

Revista Brasileira de Geografia Física

REVISTA BRASILEIRA DE
GEOGRAFIA FÍSICA

ISSN:1984-2295

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Avaliação da naturalidade da paisagem do município de São Carlos, São Paulo, Brasil

Diego Peruchi Trevisan¹; Luiz Eduardo Moschini²; Beatris Matos de Mello³

¹Mestre em ciências ambientais, discente de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ciências ambientais da Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310 - São Carlos. diego.peruchi@gmail.com. ²Doutor em Ecologia de Recursos Naturais. Docente do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310 - São Carlos. lemoschini@ufscar.br. ³Discente do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310 - São Carlos. Biológicas da Universidade Federal de São Carlos. Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310 - São Carlos. biaamelloo98@gmail.com.

Artigo recebido em 24/11/2016 e aceito em 13/01/2017

RESUMO

Os espaços terrestres ocupados pelo homem vão desigualmente mudando de natureza e de composição, exigindo uma nova definição de seus limites. Essa constante transformação vem em consequência das relações socioculturais, ambientais e econômicas estabelecidas. As dimensões dessas áreas antropizadas, passam por um processo de modificação muito intenso. Com a intensificação das pressões antrópicas sobre o meio ambiente, diversos usos da terra substituíram as paisagens naturais. Assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica temporal do uso e cobertura da terra do município brasileiro de São Carlos, São Paulo, no período de 2003 a 2013 e diagnosticar a naturalidade neste intervalo de tempo. Foram utilizados técnicas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para mapear o uso e cobertura da terra e na aplicação do Índice de Urbanidade (IB), utilizado no diagnóstico da naturalidade do município. Observouse uma redução das áreas de florestas nativas ao longo do tempo, com expansão das áreas agrícolas, principalmente relacionadas ao cultivo de cana-de-açúcar. O IB, evidenciou uma diminuição da naturalidade da paisagem ao longo do tempo, principalmente devido à diminuição das áreas de floresta no município. A perda e degradação de florestas remanescentes na paisagem de São Carlos destaca a necessidade de um plano que tenha como objetivo desenvolver um modelo de crescimento econômico que considere a conservação dos ecossistemas naturais.

Palavras chave: análise da paisagem; índice de urbanidade; dinâmica da paisagem; planejamento ambiental; uso e cobertura da terra.

Evaluation of landscape naturalness in São Carlos, São Paulo, Brazil

AB STRACT

The land areas occupied by man will unequally changing nature and composition, requiring a new definition of its limits. This constant transformation come as a result of socio-cultural relations, environmental and economic established. The dimensions of these disturbed areas, undergo a process of very intense change. With the intensification of human pressures on the environment, various land uses have replaced the natural landscapes. Thus, this study aimed to analyze the temporal dynamics of land use and land cover in the Brazilian's city of São Carlos, São Paulo, in the period of 2003-2013, and diagnose the naturalness during the intervening time. Techniques of Geographic Information Systems (GIS) were used to map the use and land cover and to the application of Urbanity Index (IB), used in the diagnosis of the municipality's natural. There was a reduction in native forests over time with the expansion of agricultural areas, mainly related to sugarcane cultivation. The IB, showed a decrease in the natural landscape over time, mainly due to the decrease in forest areas in the municipality. The loss and degradation of remaining forests in the São Carlos' landscape, highlights the need for a plan that aims to develop a model of economic growth that takes into account the conservation of natural ecosystems. Keywords: landscape analysis, urbanity index, landscape dynamics, environmental planning, use and land cover.

Introdução

A paisagem pode ser considerada uma unidade espacial, cuja heterogeneidade é modificada principalmente pela relação estabelecida entre sociedade e natureza, produzindo uma configuração marcada pela fragmentação ou conexão entre seus elementos (Goerl et al., 2011).

A maioria das paisagens são influenciadas pela ação do homem e o mosaico resultante é uma mistura de elementos naturais e antrópicos que variam em tamanho, forma e arranjo (Turner, 1989), de modo que medidas usadas para descrever seus padrões podem ser aplicadas na análise de sua estrutura (Galo e Novo, 1998).

A procura pelo uso racional da terra tenta equacionar as necessidades de preservação dos recursos naturais e as necessidades de produção de alimentos e energia.

Este desafio tem buscado pela difusão de conceitos e técnicas de conservação e manejo que visam reduzir os impactos sobre os ecossistemas, principalmente quando se refere à recomposição e à preservação das paisagens, as quais englobam a proteção do solo, da água, do ar e de vários outros componentes e organismos, que compõe os ecossistemas naturais (Momoli, 2006).

Os processos que atuam na interação sociedade-natureza definem os tipos de usos da terra que por sua vez definem o padrão espacial e estrutural das paisagens.

Diversas do ponto de vista dos valores sociais, econômicos e ecológicos, que de forma não planejada, resultam na degradação dos habitats, perda de solos e empobrecimento dos ecossistemas naturais. Estes processos comprometem a estrutura das paisagens e consequentemente a sustentabilidade ambiental ao impactarem o capital natural, que proporciona os serviços dos ecossistemas para o bem-estar humano (Santos, 2011).

Com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, observa-se um processo de substituição das paisagens naturais por outros usos da terra.

Essas interferências, convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, ocasionando impactos ao meio ambiente, comprometendo suas funções ambientais e consequentemente os bens e serviços proporcionados pelos ecossistemas (De Groot, 2013).

