

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ESTRUTURAL DA PAISAGEM NO MUNICÍPIO DE ITIRAPINA - SP

Evaluation of the landscape Structural Quality in Itirapina municipality - SP

Bruna Felix dos Santos*
Diego Peruchi Trevisan**
Luiz Eduardo Moschini***

***Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / São Carlos, São Paulo**
brunafelixsantos_@hotmail.com

****Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / São Carlos, São Paulo**
diego.peruchi@gmail.com

*****Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / São Carlos, São Paulo**
lemoschini@gmail.com

RESUMO

As transformações impostas ao ambiente têm ocasionado impactos negativos aos ecossistemas, deixando-os vulneráveis. Com isso, nos últimos anos a preocupação com a conservação dos recursos naturais, do solo e das águas tem aumentado significativamente. Tais influências antrópicas alteram a paisagem e modificam grandes áreas como coberturas florestais, transformando-as em inúmeros fragmentos, o que interfere na qualidade e quantidade dos recursos naturais. Diante as estas considerações o objetivo deste trabalho consiste em analisar a qualidade estrutural da paisagem município de Itirapina – SP, por meio da utilização de índices da paisagem em decorrência de suas características físicas com o uso e cobertura da terra presentes nos anos de 2006 e 2016, com o intuito de analisar o efeito da modificação de áreas naturais causados pelas atividades antrópicas sobre a estrutura da paisagem. A abordagem metodológica envolveu levantamentos bibliográficos e digitais da base de dados sendo estas informações analisadas no Sistema de Informações Geográficas (SIGs) os quais deram suporte para determinação do índice de Qualidade Estrutural da Paisagem, o qual verificou os principais impactos estruturais na área de estudo, possibilitando um melhor desenvolvimento e planejamento de ações voltadas a conservação das áreas de vegetação natural e resultando em uma boa qualidade estrutural da paisagem e consequentemente das funções ecossistêmicas da região.

Palavras-chave: Índice de Qualidade Estrutural da Paisagem. Fragmentos. Preservação.

ABSTRACT

The changes imposed on the environment have caused negative impacts on ecosystems, leaving them vulnerable. As a result, in recent years, the concern with the conservation of natural resources, soil and water has increased significantly. These anthropic influences alter the landscape and modify large areas such as forest cover, transforming them into numerous fragments, which interferes with the quality and quantity of natural resources. Given these considerations, this work aims to analyze the landscape structural quality in Itirapina - SP municipality, through the landscape indexes due to its physical characteristics with the land use and land cover present in 2006 and 2016, to analyze the effect of the modification of natural areas caused by human activities on the landscape structure. The methodological approach involved bibliographic and digital surveys of the database, where information was analyzed in the Geographic Information System (GIS), supported the determination of the Landscape Structural Quality Index, which verified the main structural impacts in the study area, enabling a better development and planning of actions aimed at the conservation of areas of natural vegetation and resulting in a good structural quality of the landscape and consequently of the ecosystem functions of the region.

Keywords: Structural Quality Index of Landscape. Fragments. Preservation.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura da paisagem é modificada principalmente pelo resultado das interações a curto e longo prazo entre forças físicas, biológicas, políticas, econômicas e sociais, em decorrência das interações entre natureza e sociedade, as quais produzem uma configuração caracterizada pela fragmentação ou conexão entre seus elementos (SILVA; SOUZA, 2014). Os processos que alteram estas relações definem os usos e cobertura da terra, os quais influenciam no padrão espacial e estrutural das paisagens. Estes, quando não realizados de forma planejada, resultam na degradação dos habitats, na perda de solos e dos ecossistemas. Tais impactos negativos comprometem a estrutura das paisagens e conseqüentemente sua estabilidade ao modificarem negativamente o capital natural (CHAICHI; DAIM, 2018).

O espaço natural está em constante transformação e as atividades antrópicas destacam-se com uma das principais responsáveis por esse processo, que se iniciou principalmente com a ocupação do território e a utilização dos recursos naturais. As modificações do território foram intensificando-se como fatores da urbanização, levando ao surgimento de vários impactos aos ecossistemas naturais, estando diretamente relacionado ao aumento da população urbana em decorrência do êxodo rural e da industrialização, acarretando a formação de cidades e conseqüentemente o crescimento demográfico (LOPSES, 2008; MESQUITA; SILVESTRE; STEINKE, 2017).

À medida que a sociedade foi evoluindo, a modernização dos processos produtivos tornou-se necessária, onde o crescente aumento populacional concomitante com a urbanização e a aglomeração das pessoas nas cidades resultou na apropriação e manipulação do espaço geográfico. Como consequência, essa manipulação produz alterações significativas que comprometem os recursos naturais, colocando em risco a sobrevivência da humanidade (SANTOS, 2014; RUIZ *et al.*, 2016).

De acordo com Bursztyń (2001, p. 107), as ações humanas com intuito de desenvolvimento econômico resultam em “impactos que são nefastos tanto para o funcionamento da natureza em si quanto para os seres humanos”. É habitual ver áreas naturais serem substituídas por outros usos da terra, e assim, sofrendo desmatamentos para que sejam construídas rodovias, dutos ou linhas de transmissão (CORRÊA, 2003; MELLO *et al.*, 2014). Conforme aumenta as pressões antrópicas sobre o meio ambiente, pode-se observar um processo de modificação da paisagem natural por outros usos da terra. Essas alterações convertem grandes áreas, que outrora eram compostas por cobertura vegetal, em fragmentos florestais, e, desta forma, comprometendo as funções ecossistêmicas (DE GROOT, 2013; SILVA; SILVA; SILVA, 2016).

