

**Processos erosivos causados pela expansão urbana no município de
Meridiano-SP e sua relação com a geodiversidade local**

Renata Lucon Xavier

Pós-graduanda, PPGEU - UFSCar, Brasil.
renatalucon@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8846-8772>

Denise Balestrero Menezes

Professora Doutora, PPGEU - UFSCar, Brasil.
denisebm@ufscar.br, <https://orcid.org/0000-0003-2962-3028>

RESUMO

A cidade de Meridiano tem sofrido as consequências da combinação de suas características favoráveis ao processo de erosão com a limitação de planejamento urbano. Nesse estudo buscou-se analisar o crescimento da cidade e a evolução dos processos erosivos na mancha urbana, tal qual sua relação com a geodiversidade local. Para isso, a metodologia consistiu no levantamento de informações de expansão urbana nos anos de 2014 e 2020, com a classificação supervisionada das imagens do satélite CBERS 4 e identificação dos pontos erodidos no Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade, que foram analisados *in loco* para comparação e correlação com características geoambientais levantadas pela CPRM e pelos Comitês de Bacias. A classificação supervisionada não resultou no mapeamento esperado, necessitando de adequação no processo de análise. Constatou-se que a formação das erosões se localizam nos extremos da malha urbana, onde há falta de infraestrutura de drenagem e dispositivos de redução de energia da água, aliados a um argissolo vermelho-amarelo suscetível ao processo. Apesar da existência de metas para contenção, o poder público ainda encontra dificuldades para realização das mesmas.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão. Crescimento Urbano. Planejamento Urbano.

1 INTRODUÇÃO

A superfície terrestre passa por diversas modificações geológicas devido aos processos naturais, como as erosões; entretanto, esses processos estão sendo intensificados e acelerados devido à degradação do meio ambiente pelas atividades antrópicas (ROTTA; ZUQUETTE, 2014), as quais incluem o lançamento concentrado de águas servidas e pluviais diretamente no solo exposto.

De acordo com Lepsch (2010) e Rotta e Zuquette (2014), a erosão acelerada é muito comum no Brasil. Gerada também pelo avanço descontrolado da agricultura, causa problemas indiretos e diretos para os habitantes, como assoreamento de cursos d'água e perdas econômicas e sociais.

Para Lepsch (2010), a erosão hídrica é a mais comum no Brasil, se processando pela desagregação do material pelo impacto das águas da chuva ou pelo arrasto, no qual é influenciado pela energia dessa água e pela capacidade de amortecimento do local, por meio da camada de vegetação. As erosões do tipo laminar, sulco, ravina e voçoroca, são as principais erosões hídricas conhecidas.

Quando as primeiras gotas de água entram em contato com o solo há uma ruptura na união das partículas, selando a área e dificultando a infiltração. Com o escoamento difuso ocorre a erosão laminar da área, podendo ou não evoluir e causar os sulcos em concentrações maiores de água. Os sulcos podem originar as ravinas, devido à mudança de escoamento difuso para concentrado, evoluindo em largura, profundidade e comprimento, gerando voçorocas (GUERRA; BOTELHO, 1996; LEPSCH, 2010). Os processos erosivos lineares em áreas urbanas são em grande parte das vezes resultantes da ineficiência das políticas de urbanização e a grande pressão exercida no solo pela interação do homem com a natureza.

A geodiversidade local aliada às ações humanas pode ser um fator determinante para causa de processos erosivos. Segundo Guerra e Botelho (1996) e Lepsch (2010), alguns tipos de solo são mais propensos que outros pelas suas diferenças físicas, como permeabilidade, textura e profundidade, assim como também há a influência da declividade da superfície, que permite menor ou maior transporte do material superficial, e do clima, que proporciona maior ou menor

quantidade e concentração de chuvas. Os argissolos vermelho-amarelos, por exemplo, são mais facilmente erodidos; caso observado no município de Meridiano-SP.

No mapa pedológico do Estado de São Paulo (ROSSI, 2017) observa-se que na área onde a cidade se assenta há predomínio de argissolo vermelho-amarelo ou vermelho eutrófico arênico ou abruptco A moderado ou fraco textura arenosa/média. Os Relatórios Zero das Bacias Hidrográficas Turvo/Grande (TG) e São José dos Dourados (SJD) (IPT, 1999a, 1999b) trazem maior detalhe para o local, caracterizando-o como argissolo¹ vermelho-amarelo eutrófico, abruptco, A moderado, baixa atividade argilosa, textura arenosa/média, com pequena inclusão de argissolo vermelho escuro de mesmas descrições, exceto por também ser não abruptco e possuir textura média.

