

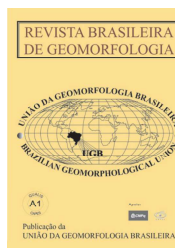


www.ugb.org.br  
ISSN 2236-5664

## Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 22, nº 1 (2021)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v22i1.1635>



### AVALIAÇÃO DA TRANSFORMAÇÃO ANTROPOGÊNICA DE TERRENO PÚBLICO URBANO NO MUNICÍPIO DE SÃO CARLOS-SP

### EVALUATION OF URBAN PUBLIC GROUND ANTHROPOGENIC MODIFICATION IN THE MUNICIPALITY OF SÃO CARLOS-SP

#### **Vinicius Gustavo de Oliveira**

Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista  
Av. 24 A, 1515, Rio Claro, São Paulo. CEP 13506-900. Brasil  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2354-1657>  
E-mail: [vinicius.g.oliveira@unesp.br](mailto:vinicius.g.oliveira@unesp.br)

#### **Rony Felipe Marcelino Corrêa**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos  
Rod. Washington Luís, km 235 - SP-310, São Carlos, São Paulo. CEP 13565-905. Brasil  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2713-4557>  
E-mail: [eng.ronycorrea@gmail.com](mailto:eng.ronycorrea@gmail.com)

#### **Suzana Aparecida Ferreira de Oliveira**

Diretoria de ensino de Araraquara  
Rua Andreilino Alves Pinto, 90, Araraquara, São Paulo. CEP 14810-197. Brasil  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5094-4910>  
E-mail: [suzana\\_eng@hotmail.com](mailto:suzana_eng@hotmail.com)

#### **Gustavo Augusto Mendonça Ascutti**

Ascutti & Gazon Ltda.  
Av. Doutor Antônio Tavares Pereira Lima, 10, São José do Rio Preto, São Paulo. CEP 15.061-220. Brasil  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6390-2544>  
E-mail: [gustavo\\_ascutti@yahoo.com.br](mailto:gustavo_ascutti@yahoo.com.br)

#### **Ana Paula Jacó**

Divisão de Obras, Prefeitura Municipal de Nova Resende  
Rua Coronel Jaime Gomes, 58, Nova Resende, Minas Gerais. CEP 37860-000. Brasil  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0058-4766>  
E-mail: [eng.anapaulajaco@gmail.com](mailto:eng.anapaulajaco@gmail.com)

#### **Giulia Guillen Mazzuco**

Mestre em Engenharia Urbana, Autônoma  
Rua Francisco Cassiano Lopes, 114, São Carlos, São Paulo. CEP 13.566-606. Brasil  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8552-6639>  
E-mail: [guillen.giulia@gmail.com](mailto:guillen.giulia@gmail.com)

#### **Denise Balestrero Menezes**

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos  
Rod. Washington Luís, km 235 - SP-310, São Carlos, São Paulo. CEP 13565-905. Brasil  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2962-3028>  
E-mail: [denisebm@ufscar.br](mailto:denisebm@ufscar.br)

## Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):  
31/07/2020

Aceito (Accepted):  
10/10/2020

### Palavras-chave:

Depósitos Antropogênicos; Depósitos Tecnogênicos; Planejamento Urbano; Geologia Urbana.

### Keywords:

Anthropogenic Deposits; Technogenic Deposits; Urban Planning; Urban Geology.

## Resumo:

A alteração das condições naturais de um terreno devida à intensa ação humana, gera diversos tipos de impactos à configuração do meio ambiente. De uma forma geral, esses impactos podem levar à formação de depósitos, feições ou vetores antropogênicos, que podem gerar condições imprevisíveis do solo, alterações no regime hidrogeológico e infiltração dos poluentes para o lençol freático. Esse trabalho tem como objetivo caracterizar os diferentes tipos de depósitos, feições e vetores tecnogênicos, e delimitar sua ocorrência, em uma área de interesse social na Vila Monte Carlo, na cidade de São Carlos-SP. Foram encontrados: ravinas e voçorocas, formação de nascentes antropogênicas, pilhas de rejeito de mineração do arenito silicificado da Formação Botucatu, rejeito da exploração mineral, galeria de água pluvial, áreas de ocupação urbana, rejeitos de construção civil. Também foram observadas feições naturais, como exposição de solo residual do arenito da Formação Botucatu e área de encosta com declividade elevada onde afloram os arenitos silicificados da Formação Botucatu. De uma forma geral, a

área apresenta diversos problemas associados, que dificultam a utilização deste terreno para a ocupação urbana. Ao final, foi realizado um mapeamento identificando os tipos de alterações antropogênicas, e as inter-relações de vetores, feições e depósitos, utilizando levantamento de campo e ferramentas de geoprocessamento, gerando uma análise de reconhecimento e a definição de restrições para essa área.

## Abstract:

Alteration in the natural conditions of a land, due to intensive human action, generates several types of impacts to the environment. In general, these impacts may lead to the formation of anthropogenic deposits, features or vectors, which may lead to unpredictable soil conditions, changes in the hydrogeological regime and infiltration of pollutants into the ground water. This work aims to characterize the different types of deposits, features and anthropogenic vectors, and to delimit the area of occurrence of these deposits, in a social interest area, in Vila Monte Carlo neighborhood, city of São Carlos-SP Brazil. We found Erosions, formation of anthropogenic river spring, sterile waste pile, mineral waste, rainwater gallery, urban occupation areas and wastes of civil construction. In addition, natural features were found, such as natural soils (soil residual from Botucatu), and area with a high slope which outcrop silicified sandstones of the Botucatu Formation. In general, the area presents several problems that make it difficult to use this area for urban occupation. Thus, we carried out a mapping, identifying the types of anthropogenic changes, and the interrelationships of vectors, features and deposits, using field surveys and geoprocessing tools, generating a recognition analysis and the definition of constraints for that area.

## 1. Introdução

As características e a dinâmica dos ambientes naturais têm sido continuamente modificadas por ações humanas.