Os ecossistemas naturais remanescentes na paisagem assumem importância ecológica e socioeconômica, proporcionando uma série de funções ecossistêmicas, como a regulação dos processos ecológicos e dos sistemas de suporte a vida, a manutenção da saúde ambiental fornecendo água, ar e solo de boa qualidade e recursos para a alimentação e matéria-prima para indústrias, entre outros (MOLETTA; NUCCI; KROKER, 2005; LIMA *et al.*, 2015).

Essa realidade revela a importância de um planejamento adequado do território, visando a melhoria da qualidade ambiental e urbana, onde as funcionalidades ambientais sejam valorizadas de forma significativa (SANTOS, 2014). Em decorrência dessas modificações é evidente a urgência do planejamento físico do território, levando em conta a perspectiva socioeconômica e ambiental, tornando necessária a análise das alterações que as paisagens naturais vêm sofrendo ao longo dos anos pelas atividades humanas (JUAN; GARCIA, 2002; SOUZA, 2015).

O ideal na quantificação da estrutura das paisagens é a reunião de uma pequena variedade de índices, os quais possibilitam obter em pequeno espaço de tempo, o mais importante da estrutura e do padrão de uma paisagem, tendo em vista a caracterização e diferenciação de aspectos espaciais da estrutura de uma paisagem, ao longo do tempo, constituindo um elemento para criar estratégias de manejo de paisagens (RITTERS *et al.*, 1995; CORTES; D'ANTONA, 2014).

Neste sentido, é essencial a análise da paisagem em seu contexto geográfico local e regional, em detrimento da proteção dos seus recursos naturais para que os ecossistemas não tornem-se vulneráveis as inúmeras ações antrópicas, e desta forma, tornando-se incapazes de resistir ou recuperar-se as mudanças negativas, consideradas atípicas (OLIVEIRA *et al.*, 2004; MEDEIROS; SOUZA, 2016).

Vários autores têm desenvolvido índices e medidas descritivas dos padrões espaciais das paisagens (BRASIL, 2007; CARRIJO, 2005; GRIGIO, 2003; SILVA *et al.*, 2017). Desta forma, a modelagem vem se firmando como um excelente método para a obtenção de conhecimento e geração de hipóteses para análise das paisagens. Questões populacionais, efeitos de fragmentação, vulnerabilidade ambiental, importância de corredores, mudanças de uso e cobertura da terra, conectividade das paisagens, estão entre os temas mais abordados com modelos.

Nessa perspectiva, 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 *et al.*, 1999; FRANSCISCO; PEREIRA; BRANDÃO, 2015). Embora a utilização destas ferramentas seja de extrema eficiência e importância para realização de análises do ambiente, é imprescindível a participação da sociedade, pois ela se torna parte integrante de um processo de transformação o qual visa um desenvolvimento equilibrado entre homem e natureza (VALDAMERI, 2000; LIMA *et al.*, 2015).

Considerando que os processos culturais transformadores das paisagens constituem a manifestação integrada dos elementos naturais, ocasionando mudanças físicas nas mesmas e que o meio ambiente proporciona benefícios para a sociedade de diversos modos ao preservar a estrutura e função dos ecossistemas (BALMFORD *et al.*, 2002; TREVISAN *et al.*, 2018). E 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; MEDEIROS; SOUZA, 2016) e não incorporado na atividade econômica convencional baseada, principalmente na análise de mercado. A exploração econômica dos recursos naturais deve combinar de maneira racional o desenvolvimento e as práticas de conservação para resguardar a qualidade ambiental da paisagem local.

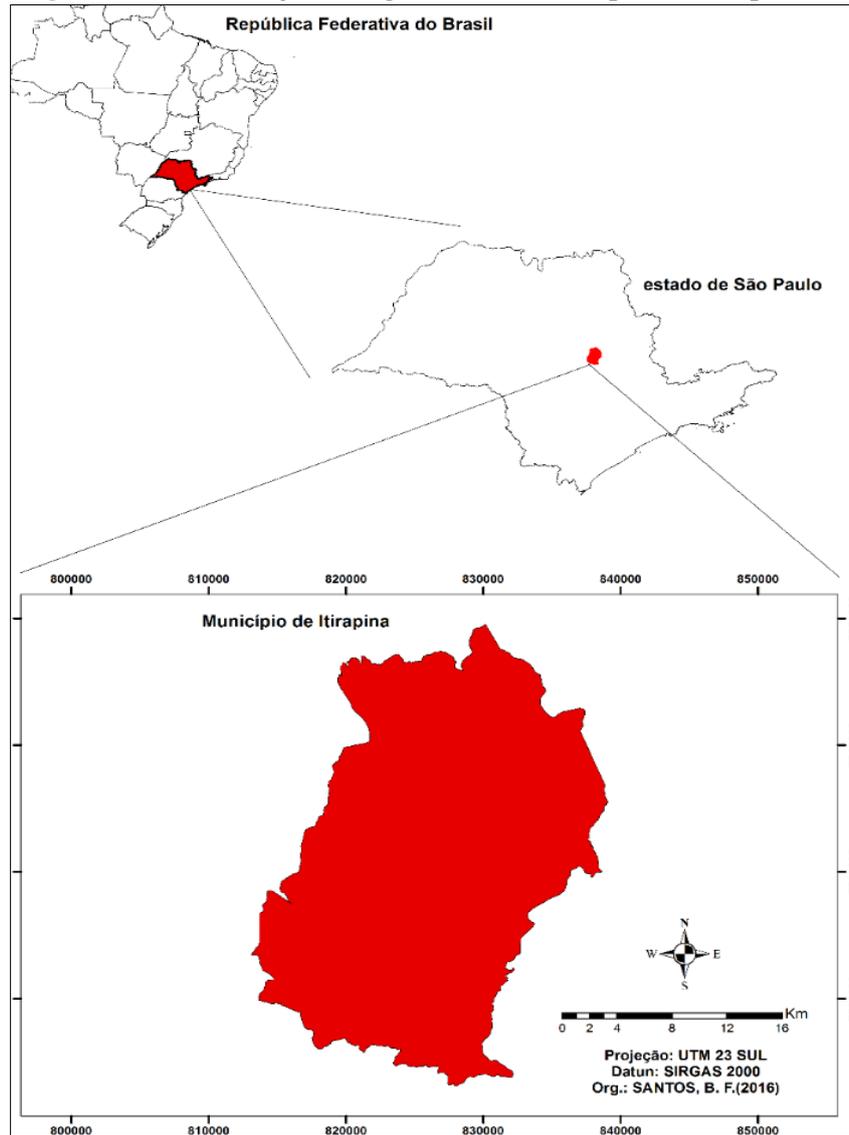
Diante as estas considerações o objetivo deste trabalho consiste em analisar a qualidade estrutural da paisagem do município de Itirapina – SP, por meio da utilização de índices da paisagem em decorrência de suas características físicas com o uso e cobertura da terra presentes nos anos de 2006 e 2016.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Itirapina-SP (Figura 1) está localizado a 218km da capital paulista, entre as coordenadas 22°15'10" de latitude sul e 47°49'22" de longitude oeste, com uma população de 17.162 habitantes, tendo Brotas, São Carlos, Rio Claro, São Pedro, Corumbataí, Ipeúna, Charqueada e Analândia como municípios circunvizinhos (IBGE, 2020).