Essa constante transformação do espaço, vêm em consequência das relações socioambientais, econômicas e culturais estabelecidas. O homem, por intermédio do desenvolvimento de técnicas, modifica a organização dos elementos espaciais, causando impactos ambientais nas diversas escalas de abrangência (Millennium ecosystem assessment, 2005; Intergovernmental painel on climate change-IPCC, 2007).

O desenvolvimento econômico observado durante as últimas décadas tem aumentado a utilização dos serviços proporcionados pelos ecossistemas naturais. Por exemplo, os relacionados aos recursos hídricos, no que tange o consumo de água para diversos usos, relacionados a produção industrial e agrícola, consumo humano e atividades recreativas.

Os espaços terrestres ocupados pelo homem vão desigualmente mudando de natureza e de composição, exigindo uma nova definição de seus limites. As dimensões dessas áreas antropizadas, passam por um processo de modificação muito intenso (Santos, 2008).

Todos os processos de ocupação pela espécie humana geridos sem planejamento, produzem grandes pressões nos sistemas naturais, provocando sua alteração (Vitousek et al., 1997). Dentre eles, destaca-se o desaparecimento de grande parte da cobertura vegetal original, fruto da utilização dos recursos naturais de forma insustentável, sem levar em consideração a capacidade de resiliência dos ecossistemas (Tundisi, 2010).

A maior preocupação e o grande desafio da atualidade estão no crescimento populacional e no desenvolvimento econômico, os quais resultam em impactos diretos e indiretos aos ecossistemas naturais, conduzindo as paisagens a rápidas modificações, representados pela degradação ou uso insustentável de cerca de 60% dos serviços ecossistêmicos (Millennium ecosystem assessment, 2005).

Há a necessidade de analisar as alterações sofridas pelas paisagens ao longo do tempo, provocadas principalmente pelas diversas atividades antrópicas e desta forma verificar os principais impactos dentro de cada unidade da paisagem.

Identificar e quantificar essas mudanças, permitirá avaliar as dimensões dos diversos problemas ambientais e conduzir os resultados para aplicação de convenções internacionais, programas de ação e políticas públicas.

O conceito de pressão, estado e resposta (OECD, 1993) ou as forças motrizes mais abrangentes de pressão, estado, impacto e resposta são particularmente úteis para estes propósitos

A análise da estrutura da paisagem é fundamental para designar a sua configuração, que corresponde à estrutura espacial explícita do mosaico de suas unidades, subsidiando a compreensão dos impactos das alterações antrópicas em processos de origem natural, no qual a conectividade estabelece o grau de facilidade que os elementos se deslocam entre as unidades de paisagem (Gardner e O'Neill, 1991).

Para dimensionar e planejar este arranjo espacial é necessário conhecer os usos da terra e compreender os processos que nela ocorrem, envolvendo não somente os ecológicos, mas as interações entre as atividades humanas e o ambiente natural.

Tem-se, portanto, uma nova fase do planejamento, onde os planos de gerenciamento precisam ter fortes articulações com a capacidade de gestão e com efetiva implementação das diretrizes nele emanadas (Moretti, 2007).

Um pré-requisito para o entendimento das relações entre os padrões e processos na paisagem, considerando-se ou não a sua organização hierárquica, tem sido o desenvolvimento de métodos para a quantificação da sua estrutura.

Para a quantificação da estrutura das paisagens torna-se necessária a reunião de diversos índices, considerados elementos chave para a elaboração de estratégias de manejo de paisagens, os quais permitam obter em curto espaço de tempo uma estrutura da paisagem tendo em vista suas características espaciais ao longo do tempo (Ritters et al., 1995).

Nas últimas décadas houve uma grande busca por novos métodos quantitativos que possam analisar padrões, determinar a importância de processos espaciais e desenvolver modelos (Turner e Gardner, 1991).

A utilização das métricas ou índices são uma das formas mais utilizadas para quantificar-se os atributos espaciais das paisagens (Li e Wu, 2004).

A modelagem vem se firmando como uma excelente aliada para a obtenção de conhecimento e geração de hipóteses em ecologia de paisagens e questões populacionais. Incluindo dinâmica de metapopulações, efeitos de fragmentação, importância de corredores e processos de dispersão ou invasão, os quais estão entre os temas mais abordados com modelos (Trevisan, 2015).

Autores como Turner (1987), O'Neill et al. (1988), Gustafson e Parker (1992), Mcgarigal e Marks (1995) e Schumaker (1996) têm desenvolvido um grande número de índices e medidas descritivas dos padrões espaciais da paisagem.

Essas medidas, têm sido utilizadas, para comparar a composição e a estrutura de diferentes paisagens (O'Neill et al., 1988), identificar mudanças na paisagem ao longo do tempo (Turner, explorar os efeitos de diferentes configurações impostas por práticas de manejo alternativas sobre a probabilidade de ocorrência de perturbações (Franklin e Forman, 1987) e também, como variáveis independentes em modelos explicativos da abundância e diversidade de espécies em função de aspectos da estrutura da paisagem como o tamanho, a distância entre fragmentos florestais e a composição das estruturas das paisagens (Mcgarigal e Mccomb, 1995; Metzger, 2000).

Determinar essas mudanças permitirá avaliar as dimensões dos diversos problemas ambientais e conduzirá os resultados para aplicação de convenções internacionais, programas de ação e políticas nacionais (OECD,1993).

