AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS SOLOS À EROSÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS – SP

Diego Peruchi Trevisan¹, Luiz Eduardo Moschini²; Bruno Peruchi Trevisan³

¹ Doutorando, Universidade Federal de São Carlos. E-mail: diego.peruchi@gmail.com

² Professor Associado da Universidade Federal de São Carlos. E-mail: lemoschini@ufscar.br

³ Professor de Ensino Superior no Centro Paula Souza (FATEC-SJC). E-mail: bruno.trevisan@gmail.com

Artigo recebido em 20/10/2017 e aceito em 19/03/2018

RESUMO

A análise das paisagens em seu contexto geográfico local e regional, tanto quanto os estudos das estruturas tipicamente urbanas ecológicas são essenciais para o estabelecimento de formas de crescimento compatíveis com as metas de desenvolvimento sustentável. O objetivo deste trabalho consiste em analisar o potencial a erosão da paisagem do município de São Carlos (SP), utilizando técnicas de geoprocessamento junto e o índice de potencial a erosão. Foram utilizados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) para mapear o uso e cobertura da terra, a declividade e pedologia, os quais deram suporte para aplicação do Índice de potencial a erosão, juntamente com os dados de precipitação do município de 1961 a 2017. A análise do potencial a erosão identificou principalmente valores baixos e médios. As características ambientais de São Carlos contribuem para seu estado de vulnerabilidade que é potencializada principalmente pelas características econômicas ligadas as atividades agrícolas existentes na região.

Palavras-chave: Análise de paisagens; Índices; Erosão.

SOILS' VULNERABILITY EVALUATION TO THE EROSION IN SÃO CARLOS – SP MUNICIPALITY

ABSTRACT

The analysis of landscapes in their local and regional geographic context, as well as studies of typically urban ecological structures, are essential for the establishment of forms of growth consistent with sustainable development goals. The aim of this work is to analyze the potential erosion of the landscape in São Carlos (SP) municipality, using geoprocessing techniques and the potential erosion index. Geographic Information Systems (GIS) were used to map the use and land cover, slope and pedology, which supported the application of the potential erosion index, with the precipitation data of the municipality from 1961 to 2017. The analysis erosion identified mainly low and medium values. The environmental characteristics of São Carlos contribute to its state of vulnerability that is potentiated mainly by the economic characteristics linked to the agricultural activities existing in the region.

Key-words: Landscape analysis; Indices; Erosion.

INTRODUÇÃO

A paisagem pode ser considerada como a unidade espacial que compõe a interação entre as atividades antrópicas e os processos ecológicos (STEFFEN et al, 2004). O manejo inadequado e a falta de planejamento do uso das unidades de paisagem podem levar a redução dos recursos renováveis por meio da combinação dos processos que agem sobre os solos

(ALMEIDA et al., 2009). A erosão torna-se um dos maiores efeitos que podem contribuir para o desequilíbrio e a degradação ambiental de uma determinada região (VALENTIN et al., 2005).

A erosão dos solos é entendida como um processo de desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo, tendo como principais agentes o vento e a água. Entretanto com a ação do homem por meio da inserção de práticas que desequilibram as condições naturais, aceleram-se os processos erosivos originando a erosão (VALLE JUNIOR, 2008).

A erosão acelerada, devido à rapidez com que ocorre, é conceituada como um fenômeno de grande importância, pois acarreta grandes prejuízos tanto para a agropecuária quanto ao meio ambiente, promovendo extensivamente o assoreamento, a poluição e a eutrofização das águas superficiais, com prejuízo na quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Um dos principais impactos causados pelos processos erosivos é a lixiviação de partículas férteis dos solos, além da perda de matéria orgânica, causando danos ambientais e financeiros aos atores envolvidos na exploração desse ambiente (SANTOS et al., 2010).

Torna-se fundamental a análise das paisagens em seu contexto geográfico local e regional, tanto quanto o estudo das estruturas tipicamente urbanas ecológicas, visando o estabelecimento de formas de crescimento e de adensamento compatíveis com as metas de desenvolvimento sustentável (OLIVEIRA et al., 2004).

O uso de técnicas de geoprocessamento aliadas a geração de modelos paisagísticos para reproduzir mudanças de espaço permite uma progressiva expressão de variação das características do solo, o mesmo reflete a realidade, no caso da erosividade do solo (PARYSOW et al., 2001; WANG et al., 2001).