O clima é classificado como tropical, com temperaturas que variam de 25 a 29°C, estando sobre a formação geológica de Cuestas Basálticas. A região possui uma paisagem privilegiada, proporcionando o ecoturismo, em decorrência das inúmeras cachoeiras, além de cavernas, serras e morros (IBGE, 2020).

O município possui duas unidades de Conservação administradas pelo Instituto Florestal: Estação Experimental e a Estação Ecológica totalizando 5.512 hectares. Ambas destinadas à pesquisa, preservação e educação ambiental, sendo assim Itirapina está protegida pela Área de Preservação Ambiental de Corumbataí, contando com as regiões de Cerrado, oriundos da Mata Atlântica (SILVA, *et al.*, 2006; NETO, 2015).

Figura 1 – Localização Geográfica do município de Itirapina-SP

Fonte: Os autores (2016).

2.1 Histórico da Região

O município de Itirapina se originou a partir de uma antiga povoação de terras feita por imigrantes portugueses, os quais se estabeleceram na região e começaram a instalar as primeiras casas, dando origem ao vilarejo chamado Itaqueri da Serra. Em 1839 tem início à construção da Capela Nossa Senhora da Conceição, padroeira da cidade (IBGE, 2017). Até a primeira metade do século XX, a região vivia principalmente da plantação de cana-de-açúcar e café. Entre o período de 1885 e 1887 começou a ser construída pela Companhia Rio Clarence, uma linha de ferro que ligava a estação Visconde do Rio-Claro a Jau (IBGE, 2017).

A estação foi inaugurada com o nome de Morro Pelado, em torno da nova estação nascia um novo povoado que passou a atrair os habitantes. Em 1900 essa denominação foi alterada para Itirapina, que na língua tupi significa morro pelado. Esta ganhou autonomia em 1935, quando também ocorreu o decreto oficial do Distrito de Itaqueri da Serra, em 1930 (IBGE, 2017). Já em meados do século XXI, o município passou a ter como principais lavouras temporárias a cana de açúcar, mandioca, tomate e milho, e como lavouras permanentes a cultura de tangerinas, limão, laranja,

banana e café, sendo assim o território da região quase que em sua totalidade ocupado por produção agrícola (IBGE, 2017).

2.2 Metodologia

A abordagem metodológica envolveu o uso de técnicas para o planejamento ambiental voltado ao gerenciamento do município de Itirapina-SP, tendo como enfoque a caracterização ambiental do município, sendo as informações inseridas e analisadas em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), utilizando-se o software ArcGis 10.3. A classificação dos usos e cobertura da terra para os anos de 2006 e 2016 foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013) (Tabela 1), que no nível hierárquico primário (I), contemplaram quatro classes que indicaram as principais categorias da cobertura terrestre.

O nível hierárquico secundário (II) explicitou os tipos de usos inseridos no primeiro nível, com um detalhamento mais apurado e preciso da cobertura e o uso da terra em uma escala local e posteriormente o nível hierárquico terciário (III), explicitou os usos propriamente ditos. A dinâmica do uso e cobertura da terra foi efetuada com base na classificação visual das imagens LandSat 5 e 8, para abril de 2006 (bandas 5/4/3) e abril de 2016 (bandas 6/5/4), com resolução espacial de 30 metros, por meio da digitalização em tela (*on screen digitizing*), com a consequente atribuição de um pixel a cada classe de uso, criando-se áreas de treinamento vetoriais com o auxílio do ArcGis 10.3.

A utilização de cenas de satélites diferentes ocorreu em virtude da indisponibilidade de imagens por um único satélite no período de estudo, as cenas utilizadas para este estudo possuíam a mesma resolução espacial de 30 metros. As datas foram selecionadas de acordo com o cronograma de trabalho a ser realizado, onde os períodos de março e abril, em decorrência da sazonalidade das práticas agrícolas predominantes na região. A diferença de 10 anos entre as imagens possibilitou o estudo dos padrões temporais da paisagem, essenciais no direcionamento do planejamento regional, o qual considerou as vertentes de crescimento e desenvolvimento presentes.

Tabela 1 – Descrição das classes de uso e cobertura da terra de Itirapina – SP

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

Fonte: Os autores (2017).

Para a determinação do estado de fragmentação dos remanescentes naturais, teve como auxílio os dados obtidos por meio da classificação do uso e cobertura da terra de 2006 e 2016 e a utilização de métricas da paisagem na área de estudo, sendo estas (Tabela 2) obtidas dos trabalhos de Mcgarigal e Marks (1995) e de Lang e Blaschke (2009) e calculadas no software ArcGis 10.3.

