

**Mayna Ferraz Brandão  
Ribeiro**

Gestora e Analista  
Ambiental, Universidade  
Federal de São Carlos. E-  
mail:  
maynaferraz@live.com

**Nathalia Espinossi  
Stoppa**

Gestora e Analista  
Ambiental, Universidade  
Federal de São Carlos. E-  
mail:  
nathaliaespinossi@gmail.com

**Diego Peruchi Trevisan**

Mestre em Ciências  
Ambientais, Universidade  
Federal de São Carlos. E-  
mail:  
diego.peruchi@gmail.com

**Ana Cláudia Pereira  
Carvalho**

Mestre em Geotecnia,  
Universidade Federal de  
São Carlos. E-mail:  
anaclaudiaengamb@gmail.com

**Ana Paula Pereira  
Carvalho**

Mestre em Geotecnia,  
Universidade Federal de  
São Carlos. E-mail:  
apcc.engambiental@gmail.com

**Luiz Eduardo Moschini**

Doutor em Ecologia de  
Recursos Naturais,  
Universidade Federal de  
São Carlos. E-mail:  
lemoschini@ufscar.br

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS À EXPANSÃO URBANA NO  
MUNICÍPIO DE PIRASSUNUNGA, SÃO PAULO, BRASIL**

**IDENTIFICATION OF POTENTIAL AREAS FOR URBAN EXPANSION  
IN THE MUNICIPALITY OF PIRASSUNUNGA, SÃO PAULO, BRAZIL**

**RESUMO**

O aumento da demanda pelos recursos e serviços oferecidos pelos ecossistemas naturais caracteriza a principal consequência do crescimento econômico e populacional. Para o estabelecimento do crescimento conciliado ao desenvolvimento sustentável é fundamental a análise da cidade e de seus aspectos físicos, biológicos, urbanos e socioeconômicos. Desta forma, o presente trabalho teve o objetivo de identificar áreas potenciais à expansão urbana no município de Pirassununga – SP, por meio da integração de suas características físicas e ambientais. Para isto, foram geradas e sobrepostas em Sistemas de Informação Geográfica as informações de declividade, distâncias dos corpos hídricos, uso e cobertura da terra e rede de drenagem. As características do ambiente físico de Pirassununga direcionam que a porção leste do município seja a melhor área a receber a expansão, pois apresenta áreas com baixas declividades, grandes distâncias entre corpos hídricos e alta ocorrência de solo exposto. Os estudos relacionados a esta temática são de suma importância, pois tratam da urbanização relacionando-a com a utilização dos recursos naturais e com uma ocupação ordenada do território. Leva-se em conta a capacidade suporte dos ecossistemas e a preocupação para com os recursos e serviços oferecidos pelo mesmo.

**Palavras-chave:** Crescimento urbano; Expansão Urbana; Planejamento ambiental.

**ABSTRACT**

The increased demand for resources and services offered by natural ecosystems characterizes the main consequence of economic and population growth. For the establishment of growth combined with sustainable development, it is essential to analyze the city and its physical, biological, urban, and socioeconomic aspects. Thus, the present study aimed to identify potential areas for urban expansion in the Pirassununga - SP municipality, through the integration of the physical and environmental characteristics. For this purpose, information of slope, distance from water, land use and land cover and drainage networks were generated in Geographic Information Systems. The characteristics of the Pirassununga physical and environmental indicate that the eastern portion of the region is the best area to receive expansion, as it has areas with low slopes, great distances between water bodies, and high occurrence of exposed soil. The studies related to this theme are extremely important, as they deal with urbanization, relating it to the use of natural resources and an orderly occupation of the territory. The support capacity of ecosystems and the concern for the resources and services offered by the ecosystem are considered.

**Keywords:** Urban Growth; Urban Expansion; Environmental Planning.

## 1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento da população humana, com projeção de 8 a 10.5 bilhões em 2050, (UNITED NATIONS, 2017) e a crescente demanda por terras, são um dos principais fatores de modificações das paisagens naturais, as quais promovem a conversão das mesmas para paisagens agrícolas ou urbanas (HANSEN et al., 2013).

O processo de urbanização no Brasil é marcado por um acelerado crescimento populacional, que se desenvolveu em busca de um território capaz de suprir as necessidades de acordo com o novo caráter da sociedade. Como consequência, houve um adensamento populacional nestas áreas onde o fomento do consumo por produtos e serviços era maior, caracterizando os grandes centros urbanos (NASCIMENTO; MATIAS, 2011).

No entanto, a expansão urbana se deu de forma desordenada e sem um planejamento adequado do ambiente físico, o que ocasionou desequilíbrios sociais e ambientais, como alterações nos fluxos energéticos. O aumento da demanda pelos recursos e serviços oferecidos pelos ecossistemas naturais caracteriza a principal consequência deste intenso desenvolvimento econômico e populacional (SOUZA et al., 2017). Estes fatores podem se relacionar com o conceito de “impacto ambiental”, que segundo o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) é “qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas”.

Sabe-se que a urbanização é encarada como um fator modificador da paisagem que a altera negativamente (COSTA et al., 2012), degradando os recursos naturais e resultando na perda da qualidade ambiental (TREVISAN; MOSCHINI, 2016). Sendo assim novas expansões devem ser direcionadas à áreas passíveis de serem ocupadas, partindo de um ordenamento territorial, a fim de afetar minimamente a dinâmica ecossistêmica, sem riscos ou prejuízos ao ambiente e à sociedade.

Para o estabelecimento de um crescimento conciliado à um caráter de desenvolvimento sustentável é fundamental a análise da cidade em aspectos físicos, biológicos, urbano e socioeconômicos (OLIVEIRA et al., 2004). Desta forma um planejamento físico territorial é executado, baseando-se nas perspectivas ambiental e socioeconômica (TREVISAN; MOSCHINI, 2016).