Neste contexto, a modelagem ambiental 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.

Os índices são importantes ferramentas para caracterização das paisagens, servindo como fortes indicadores que fornecem informações sobre as características e condições de uma determinada área geográfica, dentro de uma amplitude de informações diretamente ligadas aos objetos de estudo (OCDE, 2002).

O ideal na quantificação da estrutura das paisagens é a reunião de uma pequena variedade de índices, os quais permitam obter em curto 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 a elaboração de estratégias de manejo de paisagens (RITTERS et al., 1995).

Os estudos relacionados a vulnerabilidade ambiental, definida como o inverso da capacidade da paisagem de absorver possíveis alterações sem perda da qualidade, tornam-se cada vez mais necessários pois permitem obter informações em curto espaço de tempo sobre estrutura da paisagem tendo em vista suas características. Elemento chave para a elaboração de estratégias de manejo de paisagens (RITTERS et al., 1995; STEFFEN et al., 2004).

Vários autores têm desenvolvido índices e medidas descritivas dos padrões espaciais das paisagens (SANTOS, 2004; TONELLO, 2005; SANTOS, 2009). 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, 1999).

Diante destas considerações o objetivo deste trabalho consiste em analisar a vulnerabilidade dos solos à erosão da paisagem do município de São Carlos (SP), utilizando técnicas de geoprocessamento junto ao índice de potencial a erosão.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A área de estudo compreende o município de São Carlos que está localizado na região administrativa central do Estado de São Paulo (IGC, 2018), entre as coordenadas 22° 09' 39" e 21° 35' 50" de latitude sul e 48° 05' 27" e 47° 43' 09" de longitude oeste (Figura 1), ocupando área territorial de com 1.140 km² (IBGE, 2018).

O município possui população de 230.890 habitantes (densidade demográfica de 203 habitantes por km²), com grau de urbanização de 96,00% e taxa de crescimento anual da população em 1,02 (SEADE, 2018).

O clima caracteriza-se como tropical de altitude com inverno seco, relevo de planalto e bioma de Cerrado. A temperatura média aproxima-se de 21,12°C e média mensal pluviométrica de 118,56mm num total de 1.422,8mm anuais (CEPAGRI, 2018).

Figura 1 - Localização geográfica do município de São Carlos (SP)

Fonte: Os autores (2018).

Metodologia

A malha digital dos municípios brasileiros versão 2015 foi adquirida da base de dados digitais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo utilizada para a aquisição do limite do município de São Carlos e das cartas planialtimétricas do IBGE na escala 1.50.000, 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.

As informações de declividade, pedologia, uso e cobertura da terra e estimativa de erosividade da chuva foram utilizadas na realização do cálculo do índice de potencial a erosão. Todo o plano de informação foi georreferenciado no sistema de projeção geográfica Universal Transversa de Mercator (UTM) Fuso 23 Sul, datum SIRGAS2000.

A estimativa da erosividade mensal da chuva foi calculada por meio do índice de erosão (EI-30) como discutido por Almeida et. al (2009) que aborda que a utilização de

padrões predefinidos junto a aplicação de cálculos matemáticos possibilita a elaboração dos índices de erosividade da chuva (EI30).

Como discutido por Wischmeier; Smith (1978) e CABRAL et. al, (2005), o produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em trinta minutos (EI30) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, provavelmente representando com eficiência as fases de impacto sobre o solo das gotas da chuva, sua desagregação do solo, a turbulência do fluxo pluvial e o transporte das partículas do solo.

Neste sentido, o índice foi calculado com base na equação proposta por Jansson (1982), considerando a média mensal pluviométrica de 2017 e a média anual pluviométrica de 1961 a 2017. Os dados foram coletados por meio das informações disponibilizadas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017) relacionados a estação nº83.726, localizada no município de São Carlos (Equação 1):

$$EI30 = \frac{p^2}{P} \quad (1)$$

EI = Índice de erosão;

p = Precipitação média mensal em milímetros;

P = Precipitação média anual em milímetros.

Como as constantes da regressão (Equação 2) diferem de uma região para outra, foi utilizado neste trabalho os valores calculados por Ross (1994), onde:

$$R = 6,866 * (p^2/P)^{0,85} \quad (2)$$

Os valores de R = 0 a 650, encontram-se na classe 1 (baixa), os de 650 a 750 na classe 2 (média) e os 750 a 1000 na classe 3 (alta).