Tabela 2 – Descrição das métricas utilizadas para análise da estrutura espacial da paisagem do município de Itirapina

Métrica	Aspecto	Observações
CA (ha)	Métrica de área	Área de classe. Quantifica a área de todos os fragmentos da classe. Redução de valores implicam em alteração da matriz.
NP	Heterogeneidade	Número de fragmentos. Grande número de fragmento indica maior fragmentação da classe, podendo indicar também riqueza estrutural em casos de baixa fragmentação.
MSI	Métrica de forma	Índice médio de forma. Valores próximos a 1 representam forma circular.
TE(m)	Métrica de borda	Soma de todas as bordas das classes ou da paisagem. Valores menores implicam em menor influência de borda.
TCA(ha)	Métrica central	Área central total. Revela o tamanho da área central por meio da soma de todas as classes.

Fonte: McGarigal e Marks (1995); Lang e Blaschke (2009).

O Índice de Qualidade Estrutural da Paisagem (IQEP) tem como principal premissa, que quanto mais forte for a remoção do habitat natural, maior será a intensidade da fragmentação e menor será a qualidade ambiental da bacia, ou seja, maior o comprometimento estrutural da paisagem. O IQEP foi desenvolvido por meio de resultados das cinco métricas aplicadas na análise da estrutura da paisagem, fixando pesos em função da importância e do comportamento de cada métrica analisada para a conformação do estado da qualidade ambiental (Tabela 3).

Tabela 3 – Pesos atribuídos às métricas para inserção no modelo IQEP

Métricas	Peso
CA	0,38
NP	0,08
MSI	0,08
TE	0,08
TCA	0,38

Fonte: Os Autores (2017).

A ponderação das métricas se faz necessária ao observar a existência de padrões de respostas distintos na paisagem e o cálculo do IQEP foi obtido mediante o produto dos resultados com a ponderação de pesos para cada métrica conforme a equação (1):

$$IQEP = \sum_i^n = 1 (1q_i.W; 2q_i.W; \dots; 10q_i.W) \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sendo: IQEP = Índice de Qualidade Estrutural da Paisagem, com valores 0 e 1;

n = número de métricas utilizadas no cálculo do índice;

qi = resultado da i-ésima métrica;

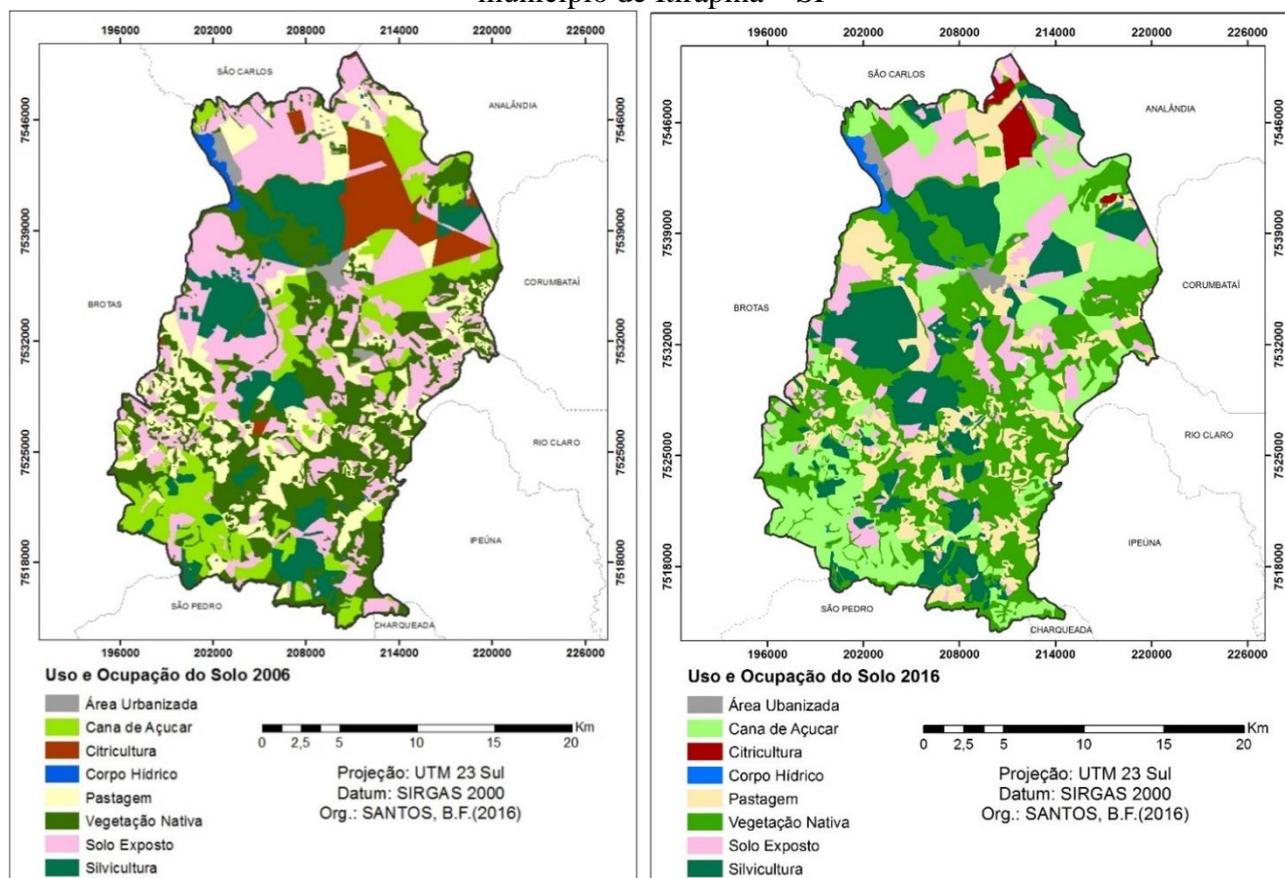
wi = peso da i-ésima métrica fixada em função de sua importância ambiental, com valores entre 0 e 1.