Essas ações vêm sendo capazes de alterar as paisagens naturais, influenciar negativamente nos serviços ecossistêmicos, criar depósitos, desencadear processos erosivos, ou mesmo modificar propriedades de solos, rochas e recursos hídricos (e.g. CRUTZEN; STOERMER, 2000; HU *et al.*, 2018; MAZZUCO, *et al.*, 2017; VANWALLEGHEM, *et al.*, 2017). Todas essas alterações na superfície terrestre, em que a ação humana passou a ser o maior agente de transformação, caracte-

rizam uma nova idade geológica proposta e em estudo ainda, denominada de Antropoceno (ZALASIEWICZ, *et al.*, 2011), definida por materiais produzidos pela população humana em larga escala e com alteração geoquímica nos registros geológicos (ZALASIEWICZ, *et al.*, 2019), embora haja pesquisadores que a considerem mais uma ideologia e sejam críticos sobre o conceito (BASKIN, 2014) mesmo reconhecendo os impactos da humanidade nos ambientes naturais. Apesar de ainda não oficializada a unidade cronoestratigráfica, o termo está sendo amplamente adotado nas geociências para se referir aos depósitos e feições antropogenicamente criados e modificados (EDGEWORTH, 2015)

Para avaliar áreas sob efeito da ocupação humana é necessário compreender tanto a dinâmica natural do meio físico, em especial os aspectos superficiais relativos à geomorfologia e hidrografia que são mais impactados, assim como entender os resultados dos processos antropogênicos superimpostos; isto possibilita minimizar impactos das intervenções antrópicas, mitigando situações de degradação ambiental e vulnerabilidade social (PASCHOAL; SIMON; CUNHA, 2015). As principais consequências das influências antropogênicas dizem respeito à possibilidade de ocorrência, aumento da frequência e intensidade dos riscos de desastres naturais, tais como: movimentos de massa, inundações e afundamentos (GILL; MALAMUD, 2017).

A evolução das modificações antropogênicas nas características geológicas e geomorfológicas do ambiente podem ser registradas e mapeadas, o que consiste em um tema específico de cartografia geotécnica e geoambiental. Para tal, há diversas metodologias que visam caracterizar e classificar o ambiente artificialmente modificado (FORD, *et al.*, 2014). As informações atualizadas e confiáveis das características ambientais são importantes para o planejamento e ocupação adequada do território, sobretudo do ambiente urbano (ROSENBAUM *et al.*, 2003).

Para mapear e classificar depósitos antropogênicos existem atualmente distintas abordagens.

A proposta elaborada pelos pesquisadores do British Geological Survey (BGS), que foi recebendo complementações posteriores (MCMILLAN; POWELL, 1999; ROSENBAUM *et al.*, 2003; FORD *et al.*, 2010; PRICE *et al.*, 2011; EDGEWORTH, 2014), tem sua metodologia para classificação de terrenos antropogênicos subdividida em 4 grupos com aumento progressivo de detalhamento da informação do 1 para o 4. Autores brasileiros vêm trabalhando com classificação e mapeamento de terrenos tecnogênicos desde a década de 1990 (OLIVEIRA, 1990; apud PELOGGIA *et al.*, 2014; PELOGGIA, 1999). Peloggia *et al.* (2014), a partir da metodologia do BGS, propuseram classificação dividida em: terrenos de agradação (depósitos), terrenos degradados (cicatrizes de erosão, escavação de mineração), terrenos alterados quimicamente (áreas contaminadas), e terrenos mistos. Mirandola e Macedo (2014), a partir de classificação de terrenos tecnogênicos de Zorzato e Peloggia (2000), com observação de depósitos, feições e vetores, propuseram uma classificação para terrenos tecnogênicos voltado a áreas de risco de escorregamen-

to, com a categorização por dimensões dos elementos (pequeno, médio e grande), aplicável a assentamentos urbanos precários. Em geral, esses mapeamentos, independente da metodologia, são elaborados segundo as etapas: definição da área de estudo, levantamento de informações, delimitação de depósitos e feições por imagens de satélite, levantamento de dados em campo, classificação dos depósitos e feições.

Os termos tecnogênico e antropogênico vêm sendo utilizados por autores de correntes distintas, mas para tratar de mesmos objetos. Neste trabalho adotou-se o termo antropogênico.

Claramente, a ocorrência de depósitos, processos e feições antropogênicos precisa ser definida e compreendida e, além disso, os legados herdados dos processos antropogênicos precisam ser endereçados, isto é, compreendidos seus processos e contextos de formação. Suas características derivam de antigas atividades de extração e mineração, processos industriais, terraplenagem, aterros de resíduos, modificações no sistema hídrico e da contaminação de água subterrânea e solos. Estes processos, depósitos e feições precisam ser sistematicamente avaliados para subsidiar o planejamento urbano e fornecer base para soluções de engenharia (ROSENBAUM, *et al.*, 2003). Segundo Ford *et al.* (2014) muitos depósitos naturais e antropogênicos exibem características comuns, que tipicamente estão em conformidade com o Princípio da Sobreposição estratigráfica e exibem distinção litológica. Além do mais, esses autores afirmam que a classificação estratigráfica dos depósitos antropogênicos superficiais pode ser eficaz, embora as unidades definidas possam ser significativamente mais finas e muito menos contínuas que as definidas para os depósitos naturais.

Sedimentos antropogênicos não ocorrem uniformemente na paisagem, mas podem estar acumulados em determinados locais, criando formas de relevo antropogênicas (JAMES, 2013). Nesse sentido, para a ocupação de regiões já alteradas por ações antrópicas é necessário caracterizar solos e subsolos, por meio de um conjunto de investigações de campo, como sondagens com amostragem em várias profundidades, análises geoquímicas, geofísica, investigação geotécnica e interpolações de resultados, além de interpretação de dados de sensoriamento remoto e análise histórica da ocupação (ROSENBAUM, *et al.*, 2003; GUERN, *et al.*, 2018). No entanto, com a alta taxa de crescimento populacional e a necessidade de expansão dos domínios urbanos

somados à especulação imobiliária, muitos terrenos já alterados por atividades antrópicas são ocupados sem um diagnóstico prévio de suas características, podendo colocar a população em situação de vulnerabilidade.

Como exemplo dessa situação há o município de São Carlos-SP, no qual a população urbana está aumentando significativamente nos últimos anos e com isso novos loteamentos têm sido implantados, frequentemente de forma desordenada ou sem planejamento adequado, repetindo o mesmo modelo de urbanização característico do Brasil na segunda metade do século XX, sem considerar o meio físico adequadamente.

O Plano Diretor Municipal de 2005 (SÃO CARLOS, 2005) definiu Áreas Especiais de Interesse Social (AEIS) para moradias populares, mas sem um estudo prévio das características do meio físico. Este é o caso da AEIS, tipo 1 da Vila Monte Carlo, que na revisão do Plano Diretor (SÃO CARLOS, 2016) teve sua destinação modificada por ter sido verificada a necessidade de alteração das diretrizes de ocupação devido a indícios de riscos geológicos no local, sendo indicado um estudo técnico que comprove o risco geológico, sua magnitude

e ações possíveis para mitigação e definição de novas diretrizes de ocupação.

Nesse contexto, este estudo objetivou caracterizar os indícios de antropização nesta AEIS, por meio do diagnóstico e delimitação da área de influência das ações antrópicas, bem como verificação e mapeamento de depósitos, processos, feições e vetores, sejam eles de origem natural ou induzido, visando definir diretrizes preliminares para a ocupação da área de estudo.