O mapa de declividade foi elaborado a partir das isolinhas presentes nas cartas planialtimétricas do IBGE, agrupadas em classes altimétricas de 20 em 20 metros e modeladas pela função “FACE SLOPE” presente no software ArcGis 10.3, sendo categorizadas de acordo com a Tabela 1 (Equação 3).

$$\text{Tangente} = \text{Encaminhamento vertical} / \text{Encaminhamento horizontal} \quad (3)$$

Tabela 1 - Categorias hierárquicas das classes de declividade

Declividade	Peso
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 mediantemente 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, p.66)

As informações pedológicas foram obtidas por meio da Carta de Solos, folhas SF-23-V-C-IV, SF-23-Y-A-I e SF-22-X-D-VI, elaborada pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC, 1981) em formato analógico na escala 1:50.000, sendo categorizadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Categorias hierárquicas de solos

Pedologia	Peso
Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo.	1:Muito Fraca
Nitossolo Vermelho	3:Média
Argissolos Vermelho Amarelo, Cambissolo	4: Alta
Gleissolo Háptico, Neossolo Quartzarênico, Neossolos Litólicos.	5: Muito alta

Fonte: ROSS (1994, p.68)

A classificação do uso e cobertura da terra foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo Manual Técnico de Uso da terra (IBGE, 2013), adotando-se o terceiro nível hierárquico que explicitou as nomenclaturas dos diferentes usos da terra. As informações foram obtidas a partir da análise da imagem do satélite *LandSat 8 – sensor OLI/TIRS* datada de 21 de abril de 2017 e referente à órbita/ponto 220/75, sendo categorizados de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Categorias hierárquicas de uso de cobertura da terra

Uso e cobertura da terra	Peso
Florestas – Matas naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade	1:Muito Fraca
Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso	2:Fraca
Cerrado denso, Capoeira, Mata homogenia, Pastagem cultivada com baixo pisoteio de gado	3:Média
Cultivo de ciclo longo em curvas de nível como café, laranja, cana, silvicultura	4: Alta
Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto, terraplanagem	5:Muito alta

Fonte: adaptado de ROSS (1994, p.68-69)

As análises de vulnerabilidade contribuem nas tomadas de decisões a fim de minimizar a implantação de ocupações indevidas, onde o relevo possui declividades acentuadas, em solos muito rasos, com risco de ocupação ou até mesmo em áreas com baixo rendimento produtivo e usos irregulares (ROSS,1994).

Conforme as características de cada parâmetro analisado, foi atribuído um peso de acordo com as especificidades de cada compartimento e posteriormente reclassificados de acordo com o grau de potencial de erosão no intervalo de 1 a 5 (1: Muito Fraca, 2: Fraca, 3: Média, 4: Alta e 5: Muito alta). A partir desta reclassificação foi aplicado o índice de potencial a erosão (IPE) por meio da função *Raster Calculator* disponível no *software* ArcGis 10.3, de acordo com o proposto por Soares Filho et al., (1998).

$$IPE = \frac{(\text{Índice de erosão} + \text{Pedologia} + \text{Declividade} + \text{Usos e cobertura da terra})}{4}$$

Onde: 1 – Baixa; 2 – Baixa a média; 3 – Média; 4 – Alta; 5- Muito alta.

As classes de baixo potencial a erosão correlacionaram-se com as áreas de menores riscos a erosão e aos efeitos da ocupação antrópica e as classes de alto potencial a erosão correlacionaram-se com as áreas de alto potencial a erosão e de altos riscos aos efeitos da ocupação antrópica.

RESULTADOS

Conforme os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia, a precipitação média anual de São Carlos durante o período de 1961 a 2017 é de 124,21mm e a média mensal de 2017 foi de 118,56 mm. O maior pico de chuvas foi observado em fevereiro de 1995 com 559,9mm e os menores picos foram observados em algumas passagens como julho de 1961, agosto de 1995 e julho de 2017, com precipitação de 0mm (Gráfico 1).

O índice de erosividade para São Carlos relacionado a precipitação foi considerado como classe 1 (baixa), apresentando $R = 413,7489$. Estes dados corroboram com as características climáticas do município, que conforme a classificação climática de Köppen – Geiger (1928)¹ relacionada aos dados de precipitação entre 1951 – 2000 (KOTTEK et.al, 2006), a região de São Carlos situa-se no Clima Tropical (Aw) com regime de chuvas de outubro a março e inverno seco de abril a setembro.

