



Modelagem da dinâmica da expansão urbana do município de Canela/RS e predição de cenário de crescimento

Pâmela Suélen Käfer¹, João Paulo Delapasse Simioni¹, Pedro Gabriel Bueno César¹, Tatiana Silva da Silva¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia / PPGSR (pamelaskafer@gmail.com; geojoapaulo@gmail.com; pedrocesar06@hotmail.com; tatiana.silva@ufrgs.br)

Resumo

O estudo do ambiente urbano é fundamental para o entendimento da organização e transformações ocorridas no ambiente ao longo do tempo. Canela, município localizado na Serra Gaúcha, é um ponto turístico nacional, que necessita de gestão e planejamento ambiental. Assim, o objetivo deste trabalho foi de modelar a dinâmica da expansão urbana no período de 1983 a 2017, com base no uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG), e predizer uma possível tendência de expansão urbana para o ano de 2050. Foram realizadas classificações supervisionadas por MAXVER e modelagem através do modelo *Land Change Modeler*. A classe Silvicultura foi a que apresentou maior perda no período, ao mesmo tempo a classe Floresta foi a que apresentou maior crescimento, resultados possivelmente afetados pela similaridade da resposta espectral dos alvos. A classe Urbano cresceu cerca de três vezes no período analisado. O maior potencial de transição modelado para o ano de 2050 é da classe Floresta para a classe Urbano. Os resultados obtidos demonstram a importância da gestão e planejamento ambiental a fim de garantir o direito a cidades sustentáveis.

Palavras-chave: Geotecnologias. Sensoriamento remoto. Urbanização.

Área Temática: Gestão Ambiental Pública.

Modelling of urban expansion dynamics of the Canela/RS city and prediction of future growth scenario

Abstract

The study of the urban environment is fundamental for the understanding of the organization and transformations that have occurred in the environment over time. Canela, a municipality located in the Serra Gaúcha, is a national tourist place, which requires management and environmental planning. Thus, the goal of study was to model the urban expansion dynamics in the period from 1983 to 2017, based on the use of Geographic Information System (GIS), and to predict a possible urban expansion trend for the year 2050. Maximum likelihood-supervised classifications and modeling using the Land Change Modeler model were performed. The "Floresta" class was the one with the highest loss in the period, at the same time the "Floresta" class was the one that presented the highest growth, results possibly affected by the similarity of the spectral response of the objects. The urban area grew about three times in the analyzed period. The greatest transition potential modeled for the year 2050 is from the "Floresta" class to the "Urbano" class. The results obtained demonstrate the importance of environmental management and planning in order to guarantee the right to sustainable cities.

Keywords: *Geotechnologies. Remote Sensing. Urbanization.*

Theme Area: Public Environmental Management.



1 Introdução

A partir do processo de expansão e urbanização, o homem vem transformando os ambientes naturais em ambientes artificiais no intuito de atender suas necessidades como ser social, desse modo, o estudo do ambiente urbano é fundamental para entender a organização do espaço e as transformações ocorridas no ambiente ao longo do tempo, tornando possível contribuir para a discussão relacionada aos problemas socioeconômicos e ambientais existentes (SALLES et al., 2013).

Tanto no Brasil como em diversos outros países, o turismo é um dos mais relevantes setores da atividade econômica, visto que contribui para a criação de riquezas e melhoria do bem-estar dos cidadãos. Esses efeitos interagem em diversos domínios da sociedade e, de maneira geral, envolvem os ambientes: ecológico, social, econômico, político, e cultural (CERETTA, 2005).

Canela é um município que se localiza na região Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, e compõe juntamente com outros 55 municípios, a Serra Gaúcha. Este município demonstra um diferencial turístico no País, possuindo atividades relacionadas ao turismo ecológico, étnico-cultural, rural, de negócio e, principalmente, de eventos (BENI, 2001). No entanto, o desenvolvimento do turismo pode trazer impactos negativos na sustentabilidade ambiental de uma comunidade, tais como a poluição sonora, da água e visual, invasão de áreas protegidas, entre outros (CUNHA & CUNHA, 2005), sobretudo, se houver falta de planejamento.