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A área de estudo (Figura 1) está localizada na Vila Monte Carlo, região sudoeste do Município de São Carlos. Este com população estimada em 2019 de 251.983 habitantes, tendo uma área territorial de 1.136,907 km<sup>2</sup> e área urbana de aproximadamente 672 km<sup>2</sup>. Está localizado na região central do estado de São Paulo, distante 228 km da capital, entre as coordenadas 48°5'27,6" e 47°43'8,4" longitude oeste e 21°35'50,7" e 22°9'39,7" de latitude sul (IBGE, 2020).

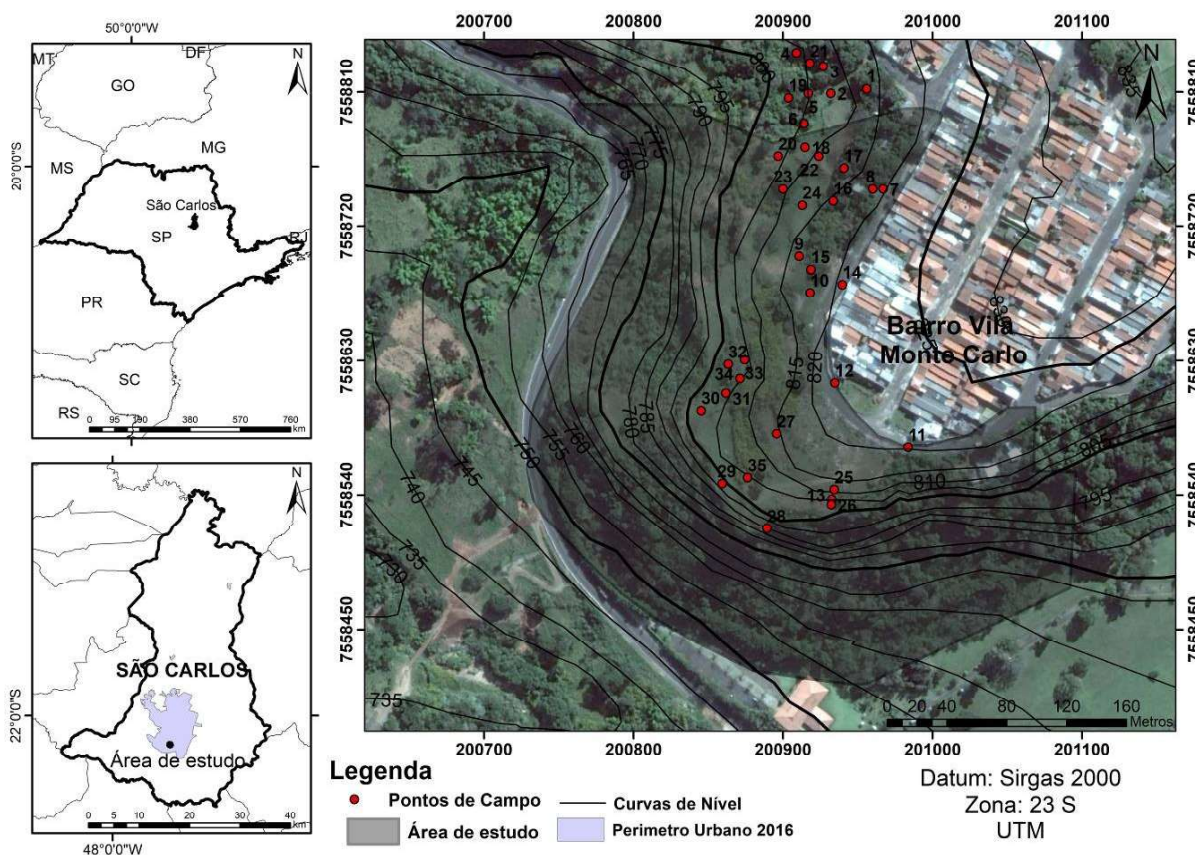


Figura 1 - Localização da área de estudo na Vila Monte Carlo, São Carlos-SP

Modificado de: Google Earth (2018)



A área em questão foi delimitada no Plano Diretor Municipal (SÃO CARLOS, 2005) como AEIS, definidas na Seção VII, art. 74 como “porções do território destinadas a proporcionar condições de moradia à população de baixa renda...” e mais especificamente as AEIS tipo 1 (art. 75) são assim definidas:

*“ ocupadas por população de baixa renda, abrangendo ocupações espontâneas, loteamentos irregulares ou clandestinos, carentes de infraestrutura urbana e social, na qual se pretende a implementação de programas habitacionais, podendo contemplar: I - reurbanização; II - remoção com reassentamento; III - regularização urbanística, física e fundiária; IV - recuperação de imóveis degradados; V - provisão de infraestrutura, equipamentos sociais e culturais; VI - espaços públicos qualificados, serviços e comércio de caráter local.”*

Com a promulgação da Lei Municipal nº 13.919 de 10 de novembro de 2006 (SÃO CARLOS, 2006), a área passou a ser de domínio da PROHAB - Progresso e Habitação de São Carlos, com encargo para habitação social. Entretanto, na revisão do Plano Diretor (SÃO CARLOS, 2016), essa área foi descrita como suscetível a riscos geológicos devido a registros de deslizamentos, invasões para moradias, despejo não autorizado de entulhos e criação de animais. Na Seção VII, Subseção I, art. 90 são definidas como ações necessárias para esta área: “alteração da Lei 13.919/06, mediante comprovação de risco geológico, remoções, cadastro para eventual reassentamento, destinação da área para outro uso socioambiental de interesse público” (SÃO CARLOS, 2016).

No que diz respeito ao substrato geológico natural, nesta região do município de São Carlos afloram rochas pertencentes à Formação Botucatu (arenitos friáveis finos a médios bem selecionados e arenitos silicificados), sobrepostas pela Formação Serra Geral (derrames de basalto e rochas intrusivas associadas) e nas partes mais elevadas pela Formação Itaqueri (arenitos finos a conglomeráticos) (AGUIAR, 1989; PONS, 2006). Na área estudada as rochas básicas não são aflorantes, mas os arenitos silicificados possibilitaram a formação de uma escarpa com desnível de aproximadamente 80 metros.

Ocorrem na área de estudo e entorno os seguintes materiais inconsolidados, do topo para a base da encosta: Transportado Arenoso III, com predominância de areia argilosa em sua textura e coloração amarelo avermelhada, com ocorrência de níveis conglomeráticos; Residual do

Botucatu, de coloração amarelada, composto predominantemente por areias médias (70 a 80%), areia fina (2 a 20%) e argila (até 10%); Coluvionar Botucatu, em áreas instáveis devido à grande declividade do terreno, sendo boa parte desse material bastante heterogêneo devido à ação antrópica; e Transportado Arenoso I, com textura predominantemente arenosa e com coloração de amarelada a avermelhada. (PONS, 2006).

