmentos), isolados uns dos outros ao longo de uma matriz. Vários estudos mostram que algumas variáveis da

paisagem fragmentada, como o tamanho, o grau de isolamento e a qualidade dos fragmentos influenciam na riqueza e na abundância das espécies (DIRZO & RAVEN 2003; FAHRIG, 2003; SODHI *et al.*, 2009).

A Mata Atlântica, alvo deste estudo, é considerada uma das mais ameaçadas, já que perdeu e continua perdendo áreas naturais. É reconhecida mundialmente como um dos 34 *hot spots* do planeta, (MMA, 2007; MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2004), reserva da Biosfera pela Unesco e Patrimônio Nacional pela Constituição Federal de 1988, sendo estes indicativos relevantes da sua importância para a manutenção da biodiversidade e da sua prioridade na conservação biológica. Abriga uma alta biodiversidade, com cerca de 20.000 espécies de plantas, sendo 8.000 endêmicas, 1.361 espécies de vertebrados, 567 endêmicas, retendo mais de 2% dos endemismos globais para esses grupos (MYERS *et al.*, 2000). Em seu domínio encontram-se sete grandes bacias hidrográficas, as quais são essenciais para o abastecimento de cerca de 120 milhões de pessoas (MMA, 2010).

Especificamente no Estado do Rio Grande do Sul, tem-se observado uma recuperação das áreas florestais deste bioma em locais abandonados pela agricultura, principalmente nas encostas de morros, com declividade mais acentuada. De acordo com o Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica

(FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2008), o Estado apresentou uma diminuição na ordem de 74% no ritmo de desmatamento no período de 2000 a 2005. Porém, segundo o mesmo estudo, não houve estancamento, uma vez que análises realizadas em anos subsequentes (2005 a 2008) apontaram uma perda de áreas florestais no estado de aproximadamente 3.117 ha. Esta perda está principalmente associada ao desmatamento provocado pelos pequenos produtores rurais que ainda convertem áreas florestais em áreas agrícolas e também por obras de infraestrutura, como estradas, barragens e outros empreendimentos que necessitam a remoção da vegetação florestal. É importante salientar que esta remoção florestal ocorre, na grande maioria das vezes, de forma legal, seguindo os critérios estabelecidos pela Lei Federal nº 11.428/2006, a qual dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi de analisar as modificações do uso e cobertura do solo no município de Caxias do Sul-RS no período de 1985 a 2011, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais de Mata Atlântica bem como calcular índices de ecologia da paisagem

para o período avaliado, buscando verificar se as modificações ocorridas na paisagem favorecem a manutenção da biodiversidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção estão elencadas informações referentes à área de estudo, os materiais e os métodos aplicados para atingir os objetivos traçados.

2.1 Área de estudo

O município de Caxias do Sul está localizado na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul (entre as coordenadas: Latitude Sul 28°45', 29°25' e Longitude Oeste 50°45', 51°20'). Abrange uma área de aproximadamente 1.587 km². Está inserido na sua totalidade no bioma Mata Atlântica, como pode ser observado na Figura 1 (IBGE, 2007).

No município de estudo observa-se a presença de três regiões fitoecológicas pertencentes a este bioma, como seguem: Floresta Ombrófila Mista – Mata com Araucária, Floresta Estacional Decidual e Estepe Gramíneo Lenhosa com mata de galeria (campos de altitude) (TEIXEIRA & NETO, 1986). A Floresta Estacional Decidual está localizada, em

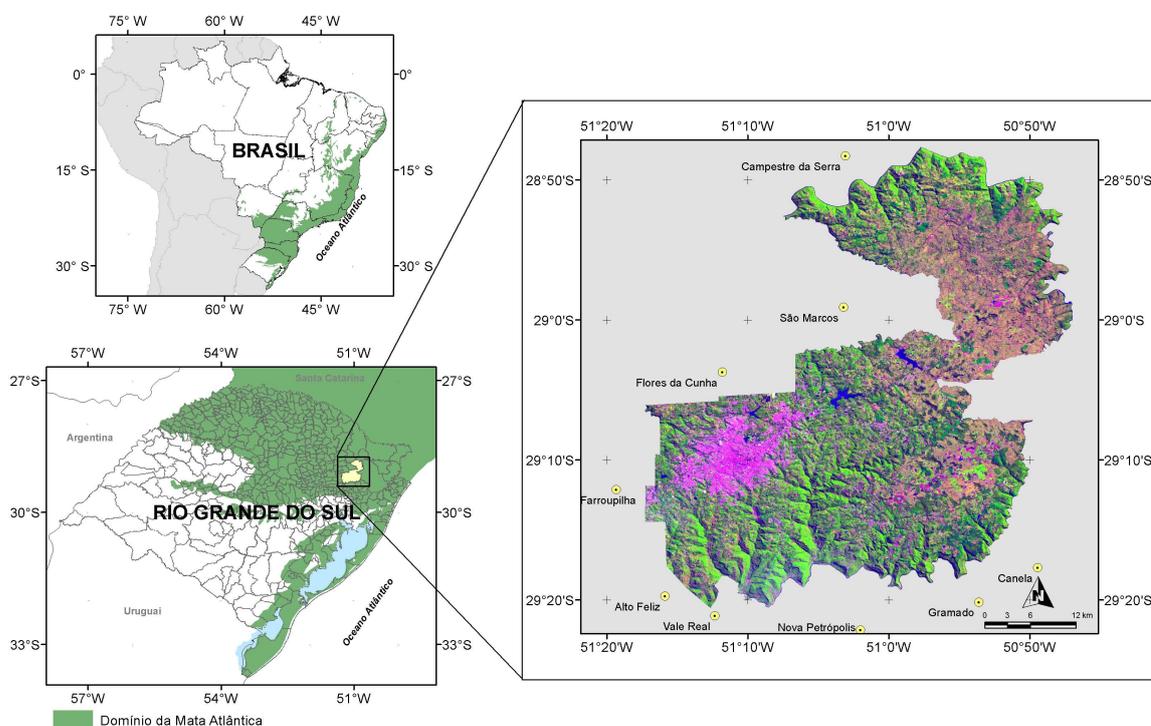


Fig. 1 - Localização da área de estudo.

sua maior parte, nos Vales encaixados do Rio Taquari-Antas e Caí. A estrutura desta floresta é representada por dois estratos arbóreos distintos: um emergente, aberto e decíduo, com altura variando entre 25 e 30 metros, com destaque para o angico (*Parapiptadenia rígida*), a grábia (*Apuleia leiocarpa*) e a canafistula (*Peltophorum dubium*) e outro, dominado e contínuo, de altura não superior a 20 metros, formando principalmente por espécies perenifólias, além de um estrato de arvoretas (TEIXEIRA & NETO, 1986). A Floresta Ombrófila Mista ocupa os locais com altitude superior a 500 metros acima do nível do mar, predominantemente sobre rochas de basaltos e rochas efusivas ácidas. O principal elemento desta floresta é a *Araucaria angustifolia* (pinheiro-brasileiro), espécie endêmica do bioma, que, por sua relevante importância comercial, movimentou a economia de parte do sul do Brasil nas décadas de 1960 e 1970, sendo posteriormente as áreas com araucárias desmatadas para fins agrícolas, especialmente para o plantio de soja e trigo, e mais recentemente utilizadas para a implantação da monocultura de *Pinus* spp. (BEHLING & PILLAR 2007; TEIXEIRA & NETO, 1986).