É nesse contexto que surge a necessidade do desenvolvimento de metodologias que possibilitem compreender a dinâmica da natureza, principalmente para recuperar danos já causados pelas atividades antrópicas (DEMARCHI, et al. 2011) ou planejar ações de recuperação e mitigação de danos (KÄFER et al., 2015). Com o advento das geotecnologias e do sensoriamento remoto as problemáticas de desorganização territorial podem ser monitoradas, contribuindo para a fiscalização das políticas de gestão territorial, pois estas tecnologias possibilitam analisar as relações entre o ambiente e os fatores que agem sobre ele (ROSA, 2013).

Assim, este trabalho teve como objetivo modelar a dinâmica da expansão urbana do município de Canela/RS, no período de 1983 a 2017, com base no uso de ferramentas de geoprocessamento. Além disso, foi feita a predição de um futuro cenário para o município, considerando imagens pretéritas de sensoriamento remoto. Pretende-se com isso identificar os padrões de crescimento do município em questão, bem como seus efeitos, além de avaliar as futuras tendências de crescimento, contribuindo para um melhor planejamento e gestão territorial.

2 Material e Métodos

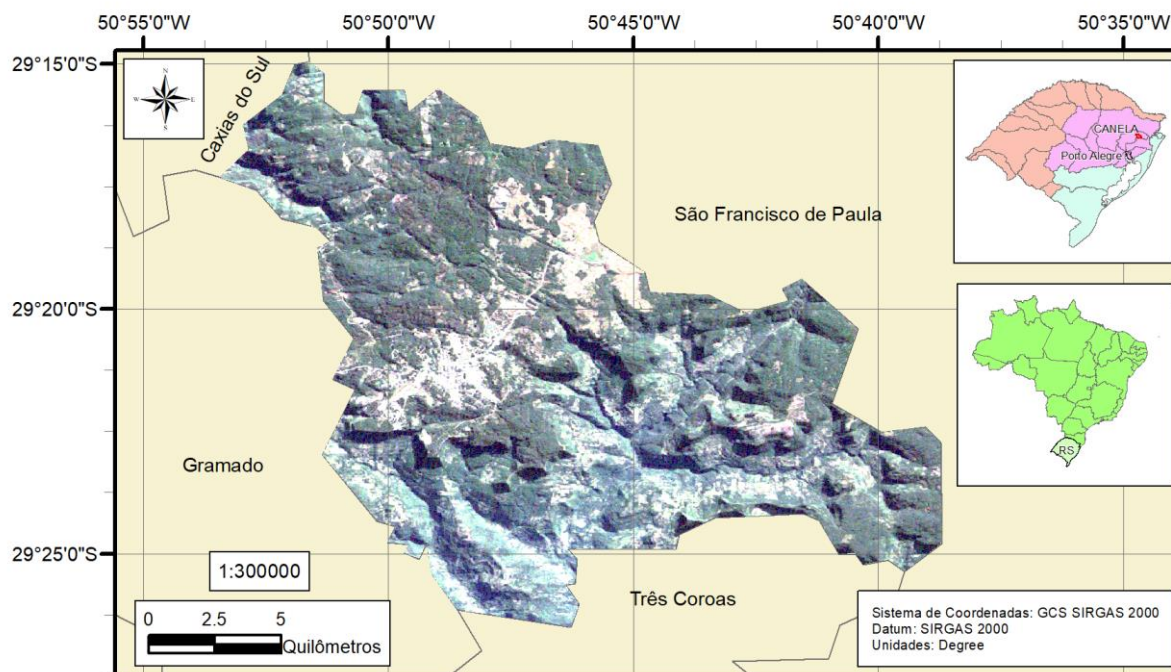
2.1 Caracterização da Área de Estudo

O Município de Canela está localizado na região serrana do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), no divisor de águas das Bacias Hidrográficas do Sinos e Caí, e teve a sua origem em uma árvore denominada caneleira, sob a qual os tropeiros descansavam e faziam suas pousadas (ALVES, 2017). Seus limites são: ao Norte, Caxias do Sul; ao Sul, Três Coroas; ao Leste, São Francisco de Paula; e ao Oeste, Gramado (SCUR & NETO, 2011).