Gráfico 1 - Precipitação média anual de São Carlos

Fonte: Os autores (2018).

O Clima Tropical (Aw) com estação seca, é a designação dada aos climas do grupo A da classificação climática de Köppen – Geiger (1928) em que todos os meses do ano têm temperatura média mensal superior a 18°C, mas pelo menos um dos meses do ano tem precipitação média total inferior a 60mm (KOTTEK et.al, 2006).

¹ KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: **Verlag Justus Perthes**. 1928. Wall-map 150cmx200cm

As declividades (Tabela 4 e Figura 2) foram agrupadas em classes representadas pelos intervalos de 0 a 6%, 6 a 12%, 12 a 20%, 20 a 30% e > 30%. Em muitos casos, a topografia do terreno, especialmente a declividade é o principal condicionador de atividades desenvolvidas, principalmente relacionadas as atividades agrícolas, onde cerca de 97,84% do município apresenta condições para a prática de agricultura intensiva com o auxílio de maquinário.

Tabela 4 - Distribuição das classes de declividade

Declividade (%)	Área (ha)	Frequência (%)	Peso
0 a 6	32.117,7	28,17	1
6 a 12	46.474,4	40,77	2
12 a 20	25.693,5	22,54	3
20 a 30	7.249,2	6,36	4
> 30	2.465,2	2,16	5
Total	114.000,00	100,00	-

Fonte: Os autores

Figura 2 - Classes de declividade para o município de São Carlos,

Fonte: Os autores (2018).

O município é recoberto por cinco tipos de solo (Tabela 5 e Figura 3) onde aproximadamente 70% da área está representada por áreas ocupadas por Latossolos. Normalmente, este tipo de solo está situado em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7% (TEIXEIRA et al., 2000).

Tabela 5 - Distribuição das classes pedológicas

Pedologia	Área (ha)	Frequência (%)	Peso
Latossolo Vermelho	37.424,50	32,82	1
Latossolo Vermelho-Amarelo	41.997,80	36,84	1
Nitossolo Vermelho	6.211,70	5,45	3
Gleissolo Háptico	3.744,50	3,28	5
Neossolo Quartzarênico	24.621,50	21,61	5
Total	114.000,00	100,00	-

Fonte: Os autores.

Figura 3 - Classes de solo para o município de São Carlos, SP

Fonte: Os autores (2018).

Na análise do uso e cobertura da terra é possível identificar um predomínio das atividades agrícolas (Figura 5 e Tabela 7) com cerca de 86.000 ha, perfazendo 61,17% do total da área de estudo. Essas atividades em sua maioria estão consolidadas sobre os Latossolos, os quais favoráveis para tais atividades.

Tabela 7: Distribuição das classes de uso e cobertura da terra

Uso e cobertura da terra	Área (ha)	Frequência (%)	Peso
Vegetação nativa	22.018,44	19,31	1
Cana-de-açúcar	36.955,48	32,42	4
Citricultura	711,04	0,62	4
Pastagens	5.662,18	4,97	3
Silvicultura	2.065,73	1,81	4
Solo Exposto	38.692,85	33,94	5
Áreas Urbanizadas	7.012,83	6,15	5
Represas	841,45	0,74	1
TOTAL	114.000,00	100,00	-

Fonte: Os autores.

Figura 5: Classes de uso e cobertura da terra para o município de São Carlos, SP

Fonte: Os autores (2018)

A análise do potencial a erosão município de São Carlos (Tabela 8 e Figuras 6) identificou principalmente valores de baixa vulnerabilidade, representado por 62,49% do total da área de estudo, seguido pelo grau de média vulnerabilidade com 15,51%.

A distribuição dos intervalos de potencial média a alta está associada principalmente as práticas agrícolas e as áreas urbanizadas, regiões que apresentam déficit de áreas de vegetação nativa, principalmente relacionadas as áreas de solo exposto, as quais possuem maiores potencias para erosão. Pelas características da área de estudo, não foram encontrados valores referentes a classe de vulnerabilidade ambiental muito alta.

Figura 6 - Espacialização do potencial a erosão do município de São Carlos, SP

Fonte: Os autores (2018).