Bertolani e Vieira (2001) afirmam que argissolos vermelho-amarelos eutróficos estão mais sujeitos a erosões devido à grande variação do horizonte A, pois maior será a saturação do horizonte superficial quanto menor for sua espessura, aumentando as enxurradas. No estudo, os autores verificam que a presença de cobertura vegetal em solo com transição textural abrupta e baixos teores de argila são importantes para preservação do horizonte textural, pois garante maior taxa de infiltração e reduz o transporte dos sedimentos.

O presente artigo busca realizar uma análise temporal da expansão da cidade de Meridiano-SP, com o intuito de identificar os vetores de crescimento e confrontá-los com os processos erosivos advindos da ocupação, por meio de uma comparação das áreas erodidas mapeadas pelo Plano Municipal de Saneamento Básico e seu estado atual, bem como a relação das mesmas com a geodiversidade local.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) da cidade foi instituído pela Lei 1.278 de 15 de agosto de 2019, com objetivo de universalização do acesso aos serviços de saneamento básico (MERIDIANO, 2019). Para tal, estabeleceu princípios baseados nas diretrizes nacionais de saneamento básico da Lei 11.445/2007, a qual cita que o plano pode ser específico para cada serviço de acordo com a necessidade, contendo um diagnóstico de situação e impactos nas condições de vida, objetivos e metas e projetos para cumprimento dos mesmos (BRASIL, 2007). Na elaboração do PMSB de Meridiano foram considerados os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas (MERIDIANO, 2018).

Devido às características naturais do território e aos incrementos de vazões pela ocorrência de chuvas e despejo de águas servidas sem a correta captação, o Plano de Macrodrenagem Rural apontou indícios de aceleração da dinâmica dos processos erosivos lineares na cidade (MERIDIANO, 2015). Não há indicação de quais eram os locais na época, mas acredita-se que os indícios se tornaram erosões vistas no ano de 2018 pelo PMSB (MERIDIANO, 2018). Ao longo do tempo, muitas pesquisas foram realizadas no âmbito nacional e internacional com o intuito de investigar a erosão e sua influência pelo uso e ocupação do solo, como por exemplo os trabalhos de Silva e Guerra (2000), Bezerra *et al.* (2009), Park (2011), Rotta e Zuquette (2014), Sigalos (2016) e Rocha *et al.* (2018).

¹ O texto original descreve o solo como podzólico, no entanto, os argissolos são reclassificações atuais dos solos podzólicos (SANTOS, 2018) e por isso, adotou-se a nomenclatura atual.

Esses fenômenos desenvolvidos na malha urbana são desfavoráveis para o ambiente e população local, pois causam a degradação e trazem prejuízos na economia e segurança. A má administração do solo reflete a necessidade de informações geoambientais para identificação de áreas mais suscetíveis a erosão e tomada de decisão para implementação de ações corretivas.

2 OBJETIVOS

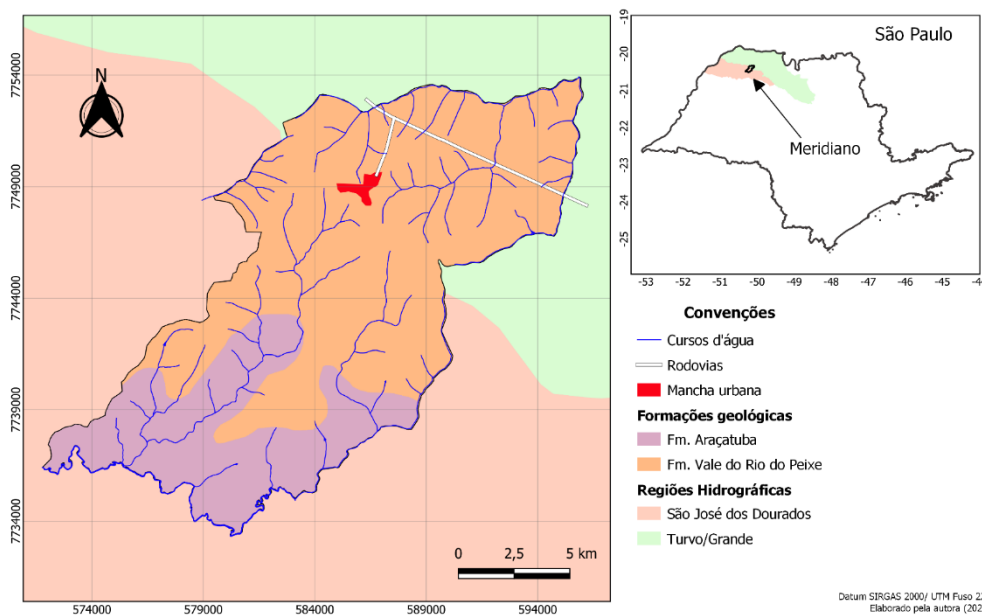
O trabalho objetiva estudar o processo de expansão urbana de Meridiano-SP e confrontar com os processos erosivos existentes e a geodiversidade local, de modo a compreender como o crescimento da cidade e suas características naturais influenciam na formação de erosões.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, Meridiano – SP (Figura 1), se assenta sobre um divisor de águas superficiais, com a parte norte pertencente à Bacia Hidrográfica Turvo/Grande e a sul pertencente à Bacia São José dos Dourados (IGC, 2014). O ponto central da cidade situa-se em latitude 20°21'33" Sul e longitude 50°10'24" Oeste, na região de governo de São José do Rio Preto, com uma área de aproximadamente 228,2 km² (IBGE, 2021) e altitude da área urbana entre 500 m e 520 m.