O planejamento físico é de suma importância para este contexto, pois é capaz de conciliar diferentes conceitos de planejamento ambiental e planejamento urbano. Segundo Lima (2001), o planejamento ambiental aborda de maneira conjunta os elementos do ambiente e assim designa a razão social da cidade. Desta forma, torna-se possível que a conservação do ambiente seja otimizada paralelamente ao desenvolvimento urbano nas cidades, gerando mínimo prejuízo ambiental.

Para elaborar um modelo de locais aptos para a expansão urbana deve-se levar em

consideração que os processos transformadores das paisagens constituem uma manifestação integrada dos elementos naturais e culturais e que a preservação das estruturas e funções dos ecossistemas proporciona benefícios para a sociedade (BALMFORD et al., 2002). Sendo assim, a consideração de todos os processos requer uma quantificação da paisagem a partir da reunião dos índices primordiais para a elaboração de estratégias de manejo da paisagem (RITTERS et al., 1995).

Nas últimas décadas, houve uma grande busca por métodos quantitativos que possam analisar padrões, determinar a importância de processos espaciais e desenvolver modelos para análise de paisagens, em que a utilização das métricas ou índices são uma das formas mais utilizadas para quantificar-se os atributos espaciais das paisagens (LI; WU, 2004; VAN ZANTEN et al., 2016). A reunião de diversos índices permite a quantificação da estrutura e conectividade das paisagens, elementos principais na elaboração de estratégias de manejo de paisagens, permitindo obter informações sobre estrutura da paisagem e de suas características espaciais (FAN; MYINT, 2014).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) têm contribuído nesta temática, pois possuem um alto desempenho na integração de informações espaciais, o que permite a execução de atividades relacionadas à caracterização, ao diagnóstico e ao planejamento ambiental e urbano, assim como auxílio em atividades de simulação do espaço geográfico e de seus processos naturais (RIBEIRO, 1999).

Desta forma, o presente trabalho tem o objetivo de identificar áreas potenciais à expansão urbana no município de Pirassununga – SP por meio da integração de suas características físicas e ambientais

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

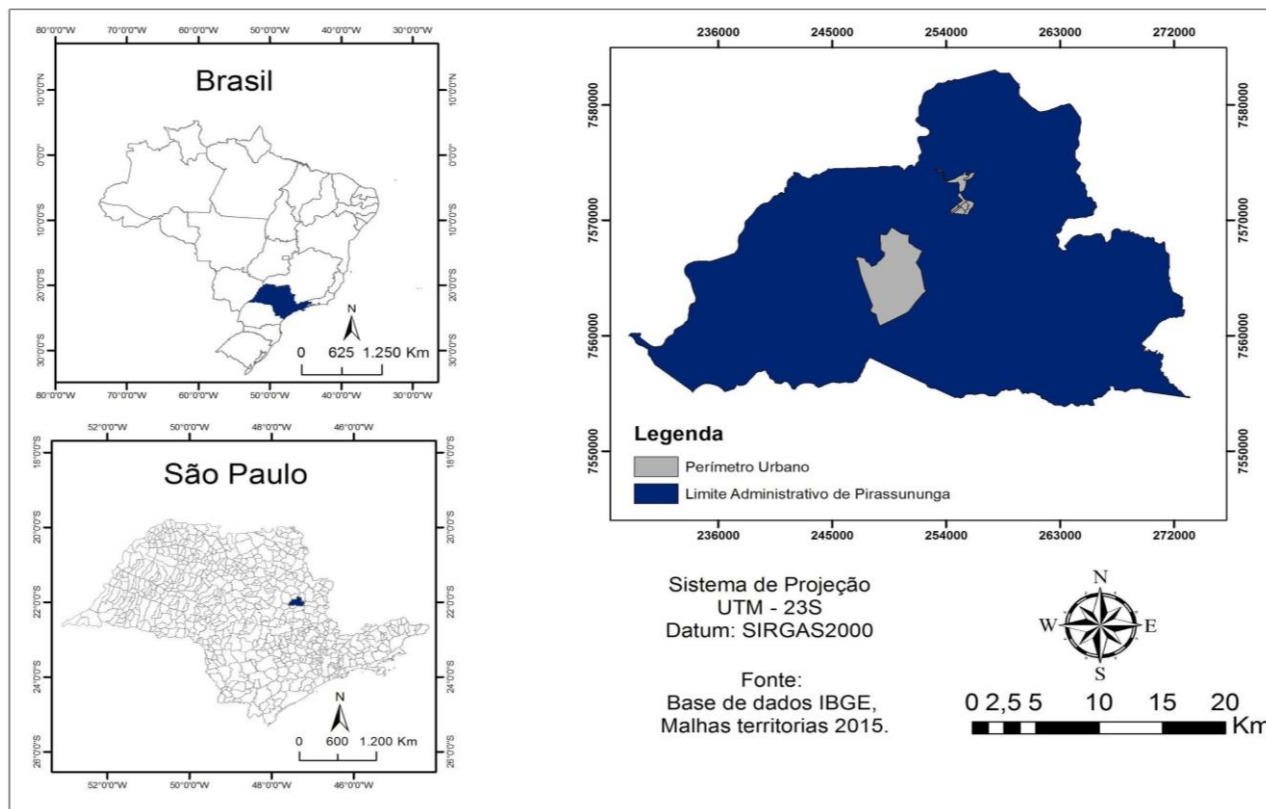
### **2.1 Caracterização da área de estudo**

O município de Pirassununga está localizado na porção centro leste do estado de São Paulo, situa-se entre as coordenadas geográficas: 21°59'46" de latitude sul e 47°25'33" de longitude oeste (Figura 1).