A região de ocorrência da formação fitoecológica conhecida como estepe gramíneo-lenhosa com mata de galeria desenvolve-se em altitudes superiores a 800 metros acima do nível do mar, predominando na região nordeste do município, sobre áreas de relevo ondulado a fortemente ondulado, derivados de rochas efusivas ácidas e básicas. A cobertura herbácea é constituída por gramíneas cespitosas, onde se observa o predomínio do capim-caninha (*Andropogon lateralis*), perfazendo entre 50 a 60% da frequência, acompanhada por outras espécies menos expressivas (TEIXEIRA & NETO, 1986).

2.2 Mudanças de uso e cobertura do solo

A evolução temporal da paisagem foi acompanhada a partir de um conjunto de imagens do sensor TM do satélite Landsat5, obtidas gratuitamente junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, s.d.). A investigação foi realizada nos anos de 1985, 2004 e 2011, conforme mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Relação das imagens de satélite utilizadas no estudo

Data da imagem	Resolução espacial	Bandas
07/12/1985	30 m	1, 2, 3, 4, 5 e 7
08/10/2004	30 m	1, 2, 3, 4, 5 e 7
28/10/2011	30 m	1, 2, 3, 4, 5 e 7

Os procedimentos metodológicos relacionados com processamento das imagens de satélite incluíram o georreferenciamento, o recorte, a classificação e a quantificação das diferentes classes de uso e cobertura do solo presentes na paisagem. O georreferenciamento foi executado na imagem de 2011, utilizando pontos de controle coletados no mosaico de imagens GeoCOVER (GLCF, 2008). Este processo consistiu na transformação geométrica que relaciona as coordenadas de imagem (linha e coluna) com coordenadas de um sistema de referência, que neste caso, foram as coordenadas das imagens GeoCOVER. Foi utilizado o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), por ser o mais usual e por fornecer valores de distância em unidades métricas, Datum SAD 69 (South American Datum), Fuso 22 Sul. O erro médio quadrático (RMS) do georreferenciamento foi controlado para que se obtivesse um valor inferior a 1 pixel, ou seja, inferior a 30 metros. As imagens de satélite de 1985 e 2004 foram registradas utilizando a imagem georreferenciada de 2011 como referência. Por último, com a disponibilidade do limite do município estudado, foi possível a criação de uma máscara para realizar o recorte das bandas de cada imagem georreferenciada.

Após o georreferenciamento, seguiu-se para a interpretação visual da forma, textura e tonalidade/cor das unidades que compõe a paisagem de 1985, 2004 e 2011. Na etapa de interpretação visual das imagens de satélite, foram definidos os elementos que compõem a paisagem, ou seja, as classes de uso e cobertura do solo. A classificação das imagens de satélite foi realizada de forma supervisionada, utilizando o algoritmo pixel a pixel de Máxima Verossimilhança Gaussiana. Foram elencadas sete classes de uso e cobertura do solo para os

anos de 1985, 2004 e 2011, a saber: floresta nativa, silvicultura, estepe gramíneo-lenhosa, área urbana, uso agropastoril e lâmina d'água.

2.3 Análise ecológica da paisagem

Para que fosse possível realizar a análise da fragmentação florestal, os mapas de uso e cobertura do solo dos anos de 1985, 2004 e 2011 foram reclassificados para a obtenção duas classes: fragmentos de floresta e outros usos. Além disso, separou-se cada um dos mapas em dois setores, sendo um representando os fragmentos florestais inseridos na região de campos (estepe

gramíneo-lenhosa) e outro setor representando as demais áreas do município de Caxias do Sul. Esta separação fez-se necessária em função das duas áreas apresentarem dinâmicas ecológicas distintas. Os mapas gerados foram submetidos ao software Fragstats (MCGARICAL & MARKS, 1995) para o cálculo dos índices de ecologia de paisagem, permitindo, desta forma, a verificação das mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo. Os índices utilizados neste trabalho estão elencados na Tabela 2 (LANG & BLASCHKE, 2009; LANGANKE *et al.*, 2007; MCGARIGAL *et al.*, 2002).

Tabela 2: Índices de ecologia da paisagem utilizados no estudo

Índice	Fórmula	Descrição
NP	$PD = \frac{ni}{A} (10.000) * (100)$	Quantidade de fragmentos.
PD	$LPI = \frac{\max_{j=1}(bij)}{A} * (100)$	Número de fragmentos em 100 ha da paisagem (%).
LPI	$TCA = \sum_{j=i}^n aij^e \left(\frac{1}{10000}\right)$	% da paisagem ocupada pelo maior fragmento.
TCA	$AREA - MN = \frac{\sum_{j=1}^n aij}{ni}$	Soma das áreas centrais de todos os fragmentos (ha), excluindo a área de borda.
AREA-MN	$Shape - MN = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{Pij}{\min Pij}}{ni}$	Área média dos fragmentos (ha).
SHAPE-MN	$ENN - MN = \frac{\sum_{i=1}^m * \sum_{j=1}^n xij}{N}$	Média das formas dos fragmentos. Está diretamente relacionada com o grau do efeito de borda.
ENN-MN	$AREA = aij \frac{1}{10.000}$	Média da distância euclidiana borda a borda entre o fragmento e seu vizinho mais próximo.
AREA	$CH = \left[1 - \frac{\sum_{j=1}^n pij}{\sum_{j=1}^n pij \sqrt{aij}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} * (100)$	Área do fragmento (ha).