Figura 1: Localização de Meridiano no Estado de São Paulo e área municipal com rede hidrográfica sobre formações geológicas



Fonte: Autora, 2021.

Com uma média pluviométrica anual de 1.208 mm, Meridiano possui um clima do tipo

Aw segundo a classificação de Köppen, definido como tropical, apresentando temperatura média igual a 22,4°C, com verões chuvosos e quentes e inverno seco, podendo oscilar entre 11,3°C no mês mais frio (junho) e 30,1°C nos períodos mais quentes (outubro a março) (MERIDIANO, 2018). O último censo registrou 3.855 habitantes (IBGE, 2010) e a última estimativa é de 3.813 pessoas no ano de 2021 (IBGE, 2021).

Assim como grande parte do oeste do Estado de São Paulo, o município se encontra no contexto geológico da Província Geológica do Paraná e assenta-se sobre a Bacia Bauru, na qual afloram rochas do Grupo Bauru, sendo o limite sul pertencente à Formação Araçatuba e as regiões central e norte pertencentes à Formação Vale do Rio do Peixe, a qual engloba completamente a mancha urbana (Figura 1). Ambas são sustentadas pelos basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) e possuem características de relevo do tipo colinas dissecadas e morros baixos (FERNANDES; COIMBRA, 2000; CPRM, 2006).

A Formação Araçatuba, mais antiga, aflora no município próximo ao Rio São José dos Dourados, nas cotas topográficas inferiores a 450m. É caracterizada por sucessões de estratos tabulares de siltitos e arenitos muito finos, com coloração cinza-esverdeado, podendo apresentar crostas devido à cimentação carbonática. (FERNANDES, 2004; FERNANDES; COIMBRA, 2000).

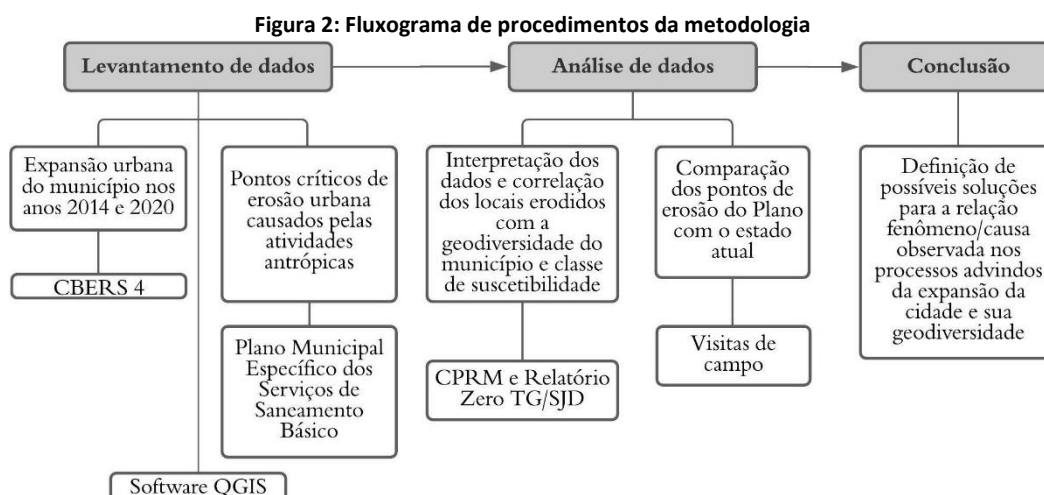
A Formação Vale do Rio do Peixe possui a maior área aflorante dentre todas do grupo Bauru e abrange grande parte da superfície de Meridiano. Possui estruturação tabular com intercalação de arenitos e siltitos/lamitos arenosos e espessura máxima de 100m. Sua composição engloba arenitos muito finos a finos de coloração rosada a alaranjada e seleção boa, camadas tabulares de siltito maciço de cor creme a marrom e lentes de arenito conglomerático com interclastos argilosos ou carbonáticos. (FERNANDES; COIMBRA, 2000; FERNANDES, 2004; CPRM, 2006).