Possui unidade territorial de 727.118 km<sup>2</sup> (IBGE, 2015) e tem como municípios limítrofes Porto Ferreira, Descalvado, Santa Cruz das Palmeiras, Analândia, Mogi Guaçu, Aguaí, Leme e Santa Cruz da Conceição, estando inserido na área administrativa de Campinas, a cerca de 207 km da capital. O clima característico do município, segundo a Classificação Climática de Köppen, é clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (CEPAGRI, 2015). De acordo com os Censos Demográficos de 1991 e 2010 e com as Contagens Populacionais de 1996 e 2007 do IBGE (2015), a

população teve uma evolução de aproximadamente 56.000 em 1991 para aproximadamente 70.000 em 2010, sendo possível notar um aumento considerável para o período estimado, sendo desta forma uma região em potencial para análise das áreas potenciais à expansão.

**Figura 1.** Localização Geográfica do município de Pirassununga, São Paulo, Brasil.



**Fonte:** Os autores

## 2.2 Metodologia

Foi utilizada a malha digital dos municípios brasileiros, versão 2015, adquiridas da base de dados digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da qual foi extraído o limite do município de Pirassununga. O plano de informação foi desenvolvido a partir das cartas topográficas do IBGE em escala 1:50.000, sendo utilizadas as folhas: Descalvado (SF-23-V-C-IV-4), Pirassununga (SF-23-V-C-V-3), Casa Branca (SF-23-V-C-V-4) Corumbataí (SF-23-Y-A-1-2) Leme (23-Y-A-II-1) e Rio Capetinga (SF-23-Y-A-II-2).

O processamento dos dados foi realizado no software ArcGis 10.5, utilizando-se a projeção geográfica Universal Transversal Mercator (UTM), fuso 23 Sul e Datum SIRGAS2000. Para a identificação de áreas potenciais para a expansão urbana no município de Pirassununga-SP foram obtidas as informações de rede de drenagem, declividade e uso e cobertura da terra de 2017.

As informações de rede de drenagem foram obtidas das cartas topográficas do IBGE de 1971, sendo classificados manualmente os cursos d'água de acordo com o método de STRAHLER (1952). A atualização da rede de drenagem para o ano de 2017 foi realizada a partir da imagem LandSat 8 de 11 de março de 2017. Para a realização das informações referentes às distâncias dos corpos hídricos foi utilizada como base a hidrografia, na escala 1:50.000, utilizando-se a ferramenta Euclidean Distance, no software ArcMap 10.5, sendo calculadas a distância dos corpos hídricos até os fragmentos da paisagem.

A distância dos corpos hídricos foi atribuída a partir dos padrões definidos no Código Florestal Brasileiro, Lei nº12651/2012, onde é estipulado metragens de distância necessárias para áreas de preservação permanente. Neste caso, quanto mais próximo de corpos hídricos, maiores foram os pesos atribuídos para a expansão urbana, e quanto maior a distância dos corpos hídricos, menores forma os pesos, de acordo com Tabela 1.

**Tabela 1:** Categorias hierárquicas das distâncias dos corpos hídricos.

<b>Distância de corpos hídricos (metros)</b>	<b>Peso</b>
>200	1:Muito Fraca
100 – 200	2:Fraca
50 – 100	3:Média
30 – 50	4: Alta
0 -30	5:Muito alta

**Fonte:** Os autores

O mapa temático das classes de declividade (Tabela 2) foi elaborado a partir do mapa temático de classes hipsométricas. As cotas altimétricas foram agrupadas em classes de 20 em 20 metros, com posterior realização dos cálculos estatísticos por meio da função “*Face Slope With Graduated Color Ramp –Add – Dismiss*” do software ArcGis 10.5, considerando fórmula de declividade (Equação 1):

$$\text{Tangente } Tg \alpha = \text{Encaminhamento vertical } E_v / \text{Encaminhamento horizontal } (1)$$

**Tabela 2:** Categorias hierárquicas das classes de declividade.

<b>Declividade</b>	<b>Peso</b>
Formas de topos planos com drenagem de fraco entalhamento. Declividades até 6%	1:Muito Fraca
Forma de topos planos ou ligeiramente convexizados com canais de drenagem de fraco entalhamento. Declividades entre 6 e 12%.	2:Fraca
Formas de topos convexos de pequena dimensão Inter fluvial e canais pouco entalhados e formas de topos convexos ou planos de dimensão interfluvial pouco maior e canais mediamente entalhados Declividades entre 12 a 20%	3:Média
Formas com topos planos e convexos e amplos com canais de forte entalhamento. Declividades entre 20 a 30%	4: Alta
Formas de topos aguçados ou convexos de dimensão interfluviais de média a pequena e forte entalhamento dos canais Declividades acima de 30%	5:Muito alta

**Fonte:** ROSS (1994)

A classificação dos usos e cobertura da terra foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo IBGE (2013), sendo adotado o terceiro nível hierárquico, que explicitou as nomenclaturas dos diferentes usos da terra, os quais foram obtidos a partir da análise da imagem do satélite LandSat 8 – sensor OLI/TIRS, bandas 6/5/4, com data de passagem de 21 de setembro de 2017, referente à órbita/ponto 220/75, correspondente à área de estudo. Após a identificação, os tipos de uso e cobertura receberam a atribuição de pesos para cada tipo conforme a Tabela 3.

Os valores utilizados como peso na classificação dos usos e cobertura da terra foram definidos a partir dos conhecimentos prévios dos autores, sendo que para a classificação do peso 1 foi utilizado o parâmetro de que a área não apresenta restrição ambiental e apresenta uma facilidade para infraestrutura urbana, sem acarretar na degradação de recursos naturais. Os pesos 4 e 5 foram atribuídos considerando a viabilidade ou não de ocorrer a expansão urbana em regiões verdes e corpos hídricos, sendo que o peso 5 indica a região inviável à expansão por causar impactos negativos ao meio ambiente.