A exploração econômica dos recursos naturais deve combinar de maneira racional o desenvolvimento e as práticas de conservação para resguardar a qualidade ambiental (Trevisan, 2015)

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), têm facilitado estas análises e as atividades relacionadas à caracterização, ao diagnóstico e ao planejamento ambiental e urbano, auxiliando em tarefas como a simulação do espaço geográfico e de seus processos naturais, na integração de informações espaciais (Ribeiro, 1999).

Considerando que os processos culturais transformadores das paisagens constituem a manifestação integrada dos elementos naturais e culturais, ocasionando mudanças físicas ou culturais na mesma e que o ambiente natural proporciona benefícios para a sociedade de diversos modos ao preservarem a estrutura e função dos ecossistemas (Balmford et al., 2002) e que o equilíbrio entre ambiente e desenvolvimento parece ser a principal estratégia para assegurar a sustentabilidade ecológica, tornando-se essencial considerar as necessidades humanas em relação à capacidade suporte dos ecossistemas (Sato e Santos, 1999).

Estes benefícios devem motivar a conservação da natureza diante das pressões econômicas crescentes sobre o ambiente natural, embora a avaliação socioeconômica dos mesmos seja um processo difícil (Santos et al., 2001) e não incorporado na atividade econômica convencional baseada, principalmente na análise de mercado.

Diante destes fatos, o presente estudo teve como objetivo analisar a dinâmica temporal dos usos e cobertura da terra da paisagem do município brasileiro de São Carlos, São Paulo, no período de 2003 a 2013 e diagnosticar a naturalidade da paisagem neste período por meio da aplicação do Índice de Urbanidade.

Material e métodos

Área de estudo

O município de São Carlos, localiza-se na região Administrativa Central do Estado de São

Paulo (IGC, 2016), entre as coordenadas 22° 09' 39" e 21° 35' 50" de latitude sul e 48° 05' 27" e 47° 43' 09"de longitude oeste, com aproximadamente 1.140 km² (Figura 1) (IBGE, 2016).

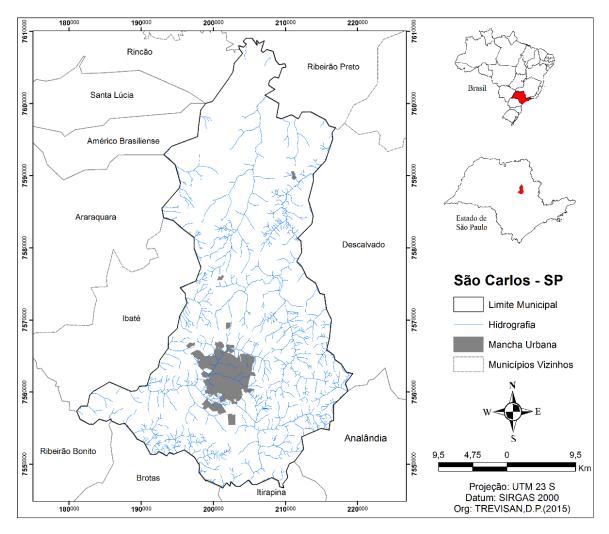


Figura 1. Localização geográfica do município de São Carlos, SP.

O município, possui uma população de 230.890 habitantes (densidade demográfica de 203 hab./km²), com grau de urbanização de 96% e taxa de crescimento anual da população em 1,02 (SEADE, 2016).

O clima, caracteriza-se como tropical de altitude com inverno seco, relevo de planalto, bioma de Cerrado. A temperatura média aproxima-se de 21,12°C com média mensal pluviométrica de 118,56mm (CEPAGRI, 2016).

Metodologia

As informações foram inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), utilizando-se o software ArcGis® 10.2.2. Para a caracterização da paisagem, foi elaborado o banco de dados

georreferenciado do município de São Carlos, denominado como Plano de Informação (PI), na projeção geográfica de Universal Transversa de Mercator, Fuso 23 Sul, datum SIRGAS 2000.

Os dados primários para a delimitação do município de São Carlos, foram adquiridos da base de dados digital do IBGE situação 2013. Para a obtenção das curvas de nível e rede de drenagem, foram adquiridas as cartas planialtimétricas em formato analógico na escala 1:50.000, nas folhas: SF-22-Z-B-III-2, SF-23-V-C- IV-1, SF-23-V-C-IV-3, SF-23-Y-A-I-1, SF-23-V-C-IV-2, SF-23-V-C-IV-4 e SF-23-Y-A-I-2, convertidas para o formato digital e georreferenciadas no software ArcGis® 10.2.2.

Foram utilizadas duas cenas referentes aos satélites LandSat, correspondentes à órbita/ponto

220/75, com datas de passagem em 30 de abril de 2003 e 21 de setembro de 2013. Para 2003, foi utilizado o satélite LandSat 7- sensor ETM+, bandas 5,4,3 e para a imagem de 2013, foi utilizado o satélite LandSat 8- sensor OLI/TIRS, bandas 6,5,4. A utilização de cenas de satélites diferentes, ocorreu em virtude da indisponibilidade de imagens por um único satélite no período de estudo, entretanto as cenas utilizadas no estudo possuíram a mesma resolução espacial de 15 metros, através da fusão com a Banda Pancromática.

Uso e cobertura da terra

A classificação dos usos e cobertura da terra, foi baseada no sistema multinível de

classificação proposto pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), que no nível hierárquico primário (I), contemplou quatro classes que indicaram as principais categorias da cobertura terrestre, discriminadas com base na interpretação direta dos dados dos sensores remotos, numa escala mais ampla.