A base da economia do Município gira em torno do turismo ecológico. A cadeia produtiva contempla a agroindústria, o setor moveleiro, as malharias e o setor madeireiro. Além disso, possui um aeródromo e duas usinas hidrelétricas (PMC, 2017). A população do Município é estimada em 39.229 habitantes (IBGE, 2010), e o município apresenta uma área de 253.773 km², estando a aproximadamente 123 km da capital Porto Alegre (SCUR & NETO, 2011).



Figura 1 - Localização do município de Canela/RS (Landsat 5-TM, órbita/ponto 221/80, adquirida em 11/06/1983).



2.2 Procedimentos Metodológicos

A análise da expansão urbana no município de Canela/RS e os fatores que a influenciam foram investigadas neste estudo por meio do uso de ferramentas de geoprocessamento. As etapas metodológicas envolveram: 1) obtenção de dados por meio da plataforma *Earth Explorer*; 2) elaboração de classificação supervisionada por máxima verossimilhança (MAXVER) e manipulação dos dados no SIG Terrset; e, 3) Análise e interpretação dos resultados.

2.2.1 Aquisição de Dados

O estudo fundamentou-se no recorte de duas imagens orbitais do sensor Landsat 4 MMS e Landsat 8 OLI, órbita 221 no ponto 80, tomadas em 11 de novembro de 1983 e 13 de Novembro de 2017, respectivamente. Ambas foram adquiridas por meio da plataforma *Earth Explorer* <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Os anos foram selecionados considerando-se o histórico de ocupação do município e a disponibilidade de imagens.

2.2.2 Análises

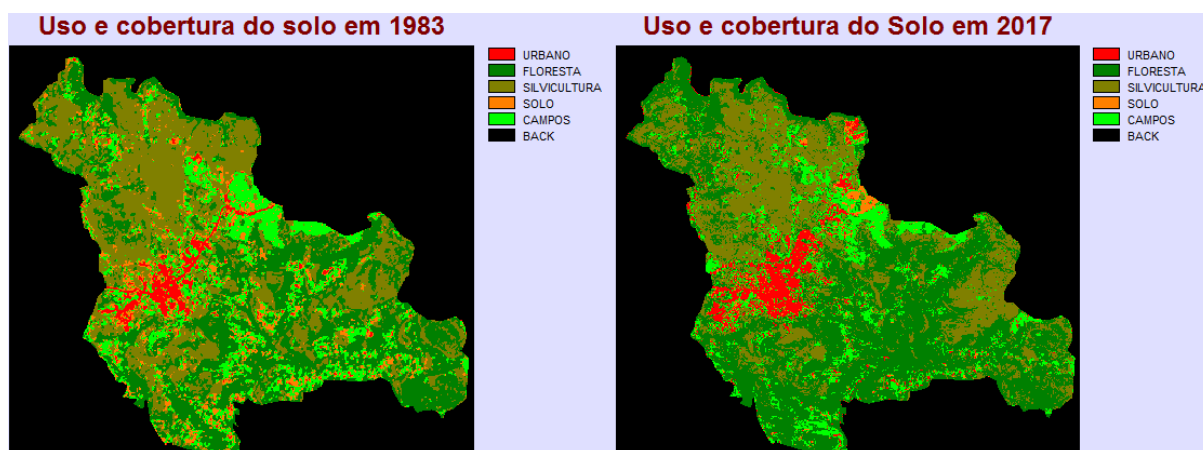
Após terem sido geradas as duas classificações por MAXVER, foram realizadas análise quantitativa das mudanças observadas no uso e cobertura do solo com o auxílio do modelo *Land Change Modeler - LCM*, acoplado ao *software* Terrset. As mudanças verificadas são quantificadas por uso e cobertura do solo, sendo possível fazer análises quantitativas, e qualitativas. Dessa maneira, foram gerados mapas de perdas, ganhos e persistências para a avaliação visual das mudanças. O último passo da metodologia consistiu na predição de um cenário para o ano de 2050.