## **2.2 Etapas Metodológicas**

Os métodos empregados na presente pesquisa têm fundamentação baseada na Cartografia Geotécnica, envolvendo análise de cartas preexistentes, fotointerpretação, medição gráfica em cartas topográficas e levantamentos de campo, visando a caracterização do terreno e o reconhecimento de fatores condicionantes de processos geodinâmicos. Para que os objetivos da pesquisa fossem alcançados, foram estabelecidas as etapas apresentadas no fluxograma a seguir (Figura 2).

### **2.2.1 Análise preliminar de dados da área de estudo**

Foram realizadas análises preliminares de dados, com levantamento de literatura, mapeamentos e fotointerpretação. Na fotointerpretação utilizou-se de cartas topográficas e imagens multitemporais para identificação de evolução de usos do local e análise estereoscópica, respectivamente, dos satélites Landsat (2004) e Digital-Globe (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016), extraídas da plataforma Google Earth Pro (Google Earth, 2018) e fotografias aéreas produzidas pela Terra Foto em 1978, escala 1:35.000 (acervo Laboratório de Geociências).

### **2.2.2 Levantamento das informações (*in situ*)**

O levantamento das informações em campo se deu por meio de descrição, análise e classificação das alterações antropogênicas do terreno. Para definir a estratégia de campo partiu-se de avaliação de estudos existentes, com base em metodologias e terminologias para caracterização de áreas antropizadas de diversos autores (ROSENBAUM *et al.*, 2003; FORD *et al.*, 2010; MACHADO; RODRIGUES, 2011; MIRANDOLA; MACEDO, 2014; FRANÇA JUNIOR, 2015), buscando observar quais dados poderiam ser levantados e utilizados. Resultou no desenvolvimento de uma ficha de campo com elementos que abrangem aspectos observados em áreas antropizadas da região (Quadro 1)

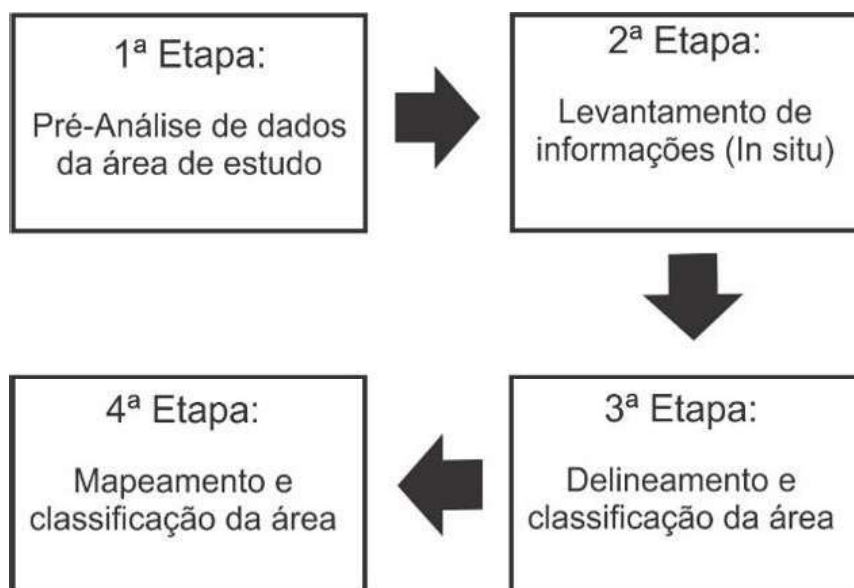


Figura 2 - Fluxograma com as etapas da pesquisa

A partir da observação prévia da área, constatou-se que mais que diferentes tipos de depósitos antropogênicos, que seriam melhor descritos pela metodologia do British Geological Survey (BGS), haviam modificações superficiais por cortes, extração mineral, lançamento de água, áreas de instabilidade de rocha. Dessa forma, em um segundo momento as informações levantadas em campo foram subdivididas e classificadas, basicamente, em três grupos: feições, depósitos e vetores. As feições são distinguidas pela alteração artificial do equilíbrio geomorfológico de encostas (corte de terreno, sulcos e ravinas); os depósitos são caracterizados por materiais de baixa estabilidade geotécnica (solo, entulhos, resíduos, rejeitos); a identificação de alterações do regime hídrico e de escoamento das águas superficiais e subterrâneas são descritas como vetores (ZORZATO; PELOGGIA, 2000; MIRANDOLA; MACEDO, 2014).

### 2.2.3 Delimitação e caracterização da área (*in situ*)

A área de estudo foi subdividida em diferentes classes: áreas antropizadas (diferentes tipos de depósitos, feições e vetores) e área com solo / terreno natural.

A partir da proposição de Mirandola e Macedo (2014) mais voltada para processos em encostas, foram inseridas outras feições, depósitos e vetores, identificados, localizados e medidos quando possível. Os elementos e formas de observação e classificação estão apresentados do Quadro 1.

Os depósitos antropogênicos (depósitos de lixo, de solo, entulho, resíduos minerais), as feições antropogênicas (cortes em taludes, remoção da vegetação, erosões, pilhas de rejeito) e os vetores (galerias de água pluvial, lançamento de esgoto, fluxos de água, vias) foram observados buscando-se descrever as ações geradoras e a conexão entre eles (vetores e feições ou depósitos). Para delimitação de campo utilizou-se de enxadinha, martelo geológico, aparelho GPS portátil Garmin eTrex, trena e máquina fotográfica (para registro fotográfico dos pontos analisados). Foram sendo anotados pontos em campo, com descrição de materiais, que serviram posteriormente para sobrepor estes dados aos mapas geotécnicos existentes.

### 3. Resultados e Discussões

Como resultado do trabalho de campo e análise de imagens de satélite, foi possível caracterizar os indícios de antropização e delimitar os tipos de depósitos, feições e vetores antropogênicos, (Figura 3).

Os depósitos antropogênicos identificados foram: vestígios de antiga ocupação urbana; deposição de resíduos; rejeito de mineração; pilhas de rejeito. Os vetores e as feições e identificados foram: galeria de água pluvial; área minerada com talude de corte; nascentes antropogênicas; processos erosivos; queda de blocos, morrotes de rejeitos. Também foram mapeados: solo natural; afloramento rochoso em encosta; área com vestígios de antiga ocupação urbana e área de ocupação urbana atual.