O nível hierárquico secundário (II), explicitou os tipos de usos inseridos no primeiro nível, com um detalhamento mais apurado e preciso do uso e cobertura da terra, em uma escala local e posteriormente o nível hierárquico terciário (III), explicitou os usos propriamente ditos (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição das classes de uso e cobertura da terra.

Classe (I)	Tipo (II)	Descrição (III)			
Área Antrópica não Agrícola	Áreas urbanizadas	Área de adensamento urbano e áreas com instalações rurais (industriais e domiciliares			
	Cana-de-açúcar	Área de cultivo de Saccharum officinarium L.			
Área Antrópica Agrícola	Citricultura	Área de cultivo de Citros sinensis.			
	Pastagens	Área com predomínio de vegetação herbácea (nativa ou exótica), utilizada para pecuária extensiva.			
	Silvicultura	Área de cultivo homogêneo de Eucalyptus spp ou Pinus spp.			
	Solo exposto	Área de pousio do solo para cultivo de Saccharum officinarium L			
Vegetação Natural	Vegetação Nativa	Área com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea, com as formações vegetais de Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão.			
Água	Corpos hídricos	Rios de grande porte, lagos, lagoas e represas.			

A dinâmica do uso e cobertura da terra, foi efetuada com base na classificação visual das cenas das imagens dos Satélites LandSat 7 e 8, através da digitalização em tela na escala 1:50.000, sendo identificados 8 tipos, conforme o segundo nível hierárquico de classificação.

Índice de Urbanidade (IB)

Para descrição do padrão da paisagem, decorrente da influência dos processos antrópicos (usos e cobertura da terra), foi utilizado o Índice de Urbanidade (IB) (O'Neill et al., 1988; Wrbka et al., 2004) como indicador da naturalidade da paisagem, por meio da expressão (Equação 1):

$$IB = \log_{10} \frac{(U+A)}{(F+W)} \tag{1}$$

Onde:

U: Corresponde a extensão de área urbana;

A: Corresponde a extensão de área agrícola;

F: Corresponde a extensão de área de vegetação natural;

W: Corresponde a extensão dos corpos hídricos.

As informações (ou variáveis) coletadas para a análise integrada do meio ambiente possuem naturezas distintas. Assim, para obtenção da comparabilidade e do ajuste dos dados a uma escala comum de trabalho, foi necessário a padronização dos critérios. A representação espacial do IB foi obtida no ArcGis® 10.2.2 e escalonado com base na lógica difusa (Fuzzy), de tipo linear [y=f(x)], com valores de zero a um.

A técnica fuzzy tem sido utilizada em trabalhos de inferência espacial (Tanscheit, 2006), sendo uma extensão da lógica booleana que admite valores lógicos intermediários entre o falso (0) e o verdadeiro (1), por exemplo, o valor médio 'talvez' (0,5). Isto significa que um valor lógico difuso é um valor qualquer no intervalo de valores entre 0 e 1, permitindo que estados intermediários possam ser tratados por dispositivos de controle (Marro et al.,2013).

Foi considerado IB = 0, como grau máximo de naturalidade e IB = 1, como grau mínimo de naturalidade, correspondentes a predominância de sistemas alterados pelo homem, onde maiores

naturalidades correlacionam-se com sistemas menos impactados e menores naturalidades com sistemas mais impactados.

Resultados e discussão

Foram encontrados e classificados os usos de cana-de-acúcar, corpos hídricos, citricultura, pastagens, silvicultura, áreas urbanizadas e vegetação nativa, observando-se uma expansão das atividades agrícolas, com um incremento de 41,42% das áreas de cultivo, representados principalmente pelas culturas de cana-de-açúcar e citricultura. Em 2003, aproximadamente 69% da área, apresentava o predomínio das atividades agrícolas, com 33.549,91 ha ocupados pela canade-açúcar, 1.809,78ha pela silvicultura e 899,44 ha pela citricultura (Tabela 2). As práticas do cultivo de cana-de-açúcar são associadas às áreas com solo exposto, pois as mesmas referem-se ao período de pousio e preparo do solo para a próxima safra (Figuras 2 e 3)

Tabela 2. Valores do uso e cobertura da terra do município de São Carlos (SP) para os anos de 2003 e 2013.

Usos	2003		2013		Variação em 10
USUS	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	anos (%)
Áreas Urbanizadas	6.349,77	5,57	6.694,78	5,87	3,45
Cana-de-açúcar	33.549,91	29,43	36.842,37	32,32	32,92
Citricultura	899,21	0,79	1.749,04	1,53	8,50
Pastagens	4.645,95	04,08	4.747,75	4,16	1,02
Silvicultura	1.809,78	1,59	1.718,12	1,51	-0,92
Solo exposto	41.982,63	36,83	40.522,37	35,57	-14,60
Vegetação Nativa	23.917,69	20,98	20.880,60	18,29	-30,67
Corpos Hídricos	845,06	0,75	845,06	0,75	-

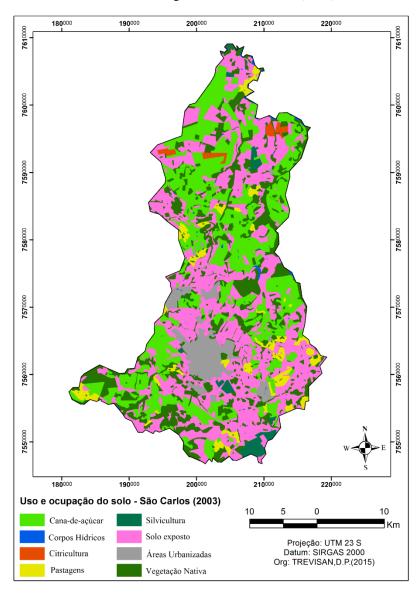


Figura 2. Análise da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra do município de São Carlos (SP) para ano de 2003.