3 Resultados e discussão

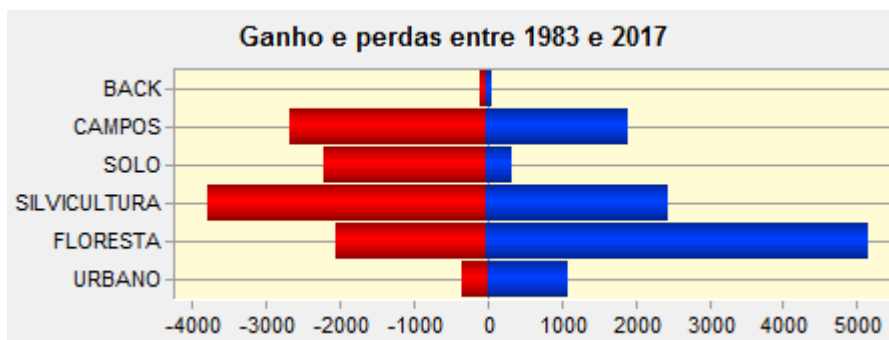
Ao analisar os mapas de uso e cobertura da terra para ambos os anos é possível observar que ocorreram significativas mudanças no período. Nas Figuras 2 e 3 nota-se que a classe de uso do solo que mais apresentou perdas entre 1983 e 2017 foi a Silvicultura. Historicamente, o município de Canela teve sua formação econômica baseada no extrativismo de madeira. Veeck (2015), por exemplo, salienta que Canela abrigou a partir de 1913 a Companhia Florestal Riograndense (CFR), responsável pela instalação de cinco serrarias na localidade. Este fato, explica a inserção da silvicultura em locais onde se tinham florestas nativas.

Figura 2 - e cobertura do solo em 1983 (a) e 2017 (b) para o município de Canela/RS.



Em contrapartida, a classe que mais aumentou no decorrer deste tempo foi a classe Floresta. É importante ressaltar que ambas as classes são muito similares espectralmente, pois tratam-se de vegetação. Isso pode ter acarretado em confusão pelo classificador. Deve-se considerar, ainda, que por se tratar de uma região bastante acidentada tem-se grande influência do sombreamento do relevo (JENSEN, 2009; PONZONI et al., 2012).

Figura 3 - Gráfico do quantitativo de ganhos e perdas ocorridos entre 1983 e 2017.



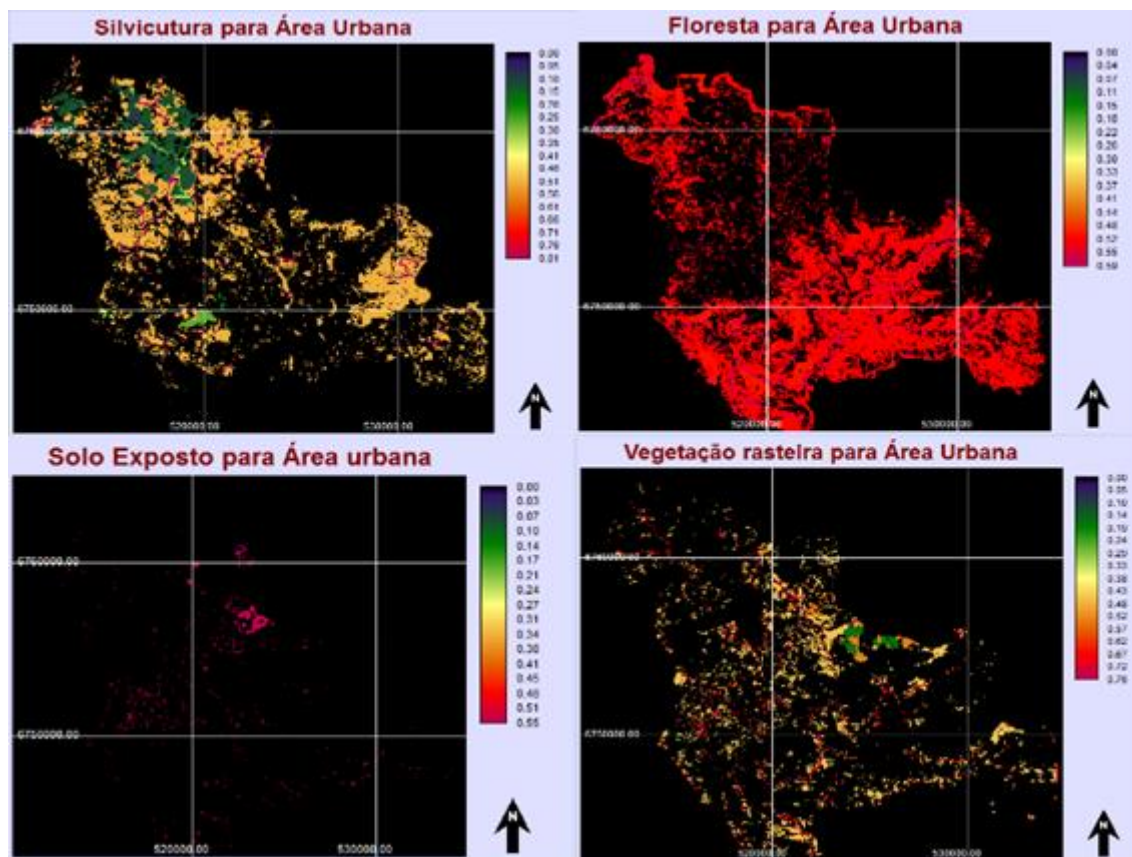
A classe Urbana, que é objetivo deste estudo, apresentou aumento significativo no decorrer do período estudado. As mínimas perdas que aparecem são provavelmente pixels que foram classificados incorretamente durante o processo de classificação, visto que áreas urbanas dificilmente irão sofrer transições para alguma outra classe considerada neste trabalho.