**Tabela 3:** Categorias hierárquicas de usos e ocupações do solo.

Uso e cobertura da terra	Peso
Área urbanizada	1
Cana de açúcar	3
Citricultura	3
Pastagens	3
Silvicultura	4
Solo exposto	1
Vegetação nativa	5
Corpos hídricos	5

**Fonte:** Os autores

As informações 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 das áreas de expansão urbana foi obtida no ArcGis 10.5 e escalonado com base na lógica difusa (Fuzzy), de tipo linear  $[y=f(x)]$ , com valores de zero a um.

A teoria dos conjuntos fuzzy tem sido amplamente utilizada em trabalhos de inferência espacial desenvolvidos em SIG's (Burrough, 1989; Burrough e Heuvelink, 1992; Banai, 1993; Altman,1994), 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).

A partir disto, a Lógica Fuzzy, que garante a existência de diferentes graus de pertinência para cada elemento de um determinado conjunto (RIGNEL, 2011). Os pesos atribuídos variam no intervalo de 0 (muito baixo) a 1 (muito alto) de acordo com a metodologia proposta nos trabalhos de Costa et al. (2012) e Reis Filho (2012).

Desta forma, para a geração do mapa de áreas de expansão foi realizada a média, considerando-se que todos os elementos atribuídos apresentaram os mesmos pesos em termos de prioridade, conforme a Equação 2:

$$A = \frac{Dec + Dist + Usos}{3}$$

Onde: A= Área de Expansão; Dec = Declividade; Dist = Distância dos corpos hídricos; Usos = Uso e cobertura da terra.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da declividade do município de Pirassununga permitiu constatar as áreas maiores que 30% (Tabela 4 e Figura 2), sendo agrupadas em classes representadas pelos intervalos de (0 a 6%, 6% a 12%, 12% a 20%, 20% a 30%, e >30%).

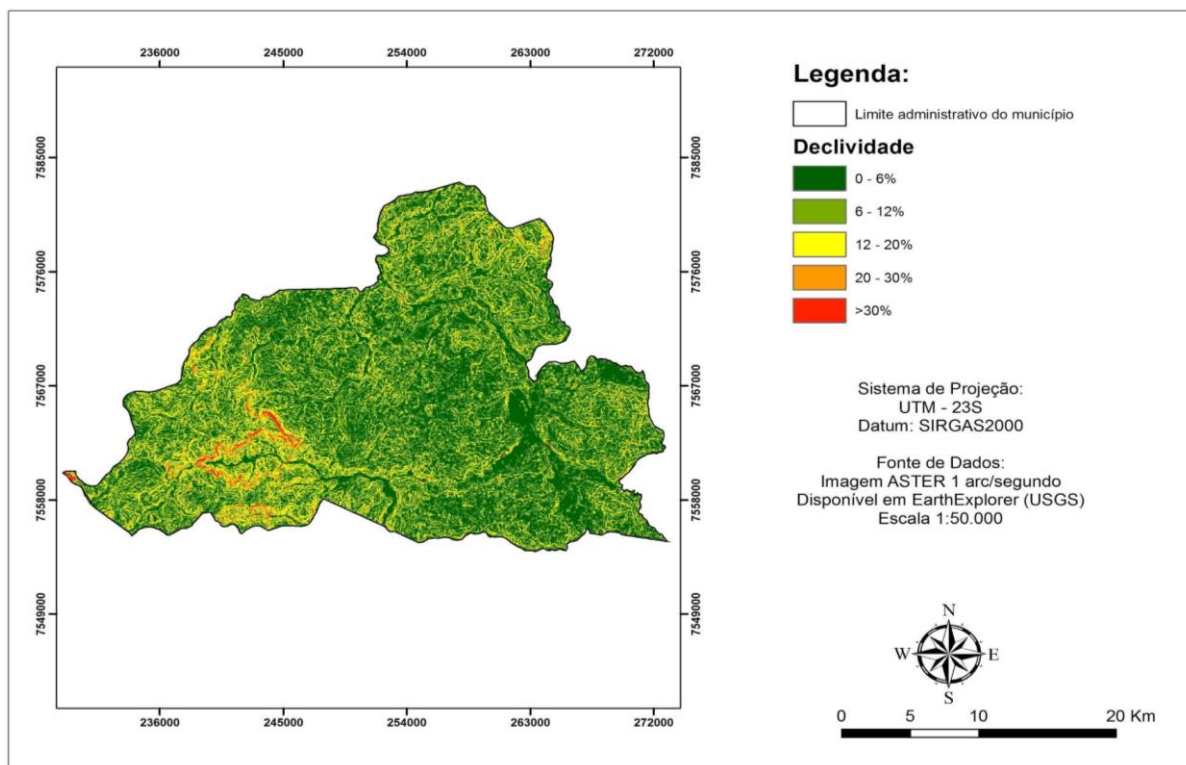
**Tabela 4:** Distribuições das classes de declividade.

Declividade	Peso	Área (ha)	Porcentagem
0 – 6%	1	33.830,82	46,49
6 – 12%	2	26.220,40	36,04
12 – 20%	3	10.600,00	14,57
20 – 30%	4	1.734,27	2,38
> 30%	5	377,70	0,52
<b>Total</b>		<b>72.763,20</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Os autores

Em muitos casos, a topografia do terreno, especialmente a declividade é o principal condicionador de atividades desenvolvidas, principalmente relacionadas as atividades agrícolas e urbana.