Para o índice TCA houve a necessidade de determinar uma faixa a ser considerada como borda do fragmento florestal. Não existe um consenso para a definição da largura da faixa de borda, uma vez que este valor varia de acordo com o uso e cobertura do solo que circunda o fragmento florestal e o tipo de espécie a ser trabalhada (para grandes felinos e primatas, por exemplo, a largura do efeito de borda tende a ser maior). Estudos empíricos constataram que o efeito de borda pode persistir até 150 metros para o interior do fragmento florestal (PATON, 1994; MURCIA, 1995; DIDHAM, 1997)

embora Laurence (1991) tenham constatado que nas florestas tropicais este efeito pode ser detectado até 500 metros. Um estudo conduzido por Rodrigues *et al.*, (1998) em fragmentos de Mata Atlântica situados no município de Londrina-PR, indicou uma largura de borda média de 35 metros, levando em consideração fatores como a umidade, a composição e a diversidade de espécies florestais e a incidência da radiação solar. Fontoura *et al.*,(2006), utilizando parâmetros como riqueza, abundância, composição e estrutura da vegetação em uma área de transição entre floresta de araucária e

campos estabeleceram uma extensão de borda de até 50 metros. Siqueira *et al.*, (2004) detectou variação maior da temperatura do ar, temperatura do solo e à umidade do ar na borda em relação ao interior de um fragmento florestal em uma distância de até 120 metros. Baseado nestas pesquisas, para este trabalho foi estipulada uma largura de 60 metros a partir da margem do fragmento como sendo a faixa de borda.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atendendo ao objetivo proposto, na sequência são apresentados os resultados

alcançados referentes ao mapeamento do uso e cobertura do solo, além das informações da análise ecológica da paisagem.

3.1 Mudanças de uso e cobertura do solo

A Tabela 3 e as Figuras 2, 3 e 4 mostram as informações de uso e cobertura do solo do município de Caxias do Sul nos anos de 1985, 2004 e 2011, respectivamente. A Tabela 4 e a Figura 5 ilustram a tabulação cruzada dos mapas de uso e cobertura do solo de 1985 e 2011. A Figura 6 indica a regeneração da floresta nativa entre os anos de 1985 e 2011.

Tabela 3: Dados de uso e cobertura do solo do município de Caxias do Sul

Classe	Ano					
	1985		2004		2011	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Floresta nativa	563,81	35,52	701,64	44,21	766,81	48,32
Silvicultura	19,20	1,21	27,11	1,71	49,88	3,14
Estepe gramíneo-lenhosa	456,43	28,76	375,41	23,66	304,16	19,16
Área urbana	46,02	2,90	72,39	4,55	89,94	5,66

Tabela 4: Tabulação cruzada dos mapas de uso e cobertura do solo dos anos de 1985 e 2011

Transição de 1985 a 2011	km ²	%
1 1 – Floresta nativa → Floresta nativa	542,07	34,16
2 1 – Estepe gramíneo lenhosa → Floresta nativa	52,72	3,32
3 1 – Uso Agropastoril → Floresta nativa	161,45	10,17
6 1 – Silvicultura → Floresta nativa	10,57	0,67
2 2 – Estepe gramíneo lenhosa → Estepe gramíneo lenhosa	304,16	19,17
2 3 – Estepe gramíneo lenhosa → Agropastoril	86,62	5,46
3 3 – Uso Agropastoril → Uso Agropastoril	270,73	17,06
1 4 – Floresta nativa → Área Urbana	7,17	0,45
3 4 – Uso Agropastoril → Área Urbana	35,32	2,23
4 4 – Área urbana → Área urbana	46,02	2,90
6 4 – Silvicultura → Área Urbana	1,43	0,09
5 5 – Lâmina d'água → Lâmina d'água	18,86	1,19

Analisando a Tabelas 3 e 4 verifica-se que de 1985 a 2011 houve um aumento na ordem de 36% (203 km²) das áreas que englobam a classe de floresta nativa, representada pelas Florestas Estacional Decidual e Ombrófila Mista – mata de araucária. A maior transição que contribuiu para este aumento foi à mudança de uso agropastoril para floresta nativa (161,45km²)

Este incremento possivelmente foi impulsionado pelo êxodo rural e também pelo abandono das terras de declividade mais acentuada, difíceis de cultivarem por exigirem práticas conservacionistas intensivas no combate à erosão dos solos, na dificuldade do emprego de máquinas agrícolas e por apresentarem solos mais rasos e com grande quantidade de rochas

Análise Temporal das Mudanças na Paisagem de Mata Atlântica do Município

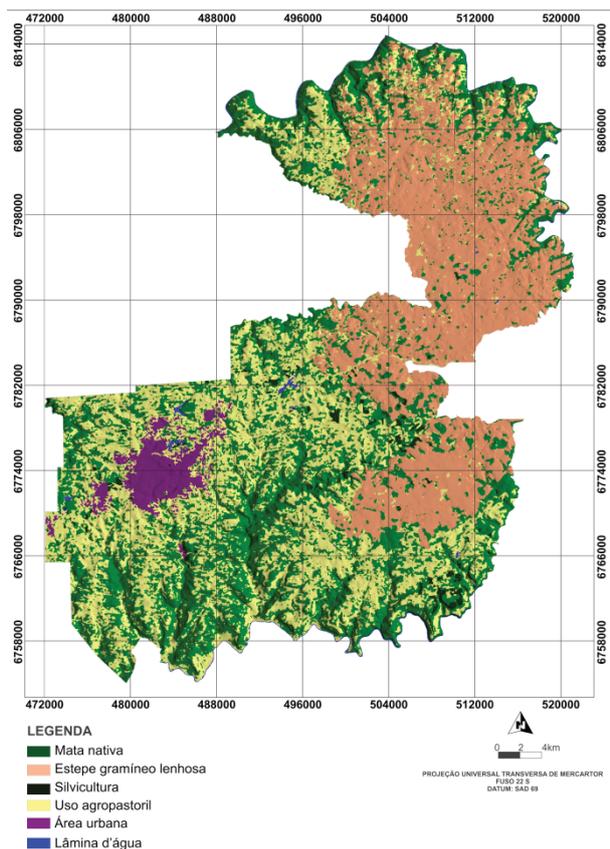


Fig. 2 - Uso e cobertura do solo de 1985.