Esse fato, coincide com o cenário paulista, sendo o estado de São Paulo, mais precisamente o interior paulista, o maior produtor de cana-deaçúcar do Brasil, título devido ao crescimento do mercado interno e de condições favoráveis ao seu cultivo, como por exemplo, ser o estado com mais terras férteis, que permite a produtividade média maior do que em outras regiões e pelo fato de possuir desenvolvido setor de bens de produção para a cultura canavieira (Natale Netto, 2007).

O cenário observado, com expansão das áreas de cultivo de cana-de-açúcar de aproximadamente 33% em dez anos é semelhante a estudos realizados com esta temática em outras regiões (Criuscuolo, 2006; Coelho et al., 2007; Fisher, 2008; Rudorff et al., 2010; Trevisan et al., 2011; Moraes et al., 2013) os quais também evidenciaram a expansão do cultivo da cana-de-açúcar e a supressão de áreas de vegetação nativa.

As áreas de vegetação nativa, apresentamse fragmentadas, com perda de cerca de 31% em dez anos, representando 3.067,08 ha. Esses fragmentos remanescentes e imersos na matriz agrícola, estão em sua maioria associados aos corpos hídricos, ou seja, Áreas de Preservação Permanente (APP). Esta degradação da vegetação nativa, foi semelhante a estudos realizados em outras regiões (Cintra, 2004; Moschini, 2005; Moraes, 2013; Mello, 2014) os quais analisaram as fitofisionomias de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, tipos vegetacionais presente na área de estudo.

A Mata Atlântica e o Cerrado são dois hotspots de biodiversidade, sendo necessário uma intervenção imediata no processo de fragmentação da paisagem, em sua maioria decorrentes do avanço da fronteira agrícola, mais especificamente pelo cultivo da cana-de-açúcar, que implica em

severas mudanças nos padrões biológicos da paisagem e na conservação de fauna e flora presentes nesses habitats (Moraes et al., 2013).

As áreas urbanas, apresentaram-se em pequenas proporções e quantidades de área quando comparadas aos outros usos (6.349,77 ha em 2003

e 6.694,78 ha em 2013), isso se deve, principalmente pelo fato da dependência do município com o setor agropecuário, fato que explica a pequena expansão da área urbana, tornando o crescimento urbano pouco significativo nesse período.

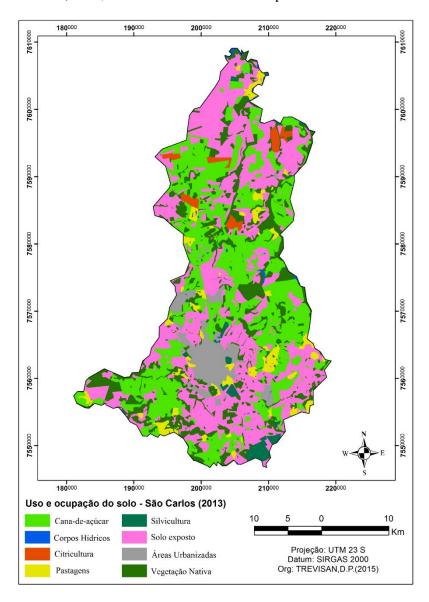


Figura 3. Análise da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra do município de São Carlos (SP) para o ano de 2013.

Mediante a análise da dinâmica temporal de uso e cobertura da terra, foi elaborado a análise representadas na Tabela 3, para os anos de 2003 e 2013, os quais evidenciam um processo contínuo e crescente de alteração da paisagem, fato que pode ser atribuído as ações antrópicas, associadas

do Índice de Urbanidade. A distribuição espacial dos intervalos do Índice de Urbanidade, estão principalmente à prática agrícola, como descritas na análise da dinâmica de uso e cobertura da terra (Figuras 4 e 5).

Tabela 3. Valores do Índice de Urbanidade (IB) da paisagem do município de São Carlos (SP) para os anos de 2003 e 2013.

Intervalos -	2003		2013		Variação em 10 anos
Intervatos	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)	(%)
0,0 - 0,2	1.641,90	1,44	1.632,00	1,43	-0,10
0,2-0,4	3.700,00	3,25	4.920,00	4,32	12,20
0,4-0,6	77.100,10	67,63	85.167,00	74,71	80,67
0,6-0,8	24.370,00	21,38	15.900,00	13,95	-84,70
0,8 – 1,0	7.188,00	6,31	6.381,00	5,60	-8,07
Total	114.000,00	100,00	114.000,00	100,00	,

Houve uma expansão de 3,45% das áreas urbanizadas do município, este percentual está relacionado a baixa taxa de crescimento populacional de aproximadamente 1% ao ano, desta forma o adensamento populacional, pouco contribuiu para o índice de urbanidade, sendo a perda de naturalidade da paisagem fortemente liga a expansão das atividades agrícolas.

Frente estas condições de naturalidade da paisagem, a análise do Índice de Urbanidade, reflete o comprometimento dos bens e serviços fornecidos pelos ecossistemas em um tempo pregresso em 2003, o qual apresenta grau de urbanidade elevado, influenciando de forma negativa nas funções ecossistêmicas.