Esta distribuição dos intervalos de potencial a erosão média e alta no município de São Carlos apresenta regiões chave para atuação das ações do planejamento ambiental, principalmente frente aos processos de antropização. Estudos apontaram uma redução das áreas de vegetação nativa de 2003 a 2013 em cerca de 31% (TREVISAN, 2015), correlacionando-se diretamente com grau de potencial a erosão da região.

Neste contexto, alguns estudos (PINATTI, et.al (2013) e TREVISAN; MOSCHINI (2015) demonstram a perda da qualidade ambiental devido a expansão das fronteiras agrícolas, evidenciando a expansão do cultivo da cana-de-açúcar e a supressão de áreas de vegetação nativa além da substituição de outras práticas agrícolas.

Tabela 8 - Distribuição dos valores do potencial a erosão

Classe	Área (ha)	Frequência (%)
1 - Muito Baixa	21693,00	19,03
2 - Baixa	74578,00	62,42
3 - Média	17686,00	15,51
4 - Alta	43,00	0,04
5 - Muito Alta	0,00	0,00
Total	114.000,00	100,00

Fonte: Os autores

As áreas contempladas nas classes de potencial a erosão entre muito baixa a baixa (1 a 2) referem-se principalmente aos locais com a presença de vegetação nativa, destacando-se a presença de Áreas de Preservação Permanente com formações de solos Latossolo, o qual apresenta um baixo grau de potencial a erosão com declividades que não ultrapassam 20%. Nas áreas com potencial a erosão média a alta, destaca-se a presença dos Neossolos Quartzarênicos e Nitossolos Vermelhos, além de declividades que ultrapassam os 30%.

As características pluviométricas de São Carlos contribuíram de forma homogênea para a configuração da análise do grau de potencial a erosão, em decorrência dos pesos semelhantes atribuídos a todo o município com caracterizou-se neste quesito com classe 1.

Entretanto salienta-se que apesar das características pluviométricas médias não se apresentarem como impactantes ao potencial de erosão, São Carlos sofre com forte chuvas e enchentes pontuais ao longo do ano, principalmente no verão, onde o regime de chuvas é

maior, as quais podem potencializar os impactos principalmente nas regiões que foram identificadas com média e alto potencial a erosão.

A área de estudo está inserida em uma região que apresenta um alto potencial relacionado as atividades agrícolas, fator atribuído principalmente a característica do relevo onde cerca de 97,84% da área de estudo localiza-se em locais de baixa declividades relacionadas as características dos solos presentes na região.

Os pesos atribuídos para o cálculo do índice de potencial a erosão podem direcionar os resultados em diferentes vertentes de avaliações. O balanceamento dos pesos atribuídos as diferentes características da paisagem contribuíram de forma a correlacionar os diversos compartimentos da paisagem sem considerar que uma ou outra característica apresenta maior influência na análise.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a determinação do índice de potencial a erosão foi possível analisar o estado de conservação do município de São Carlos e as principais áreas potenciais aos impactos de manejo, além de correlacioná-lo com as características físicas, encontradas na área de estudo. O município encontra-se em um grau baixo de potencial a erosão, embora ações de planejamento precisam ser tomadas em virtude do avanço das atividades agrícolas na região.

Apesar da baixa potencial a erosão, a perda e a degradação das áreas de vegetação nativa remanescentes na paisagem do município de São Carlos continuam de maneira crescente. Contudo é evidente que a não continuidade deste processo de fragmentação da paisagem, pode proporcionar benefícios econômicos muito maiores do que os obtidos em decorrência da expansão das atividades agrícola.

Os estudos relacionados as temáticas de potencial a erosão como dos atributos físicas das diversas paisagens contribuem para o avanço das discussões dentro das ciências geográficas ao abordarem sobre a utilização dos recursos naturais e do ordenamento territorial, considerando a capacidade suporte dos ecossistemas, diretamente relacionada as características específicas de cada paisagem natural. Desta forma, o presente trabalho contribui para as discussões do planejamento territorial, podendo ser aplicado tanto em pequenos quanto grandes municípios.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. A.; PARENTE JÚNIOR, W. C.; BESSERA NETA, N. C.; COSTA, M. L. Erosividade do solo e erosividade da chuva na Serra do Tepequém – Roraima. **Revista Acta Geográfica**, v.3, n.6, p.39 – 46, 2009.