**Quadro 1: Ficha elaborada para levantamento de campo**

FICHA DE CAMPO				DATA / /	
<b>IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL</b>					
Localização:		Mapa / croqui de acesso:			
Coordenadas UTM		N		E	
<b>DADOS REGIONAIS</b>					
Geologia:		Materiais Inconsolidados:			
Vegetação: ( ) cerrado ( ) cerrado ralo ( ) mata densa ( ) mata rala ( ) campo ( ) árvores isoladas					
Uso e ocupação do solo local:		Uso e ocupação do solo da área do entorno:			
<b>CLASSIFICAÇÃO GERAL (ZORZATO; PELOGGIA, 2000; MIRANDOLA; MACEDO, 2014)</b>					
( ) Feições antropogênicas: alteração artificial do equilíbrio geomorfológico das encostas. ( ) Vetores antropogênicos: alteração do regime hídrico e escoamento das águas superficiais e subterrâneas. ( ) Depósitos tecnogênicos: criação de depósitos de baixa estabilidade geotécnica.					
<b>1. CLASSIFICAÇÃO PARA FEIÇÕES ANTROPOGÊNICAS</b>					
<b>Feições Antropogênicas</b>		<b>Dimensão*</b>	<b>Medidas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Coordenadas/pontos</b>
Ravina					
Voçoroca de meia encosta					
Voçoroca de cabeceira					
Área de empréstimo de solo					
Movimento de massa					
Talude de corte					
Cava					
Outros					
* <b>Dimensão:</b> Pequena – até 1.000 m <sup>2</sup> ; Média – 1000 a 10.000 m <sup>2</sup> ; Grande - > 10.000 m <sup>2</sup>					
<b>DESCRIÇÃO</b> (interação da feição com o uso e ocupação do solo; provável causa da formação / impactos causados; medidas de estabilização utilizadas)					
<b>2. CLASSIFICAÇÃO PARA OS VETORES ANTROPOGÊNICOS</b>					
<b>Vetores Antropogênicos</b>		<b>Presença</b>		<b>Coordenadas/pontos</b>	<b>Efeitos gerados</b>
		<b>Sim</b>	<b>Não</b>		
Concentração de água pluvial e/ou servida					
Lançamento de água					
Vazamento de tubulações					
Fossa					
Obras hidráulicas					
<b>3. CLASSIFICAÇÃO PARA OS DEPÓSITOS ANTROPOGÊNICOS (ROSENBAUM et al., 2003)</b>					
<b>Dep. Antropogênicos</b>	<b>Tipo*</b>	<b>Materiais **</b>	<b>Medidas</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Coordenadas/pontos</b>
Depósito de solo					
Depósito de lixo					
Depósito de entulho					
Outros					
* <b>Tipo de depósito:</b> 1 Made ground (áreas ou terrenos Produzidos); 2 Worked ground (terreno ou solo trabalhado); 3 Infilled ground (escavações preenchidas); 4 Landscaped ground (terreno remodelado); 5 Disturbed ground (terrenos perturbados por mistura de processos antrópicos)					
** <b>Materiais depositados:</b> 1 lixo doméstico; 2 lixo hospitalar; 3 móveis; 4 madeira; 5 gesso; 6 entulho de construção (tijolos, telhas, concreto, reboco); 7 metais e outros inorgânicos; 8 Inertes; 9 Podas e resíduos de jardim; 10 equipamentos metálicos; 11 Contaminantes em geral; 12 Resíduos que geram risco à saúde; 13 Amianto; 14 Resíduos minerais; 15 Resíduo químico; 16 agroquímicos; 17 resíduos minerais finos; 18 Resíduos Minerais rochosos; 19 solo; 20 Lodo; 21 resíduos indiferenciados estranhos					
<b>DESCRIÇÃO</b> (interação depósito com uso e ocupação do solo; impactos causados; medidas de recuperação utilizadas)					
<b>Esboços/ croqui</b>					

Observou-se indícios de uma antiga ocupação urbana, devido à ocorrência de alicerces e depósitos úrbicos, em área relativamente plana, que foi aterrada para uma nova urbanização (Figura 4). A ocorrência de depósito de resíduos domiciliares e de construção civil se dá em uma ampla parte da área de estudo. Foram encontrados resíduos mais recentes, mas também aterros antigos já com vegetação arbustiva sobreposta, compostos por: restos de blocos e tijolos, areias, solos

transportados, cascalho, rochas utilizadas em construção civil, podas de árvores, lixo doméstico, entre outros (Figura 5). Essas áreas podem representar riscos à população, uma vez que a disposição inadequada dos resíduos domiciliares e de construção civil favorece a proliferação de vetores e o aparecimento de doenças, poluição da atmosfera (queima é constante) e, muitas vezes, contaminação do solo e dos recursos hídricos (ALBERTIN, 2011).



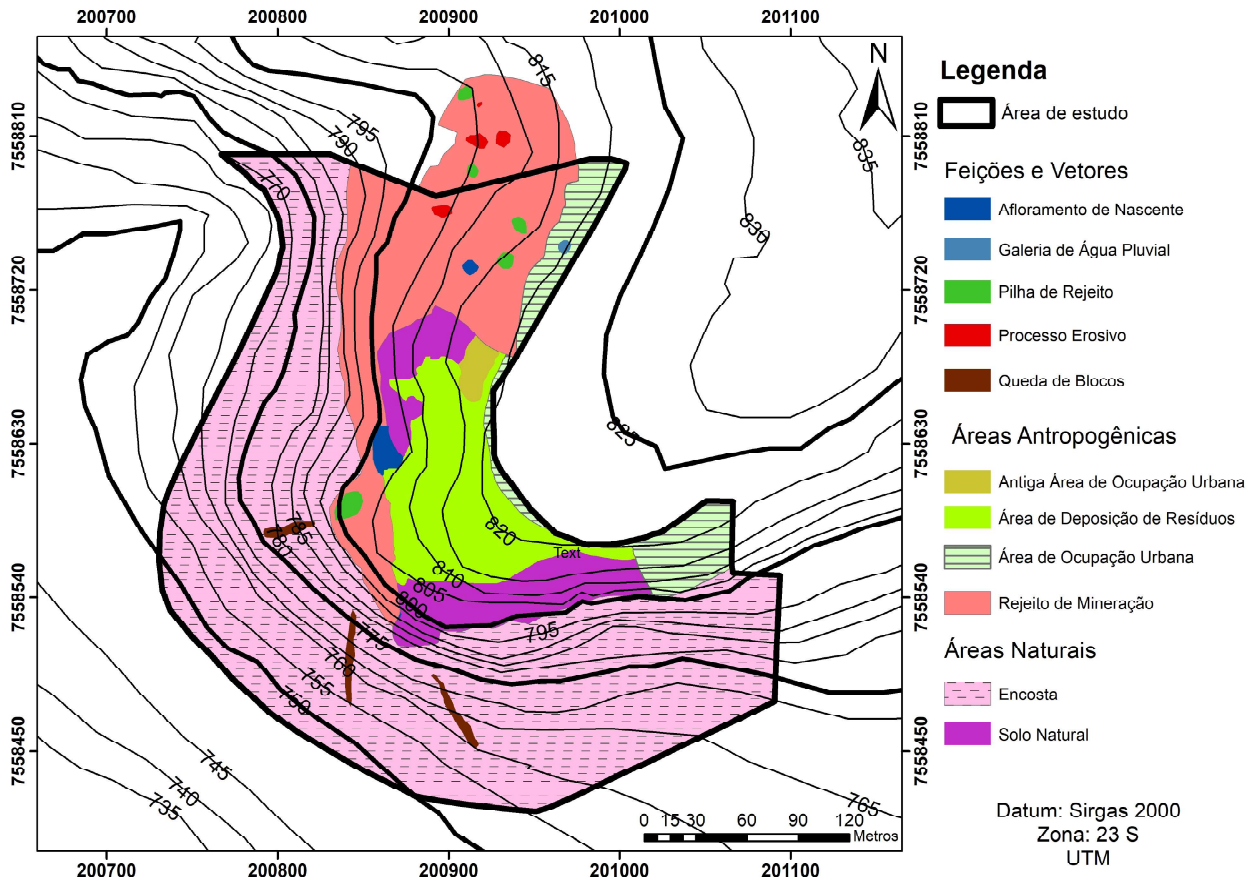


Figura 3 - Mapeamento de feições, vetores e terrenos antropogênicos e naturais aflorantes