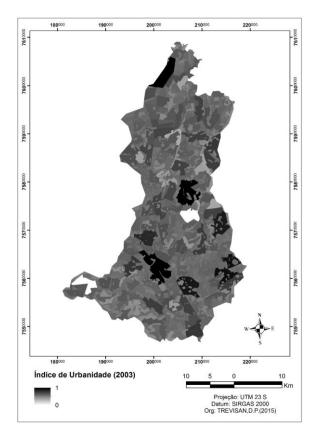


Figura 4. Índice de Urbanidade (IB) da paisagem do município de São Carlos (SP) para o ano de 2003.

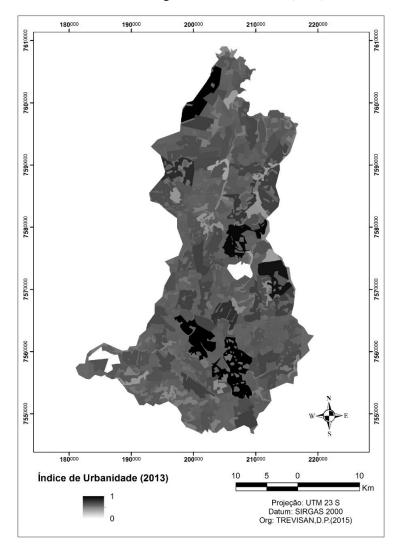


Figura 5. Índice de Urbanidade (IB) da paisagem do município de São Carlos (SP), para o ano de 2013.

Observou-se (Figura 6) uma concentração no intervalo de (IB = 0.4-0.6), o qual representa um cenário intermediário de naturalidade da paisagem, sendo identificado um acréscimo de 81% de locais classificados neste intervalo. Estas regiões estão associadas a fragmentos de vegetação nativa ainda conservados e/ou restaurados, mas que continuam sobre influência de fortes pressões em virtude de sua proximidade com as atividades antrópicas e desta forma tornando-se susceptíveis a perda de naturalidade.

Nos dois cenários analisados, observou-se a presença de fragmentos de vegetação nativa, que ainda resguardam um baixo índice de urbanidade (IB = 0), essa característica se deve principalmente pela existência de alguns parâmetros da paisagem, como conectividade entre os fragmentos, área, perímetro, forma e borda, que contribuem para que o fragmento mantenha uma biodiversidade. O município de São Carlos apresenta apenas dois fragmentos nesta condição os quais representam uma área de cerca de 1.600 ha.

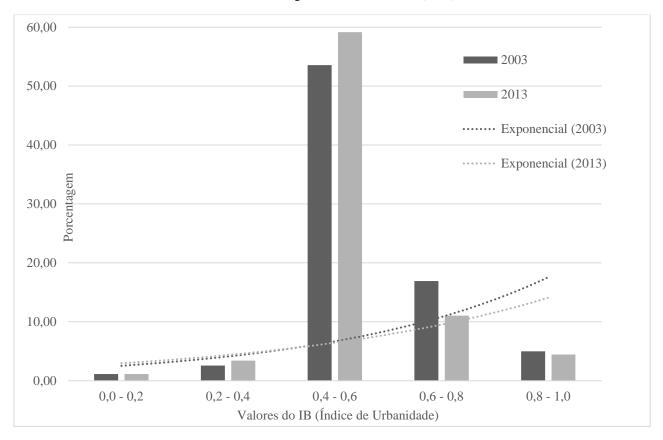


Figura 6. Variação dos valores dos intervalos do Índice de Urbanidade ao longo do período estudado.

Houve um decréscimo na variação exponencial dos intervalos ao longo de 10 anos, que evidencia uma regressão de aproximadamente 93% entre os intervalos (IB = 0,6 a 1,0), esta condição demonstra uma ligeira melhora na condição de naturalidade da paisagem, porém o município ainda encontra-se em uma situação crítica devido as pressões exercida pelas atividades antrópicas, as quais isolam e restringem os fragmentos a pequenas área de vegetação nativa, onde as mesmas estão presentes na paisagem em decorrência das exigências de Leis.

Entretanto, apesar desta paisagem extremamente fragmentada em pequenas áreas de vegetação nativa, as mesmas possuem um papel importante em relação aos serviços ambientais proporcionados por essas áreas, onde destaca-se a regulação, produção e suporte, os quais são essências para manutenção e desenvolvimento das atividades antrópicas no município.

O processo de antropização da paisagem do município de São Carlos, vem ocorrendo de forma intensa necessitando urgentemente de ações que visem a manutenção e a recuperação de áreas de vegetação nativa, para que o ecossistema possa continuar a fornecer os bens de serviços à população, resguardando uma boa qualidade de vida, além de suprir as necessidades socioeconômicas.

Conclusões

O Índice de Urbanidade, ao expressar o estado de conservação e naturalidade das paisagens, apresentou-se como uma ferramenta importante no diagnóstico voltado a conservação dos ecossistemas, possibilitando uma análise precisa dos elementos que compõe a paisagem.

Os ecossistemas, com seus bens e serviços ambientais, subsidiam diversas atividades antrópicas e socioeconômicas, e quando sobrecarregados além de sua capacidade suporte, podem comprometer o atendimento das necessidades humanas.