**Figura 2.** Classes de declividade do município de Pirassununga, São Paulo, Brasil



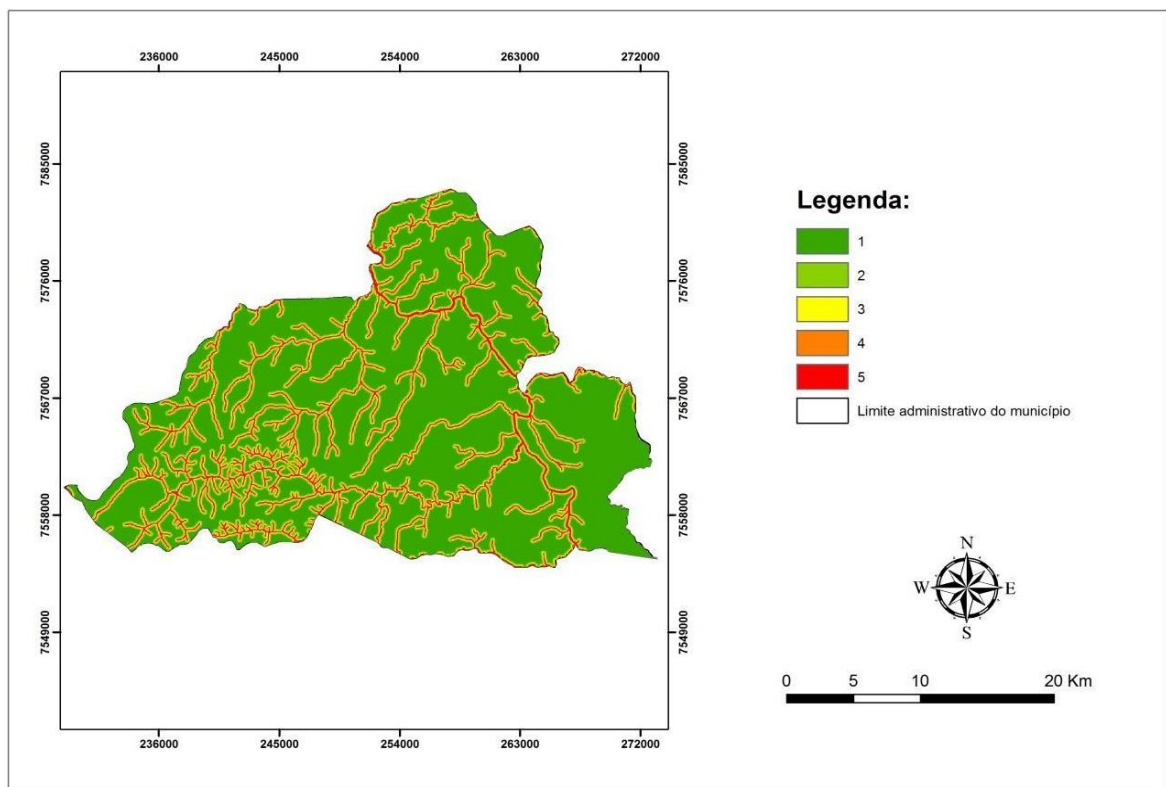
**Fonte:** Os autores

Cerca de 97% do município apresenta condições para a prática urbana e agricultura intensiva com o auxílio de maquinário, devido a característica de áreas com relevos planos e ou com suaves ondulações. Como é observado 46,49% está nas classes de 0 a 6, 36,04% nas de 6 a 12, 14,57% nas de 12 a 20°, totalizando 97,01% o que caracteriza a baixa declividade existente em grande porcentagem da área do município de Pirassununga.

Com a análise da distância dos corpos hídricos (Tabela 5 e Figura 3), nota-se que o município apresenta uma alta quantidade de áreas que apresentam o peso 1, que se caracteriza como apresentando áreas com distâncias dos corpos hídricos maiores que 200 metros, as quais totalizam 50.090,63ha e 68,84% da área município.

**Figura 3.** Distâncias de corpos hídricos do município de Pirassununga, São Paulo, Brasil

**Fonte:** Os autores



As ordens dos rios do município de Pirassununga variam entre 1 a 5, destacando-se o Rio Mogi-Guaçu considerado de ordem cinco, o qual nasce em Bom Repouso, na Serra da Mantiqueira em terras mineiras, percorre 95,5 km com altitude de 825 metros e, no estado de São Paulo, percorre mais 375,5 km, totalizando 473 km de extensão; além disso, sua foz é o rio Pardo. (GODOY, 1975), contanto com seus principais afluentes: Roque, Itupeva, Descaroador e o Ribeirão da Laranja Azeda.

**Tabela 5:** Distribuições das classes das distâncias dos corpos hídricos.

<b>Distância de corpos hídricos (metros)</b>	<b>Peso</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
> 200	1	50.090,63	68,84
100 – 200	2	10.096,20	13,88
50 – 100	3	5.876,72	8,08
30 – 50	4	1.217,78	1,67
0 - 30	5	5.481,85	7,53
<b>Total</b>		<b>72.763,20</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Os autores

O uso e cobertura da terra atual de diversas cidades é caracterizado principalmente pela presença de ação antrópica, já que esta influencia não só no tamanho da mancha urbana como em outras atividades que alteram a paisagem, como agricultura, pastagem, desmatamento, entre outros. Por meio da elaboração do mapa do uso e cobertura da terra de 2017 (Tabela 6 e Figura 4) foi possível classificar o objeto de estudo a partir das atividades desenvolvidas em determinados locais. Sendo assim, os tipos de uso da terra foram divididos em: solo exposto, pastagem, cana-de-açúcar, citricultura, silvicultura, vegetação nativa, área urbanizada e corpo hídrico.