Figura 4 - Antiga área de ocupação urbana com bairro ao fundo





Figura 5 - Depósitos de resíduos recentes. (a) ocupando parte da rua; (b) interno ao terreno

Apesar da ausência de registros oficiais/históricos foi possível constatar a presença de uma antiga mina de extração de arenitos silicificados da Formação Botucatu. Esse arenito, devido ao seu excelente grau de preservação (rocha muito pouco alterada) e sua grande resistência mecânica, pode ser utilizado em diversas formas na indústria de construção civil. Com isso, essa área foi explorada, restando atualmente pilhas de rejeito das escavações (Figura 6a) que formam morrotes de médio

e grande porte, já vegetados e alguns afloramentos de arenito silicificado que não foi explorado (Figura 6b). Essas pilhas de rejeito formadas por apara de rocha e solo arenoso não possuem grande estabilidade por serem de origem antrópica e não tecnicamente formadas, gerando diversos problemas para a área, como escorregamentos de blocos e erosões, não sendo indicada a ocupação residencial do local sem a sua remoção, espalhamento e/ou compactação.



Figura 6 - (a) Área de rejeitos de mineração; (b) Afloramento do arenito silicificado da Formação Botucatu onde houve corte do talude

Foram observados afloramentos de nascentes não naturais, devidos às escavações (Figura 7), fazendo com que algumas partes da área de estudo estejam alagadas. Essas nascentes não estavam mapeadas nas cartas topográficas do IBGE (escala 1:50.000), nem sequer do ICG (escala 1:10.000). Nascentes antropogênicas geralmente estão inseridas em feições como ravinas, voçorocas e cavidades alveolares resultantes de intervenções antrópicas (FELIPPE *et al.*, 2013); estas também podem ter se originado após a extração de arenito silicificado, estando algumas associadas a processos erosivos.

Na área de encosta as declividades são elevadas,

podendo chegar a uma inclinação de 85%, como mostrado na Figura 8. Devido à declividade acentuada, tem-se a ocorrência de quedas de blocos de arenito silicificado em diversas partes dessa área. Algumas árvores apresentam o tronco retorcido e, muitas vezes, inclinado, indicando movimentação do terreno. Ocorrem afloramentos de arenito silicificado da Formação Botucatu e, em alguns lugares, a presença de um solo arenoso com poucos centímetros de espessura, de origem natural. Os arenitos se encontram bem preservados, com baixo grau de alteração, apresentando em alguns pontos erosão diferencial (Figura 9.a).





Figura 7 - Nascentes antropogênicas. (a) em área escavada por erosão; (b) formando áreas úmidas

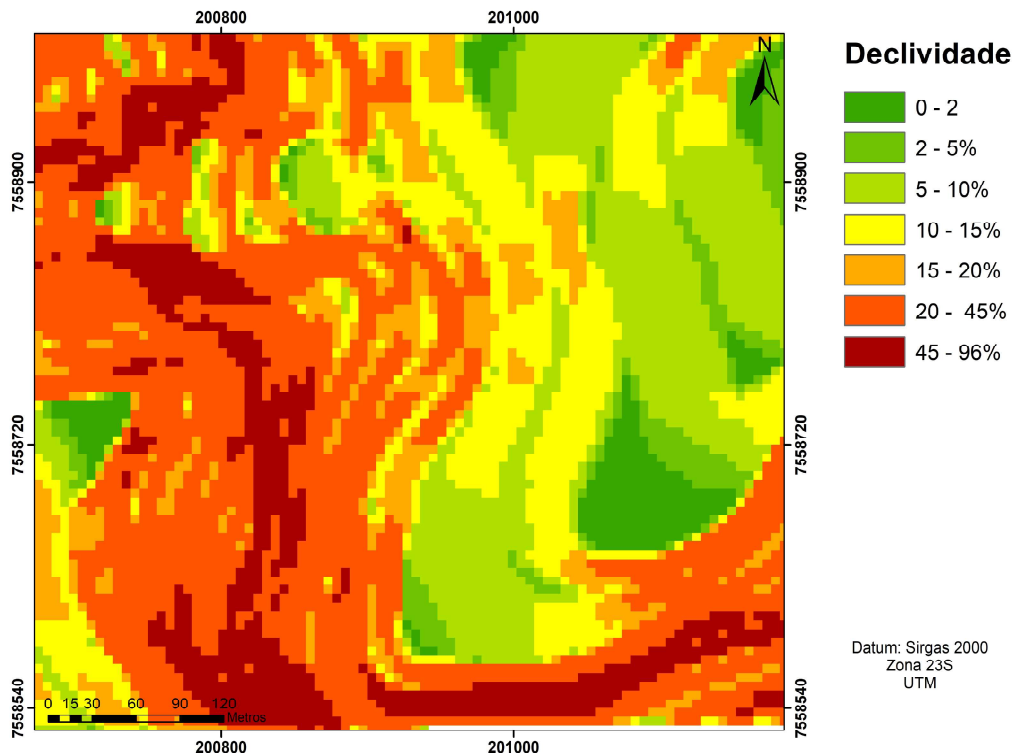


Figura 8 - Carta de declividade da área de estudo.

Em algumas regiões na parte mais alta do terreno aflora um conglomerado com matriz cinza avermelhada de óxido de ferro e seixos de quartzo de aproximadamente 0,5cm a 1cm de diâmetro, mal selecionados e pouco arredondados (Figura 9.b), correlacionado ao material inconsolidado retrabalhado arenoso III (PONS, 2006).

Em uma área restrita, tem-se afloramento de material inconsolidado residual do arenito Botucatu, com uma coloração variando de amarelo a marrom, granulometria arenosa de fina a média, com tons escuros indicando a presença de percolação de óxido de ferro (Figura 10).

Na parte mais alta da área de estudo, há a presença de casas, pertencentes ao bairro Vila Monte Carlo.