Faz-se essencial a preocupação não apenas da condição atual do município, mas com as tendências que se solidificam ao passar dos anos, como as perdas de áreas naturais em decorrência da expansão das atividades antrópicos, que foram evidenciadas nas análises dos remanescentes de vegetação nativa do município.

Torna-se necessário um planejamento que almeje um modelo de desenvolvimento que leve em consideração toda esta temática, incluindo todos os agentes socioambientais, econômicos e culturais, focando-se não apenas nos problemas, mas em suas causas, reforçando a ideia de necessidade de desenvolvimento que relacione o

crescimento econômico e a conservação dos ecossistemas.

Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Processo: 2015/19918-3 pelo apoio na realização do trabalho.

Referências

- Balmford, A.; Bruner, A.; Cooper, P.; Costanza, R.; Farber, S.; Green, R.E.; Jenkins, M.; Jefferiss, P.; Jessamy, V.; Madden, J.; Munro, K.; Myers, N.; Naeem, S.; Paavola, J.; Rayment, M.; Rosendo, S.; Roughgarden, J.; Trumper, K.; Turner, R.K., 2002. Economic Reasons for Conserving Wild Nature. Science 297, 950 953.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura,2016. Clima dos Municípios Paulistas. Disponível: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_224.html. Acesso: 10 ago. 2016.
- Cintra, R. H.,2004. Análise qualitativa e quantitativa de danos ambientais com base na instauração e registros de instrumentos jurídicos. in: Santos, J. E.; Zanin, E. M.; Moschini, L. E. (Ed.). Faces da polissemia da paisagem: ecologia, planejamento e percepção. São Carlos, SP, Rima, pp.90-115.
- Coelho, A. T.; Guardabassi, B.A.L.; Monteiro, B.C.A.; Gorren, R. A.,2007. Sustentabilidade da expansão da cultura canavieira. Cadernos Técnicos da Associação Nacional de Transportes Públicos 6, 1-13.
- Criuscuolo, C.,2006. Dinâmica de uso e cobertura das terras na região nordeste do Estado de São Paulo, 1 ed. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP.
- De Groot, R. S.; Blignaut, J.; DER Ploeg, S.; Aronson, J.; Elmqvist, T.; Farley, J.,2013. Benefits of investing in ecosystem restoration. Conservation Biology 27, 1286-1293.
- Santos, R.M.dos, 2011. Padrão temporal e espacial das mudanças de usos da terra e cenários para a conservação da biodiversidade regional do município de São Félix do Araguaia, MT. Tese (Doutorado). São Carlos, Universidade Federal de São Carlos.
- Fisher, G.,2008. Land use dynamics and sugarcane production. in: Zuurbier, P.; Van De Vooren, J. (Ed.). Sugarcane ethanol: contributions to climate change mitigation and the environment, Netherlands, Wageningen Academic Publishers, pp. 29-62.

- Franklin, J.F.; Forman, R.T.T.,1987. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. Landscape Ecology 1, 5-18.
- Galo, M.L.B.T; Novo. E.M.L.M.,1998. Índices de paisagem aplicados à análise do Parque Estadual Morro do Diabo e entorno. in. IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto Anais. Santos-SP, pp.11-18.
- Gardner, R.H.; O'Neill, R.V.,1991. Pattern, process, and predictability: the use of neutral models for landscape analysis. in: Turner, G.M.; Gardner, R.H. (Ed) Quantitative methods in Landscape ecology: the analyses and interpretation of landscape heterogeneity. New York, Springer, pp. 289-308.
- Goerl, R. F.; Siefert, C. A. C.; Schultz, G. B.; Santos, C. S.; Santos, I.,2011. Elaboração e aplicação de Índices de Fragmentação e conectividade da paisagem para análise de bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Geografia Física 5, 1000-1012.
- Guimarães, R. Z.; Oliveira, F. A.; Gonçalves, M. L,2010. Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. Scientia Forestalis, Piracicaba 28, 377-390.
- Gustafson, E.J.; Parker, G.R.,1992. Relationships between landcover proportion and indices of landscape spatial pattern. Landscape Ecólogo 7, 101-110.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística,2016. Cidades. Disponível: http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.ph p?lang=&codmun=354690. Acesso: 10 mar. 2016.
- IBGE. Instituto de Geografia e Estatística,2013. Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição. Disponível:http://www.ibge.gov.br/home/geoci encias. Acesso: 31 maio. 2016.
- IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico,2016. Região Administrativa Central. Disponível: http://www.igc.sp.gov.br/. Acesso: 31 maio. 2016.
- Intergovernmental Painel On Climate Change,2007. Climate Change 2007: Synthesis Report. 1^a ed, IPCC.
- Li, H.; Wu, J.,2004. Use and misuse of landscape índices. Landscape Ecology 19, 389-399.
- Marro, A.A.; Souza, A.M.C.; Cavalcante, E.R.S.; Nunes, G.S.B.R.O,2013. Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações, material didático. Anais. VII Congresso Ibero-americano de Informática Educativa, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, pp.127 136.