**Tabela 6:** Distribuições das classes de declividade.

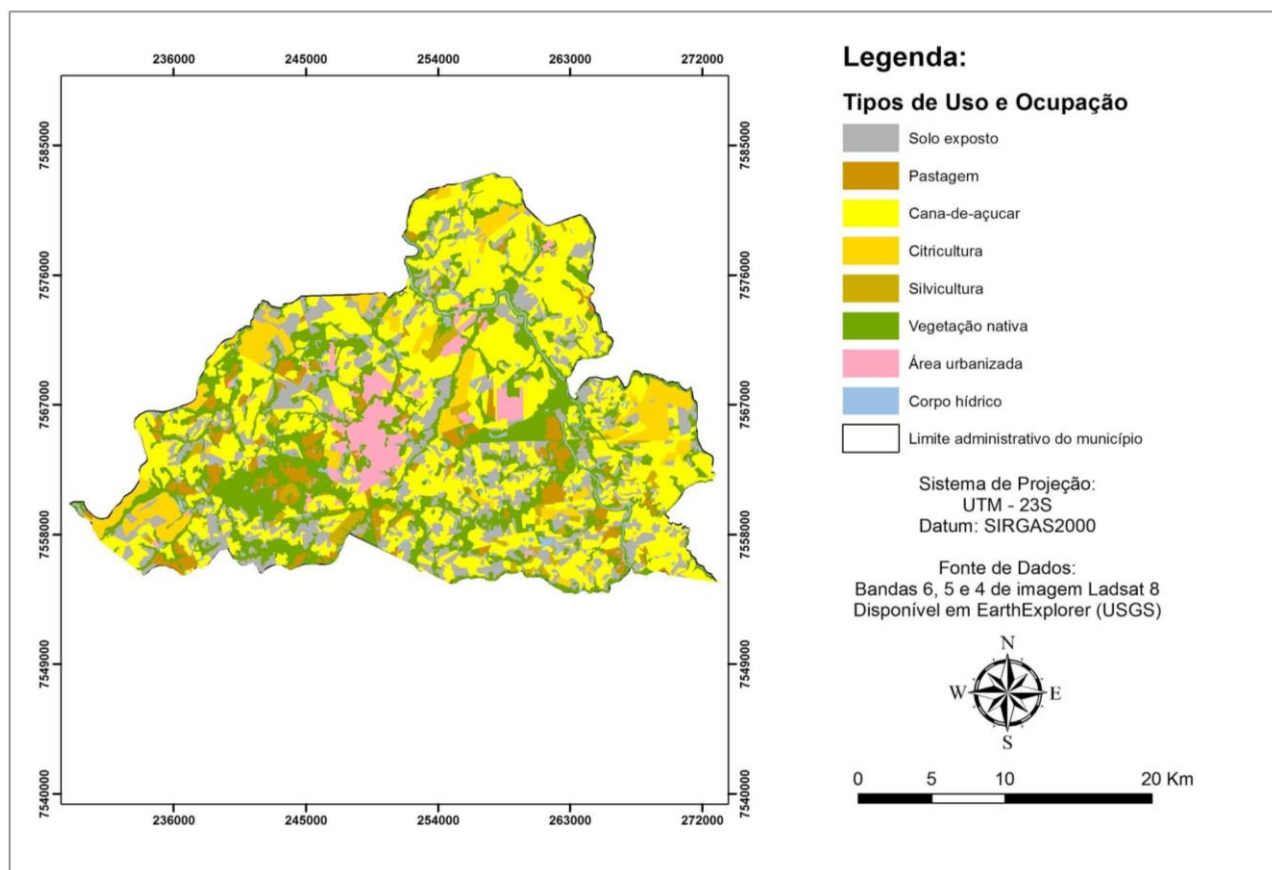
<b>Tipos</b>	<b>Peso</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Área urbanizada	1	5.199,69	7,15
Cana-de-açúcar	3	3.966,22	5,45
Citricultura	3	17.940,99	24,66
Pastagens	3	27.267,43	37,47
Silvicultura	4	12.439,47	17,10
Solo exposto	1	1.292,35	1,78
Vegetação	5	3.093,76	4,25
Corpos hídricos	5	1.563,30	2,15
<b>Total</b>		<b>72.763,20</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Os autores

As áreas de solo exposto no município estão relacionadas ao predomínio de áreas agrícolas (pastagem, cana-de-açúcar, citricultura e silvicultura) pois podem estar sendo preparadas para introdução de novas culturas ou estar temporariamente inativas. A área urbanizada é caracterizada pela presença de uma pequena mancha urbana, onde estão representados o centro urbano de

Pirassununga, o distrito de Cachoeira de Emas e pequenas propriedades rurais presentes no limite do município. Por fim, as áreas de vegetação estão diretamente relacionadas à presença de corpos hídricos na região, já que compõem as Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos rios.