A Figura 4 mostra as potenciais transições que podem ocorrer até o ano de 2050. É possível observar claramente que os maiores potenciais de transição são de Floresta para Urbano, com uma estimativa de 55% de que as áreas florestadas poderão ser transformadas em áreas edificadas. Isto deve-se ao crescente número de loteamentos e *resorts* que estão ocupando



as áreas rurais do município (HOFFMANN, 2012).

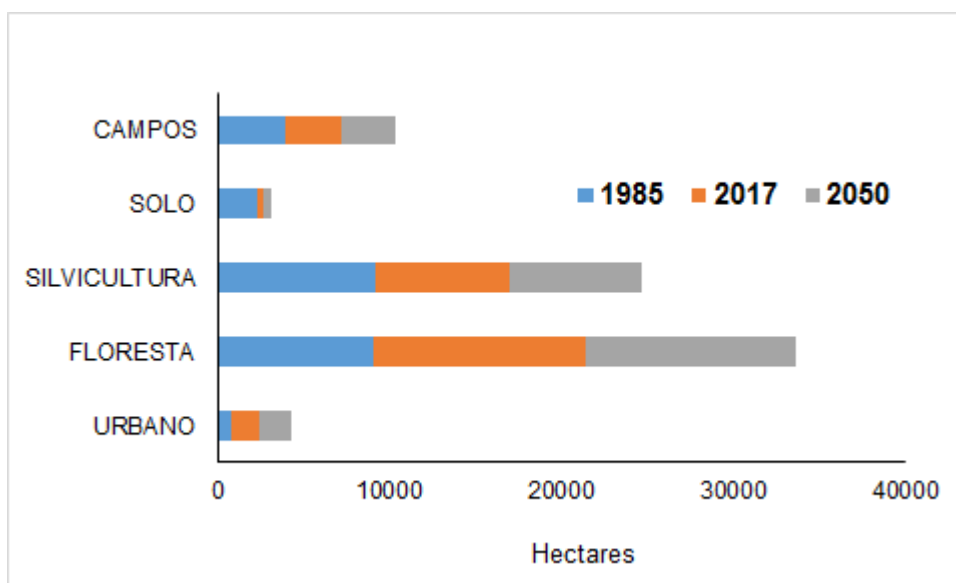
Figura 4 - Mapa de mudanças entre 1983 e 2017. Na legenda estão representadas as tendências de transições ocorridas em cada classe.



As áreas que atualmente apresentam vegetação rasteira dos Campos de Cima da Serra e Silvicultura também mostraram consideráveis potenciais de transição para a classe Urbano, demonstrando a possível tendência de a atividade de Silvicultura diminuir ao longo do tempo, dando lugar a outras atividades econômicas. Em alguns fragmentos, por exemplo, o potencial de transição de vegetação para áreas urbanas chega a 76%, e Silvicultura apresenta em alguns locais até 80% de potencial de conversão para áreas urbanas.