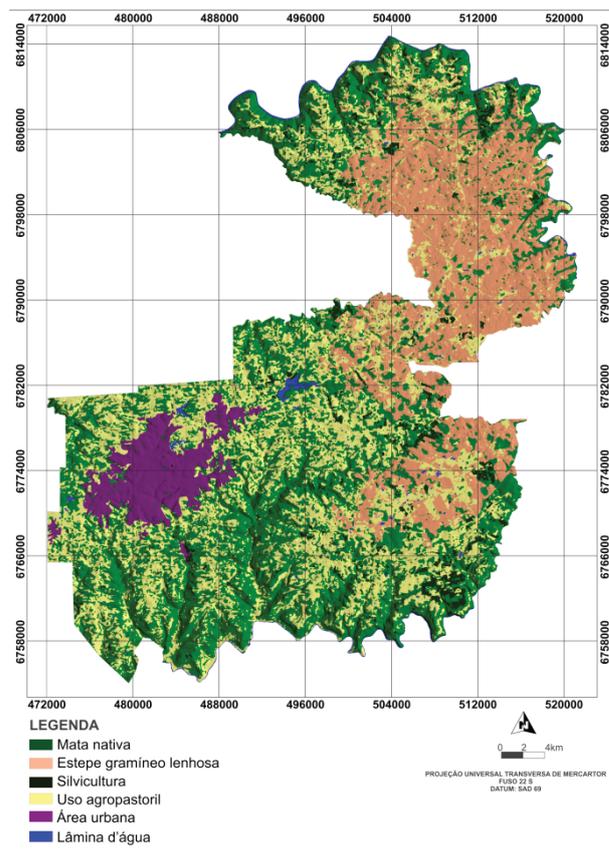


Fig. 4 - Uso e cobertura do solo de 2011.

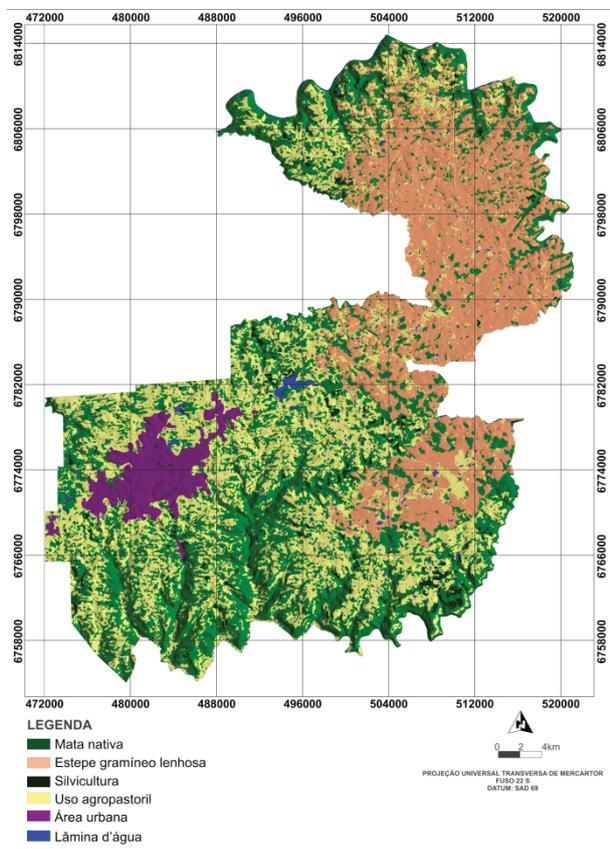


Fig. 3 - Uso e cobertura do solo de 2004.

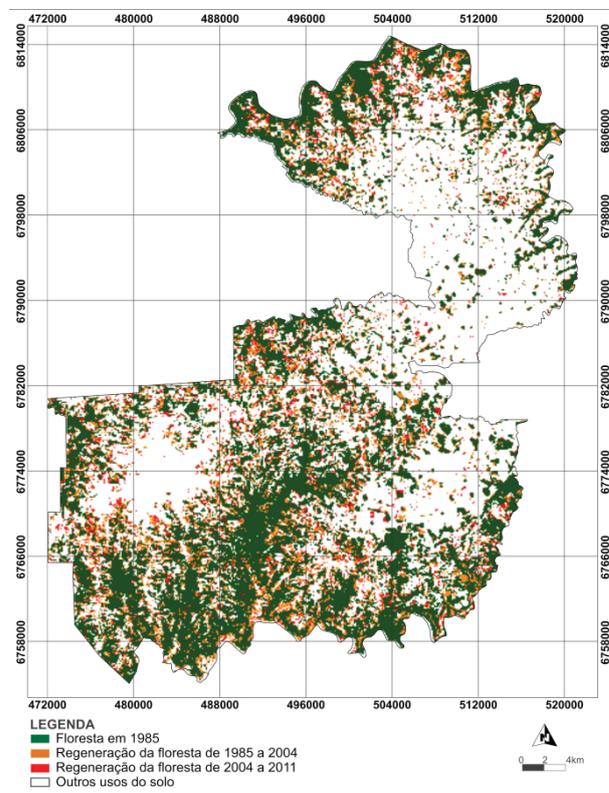


Fig. 5 - Regeneração florestal entre 1985 e 2011.

particionadas. As áreas de uso agropastoril incluem os locais com o desenvolvimento da agricultura (incluindo o solo exposto), pastagens e estradas. Esta classe teve decréscimo entre os anos de 1985 e 2011, passando de 488,68 km² para 357,35 km², uma diminuição na ordem de 26%. Conforme mostrado na Tabela 4, a maior parte destas áreas agropastoris convertido para floresta, seguido de área urbana e silvicultura. Silva *et al.*, (2011) constatou o aumento das áreas de Mata Atlântica no município de Roca Sales- RS entre os períodos de 1989 a 2009 na ordem de 76%, possivelmente associado ao processo natural de regeneração das áreas de uso agropecuário abandonadas em declividades acentuadas. Resultado similar foi obtido por Altmann *et al.*, (2009) para o município de Teutônia-RS.

Em contraponto, as áreas ocupadas pelos campos nativos (estepe gramíneo-lenhosa) tiveram uma redução considerável, de aproximadamente 33,36% de sua área de 1985 para 2011. Este dado se confirma pelo avanço e da fronteira agrícola nos campos, pelo processo de nucleação dos fragmentos de floresta nativa e pelo avanço da silvicultura (Tabela 3 e 4). Os solos ocorrentes nesta região (tipicamente Cambissolos háplicos e húmicos) apresentam qualidade agrícola inferior devido sua baixa disponibilidade de nutrientes, forte acidez e elevado teor de alumínio, o que requer práticas conservacionistas intensivas e aplicação de elevados níveis de corretivos e fertilizantes (STRECK *et al.*, 2008). Nas áreas manejadas, por meio de informações obtidas em campo, observa-se avanço da fruticultura, principalmente da maçã e uva. Além disso, a expansão do gado de corte tem feito os produtores a manejarem o campo, com o plantio de pastagens, aveia e azevém (no inverno) e milho (no verão), em vez de manejarem com queima do campo, pois é uma prática proibida no estado do Rio Grande do Sul.