**Figura 4.** Uso e cobertura da terra do município de Pirassununga, São Paulo, Brasil.

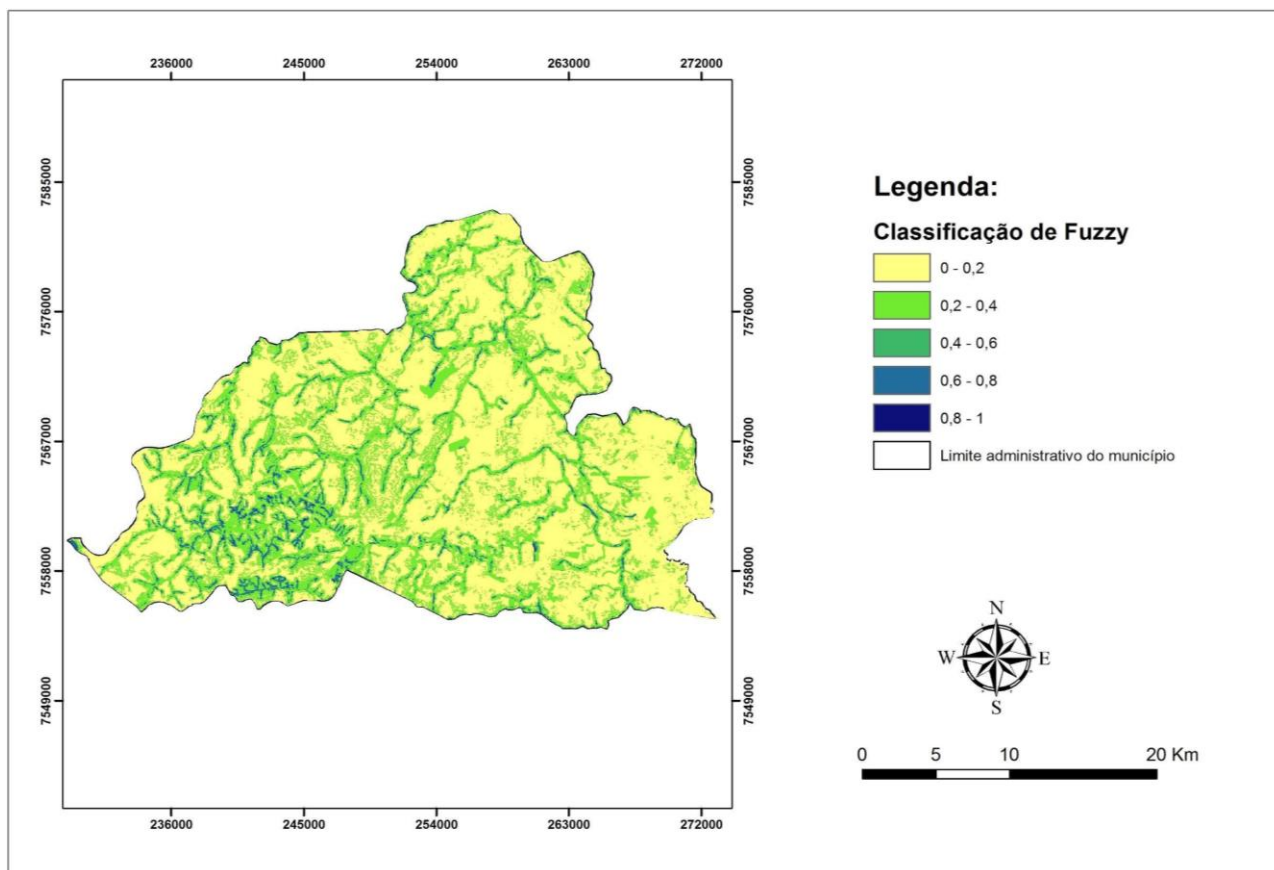


**Fonte:** Os autores

Na região, ocorre o predomínio da atividade agrícola, sendo que a cana-de-açúcar é atividade que domina essa vertente com uma área de 37,40% da área total do município. Os tipos que apresentam porcentagens menores que 10% de composição do município são: corpos hídricos, silvicultura, área urbana e pastagem, respectivamente.

A partir das análises realizadas nos atributos físicos e ambientais, foi elaborado o mapa das áreas potenciais à expansão urbana (Figura 5), constatando-se que as áreas propícias à expansão urbana são aquelas localizadas na porção leste do município, em sua extensão norte - sul. Nesta região predominam áreas que estão no intervalo de 0 a 0,2, ou seja, são áreas onde pode ocorrer uma provável ocupação sem que haja prejuízos ao ambiente. Este intervalo apresenta uma porcentagem de 63,2% em relação ao território total, como mostra a Tabela 7.

**Figura 5.** Áreas potenciais à expansão urbana no município de Pirassununga, SP.



**Fonte:** Os autores

Este resultado, se deve ao fato de o município apresentar uma baixa declividade nesta região, o que facilita a ocupação como um todo, assim como a ocorrência de empreendimentos imobiliários sem a necessidade de aplainar o terreno. Além disso, a região representa uma extensa área com grandes distâncias entre corpos hídricos e possui grande ocorrência de solo exposto. A junção destes fatores implica na possibilidade de expansão urbana sem causar danos e disfunções ao meio ambiente.

**Tabela 7:** Distribuições das classes de expansão.

<b>Pesos</b>	<b>Fuzzy</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
1	0 – 0,2	45.891,14	63,07
2	0,2 – 0,4	23.763,50	32,66
4	0,6 – 0,8	3.066,64	4,21
5	0,8 -1,0	41,92	0,06
<b>Total</b>		<b>72.763,20</b>	<b>100,00</b>

**Fonte:** Os autores

Desta forma, as características físicas e as variáveis bióticas e abióticas contribuíram para a

determinação do direcionamento do ordenamento territorial do município de Pirassununga, o qual vem sendo submetido ao longo do seu processo de ocupação do território, movido principalmente por questões econômicas, voltadas as commodities agrícolas impulsionadas pelas características ambientais presentes na área de estudo.

Se o ordenamento do territorial não levar em considerações as características da região, torna-se possível a tendência de perda da qualidade ambiental, frente a provável expansão das fronteiras agrícolas, as quais contribuem para o comprometimento de fragilidade ambientais do município, interferindo diretamente na conservação e manutenção dos serviços ambientais proporcionados pelo ecossistema. O cenário de expansão da região também foi observado em outros estudos como DONHA et al., (2006) e PINATTI et. al., (2013), os quais demonstram possíveis expansões das regiões em virtude da diminuição da perda da qualidade ambiental.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A elaboração do mapa de áreas potenciais à expansão urbana permitiu analisar as condições territoriais da região estudada, levando em consideração os aspectos físicos, biológicos, urbano e socioeconômicos, o que, por meio da sobreposição de informações, identificou-se, dentro dos conceitos de sustentabilidade, as melhores áreas de serem ocupadas.

A área potencial à expansão urbana identificada com a análise dos resultados foi a porção leste na sua extensão norte – sul. Isso se deve à baixa declividade, à grande distância entre os corpos hídricos e à alta porcentagem de solo exposto no local. Estes fatores, quando em conjunto, propiciam uma zona potencial à esta atividade antrópica de forma a não degradar os recursos naturais e sem resultar na perda da qualidade ambiental e de vida.

As características de uma paisagem são formadas pelos seus padrões evolutivos e revela, em seus estágios ecológicos, períodos culturais e fundamentais para entender suas transformações. Estas, constituem uma ferramenta para a descrição, predição e prescrição no planejamento ambiental da paisagem. Os padrões temporais de mudanças desta paisagem em particular somente foram revelados por meio da descrição da série de estágios ecológicos, culturais e pela identificação dos processos-chave, isto é, processos formadores que influenciam a trajetória da dinâmica da paisagem.