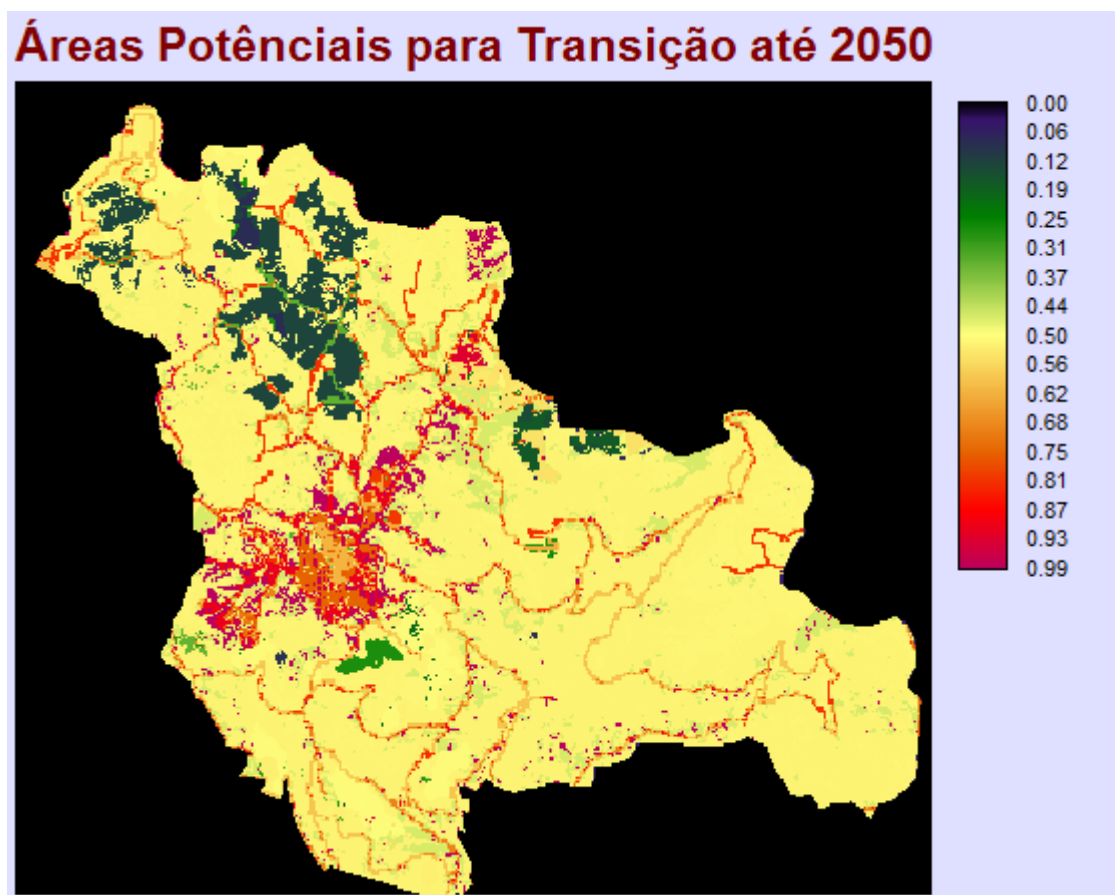
Com a utilização do modelo pôde-se verificar as áreas de cada uma das classes, tanto para os anos de 1983 e 2017, quanto para a predição para 2050 (Figura 5). Conforme os resultados, as classes de uso do solo apresentam um crescimento contínuo até o ano de 2050. De modo geral, as áreas pertencentes às classes Campos e Silvicultura apresentarão uma leve redução, enquanto que, as pertencentes às classes Floresta e Urbano tenderão a um aumento.

Figura 5 - Quantitativo em hectares para todas as classes analisadas considerando os dois anos avaliados e a predição para 2050.