A área urbana também teve um incremento considerável, passando de 46,02 km² para 89,94 km², uma variação de aproximadamente 95,44%. Está, em termos territoriais, entre as maiores áreas urbanas do Estado e, em números populacionais, ocupa a segunda posição, com aproximadamente de 435 mil habitantes (IBGE, 2010). Esta grande variação está relacionada, principalmente, com

as características econômicas do município. Por ser considerado o segundo polo metal mecânico do Brasil (PREFEITURA MUNICIPAL, 2014), Caxias do Sul apresenta uma taxa de empregabilidade elevada, atraindo trabalhadores de vários municípios do interior e inclusive de outros Estados, o que favorece esse crescimento acentuado observado nesses últimos 26 anos.

A lâmina d'água é representada quase que exclusivamente por áreas de reservatórios artificiais, como açudes para a dessedentação de animais e barragens para abastecimentos da população.

Analisando a Figura 5, verifica-se que houve incremento desta classe entre os anos avaliados, ficando perceptível, principalmente na região indicada no mapa, a qual apresenta relevo acidentado e Neossolos litólicos, o que justifica o abandono da prática agrícola.

3.2 Análise ecológica da paisagem

As Tabelas 5 e 6 mostram os dados obtidos pelos índices de ecologia de paisagem relativos ao tamanho dos fragmentos de floresta e a configuração da paisagem, respectivamente.

Analisando as Tabelas 4 e 5, verifica-se a diminuição do número de fragmentos maiores de 5 hectares ao longo dos anos avaliados no setor 1. Para os fragmentos de até 1 hectare, observa-se um aumento no seu número na ordem de 255 fragmentos de 1985 para 2004, voltando a diminuir em 2011. Esta tendência de diminuição do número de fragmentos está possivelmente associada a uma expansão e consequente agregação dos mesmos, o que corrobora o resultado encontrado para o índice COHESION, o qual indica o grau de agregação dos fragmentos de floresta na paisagem e o índice AREA-MN. A maior parte dos fragmentos apresenta, para todos os anos, área menor de 5 ha, ou seja, a maior parte dos remanescentes apresentam áreas pequenas. Em um estudo conduzido por Ribeiro *et al.*, (2009) revelou que cerca de 80% dos fragmentos da Mata Atlântica são menores que 50 ha. Nos anos de 1985, 2004 e 2011 no setor 1 da área de estudo, a paisagem apresentava 4,91%, 3,01% e 3,70% coberta por fragmentos com área maior de 50ha, respectivamente, corroborando o estudo supracitado.

No entanto, verifica-se no setor 2, que corresponde aos fragmentos de floresta inseridos

Tabela 5: Área e número (NP) de cada fragmento de floresta na paisagem de 1985 a 2011 (CEMIN et al, 2009)

Índice	Ano							
			1985		2004		2011	
			Setor 1	Setor 2	Setor 1	Setor 2	Setor 1	Setor 2
AREA: tamanho do fragmento	<1ha	NP	357	294	612	474	442	492
		%	27,87	27,05	41,95	34,55	38,98	36,23
	1 a 5 ha	NP	577	487	526	562	411	543
		%	45,04	44,80	36,05	40,96	36,24	39,99
	>5ha	NP	347	306	321	336	281	323
		%	27,09	28,15	22,00	24,49	24,78	23,78
TOTAL	Nº		1281	1087	1459	1372	1134	1358
	%		100	100	100	100	100	100

Setor 1: Fragmentos Florestais da região de Floresta Estacional Decidual e parte da Floresta Ombrófila Mista.

Setor 2: Fragmentos Florestais inseridos na região de campo (Estepe Gramíneo Lenhosa).

Tabela 6: Resultados para os índices selecionados para avaliar a paisagem

Índice	Ano					
	1985		2004		2011	
	Setor 1	Setor 2	Setor 1	Setor 2	Setor 1	Setor 2
PD	1,36	1,68	1,55	2,12	1,20	2,10
LPI	15,76	2,57	28,43	3,70	30,50	6,50
AREA-MN	34,20	11,55	31,35	10,40	42,99	10,81
SHAPE-MN	1,39	1,29	1,34	1,26	1,37	1,28
ENN-MN	168	241	158	208	161	214
TCA	25.876	6.190	26.706	6.918	29.714	7.035
COHESION	99,01	95,00	99,45	94,88	99,52	96,39

Setor 1: Fragmentos Florestais da região de Floresta Estacional Decidual e parte da Floresta Ombrófila Mista.

Setor 2: Fragmentos Florestais inseridos na região de campo (Estepe Gramíneo Lenhosa).

nas áreas de campo, o oposto do ocorrido no setor 1. De maneira geral, houve um aumento do número de fragmentos de floresta, principalmente os menores de 1ha (também evidenciado pelo índice PD e LPI). Este dado pode estar relacionado com o avanço das áreas florestais sobre os campos. A Figura 6 ilustra este processo em parte da área de estudo. Neste local, a expansão da vegetação se dá pela presença de plantas nucleadoras, as quais facilitam o estabelecimento de outras espécies. Duarte *et al.*, (2006) demonstraram que a colonização das áreas dos campos no Planalto das Araucárias por espécies lenhosas é maior em locais sob a copa das árvores e arbustos isolados no campo do que em áreas completamente abertas, ratificando a importância

das plantas nucleadoras como catalizadoras do processo de expansão da vegetação sobre os campos. Além desse processo, Oliveira e Pillar (2004) descrevem o estabelecimento de espécies lenhosas a partir da borda do fragmento florestal, o que pode ser evidenciado na Figura 6. As áreas em preto indicam os fragmentos florestais em 1985 em cinza, o avanço das áreas florestais em direção aos locais de ocorrência da estepe gramíneo-lenhosa. Nesta área ocorre a formação de maciços florestais de *Araucaria angustifolia* (pinheiro brasileiro), a qual é reconhecida na literatura como espécie pioneira e nucleadora, o que pode justificar este avanço florestal a partir da borda do fragmento florestal (DUARTE *et al.*, 2006).

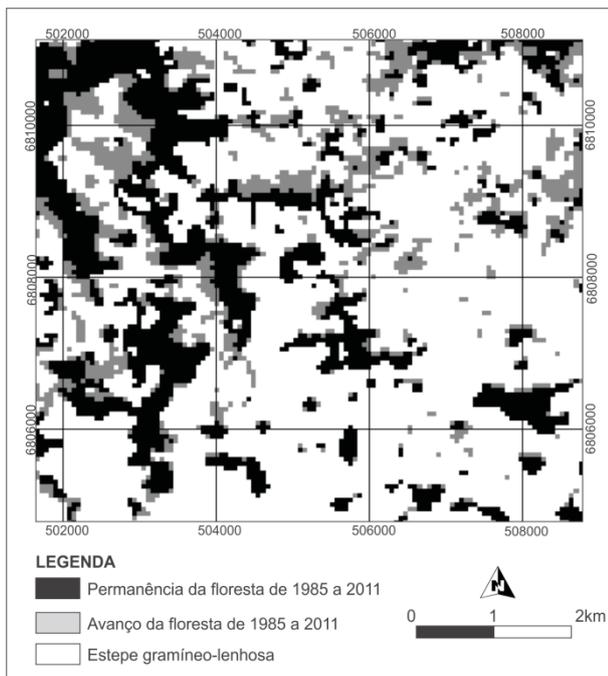


Fig. 6 - Avanço das áreas florestais sobre os campos.