Os estudos relacionados a esta temática são de suma importância, pois tratam da urbanização relacionando-a com a utilização dos recursos naturais e com uma ocupação ordenada do território. Leva-se em conta a capacidade suporte dos ecossistemas e a preocupação para com os recursos e serviços oferecidos pelo mesmo. Sendo assim, a temática abordada no presente trabalho tem potencial para atuar na execução de planos diretores, planejamentos geoambientais e urbanos e no

monitoramento ambiental do território.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) processo 2015/19918-3 pelo apoio a pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALTMAN, D. Fuzzy set theoretic approaches for handling imprecision in spatial analysis. **International Journal of Geographical Information Systems**, v.8, p.271-279, 1994.
- 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.
- BANAI, R. Fuzziness in Geographical Information System: contributions from analytic hierarchy process. **International Journal of Geographical Information Systems**, v.7, p.315-329, 1993.
- BRASIL. Lei nº 12651/2012. [Homepage on the Internet] Palácio do Planalto Presidência da República. **Código Florestal**. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 6 junho de 2019.
- BRASIL. **Resolução CONAMA nº001/1986** de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Ministério do Meio Ambiente. Publicado no DOU de 17.02.1986.
- BURROUGH, P. A. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. **Journal of Soil Science**, n.40, p.477-492, 1989.
- BURROUGH, P. A., HEUVELINK, G. B. M. The sensitivity of Boolean and continuous (Fuzzy) logical modeling to uncertain data. In: EGIS 92, 1992. Munich, Germany. **Proceeding**. Munich: EGIS 92, 1992. v.1, p.1032-1041.
- CEPAGRI. [Homepage on the Internet] Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas**, 2015. Disponível em: <[http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima\\_muni\\_442.html](http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_442.html)>. Acesso em: 29 de junho de 2019.
- COSTA, C. W., DUPAS, F. A., PONS, N. A. D. Regulamento de uso do solo e impactos ambientais: avaliação crítica do plano diretor participativo do município de São Carlos, SP. São Paulo. **Geociências**, v.31, n.2, p.143-157, 2012.
- FAN, C.; MYINT, S. A comparison of spatial autocorrelation indices and landscape metrics in measuring urban landscape fragmentation. **Landscape and Urban Planning**, v.121, p.117-128, 2014.
- GODOY, M. P. de. Peixes do Brasil - subordem Characoidei: Bacia do Rio Mogi Guassu. 1.ed. Piracicaba: **Editora Franciscana**, 1975, v.1, 216p.
- HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v.342, p.850–853, 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/pirassununga/panorama>> Acesso em: 1 junho de 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Manuais Técnicos em Geociências**. 3ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013, 171p.
- LI, H.; WU, J. Use and misuse of landscape indices. **Landscape Ecology**, v.19 n.1 p.389-399, 2004.

- LIMA, C. A.; MENDONÇA, F. Planejamento Urbano-Regional e Crise Ambiental: Região Metropolitana de Curitiba. **São Paulo em Perspectiva**. v.15, p, 20 – 30, 2001.
- 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.
- NASCIMENTO, E.; MATIAS, L. F. Expansão Urbana e Desigualdade Socioespacial: uma análise da cidade de ponta grossa (PR). **Ra'ega**, Curitiba, p.65-97, 2011.
- OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, J. E.; TOPPA, R. H. Efeitos do uso do solo urbano na qualidade ambiental e de vida, na vegetação e na impermeabilização do solo. IN: SANTOS, J. E.; CAVALHEIRO, F. PIRES, J. S. R.; OLIVEIRA, C. H. PIRES, A. M. Z. C. R. (Org.). Faces da Polissemia da Paisagem. 1a ed. São Carlos. **Rima**, v.2, p.585-619, 2004.
- 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: José Eduardo dos Santos; Elisabete Maria Zanin. (Org.). **Faces da Polissemia da Paisagem**. 1ed.São Carlos, SP: Rima, 2013, v.5, p.144-162.
- REIS FILHO, A. A. **Análise integrada por geoprocessamento da expansão urbana de Teresina com base no estatuto da cidade**: estudo de potencialidades, restrições e conflitos de interesses. 279 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- 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: **Anais**. I Ciclo de Atualização Florestal do Conesul Santa Maria: UFSM, 1999. v. único, p.75 – 81, 1999.
- RIGNEL, D. G.; CHENCI, G. P.; LUCAS, C. A. Uma Introdução a Lógica Fuzzy. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação e Gestão Tecnológica**, v.1, n.1, 2011.
- 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.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n.8, p.63-74, 1994.
- SOUZA, B. F. DE, KOTSUBO, K., FRACACIO, G., TREVISAN, D. P., CASSIANO, A. M., MOSCHINI, L. E., CATOJO, A. M. Z. Avaliação da qualidade dos corpos hídricos frente às ações antrópicas no município de Santa Lúcia - SP. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.01, p.317-331, 2017.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (Area-altitude) analysis of erosional topography. **Bull. G. S. A.** v. 63, p.1117-1142, 1952.
- TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. Determinação das áreas com fragilidade ambiental do município de São Carlos, São Paulo, Brasil. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v,20, n.3, p.159-167. 2016.
- UNITED NATIONS. World Urbanization Prospects: The 2017 Revision. **United Nations**, New York, 2017, 300p.
- VAN ZANTEN, B. T.; VAN BERKEL, D. B.; MEENTEMEYER, R. K.; SMITH, J. W.; TIESKENS, K. F.; VERBURG, P. H. Continental scale quantification of landscape values using social media data. **Proceedings of the National Academy of Sciences in the United States of America**, v.113, p.12974-12979, 2016.