Valores de IQEP próximos a 1 indicam uma boa qualidade estrutural e valores próximo a 0 implicam em baixa qualidade estrutural da paisagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram identificados sete tipos de uso e cobertura da terra na área de estudo para os anos de 2006 e 2016, perfazendo um período de dez anos (Figura 2), sendo encontrados e classificados os usos de cana de açúcar, corpos hídricos, citricultura, pastagens, silvicultura, áreas urbanizadas e vegetação nativa. Para o ano de 2006, aproximadamente 69,19% da área de estudo apresentou o predomínio das atividades agrícolas sendo 6.302,72ha por silvicultura, 2.818,31ha por citricultura, 7.646,20ha ocupadas pela cana de açúcar, 14.316,00ha ocupadas por solo exposto e as áreas de pastagem com 8.061,67ha (Tabela 4), com a vegetação nativa abrangendo 16.184,67ha correspondendo a 28,69%.

Figura 2 – Análise da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra para o ano de 2006 e 2016 do município de Itirapina – SP



Fonte: Os autores (2016).

No período de 2016 a ocupação por vegetação nativa passou a ter 17.306,30ha correspondendo a 30,68% da área de estudo e os cultivos agrícolas como cana de açúcar, silvicultura, citricultura, solo exposto e pastagem, apresentaram 11.754,33ha com 19,93%; 10.361,30ha com 18,37%; 873,04ha com 1,55%, 6.755,80ha com 11,97% 8.209,40ha com 14,55% respectivamente. Neste período de dez anos as atividades agrícolas no município relacionadas aos cultivos de cana de açúcar, silvicultura e citricultura tiveram um aumento de 10,12% passando a ter 39,84% do território total do município. Apesar do decréscimo da citricultura, o que é compensado pela expansão do cultivo de cana de açúcar, já as regiões de solo exposto tiveram um decréscimo ao longo dos anos

correspondendo a 6.755,80ha com 11,97% do total do município sendo áreas utilizadas para o cultivo de cana de açúcar.

Tabela 4 – Valores do uso e cobertura da terra do município de Itirapina - SP para os anos de 2006 e 2016

Uso e cobertura da terra	2006		2016	
	Área (ha)	Porcentagem	Área (ha)	Porcentagem
Cana de Açúcar	7.645,20	13,55	11.753,91	19,93
Citricultura	2.818,31	5,00	873,04	1,55
Corpos Hídricos	472,32	0,84	428,76	0,76
Pastagem	8.061,67	14,29	8.209,40	14,55
Vegetação Nativa	16.184,70	28,69	17.306,30	30,68
Área Urbanizada	615,09	1,09	727,47	1,29
Solo Exposto	14.316,00	25,38	6.755,80	11,97
Silvicultura	6.302,72	11,17	10.361,30	18,37
Total	56.416,40	100,00	56.416,40	100,00

Fonte: Os Autores (2017).

Esse fato coincide com o cenário paulista, sendo o estado de São Paulo, mais precisamente o interior, o maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil, devido ao crescimento do mercado interno e de algumas condições favoráveis ao seu cultivo, como por exemplo, possuir 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; MELLO *et al.*, 2014).

As áreas de pastagem apresentaram um aumento de 0,26% correspondendo a 147,73ha, o qual aparecem em pequenas quantidades, tornando-se uma atividade voltada para subsistência ou pequena escala de produção. As áreas de vegetação nativa apresentam-se fragmentos ao longo do município, sendo os remanescentes localizados próximos aos corpos hídricos, ou seja, Áreas de Preservação Permanente (APP) que apresentou um pequeno aumento de aproximadamente de 2% o que se refere a 1.121,60ha do total do município.

Este pequeno aumento da vegetação nativa foi diferente a estudos realizados em outras regiões (CINTRA *et al.*, 2004; MOSCHINI, 2005; MELLO *et al.*, 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; TOPPA; MELLO, 2013).

Apesar da análise da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra apresentar um aumento de aproximadamente 2% na vegetação nativa ao longo de dez anos (2006 e 2016) passando a ocupar 17.306,30 ha da região, a mesma está sendo transformada gradualmente para atender a demanda das atividades agrícolas do município que corresponde a aproximadamente 70% do total da área. Sendo assim, obteve-se resultados de cinco métricas para analisar os efeitos que a expansão agrícola teve sobre a estrutura da paisagem do município de Itirapina - SP (Tabela 5).

A partir da análise da métrica (MSI) observou-se que o índice aumentou ao longo dos dez anos, de 1,67 para 1,73, evidenciando que os fragmentos se apresentam irregulares na paisagem por conta das perturbações em decorrência das atividades agrícolas, considerando que as formas dos mesmos podem influenciar os processos ecológicos como, a migração de pequenos mamíferos e a colonização de plantas de médio a grande porte, podendo estas perturbações ser provedoras também do efeito de borda, pois os fragmentos ficam mais expostos aos processos antrópicos (VOLOTÃO, 1998; PINATTI *et al.*, 2013).

Tabela 5 – Valores relativos das métricas descritivas da paisagem do município de Itirapina no período de 2006 e 2016

Métrica	Ano	Vegetação Nativa
CA	2006	155.565,000
	2016	173.486,000
NP	2006	458
	2016	424
MSI	2006	1,67
	2016	1,73
TE	2006	1.307,930
	2016	1.376,270
TCA	2006	154.257,070
	2016	172.109,730

Fonte: Os Autores (2017).