- Mcgarigal, K.; Marks, B.,1995. Fragstats * ARC. Fragstats Manual. Disponível: http://www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/manual/index.html. Acesso: 10 Mar. 2016.
- Mcgarigal, K.; Mccomb, W.,1995. Relationships between landscape structure and breeding birds in the oregon coast range. Ecological Monographs 65, 235-260.
- Mello, K.; Petri, L., Cardoso-Leite, E.; Toppa, R. H.,2014. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. Revista Árvore 38, 309-317.
- Metzger, J.P.,2000. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências 71, 445- 463.
- Millennium Ecosystem Assessment,2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, 1^a ed. World Resources Institute, Washington, DC.
- Momoli, R.S.,2006. Caracterização e distribuição espacial dos sedimentos depositados numa zona ripária reflorestada. Dissertação (Mestrado). Piracicaba, Universidade de São Paulo.
- Moraes, M. C. P.,2013. Dinâmica da paisagem da zona de amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira, SP. Dissertação (Mestrado). Sorocaba, Universidade Federal de São Carlos.
- Moraes, M. C. P.; Toppa, R.H.; Mello, K.A.,2013. Expansão da Cana-de-Açúcar como fator de pressão para áreas naturais protegidas. in: Dos Santos, J.E.; Zanin, E.M. (Org.). Faces da Polissemia da Paisagem: Ecologia, Planejamento e Percepção. 1ª ed, v.5, São Carlos. Rima, pp. 163-173.
- Moschini, L. E.,2005. Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e seminaturais da paisagem: estudo de caso, município de Araraquara, SP. Dissertação (Mestrado). São Carlos, Universidade Federal de São Carlos.
- Moschini, L. E.,2008. Zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Médio Mogi-Guaçu Superior. Tese (Doutorado). São Carlos, Universidade Federal de São Carlos.
- Natale Netto, J.,2007. A saga do álcool: fatos e verdades sobre os 100 anos do álcool combustível em nosso país. 1ª ed. Novo Século, Osasco, SP.
- OCDE, Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico,2002. Rumo ao desenvolvimento sustentável: Indicadores ambientais. 1ed. Governo do estado da Bahia. Secretaria de Planejamento, Ciência e Tecnologia, Salvador.

- O'Neill, R.V.; Krummel, J.R.; Gardner, R.H.; Sugihara, G.; Jackson, B.; De Angelis, D.L.; Milne, B.T.; Turner, M.G.; Zygmunt, B.; Christensen, S.W.; Dale, V.H.; Graham, R.L., 1988. Indices of landscape pattern. Landscape Ecology 1, 153-162.
- Ribeiro, F.L.; Campos, S.; Piroli, E.L; Santos, T.G.; Cardoso, L.G.,1999. Uso da terra do Alto rio pardo, obtido a partir da análise visual IN: Anais. I Ciclo de Atualização Florestal do Conesul Santa Maria: UFSM, v. único, pp. 75 8
- Ritters, K.H.; O'Neil, R.V.; Hunsaker, C.T.; Wickham, J.D.; Yankee, D.H. Timmins, S.P.,1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. Landscape Ecology 10, 23-39.
- Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D.A.; Silva, W.F.; Sugawara, L.M.; Adami, M.; Moreira, M.A.,2010. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production on São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. Remote Sensing 2,1057-1076.
- Santos, J.E.; Nogueira, F.; Pires, J.S.R.; Obara, A.T.; Pires, A.M.Z.C.R.,2001. The value of the Ecological Station of Jatai's ecosystem services and natural capital. Revista Brasileira de Biologia 61,171-190.
- Santos, M.,2008. Metamorfose do espaço habitado: Fundamento teórico e metodológico da geografia.1ª ed. EDUSP, São Paulo, SP.
- Sato, M.; Santos. J. E.,1999. Agenda 21 em sinopse. 1.ed. EduUFSCar, São Carlos.
- SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados,2016. Perfis Municipais. Disponível: http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil. php. Acesso: 31 de maio.2016.
- Tanscheit, R. Fundamentos da lógica Fuzzy e controle Fuzzy,2006. Departamento de Estatística PUC Rio. Disponível: http://www.tcs.eng.br/PUC/Fuzzy/SILogica_C ontrole_Fuzzy.pdf . Acesso: 31 maio. 2016.
- Trevisan, D. P.,2015. Análise das variáveis ambientais causadas pelas mudanças dos usos e cobertura da terra do município de São Carlos, São Paulo, Brasil. São Carlos. Dissertação (Mestrado). São Carlos, Universidade Federal de São Carlos.
- Trevisan, D. P.; Moschini, L. E.; Locatelli, E. T.; Ogeda, R.A.; Dos Santos, R.M.; Pinatti, J.M.,2011. Análise multitemporal do uso e cobertura vegetal do município de Ibaté (SP) in: 9^a Jornada Científica e Tecnológica da UFSCAR, 2011, São Carlos, Anais. São Carlos, UFSCAR, pp.1-1.
- Tundisi, J. G.,2010. Prefácio, in: Santos, J.E. Moschini, L.E.; Zannin, E.M. Faces da

- Polissemia da Paisagem: Ecologia, planejamento e percepção.v.3. São Carlos, Rima, pp. prefácio.
- Turner, M.; O'Neill, R.V.; Gardner, R. H.; Milne, B.T.,1989. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. Landscape Ecology 3,153-162.
- Turner, M.G.,1987. Spatial simulation of landscape changes in Georgia: a comparison of 3 transition models. Landscape Ecology 1, 29-6.
- Vitousek, P.M.; Mooney, H.A.; Lubchenco, J.; Melillo, J.M.,1997. Human domination of Earth's ecosystems. Science 277, 494-499, 1997.
- Wrbka, T.; Erb K.H.; Schulz, N.B.; Peterseil, J.; Hahn, C.O.; Haberl, H.,2004. Linking pattern and process in cultural landscapes: An empirical study based on spatially explicit indicators. Land Use Policy 21, 289-306.