CABRAL, J. B. P.; BECEGATO, V. A.; SCOPEL, I.; LOPES, R.M. Estudo da erosividade e espacialização dos dados com técnicas de geoprocessamento na carta topográfica de Morrinhos - Goiás/Brasil para o período de 1971 a 2000. **GEOFocus**, n.5, p.1 – 18, 2005.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**, 2018. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_224.html>. Acesso em: 20 de março de 2018.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. Divisão territorial brasileiro e limites territoriais: **IBGE cidades – São Carlos**, 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=351930#>>. 20 de março de 2018.

IBGE. Instituto de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra 3ª Edição**, 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtml>. Acesso em: 31 de maio de 2017.

IGC. Instituto Geográfico e Cartográfico. **Região administrativa Central**, 2018. Disponível em: <<http://www.igc.sp.gov.br/>>. Acesso em: 20 de março de 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**, 2017. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>> Acesso em 27 de janeiro de 2017.

JANSSON, M. B. Land erosion by water in different climates. Department of Physical Geography, Upsala University. **UNGI Rapport** n.57, 1982, 151p.

JUNIOR, R. F. V. **Diagnóstico De Áreas De Risco De Erosão E Conflito De Uso Dos Solos Na Bacia Do Rio Uberaba**, 223f, 2008. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias). Universidade Estadual Paulista, 2008.

- KOTTERK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v.15, n.3, p.259-263, 2006.
- OCDE. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico: Rumo ao desenvolvimento sustentável. Indicadores ambientais. Governo do estado da Bahia. Secretaria de Planejamento. **Ciência e Tecnologia**, 2002, 244p.
- 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. v. 2, São Carlos, **Rima**, p.585-619, 2004.
- PARYSOW, P.; WANG, G.; GERTHER, G. Z.; ANDERSON, A. B. Assessing uncertainty of erodibility factor in national cooperative soil surveys, a case study at Fort Hood. **Texas. J Soil Water Conserv**, v.56, p.56:207, 2001.
- 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.
- 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.
- 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/FFLCH/USP**, n.8, p.63-73, 1994.
- SANTOS, A. F. **Morfometria da microbacia hidrográfica do Ribeirão Faxinal Botucatu-SP e alterações em suas áreas de biomassa no período de 1972 a 2000**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2004.
- SANTOS, A. G. **Viabilidade técnica e socioeconômica dos sistemas agroflorestais utilizados por agricultores familiares em Roraima**. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – UFRGS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

- SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p. 115-123, 2010.
- SEADE. Fundação Sistema Estadual de Análise de dados. **Perfis municipais**, 2018. Disponível em: < <http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php>>. Acesso em: 20 de março de 2018.
- SOARES FILHO, B. S.; CARMO, V. A.; NOGUEIRA, W. J. Metodologia de elaboração da carta do potencial Erosivo da bacia do rio das velhas (mg). **Revista Geonomos**, v. 6, n. 2, p.45 – 54, 1998.
- STEFFEN, W.; SANDERSON, A.; TYSON, P. D.; JÄGER, J.; MATSON, P. A.; MOORE III, B.; OLDFIELD, F.; RICHARDSON, K.; SCHELLNHUBER, H. J.; TURNER, B. L.; WASSON, R. J. Global change and the earth system: A planet under pressure, **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, New York, 2004, 336 p.
- TEIXEIRA, M. A.; MAGALHÃES, P. S. G.; BRAUNBECK, O. A. Equipamento para extração de amostras indeformadas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.4, p.693-699, 2000.
- TONELLO, K. C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. Viçosa: **Universidade Federal de Viçosa**, 2005, 85 p
- TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. . Determinação da Fragilidade Ambiental do município de São Carlos, São Paulo, Brasil. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v.20, p.159-167, 2016.
- TREVISAN, D. P.; MOSCHINI, L. E. . Dinâmica de Uso e Cobertura da Terra em Paisagem no Interior do Estado de São Paulo: Subsídios para o planejamento. **Fronteiras: journal of social, technological and environmental science**, v.4, p.16-30, 2015.
- VALENTIN, C.; POESEN, J.; YONG LI. Gully erosion: Impacts, factors and control. **Catena**, v.63, p.132-153, 2005.
- WANG, G.; GERTNER, G. Z.; LIU, X.; ANDERSON, A. B. Uncertainly assessment of soil erodibility factor for revised universal soil loss equation. **Catena**, v.24, p.1-14, 2001.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, **United States Department of Agriculture**, 1978, 58.p.