Com relação à métrica que designa o número de fragmentos (NP) foram identificados para 2006 e 2016, 458 e 424 fragmentos respectivamente, representando uma diminuição de 34 NP ao longo dos dez anos, o que consequentemente relaciona-se ao aumento mínimo do tamanho dos fragmentos. Porém, apesar da análise apresentar essa diminuição do NP da cobertura vegetal do município, a paisagem ainda se encontra fragmentada, o que pode resultar na perda da biodiversidade nativa, pois facilita o acesso de espécies exóticas e consequentemente aumenta a competição entre espécies (FERREIRA, 2012).

Quanto à métrica de área de classe (CA) observou-se uma tendência no seu aumento conforme diminui da NP em relação aos anos de 2006 e 2016, pois compreende-se que existe uma relação inversa entre o tamanho da área e o número de fragmentos, portanto, à medida que aumenta a área da cobertura vegetal, diminui o número de fragmentos e assim diminuindo o processo de fragmentação da paisagem, desse modo considerando que a riqueza e a abundância de determinada espécie depende das dimensões dos fragmentos para existir, essa métrica evidencia que o tamanho dos mesmos auxiliam nos processos ecológicos.

A métrica de borda (TE) resultou em valores de 1.307,930 para o ano de 2006 e 1.376,270 para o ano de 2016, o que revelou que no ano de 2006 o uso da terra era mais intenso em decorrência do valor (TE) ser menor que no ano de 2016, sendo assim nota-se a diminuição dos efeitos de borda ao longo dos dez anos na paisagem do município de Itirapina. Desse modo, observou-se uma tendência na conservação da paisagem, podendo relacionar com o aumento do tamanho da área dos fragmentos o que acarreta a expansão da cobertura vegetal e consequentemente na não diminuição da dinâmica populacional das espécies (MORAES *et al.*, 2015).

A partir na análise da métrica da soma das áreas centrais (TCA), a paisagem do município de Itirapina não tem sido comprometida pelo efeito de borda, sendo este fator que afeta diretamente a área central de um fragmento. Nota-se que os valores (TCA) passam de 154.257,070 do ano de 2006 para 172,109,730 do ano de 2016, estes dados apontam que as áreas centrais dos fragmentos não têm sido afetadas de forma significativa diante as atividades antrópicas, pois as somas das mesmas aumentam ao longo dos dez anos.

Mediante os resultados das métricas da paisagem do município de Itirapina observou-se que os fragmentos de vegetação contêm uma boa estrutura para abrigar a biodiversidade do local e favorecer a manutenção das espécies, visto que as análises dos índices proporcionaram uma maior compreensão da paisagem, pois notou-se um avanço na cobertura vegetal ao longo dos dez anos o que é evidenciado com o resultados das métricas principalmente com o aumento da dimensão das áreas dos fragmentos (CA) estando relacionado com a diminuição da fragmentação (NP) das manchas florestais.

Porém, apesar da análise de quatro métricas CA, NP, TE e TCA resultarem em boas condições estruturais da paisagem, obteve-se que ao longo dos dez anos a métrica de forma (MSI)

resultou em índices irregulares evidenciando que os impactos antrópicos ainda interferem os fragmentos de vegetação estando relacionado com os usos agrícolas do município. Portanto, vale ressaltar que o município é ocupado quase que em sua totalidade por atividades agrícolas, e as mudanças ocorridas ao longo dos anos podem contribuir de forma negativa para a qualidade estrutural da paisagem, sendo assim é importante a realização de pesquisas e ações que propiciem a conservação da biodiversidade local (COSTA, 2012; DALFI, 2014).

Com o resultado da aplicação do modelo obteve-se os valores ponderados 0,5 e 0,6 para os anos de 2006 e 2016 respectivamente, sendo assim, nota-se que a qualidade estrutural da paisagem tem aumentado ao longo dos dez anos, passando da classificação *intermediária* para *boa* os quais são consideradas pelo IQEP. Sendo assim, percebeu-se uma transição para uma boa qualidade ambiental dos fragmentos analisados que, apesar do município ser ocupado por 70% de atividades agrícolas as manchas florestais têm aumentando ao longo dos anos, os quais estão localizados próximos aos corpos hídricos, ou seja, Áreas de Preservação Permanente.

Cenário este que difere da maioria dos municípios do interior paulista, os quais estão sofrendo processos de fragmentação da paisagem, em sua maioria decorrentes do avanço da fronteira agrícola, mais especificamente pelo cultivo da cana-de-açúcar (MORAES *et al.*, 2015). O modelo adotado possibilitou afirmar que área de estudo não teve influência negativa das atividades agrícolas sob a configuração espacial da paisagem, os quais não apresentam comprometimento do padrão estrutural para os períodos analisados mediante ao aumento do IQEP, portanto se tornam menos susceptíveis ao efeito de fragmentação em decorrência da expansão das áreas centrais dos fragmentos, como diagnostica pelos cálculos das métricas.

Porém, apesar do índice ter demonstrado um bom avanço da qualidade estrutural da paisagem, a área de estudo ainda se apresenta com um intenso cultivo de cana de açúcar, o qual implica em possíveis mudanças na paisagem a longo prazo, podendo alterar os padrões biológicos e influenciar na conservação da fauna e flora presentes na região, essa realidade reforça a necessidade de ações voltadas para a conservação da biodiversidade que considerem o planejamento da paisagem da área e do seu contexto regional.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a intensificação dos processos transformadores da natureza, observa-se um crescente aumento na substituição das paisagens naturais por outros usos da terra, convertendo áreas contínuas com cobertura florestal em pequenos fragmentos, havendo uma intensificação nos impactos negativos gerados sobre o meio ambiente, gerando desequilíbrio nos ecossistemas. Desta forma, há necessidade de análise das alterações sofridas pela paisagem ao longo do tempo, provocadas principalmente pelas diversas atividades humanas, verificando assim os principais impactos dentro de cada paisagem, para que possa ocorrer a proteção dos recursos naturais e culturais, visando a minimização dos danos causados e das diferentes atividades nos espaços degradados. Diante a essas considerações, o diagnóstico no município de Itirapina foi elaborado, a partir da caracterização ambiental, na qual, envolveu levantamento bibliográfico sobre a temática abordada, levantamento digital e a elaboração de bancos de dados em Sistema de Informações Geográficas (SIGs).