Outro elemento que pode ter contribuído para este possível avanço da floresta está à proibição da queimada do campo desde 1965, com o antigo Código Florestal Federal (Lei Federal nº 4.771/1965 – revogada pela Lei Federal nº 12.651, de 2012, alterada pela Lei Federal nº 12.727/2012) em que no seu Artigo 27 dispunha sobre a proibição do uso do fogo nas florestas e demais formas de vegetação. Posteriormente, em 1989, a Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, em seu Artigo 251, proíbe a prática da queimada e em 1992, o Código Florestal Estadual (Lei Estadual nº 9.519/1992) em seu Artigo 28, proíbe o uso do fogo ou queimadas nas florestas e demais formas de vegetação natural, incluindo a prática do uso do fogo para o manejo dos campos. Em casos de controle e eliminação de pragas e doenças, esta prática, desde que não seja de forma contínua, pode ser utilizada como alternativa para o tratamento fitossanitário, mas dependerá de licença do órgão ambiental competente. Evidentemente, a prática do fogo, continua sendo praticada ilegalmente na região dos campos de altitude, como um mecanismo facilitador do rebrote das gramíneas, as quais se tornam mais palatáveis ao gado. Além disso, esta prática acaba inibindo o processo de sucessão ecológica, por eliminar as plântulas de espécies arbustivas

e arbóreas uma vez que estas não tolerarem o fogo. No entanto, um maior rigor na fiscalização ambiental, principalmente na última década, tem coibido esta prática, o que pode ter favorecido o aumento das áreas florestais neste ecossistema de vegetação rasteira. Neste sentido, a permanência das áreas de campo está associada, de certa forma, com pecuária extensiva, combinada ou não com o emprego da queimada (OLIVEIRA; PILLAR, 2004; MÜLLER, 2005).

Muitas comunidades de animais são sensíveis ao tamanho médio dos fragmentos de floresta. Estudos apontam que pequenos fragmentos apresentam maior efeito de borda e consequentemente tendem a apresentar biodiversidade menor de pequenos mamíferos em comparação a fragmentos de maior tamanho (GIBSON *et al.*, 2013; CHIARELLO, 1999; PARDINI, *et al.*, 2005; VIEIRA, *et al.*, 2009). No setor 1 da paisagem analisada, o tamanho médio dos fragmentos aumentou de 1985 (34,20ha) para 2011 (42,99ha). Para o setor 2, a diminuição da área média dos fragmentos (AREA-MN) para os anos de 1985, 2004 e 2011 está relacionada com o aumento do número de fragmentos de floresta na paisagem (PD de 294 em 1985 para 492 em 2011) menores de 1 ha. Estes pequenos fragmentos podem funcionar como *stepping stones* (pontos de ligação ou trampolins ecológicos), que são pequenas áreas de habitat dispersas pela matriz aumentando a conectividade e facilitando o deslocamento das espécies pela paisagem. Os *stepping stones* podem garantir continuidade do fluxo gênico, diminuindo as taxas de cruzamentos consanguíneos, mantendo, desta forma, a variabilidade genética, o que influenciará na persistência de populações em paisagens fragmentadas. Para Ribeiro *et al.*, (2009), estes pequenos fragmentos contribuem para a diminuição do isolamento das áreas de Mata Atlântica. Boscolo *et al.*, (2009) observou em seu estudo que o deslocamento de aves em distâncias maiores de 100 metros sem a existência de um corredor florestal é facilitado pela presença de pequenos fragmentos ou de árvores isoladas na paisagem. Gillies e Clair (2010) demonstraram que os *stepping stones* são importantes elementos para o deslocamento da avifauna em paisagens altamente fragmentadas. Neste aspecto, estes pequenos habitats cumprem uma função importante para a manutenção da

biodiversidade e podem expandir-se, tornando-se maiores e apresentando um papel ainda mais relevante em paisagens com interferências antropogênicas.

A área central (TCA) é o melhor indicativo da qualidade dos fragmentos do que sua área total (MCGARIGAL *et al.*, 2002). Neste sentido, o índice TCA indicou uma melhoria na qualidade ambiental no setor 1 e 2, uma vez que houve incremento das áreas centrais dos fragmentos de 6192 ha em 1985 para 7.035 ha em 2011, excluindo a área de borda. Alguns estudos apontam aumento na diversidade de espécies florestais no interior dos fragmentos em comparação a zona de borda (MARCONDES, *et al.*, 2004, ARMENTERAS, *et al.*, 2013; CAGNOLO *et al.* 2005, LOPES, *et al.*, 2009), o que não acontece com alguns em grupos de invertebrados, evidenciando que não há diferenciação entre a diversidade de espécies da borda para o interior (COPATTI; GASPARETTO, 2012; DÁTILLO, *et al.*, 2011).

Na área de estudo, a distância média entre os fragmentos (ENN-MN) praticamente não sofreu variação nos anos avaliados para o setor 1 (de 168 metros de 1985 para 161 metros em 2011). Em contraponto, para o setor 2, a variação é mais significativa, observando-se uma maior proximidade entre os fragmentos de floresta de 1985 (241 m) a 2011 (214 m). De acordo com Valeri e Senô (2004), o deslocamento de uma espécie por uma área não florestal dependerá da habilidade de dispersão e do comportamento migratório da mesma, bem como a qualidade da matriz (presença ou não de *stepping stones*, por exemplo) e da distância a ser percorrida para alcançar fragmento adjacente. Ribeiro *et al.*, (2009) evidenciaram que o isolamento médio dos fragmentos de Mata Atlântica gira em torno de 1.441 metros, sendo que se houver a exclusão de pequenos (<50 ha) e médios fragmentos (< 200 ha), este isolamento sobe para 3.532 metros e 8.000 metros, respectivamente. A dificuldade na migração proporcionada pelo isolamento do fragmento atuará sobre o fluxo gênico das populações da região e, conseqüentemente, favorecerá o processo de extinções locais.