Nessa área, diversas residências aparentam se localizar em áreas de risco, suscetíveis a erosão, deslizamento de encostas, ou mesmo contaminação, devido à construção sobre deposição de resíduos de construção.

Também ocorre nessa parte da área de estudo o desmatamento de uma galeria de água pluvial que desagua em meio ao terreno, com presença de efluentes domésticos clandestinos e resíduos sólidos. A saída de água nesta galeria vai formando sulcos erosivos, em especial onde ocorrem os rejeitos de mineração. Com este processo, as partículas de solo arenoso e pequenos fragmentos de rocha vão sendo removidos e levados pela encosta abaixo, restando os fragmentos rochosos maiores.





Figura 9 - (a) Arenito silicificado da Formação Botucatu, em área da encosta; (b) conglomerado.



Figura 10 - Solo natural residual da Formação Botucatu. (a) no afloramento; (b) textura da amostra

## Conclusões

Para definir a aptidão de uma área para a ocupação urbana, é necessário um estudo mais aprofundado, fazendo o uso de métodos diretos e indiretos, de forma a levantar características geotécnicas e geológicas para este fim. De uma forma geral, esse trabalho produziu uma análise de reconhecimento e a definição de restrições para essa área, com o levantamento de tipos de depósitos presentes, feições e vetores antropogênicos, pensando na ocupação urbana, uma vez que essa área está designada à PROHAB com destinação para a implantação de residências para pessoas de baixa renda.

Foram constatadas em campo diversas alterações antropogênicas (depósitos, feições e vetores) e condições naturais que desfavorecem a ocupação residencial nesse terreno, sendo indicada investigação para algum outro tipo de uso. Depósitos antropogênicos normalmente apresentam diversos tipos de problemas, principalmente devido a condições muitas vezes imprevisíveis

do maciço formado, o que pode elevar o risco geológico dessa região. Foram encontrados diversos pontos com processos erosivos, alguns já estabilizados, outros em estágio mais avançado. A área, por grande parte apresentar encosta com declividade elevada, tornaria a ocupação para criação de residências uma tarefa árdua, além do risco geológico ao qual a população estaria submetida, como quedas de blocos, deslizamentos, escorregamentos, entre outros.

Devido à escavação na área onde foi uma antiga mineração, encontram-se depósitos de rejeitos mais esparramados ou em pilhas, com material completamente remexido, o que geraria riscos por condições imprevisíveis do solo, tornando o custo para a instalação de moradias elevado. Observou-se também a presença de blocos rolados em diversos pontos, devido a escorregamentos a partir das pilhas ou deslocamento natural de rocha. Portanto, diante das observações, esse terreno possui condições geológicas e geotécnicas instáveis.



A área vem sendo antropizada há décadas, sendo que os registros de extração mineral encontrados foram considerados as mais antigas alterações observáveis. Posteriormente foram sendo feitas remoções de vegetação e lançamento de águas pluviais e servidas em superfície, que geraram processos erosivos em meio às pilhas de rejeito e cortes do terreno. O fluxo de água concentrado que se junta às nascentes antrópicas acaba por facilitar a instabilização da encosta e a mobilização de blocos de arenito silicificado, potencializando o

risco à via no sopé da encosta. Devido à degradação já existente e à falta de cuidados da municipalidade, aterros com resíduos de construção e demolição não identificados foram feitos e despejos irregulares continuam acontecendo. Para a devida ocupação pública, estudos aprofundados de subsolo precisam ser feitos.

Mas, pela beleza cênica que os desníveis geológicos proporcionam, poderia ter destinação, após recuperação ambiental, para área de lazer e contemplação, rara nesta parte da cidade. (Figura 11).



Figura 11 - Vista da região a partir da área estudada

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio: da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001; do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) – UFSCar.

## Referências Bibliográficas

AGUIAR, R. L. **Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos-SP: Contribuição ao planejamento.** 1989. Dissertação (Mestrado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos-SP, 1989. 104p.

ALBERTIN, R. M. **Diagnóstico da gestão dos resíduos sólidos urbanos nos municípios da bacia hidrográfica do rio do Índio – Estado do Paraná.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2011. 150p.

BASKIN, J. **The ideology of the Anthropocene.** Melbourne Sustainable Society Institute. Research Paper N. 3, 2014. Disponível em: [https://sustainable.unimelb.edu.au/\\_\\_data/assets/](https://sustainable.unimelb.edu.au/__data/assets/)

pdf\_file/0012/2763498/MSSI-ResearchPaper-3\_Baskin\_2014.pdf. Acesso em: março de 2020.

CRUTZEN, P. J.; STOERMER, E. The Anthropocene. **Global Change Newsletter**, n. 41, p.17-18, 2000. Disponível em: <http://www.igbp.net/download/18.316f18321323470177580001401/1376383088452/NL41.pdf>. Acesso em: outubro de 2020.

EDGEWORTH, M. The relationship between archaeological stratigraphy and artificial ground and its significance in the Anthropocene. **Geological Society, London, Special Publications**, v. 395, n. 1, p. 91–108, 2014. DOI: 10.1144/SP395.3

EDGEWORTH, M.; deB RICHTER, D.; WATERS, C.; HAFF, P.; NEAL, C.; PRICE, S. J. Diachronous beginnings of the Anthropocene: the lower bounding surface of anthropogenic deposits. **The Anthropocene Review** v. 2, n. 1, p. 33–58, 2015. DOI: 10.1177/2053019614565394

FELIPPE, M. F.; MAGALHAES JR., A. P.; PESCIOTTI, H.; COELI, L. Nascentes Antropogênicas: processos tecnogênicos e consequências hidrogeomorfológicas em meio urbano. **Revista**