Nesta perspectiva, determinou-se o Índice de Qualidade Estrutural da Paisagem e mediante os resultados dos índices analisados, o município de Itirapina se encontra em um bom estado de conservação, em decorrência da diminuição da fragmentação das manchas florestais o que ocasionou a expansão dos fragmentos. Portanto, vale ressaltar que o município é ocupado quase que em sua totalidade por atividades agrícolas, e as mudanças ocorridas ao longo dos anos podem contribuir de forma negativa para a qualidade estrutural da paisagem, desta forma reforça a necessidade de conservação das áreas de vegetação nativa conjuntamente com a tomada de ações a fim de resguardar e proteger a biodiversidade, frente as pressões antrópicas.

Sendo assim, torna-se essencial considerar as necessidades humanas em relação à capacidade suporte dos ecossistemas, para que assim possa ser estabelecido um equilíbrio entre o desenvolvimento e a sustentabilidade ecológica. Aliado a esse fato, o planejamento de ações voltadas a qualidade ambiental, auxilia na minimização dos impactos de diferentes atividades, na recuperação dos espaços degradados e no conhecimento por parte da sociedade de suas limitações e potencialidades em relação ao ambiente que a rodeia. Resultando em ações que contribuam com a sustentabilidade ecológica e com a qualidade de vida das populações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESP processo 2016/05625-7 e 2015/19918-3 pelo apoio financeiro a pesquisa.

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. Economic Reasons for Conserving Wild Nature. **Science**, n. 297, p. 950-953, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos? **Brasília**, 2007. 192p.

BURSZTYN, M. A difícil sustentabilidade: política energética e conflitos ambientais. *In*: BURSZTYN, M. (Org). **Políticas públicas para o desenvolvimento (sustentável)**. Rio de Janeiro: Garamond, 2001. p. 107-111.

CARRIJO, M. G. G. **Vulnerabilidade ambiental**: o caso do Parque Estadual das nascentes do rio Taquari, 2005. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) –Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2005.

CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4. ed. São Paulo: Ática, 2003. 85p.

CORTES, J. C.; D'ANTONA, A. O. Dinâmicas no uso e cobertura da terra: perspectivas e desafios da demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 191-210, 2014.

COSTA, M. O. C. **Impactos ambientais a partir das atividades agrícolas em áreas instáveis da Serra da Jurema/PB**, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Geografia e Território: Planejamento Rural, Urbano e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Guarabira-PB, 2012. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1613/1/PDF%20%20Maric%20c3%a9lia%20de%20Oliveira%20Costa.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016.

CHAICHI, N.; DAIM, T. U. Landscape analysis: connected lighting system. **Infrastructure and technology management**, v. 10, p. 45-65, 2018.

CINTRA, R. H.; SANTOS, J. E.; ZANIN, E. M.; MOSCHINI, L. E. 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, 2004. 300p.

DALFI, L. R. **Análise espacial dos remanescentes florestais no bioma Mata Atlântica**. 2014. 42f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2014.

DE GROOT, R. S.; BLIGNAUT, J.; DER PLOEG, S.; ARONSON, J.; ELMQVIST, T.; FARLEY, J. Benefits of investing in ecosystem restoration. **Conservation Biology**, v. 27. p. 1286-1293, 2013.

FERREIRA, A. A. F. **Métricas da paisagem na avaliação da cobertura vegetal em oito bacias do estado de Goiás, Brasil central**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2012.

FRANSCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; BRANDÃO, Z. N. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 2, p. 377-390, 2015.

GRIGIO, A. M. **Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guaramé (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 230f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm. Acesso em: 31 jan. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão territorial brasileiro e limites Territoriais: IBGE cidades – Itirapina**, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/itirapina/historico>. Acesso em: 11 de janeiro de 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão territorial brasileiro e limites Territoriais: IBGE cidades – Itirapina**, 2020. Disponível em: <http://www.gov.br/home/> Acesso em: 27 jan. de 2020.

JUAN, G.; GARCIA, S. **Turismo y sustentabilidad: El périplo sustentable**. Diretório 2. Universidad Autónoma Del Estado de México. México, 2002. 25p.

LIMA, A. A.; GARCIA, Y. M.; GIL, G. A.; POLLO, R. A. Conflitos de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do Córrego do Karamacy, Itapeva-SP. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, n. 6, p. 362-367, 2015.

OLIVEIRA, M. S.; LIMA, T. C.; GUILLEN-LIMA, C. M.; SOARES-FILHO, B. Dinamica EGO e Land Change Modeler para simulação de desmatamento na Amazônia brasileira: análise comparativa. *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 16., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do São José dos Campos: INPE, 2004. p. 6379-6386.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 225p.

LOPES, J. R. B. L. **Desenvolvimento e mudança social: formação da sociedade urbano-industrial no Brasil**. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2008. p. 23-40. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/df6bv/pdf/-9788599662823-03.pdf>. Acesso em: 21 jan. de 2016.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **Fragstats: spatial patterns analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 155p.

MEDEIROS, C. N.; SOUZA, M. J. N. Metodologia para mapeamento da vulnerabilidade socioambiental: caso do município de Caucaia, estado do Ceará. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, p. 54-73, 2016.

MELLO, K.; PETRI, L.; CARDOSO-LEITE, E.; TOPPA, R. H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. **Revista Árvore**, v. 38, p. 309-317, 2014.