O índice de forma médio (SHAPE-MN) variou pouco, tanto no setor 1 (1,34 a 1,39) quanto no setor 2 (1,26 a 1,34) e mostram, de certa maneira, que a paisagem avaliada apresenta

fragmentos florestais com formas próximas as formas mais simples, compondo um indicativo de qualidade ambiental. Estes valores para SHAPE-MN são similares aos encontrados por Cemin *et al.*, (2009), onde foi verificado o índice variando entre 1,36 e 1,44 para fragmentos de Mata Atlântica na bacia hidrográfica do Arroio Jacaré e também por Cemin *et al.*, (2005) e Périgo e Cemin, (2006) em estudos realizados na região do campos de altitude, onde foram encontrados valores de SHAPE entre 1,33 a 1,39, similares aos encontrados nesta avaliação.

4. CONCLUSÕES

Atendendo o objetivo principal deste trabalho de analisar as modificações do uso e cobertura do solo de fragmentos de Mata Atlântica no município de Caxias do Sul-RS nos anos de 1985, 2004 e 2011, calcular índices de ecologia da paisagem e relacionar se as modificações ocorridas na paisagem estão relacionadas com a qualidade ambiental do habitat remanescente, chegaram-se as seguintes conclusões:

As imagens do satélite TM/Landsat5 permitiram identificar e quantificar o aumento de aproximadamente 203 km² das áreas florestais do bioma Mata Atlântica entre os anos de 1985 e 2011, correspondendo a um incremento na ordem 36% das Florestas Estacional Decidual e Ombrófila Mista. Salienta-se que em visita realizada *in locu* a alguns fragmentos florestais regenerados no período analisado, evidenciou-se a presença de uma quantidade significativa de espécies florestais pioneiras as quais são encontradas nos primeiros estágios sucessionais de regeneração do ambiente florestal e secundárias iniciais. Evidenciou-se ainda, a presença de exemplares exóticos, como uva-do-japão (*Hovenia dulcis*) e ligustro (*Ligustrum japonicum*) perfazendo parte do dossel da área florestal.

Houve diminuição das áreas dos campos de altitude (estepe gramíneo-lenhosa) de 563,77km² em 1985 para 304,16km² em 2011, uma diferença de 152,77km². Este resultado é confirmado pelo avanço dos plantios de *Pinus elliotti*, das atividades agrícolas, principalmente fruticultura (maça e uva) e o manejo do campo, com o plantio de gramíneas nativas e exóticas como alternativa de forrageio para o gado. Destaca-se que os campos de altitude são protegidos pela Lei da

Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428/2006), no entanto, somente em 2010, foram definidos os estágios sucessionais da vegetação primária e secundária deste ecossistema associado, com a publicação da Resolução do CONAMA nº 423/2010 (BRASIL, 2010), permitindo identificar as formas permissíveis de manejo desta vegetação a partir deste enquadramento. Desta maneira, espera-se um maior regramento no que se refere a conversão das áreas dos campo em outros tipos de usos do solo.

Ressalta-se que em função da resolução espacial das imagens de satélite (30 metros, cobrindo uma área de 900m²), pequenas áreas com o desenvolvimento da silvicultura em meio a floresta nativa não puderam ser individualizadas. Neste sentido, algumas porções do território enquadradas como floresta nativa podem apresentar indivíduos exóticos, principalmente uva-do-japão e ligustro;

Os índices de ecologia de paisagem indicaram uma melhoria na qualidade ambiental, uma vez que houve incremento no tamanho médio dos fragmentos de floresta e consequente aumento da área de interior, maior coesão entre os fragmentos de floresta e pela porcentagem da paisagem ocupada pelo maior fragmento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R.R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra - estudo de caso no município de Teutônia - RS –Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 61 (3), p. 273-283, 2009.

CEMIN, G.; PÉRICO, E.; REMPEL, C.. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009.

ARMENTERAS, D.; GONZÁLEZ, T.; RETANA, J. Forest fragmentation and edge influence on fire occurrence and intensity under different management types in Amazon forests. **Biological Conservation**, v. 159, p. 73-79, 2013.

BEHLING, H.; PILLAR, V. P. Late quaternary vegetation, biodiversity and fire dynamics on the southern Brazilian highland and their implication for conservation and management of modern

Araucaria forest and grassland ecosystems. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 362, p. 243-251, 2007.

BOSCOLO, D.; CANDIA-GALLARDO, C.; AWADE, M.; METZGER, J. P. Importance of Interhabitat Gaps and Stepping-Stones for Lesser Woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, v. 40, n.3, p. 273–276, 2008

BRASIL. **Lei Federal Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente Nº 423, de 12 de abril de 2010**. Dispõe sobre parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=628>>. Acesso em: 15 set. 2014.

BRASIL. **Lei Federal nº 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. Brasília: 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 10 abr. 2014.

BRASIL. **Lei Federal nº. 12.727, de 17 de outubro de 2012**. Mensagem de veto Conversão da Medida Provisória nº 571, de 2012 Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que 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; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória no 2.166-67,

- de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei no 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2o do art. 4o da Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm 1/40>. Acesso em: 10 abr. 2014.
- CAGNOLO, L.; CABIDO, M.; VALLADARES, G.R. Plant species richness in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina: Ecological traits and habitat fragmentation effects. **Biological Conservation**, v. 132, p.510–519, 2006.
- CEMIN, G.; PÉRICO, E.; REMPEL, C. Uso de Sistemas de Informação Geográfica para análise da estrutura da paisagem do município de Arvorezinha, RS. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, GO. São José dos Campos, SP: INPE, 2005. **Anais**. p. 2113-2120.
- CEMIN, G.; PÉRICO, E.; REMPEL, C.. Composição e configuração da paisagem da sub-bacia do Arroio Jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009.
- CHIARELLO, A. G. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 89, n. 1, p71-82, 1999.
- COPATTI, C.E.; GASPARETTO, F. M. Diversidade de insetos em diferentes tipos de borda em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Biociências**, v. 18, n. 2. p. 32-40, 2012.
- DÁTILLO, W.; SIBINEL, N.; FALCÃO, J. C. F.; NUNES, R. V.. Mirmecofauna em um fragmento de Floresta Atlântica urbana no município de Marília, SP, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 494-504, 2011.
- DEAN, W.A **Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras. 1996. 484 p.
- DIDHAM, R.K. An overview of invertebrate responses to habitat fragmentation. **Forests and Insects**, p. 303–320, 1997.
- DIRZO, R.; RAVEN, P. H. Global state of biodiversity and loss. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, p. 137-167, 2003.
- DUARTE, L. D. S, DOS-SANTOS, M. M. G., I IARTZ, S. M., PILLAR, V. D. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. **Austral Ecology**, v.31, p.520-528, 2006.
- FAHRIG, L.Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v.34, p. 487-515.2003.
- FONSECA, G.A.B. The vanishing Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 34, n.1, p. 17-34, 1985.
- FONTOURA, S.B.; GANADE, G.; LAROCCA, J. Changes in plant community diversity and composition across an edge between Araucária forest and pasture in South Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 79-91, 2006.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2000–2005**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008. 157p.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2013–2014**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. 60p.
- GLCF. **Global Land Cover Facility**. GeoCover Technical Guide. University of Maryland. Institute for Advanced Computer Studies. p. 1-2, 2008.
- GIBSON, L.; LYNAM, A.J.; BRADSHAW, C.J.A.; HE, F.; BICKFORD, D.P.; WOODRUFF, D.S.; BUMRUNGSRI, S.; LAURENCE, W. F. NEAR-Complete Extinction of Native Small Mammal Fauna 25 Years After Forest Fragmentation. **Science**, v. 341, n. 6153, p. 1508-1510, 2013
- GILLIES, C. S.; ST. CLAIR, C. C. (2010), Functional responses in habitat selection by tropical birds moving through fragmented forest. **Journal of Applied Ecology**, 47: 182–190.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital 2007**. 2007.

- Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TERRIT>. Acesso em: 03 mar. 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. **Síntese dos Indicadores de 2009**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430510&search=rio-grande-do-sul|caxias-do-sul>>. Acesso em 23 fev. 2016.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagem de sensoriamento remoto**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 01 nov. 2013.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto PRODES**: monitoramento do desmatamento das formações florestais na Amazônia Legal. 2014. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 01 mai. 2015.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Tradução: KUX, H. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424p.
- LANGANKE, T.; BURNETT, C.; LANG, S. Assessing mire ecosystem integrity: object-based monitoring and structural analysis of simulated landscape. **Landscape and Urban Planning**, v. 79, n. 2, p. 160-169, 2007.
- LEWINSOHN, T. M. Avaliação do estado do conhecimento da biodiversidade brasileira. Brasília: MMA, v. 2, 2005. 520 p.
- LOPES, A. V.; GIRÃO, L. C.; SANTOS, B.A.; PERES, C.A.; TABARELLI, M.. Long-term erosion of tree reproductive trait diversity in edge-dominated Atlantic forest fragments. **Biological Conservation**, v.142, p.1154-1165, 2009.
- MARCONDES A.O.; GRILLO, A. S.; TABARELLI, M. Forest edge in the Brazilian Atlantic forest: drastic changes in tree species assemblages. **Oryx**, v. 38, n. 4, pp 389-394, 2004.
- MCGARIGAL, K.; MARKS, B.J. **FRAGSTATS**: Spatial pattern analysis program for quantify in landscape structure. Reference manual. Forest Science Department, Oregon State University. Corvallis Oregon, 1995, 59 p
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, M. C.; NEEL, E. **FRAGSTATS**: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, University of Massachusetts, Amherst, 2002. Disponível em <<<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>>. Acesso em: 01 de abr. de 2013.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Brasília: MMA. 2007. 16p.
- MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Núcleo Mata Atlântica e Pampa. Brasília: MMA, 2010.
- MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, T.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited**. Mexico City: CEMEX, 2004, 392p.
- MÜLLER, S. C. Padrões de espécies e tipos funcionais de plantas lenhosas em bordas de floresta e campo sob influência do fogo. 2005. 150 f. **Tese (Doutorado e Ecologia)** - Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution**, v.10, n. 2, p. 58-62, 1995.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.; MITTERMEIER, C.; FONSECA, G.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.
- OLIVEIRA J.M.; PILLAR V.D..Vegetation dynamics on mosaics of Campos and Araucaria forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology**, v. 5, n. 2, p. 197-202, 2004.
- PARDINI, R.; SOUZA, S.M.; BRAGA-NETO, R.; METZGER, J.P.The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological Conservation**, v. 124, n. 2, p253-266, 2005.
- PATON; P.W.C.The effect of edge on avian nest success: how strong is the evidence?

- Conservation Biology**, v. 8, n.1, p. 17–26, 1994.
- PÉRICO, E. ; CEMIN, G. Caracterização do município de Arvorezinha, RS, com ênfase na dinâmica dos fragmentos florestais, por meio de sistemas de informações geográficas (SIGs), **Scientia Forestalis**, n. 70, p.09-21, 2006.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAXIAS DO SUL. **Perfil Socioeconômico**. 2014. 61p. Disponível em: < https://www.caxias.rs.gov.br/uploads/desenv_economico/perfil_caxias.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2015.
- RIBEIRO, M. C., METZGER, J. P., MARTENSEN, A. C., PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, n. 142, p. 1141-1153, 2009.
- RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual Nº 9.519, de 21 de janeiro de 1992**. Institui o Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mprs.mp.br/ambiente/legislacao/id606.htm>>. Acesso em: 14 set. 2014.
- RODRIGUES, E. Edge Effects on the regeneration of forest fragments in South Brasil. **Thesis**. Harvard University, 194p. 1998.
- 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**, n. 63 (4), p. 527-544, 2011.
- SIQUEIRA, L.P., MATOS, D.M.S., PORTELA, R.C.Q., BRAZ, M.I.G., SILVA-LIMA, L.; MATOS, M. B. 2004. Using the variances of microclimate variables to determine edge effects in small forest Atlantic Rain Forest fragments, South-Eastern Brazil. **Ecotropica**, n.10, p.59-64, 2004.
- SODHI, N. S., BROOK, B. V., BRADSHAW C. A. J. Causes and consequences of species extinctions. In: Levin, S. A. (editor), **Princeton Guide to Ecology**. Princeton: Princeton University Press, p. 514-520, 2009.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. ver. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.
- TEIXEIRA, M.B.; NETO, A.B.C. Vegetação. In: Projeto RADAM BRASIL. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte da Folha SI. 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.
- VALERI, S. V., SENÔ, M. A. A. F. A importância dos corredores ecológicos para a fauna e a sustentabilidade de remanescentes florestais. In: Congresso Internacional de Direito Ambiental, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP: UNESP, 2004. **Anais**. p. 699-709.
- VIEIRA, M.V.; OLIFIERS, N.; DELCIELLOS, A.C.; ANTUNES, V.Z.; BERNARDO, L.R.; GRELLE, C.E.V.; CERQUEIRA, R.. Land use vs. fragment size and isolation as determinants of small mammal composition and richness in Atlantic Forest remnants. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1191–1200, 2009.