- Brasileira de Geomorfologia, v.14, n.4, p. 279-286, 2013. DOI: 10.20502/rbg.v14i4.210
- FORD, J. R.; KESSLER, H.; COOPER, A. H.; PRICE, S. J.; HUMPAGE, A. J. **An enhanced classification for artificial ground**. 2010. 32f. British Geological Survey Internal Report (IR/04/038), Keyworth, Nottingham, UK, British Geological Survey, 2010. Disponível em: <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/10931/>. Acesso em: julho de 2020.
- FORD, J. R.; PRICE, S. J.; COOPER, A. H.; WATERS, C. N. An assessment of lithostratigraphy for anthropogenic deposits. **Geological Society**, v. 395, p.55-89. 2014. DOI: 10.1144/SP395.12
- FRANÇA JUNIOR, P. Processos tecnogênicos em ambientes urbanos e sua relação com áreas de risco. In: XI Encontro Nacional da ANPEGE, 2015, Presidente Prudente. **Anais...** Dourados: UFGD Editora, 2015, p.6608-6617.
- GILL, J.; MALAMUD, B. D. Anthropogenic processes, natural hazards, and interactions in a multi-hazard framework. **Earth-Science Reviews**, v.166, p.246-269, 2017. DOI: 10.1016/j.earscirev.2017.01.002
- GOOGLE EARTH. **Google Earth Pro**. Versão 7.3.1.4507 (64-bit), 2018. Disponível em: <<https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>>. Acesso em: 20 de abril de 2018.
- GUERN, C. L.; BAUDOUIN, V.; SAUVAGET, B.; DELAYRE, M. A typology of anthropogenic deposits as a tool for modeling urban subsoil geochemistry: example of the Ile de Nantes (France). **Journal of Soils and Sediments**, v.18, n. 2, p.373-379, 2018. DOI: 10.1007/s11368-016-1594-z
- HU, Y, PENG, J., LIU, Y., TIAN, L. Integrating ecosystem services trade-offs with paddy land-to-dry land decisions: A scenario approach in Erhai Lake Basin, southwest China. **Science of the Total Environment**, v. 625, n. 1, p. 849-860, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.12.340
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Conheça cidades e estados do Brasil**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama>. Acesso em: março de 2020.
- JAMES, L. A. Legacy sediment: Definitions and processes of episodically produced anthropogenic sediment. **Anthropocene**, v.2, p. 16-26, 2013. DOI: 10.1016/j.ancene.2013.04.001
- MACHADO, C. A.; RODRIGUES, S. C. (2011) Genesis and dynamics of technogenic deposits in the urban area of Araguaína (Brazil). In: Conferência Geográfica Regional, UGI - International Geographic Union. 2011, Santiago. **Anais...** Santiago, Chile, 11p.
- MCMILLAN, A. A., POWELL, J. H. **BGS Rock Classification Scheme, Volume 4: Classification of artificial (man-made) ground and natural superficial deposits—applications to geological map and datasets in the UK**. British Geological Survey Research Report, RR 99-04. NERC Copyright 1999 British Geological Survey, Nottingham, Contributors: Evans, C.D.R., Irving, A.A.M., Merritt, J.W., Morigi, A.N., Northmore, 1999. Disponível em: <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/3228/>. Acesso em: julho de 2020.
- MAZZUCO, G. G.; GONÇALVES, M. P.; MIGUEL, B. H.; VILLA, M. F.; COSTA, C. W.; MOSCHINI, L. E. Indicadores de Naturalidade da Paisagem Aplicados no Monitoramento da Qualidade Ambiental de Mananciais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1406-1418, 2017. DOI: 10.26848/rbgf.v.10.4.p1406-1418
- MIRANDOLA, F. A.; MACEDO, E. S. Proposta de classificação do tecnógeno para uso no mapeamento de áreas de risco de deslizamento. **Quaternary and Environmental Geosciences**. v. 5, n. 1, p. 66-81, 2014. DOI: 10.5380/abequa.v5i1.34764
- PASCHOAL, L. G.; SIMON, A. L. H.; CUNHA, C. M. L. Geomorfologia antropogênica e sua inserção em pesquisas brasileiras. **Geographia Meridionalis**, v. 1, n. 1, p.95–126, 2015. DOI: 10.15210/GM.V1I1.5691
- PELOGGIA, A. U. G. Sobre a classificação, enquadramento estratigráfico e cartografia dos solos e depósitos tecnogênicos. In: Peloggia A. U. G. (org.) **Estudos de Geotécnica e Geologia Urbana (I)**. Prefeitura do Município de São Paulo/ GTGEOTEC, São Paulo, p. 35-50. Technical Report · 1999. DOI: 10.13140/RG.2.2.16535.16801
- PELOGGIA, A. U. G.; Oliveira, A. M. S.; Oliveira, A. A., Silva, E. C. N.; Nunes, J. O. R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 05, n. 1, p. 28–40, 2014. DOI: 10.5380/abequa.v5i1.34823
- PONS, N. A. (2006) **Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos – SP, com auxílio de geoprocessamento**. 2006. 210f. Tese (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 210p.
- PRICE, S. J.; FORD, J. R., COOPER, A. H.; NEAL, C. Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. **Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences**, v. 369, p. 1056–84, 2011. DOI: 10.1098/rsta.2010.0296

ROSENBAUM, M.S.; MCMILLAN, A. A.; POWELL, J.H.; COOPER, A. H.; CULSHAW, M. G.; NORTHMORE, K. J. Classification of artificial (man-made) ground. **Engineering Geology**, v. 69, n. 3-4, p.399–409, 2003. DOI: 10.1016/S0013-7952(02)00282-X

SÃO CARLOS. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS **Lei nº 13.691 de 25 de novembro de 2005**. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos e dá outras providências. São Carlos, 69p. 2005. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-carlos/lei-ordinaria/2005/1370/13691/lei-ordinaria-n-13691-2005-institui-o-plano-diretor-do-municipio-de-sao-carlos-e-da-outras-providencias>. Acesso em: julho de 2020.

SÃO CARLOS. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO CARLOS. **Lei nº 18.053 de 19 de dezembro de 2016**. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos e dá outras providências. São Carlos, 2016. 95f. Disponível em: [https://www.saocarlosocial.com.br/diariooficial/001/DO\\_28122016\\_HNGB66.pdf](https://www.saocarlosocial.com.br/diariooficial/001/DO_28122016_HNGB66.pdf). Acesso em: dezembro de 2017.

VANWALLEGHEM, T.; GÓMEZ, J. A.; INFANTE, J. A.; GONZÁLEZ, M. M.; VANDERLINDEN, K.; GUZMÁN, G.;

LAGUNA, A.; GIRÁLDEZ, J. V. Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. **Anthropocene**, v.17. p. 13-29, 2017. DOI: 10.1016/j.ancene.2017.01.002

ZALASIEWICZ, J.; WILLIAM, M.; HAYWOOD, A.; ELLIS, M. The Anthropocene: a new epoch of geological time? **Philosophical Transactions of The Royal Society A**, v.369. p. 835-841, 2011. DOI: 10.1098/rsta.2010.0339

ZALASIEWICZ, J.; WATERS, C. N.; HEAD, M. J.; POIRIER, C.; SUMMERHAYES, C. P.; LEINFELDER, R.; CEARRETA, A. A formal Anthropocene is compatible with but distinct from its diachronous anthropogenic counterparts: a response to W.F. Ruddiman's 'three flaws in defining a formal Anthropocene.' **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, v. 43, n.3, p. 319–333, 2019. DOI: 10.1177/0309133319832607

ZORZATO D.; PELOGGIA, A.U.G. Análise do risco geológico urbano no município de São Paulo na década de 1990. In: Peloggia, A.U.G. (org.) **Estudos de geotécnica e geologia urbana (II)**. Prefeitura do Município de São Paulo/GTGEOTEC, São Paulo, 45p. Technical Report. 2000. DOI: 10.13140/RG.2.2.20474.49600