MESQUITA, F. N.; SILVESTRE, K. S.; STEINKE, V. A. Urbanização e degradação ambiental: análise da ocupação irregular em áreas de proteção permanente na região administrativa de Vicente Pires, DF, utilizando imagens aéreas do ano de 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, p. 722-734, 2017.

MOLETTA, I. M.; NUCCI, J. C.; KROKER, R. Carta de Hemorobia de uma área de extração de areia no bairro do Umbará, Curitiba/PR/Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 11., 2005, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: UPS, 2005. p. 496-497.

MORAES, M. C. P.; TOPPA, R. H.; MELLO, K. A. 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**. 1. ed. São Carlos, 2013. p. 163-173. 300p. v. 5.

MORAES, M. E. B.; PIMENTA, F. S.; SANTANA, L. B.; MENDES, I. B. Análise de métrica da paisagem na micro bacia do Rio Água Preta do Mocambo, Uruçuca, Sul da Bahia. **Revista Eletrônica do ProdeMa**, Fortaleza, v. 9, n. 1, p. 62-72, 2015.

MOSCHINI, L. E. **Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e semi-naturais da paisagem: estudo de caso, município de Araraquara, SP**. 2005. 88f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

NATALE NETTO, J. A saga do álcool: fatos e verdades sobre os 100 anos do álcool combustível em nosso país. 1. ed. Osasco, SP: **Novo Século**, 2007. 343p.

NETO, J. D. G. **Plano de manejo Integrado das Unidades de Conservação: Plano de Manejo de Reserva Biológica e Estação Ecológica de Mogi-Guaçu**. 2015. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/consema/2015/11/Resumo_Executivo_do_Plano_de_Manej_o.pdf. Acesso em: 25 out. 2016.

PINATTI, J. M.; MOSCHINI, L. E.; DOS SANTOS, R. M.; TREVISAN, D. P. Dinâmica da Paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual do Vassununga, SP. *In*: SANTOS, J. E. dos; ZANIN, E. M. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem**. 1. ed, São Carlos, SP: Rima, 2013. p. 144-162. v. 5.

RIBEIRO, F. L.; CAMPOS, S.; PIROLI, E. L.; SANTOS, T. G.; CARDOSO, L. G. Uso da terra do Alto rio pardo, obtido a partir da análise visual. *In*: Ciclo de Atualização Florestal do Conesul, 1., 1999, Santa Maria. **Anais [...]**. Santa Maria: UFSM, 1999. p. 75-81.

RITTERS, K. H.; O'NEIL, R. V.; HUNSAKER, C. T.; WICKHAM, J. D.; YANKEE, D. H.; TIMMINS, S. P. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. **Landscape Ecology**, v. 10, n. 1, p. 23-39, 1995.

RUIZ, S. M.; JUNIOR, J. M. B.; QUARESMA, C. C.; FERREIRA, M. L. Conflitos socioambientais urbanos: um estudo prospectivo na região metropolitana de São Paulo. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 7, n. 2, p. 21-54, 2016.

SANTOS, S. F. M. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade ambiental da Serra da Calçada - MG**. 2014. 45f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/IGCM-9UXP66/1/m_rcia_fel_cia.pdf. Acesso em: 10 jan. 2016.

SANTOS, J. E.; NOGUEIRA, F.; PIRES, J. S. R.; OBARA, A. T.; PIRES, A. M. Z. C. R. The value of the Ecological Station of Jataí's ecosystem services and natural capital. **Revista Brasileira de Biologia**, n. 61, p.171-190, 2001.

SILVA, C. E. F.; REIS, C. M.; ZANCHETTA, D.; SILVA, D. A.; LUCA, E. F.; FERNANDES, F. S.; LUTGGENS, H. D.; TANNUS, J. L. S.; PINHEIRO, L. S.; MARTINS, M. R. C.; SAWAYA, R. **Plano de manejo integrado: Estações Ecológica e Experimental de Itirapina – SP**. 2006. 318p. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/wpcontent/uploads/sites/234/2013/03/Plano_de_Manejo_EEc_Itirapina.pdf. Acesso em: 14 abr. 2017.

SILVA, M. S. F.; SOUZA R. M. Spatial patterns of forest fragmentation in the Flona Ibura - Sergipe. **Mercator**, v. 13, n. 3, p. 121-137, 2014.

SILVA, D. C. C.; FILHO, J. L. A.; OLIVEIRA, R. A.; LOURENÇO, R. W. 2017. Metodologia para análise do potencial de degradação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. **Caderno de Geografia**, n. 27, p. 455-466, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27n50p455>.

SILVA, J. S.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Mudanças do uso e ocupação do solo e degradação eco-ambiental usando imagens orbitais: O estudo de caso da Bacia do Rio Bacanga, São Luís (MA). **Revista Brasileira de Geografia e Física**. v.9, n. 1, p. 265-279, 2016.

SOUZA, S. O. Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e da ocupação da terra na planície costeira de Caravelas (BA). **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 1, p. 71-79, 2015.

TREVISAN, D. P.; SANTOS, B. F.; MELO, N. A. T.; MOSCHINI, L. E. Caracterização ambiental do município de Ibaté - SP - Brasil. **Revista Hipótese**, v. 4, n. 2. p. 1-18, 2018.

VOLOTÃO, C. F. S. **Métricas do Fragstats**. 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser431/trabalhos/fragstats.pdf>. Acesso em: 28 out. 2017.

VALDAMERI, M. R. **Determinação dos índices de vulnerabilidade física através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento – Municípios de Tavares e São José do Norte – Litoral Médio do RS**, 2000. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3496/000294619.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
Acesso em: 29 abr. 2017.

Data de submissão: 24.01.2018

Data de aceite: 15.04.2020

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.