A Figura 6 apresenta o resultado da modelagem para o ano de 2050, realizado a partir dos dados de sensoriamento remoto dos anos de 1983 e 2017. A mancha urbana irá se expandir em direção as periferias da zona urbana atual e potencialmente aumentará a construção de edificações ao longo das vias rurais do município, podendo estar relacionado ao setor turístico da economia municipal.

Figura 6 - Áreas potenciais para transição até 2050.





4 Conclusões

As análises dos mapas de cobertura da terra permitiram constatar que a classe que mais apresentou perdas entre 1983 e 2017 foi a Silvicultura, em função da extração madeireira no município, que é historicamente uma de suas bases econômicas.

Os maiores potenciais de transição são os da classe Floresta para a classe Urbano, principalmente pelo crescente aumento de edificações em função, principalmente, do Turismo em Canela. As classes Campos e Silvicultura também demonstraram potenciais consideráveis de transição para a classe Urbano, o que pode indicar uma tendência de diminuição da atividade de Silvicultura.

A projeção para 2050 demonstrou que as áreas pertencentes às classes Campos e Silvicultura apresentarão uma redução, enquanto que, as pertencentes às classes Floresta e Urbano, tenderão a um aumento. Isso explicita a tendência do Turismo de crescer, e em contrapartida, da atividade de Silvicultura de diminuir.

Por fim, Canela possui grande potencial para o turismo ecológico. Assim, é de fundamental importância que haja o planejamento e gestão da expansão urbana do município, identificando-se as áreas com aptidão para preservação, conservação e passíveis de construção de novas edificações. Os resultados obtidos demonstram a importância da gestão e planejamento ambiental a fim de garantir o direito a cidades sustentáveis, conforme exemplifica o Estatuto da Cidade, Art. 2º, inciso I.

Referências

ALVES, L.A. **Canela: cidade serrana**. Disponível em: www.fuj.com.br/files/3FGWZ1ZUoajABRB.doc. Acesso: 01/11/2017.

BENI, M.C. **Análise estrutural do turismo**. 9. ed. São Paulo: Senac, 2003. _____. **A Serra gaúcha e seu potencial para conversão em cluster turístico**. IN: BARRETTO, M.; REJOWSKI, M. (Org.). **Turismo: interfaces, desafios e incertezas**. Caxias do Sul: Educ, 2001. (Coleção Turismo).

CERETTA, C.C. **A composição do gasto turístico nos municípios de Canela e Gramado, Rio Grande do Sul/RS**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2005.

CUNHA, S.K., CUNHA, J.C. **Competitividade e sustentabilidade de um cluster de turismo: uma proposta de modelo sistêmico de medida do impacto do turismo no desenvolvimento local**. **Rev. adm. contemp.** v. 9 n., 2, Curitiba, 2005.

DEMARCHI, J.C., PIROLI, E.L., ZIMBACK, C.R.L. **Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens Landsat-5**. **RA'EGA** 21, Departamento de Geografia - UFPR, Curitiba, p. 243-271. 2011.

JENSEN, J.R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective** 2/e. Pearson Education India, 2009.

KÄFER, P.S., REX, F.E., BREUNIG, F.M. **Análise temporal do uso e cobertura da terra do município de Ibirubá/RS (2002-2014) por classificação supervisionada, com uso de QGIS E SCP**. IN: **III Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, 2015, Rio de Janeiro. III Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, 2015.**



PONZONI, F.J. **Sensoriamento remoto da vegetação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 160p.

ROSA, P.A., GALLIO, E., BREUNIG, F.M.; BALBINOT, R. Análise do uso e cobertura da terra de uma microbacia hidrográfica do Rio Fortaleza, no norte do RS. **IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Foz do Iguaçu - PR, 2013.

SALLES, M.C.T., GRIGIO, A.M., SILVA, M.R.F. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN - BRASIL. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 25 (2): 281-290, 2013.

SCUR R.B., NETO, O.A. Diagnóstico da dependência dos repasses federais e estaduais no município de Canela – RS. **Revista Catarinense da Ciência Contábil – CRCSC** – Florianópolis, v. 10, n. 29, p. 53-68, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANELA. Cidade. Disponível em: <http://www.canela.rs.gov.br/index.php/cidade>. Acesso em: 02/11/2017.