De acordo com a carta geotécnica da mesorregião de São José do Rio Preto (IPT, 1994), Meridiano apresenta terrenos com suscetibilidade a erosão muito alta. Esses terrenos são caracterizados, de maneira geral, pela presença de sulcos e ravinas causados por desmatamento de matas ciliares e cabeceiras de drenagem, escoamento de água superficial concentrado em loteamentos e obras viárias, que podem desenvolver voçorocas, e também pelo intenso assoreamento nos corpos d'água advindos da sedimentação das erosões.

Segundo Gray (2004), a erosão retira o material do seu lugar e o move para outro, modificando-o. Essa deposição enterra os outros materiais que já estavam naquela superfície, que podem novamente sofrer exposição pelo processo de erosão natural ou por processos antrópicos. Com isso, a erosão se torna a principal ameaça para a geodiversidade local.

3.2 PROCEDIMENTOS

A metodologia utilizada consistiu na realização de três etapas, a saber: i) levantamento de dados; ii) análise de dados; iii) considerações finais, como apresentado na Figura 2.



Fonte: Autora, 2021.

Na etapa de levantamento de dados, o crescimento da área de estudo foi obtido por meio de imagens do satélite CBERS 4 nos anos de 2014 e 2020. O período escolhido baseia-se na data mais próxima do ano de lançamento do satélite e a data mais atual, para fins de comparação. Para acesso às imagens, foi necessário realizar um cadastro no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sujeitando-se às condições estabelecidas na licença.

Considerou-se alguns parâmetros básicos para busca dos dados, sendo selecionado o sensor do satélite do tipo Multiespectral Regular (MUX), nível 4 de tratamento de imagem e 10% de cobertura máxima de nuvens. O satélite possui uma resolução espacial de 20 m com bandas espectrais azul, verde, vermelho e infravermelho próximo (EMBRAPA TERRITORIAL, 2018).

Foram utilizadas duas metodologias para delimitação de perímetro urbano, sendo a primeira por meio de interpretação automatizada, onde o tratamento das imagens foi feito no software QGIS, seguindo parte da metodologia de Sousa *et al.* (2020) que propõe a realização de classificação supervisionada semi-automática com uso do plugin SCP (Semi-Automatic Classification Plugin), que:

[...] consiste na atribuição de classes de uso e ocupação do solo através de uma amostra de pixels selecionada por um operador na imagem de satélite, ou seja, o operador escolhe a amostra para representar uma determinada classe e o algoritmo calcula pelas características da amostra quais pixels dentro da imagem pertencerão à aquela classe (SOUSA *et al.*, 2020, p. 65026).

A atribuição de classes foi feita da seguinte forma: área urbana, campo, floresta, solo exposto, água e nuvem, com mínimo de oito amostras cada. Utilizou-se uma composição falsa-cor natural simulada R3G4B1 para melhor destaque da área urbana nesse processo.

A segunda metodologia foi utilizada com a composição falsa-cor natural R3G2B1, onde criou-se um arquivo shapefile para inserção manual da camada vetorial da área urbana, para os dois períodos de análise, de modo a criar a sobreposição entre os mesmos. O procedimento

consistiu em criar um polígono sobre as imagens do CBERS 4, com contorno correspondente ao limiar da mancha urbana nas duas datas analisadas.

Ainda na etapa de levantamento de dados, apresentou-se os pontos de erosão urbana do município de Meridiano identificados no PMSB (MERIDIANO, 2018) e o número de erosões total (urbana e por sub-bacia) levantadas pelo Relatório Zero das Bacias Hidrográficas (IPT, 1999a, 1999b) para verificação da hipótese de aumento de processos erosivos ao longo do tempo.

A interpretação das informações coletadas anteriormente foi percorrida na etapa de análise de dados, onde também realizou-se uma comparação dos pontos erodidos detectados com a situação atual através de visitas de campo, correlacionando-as com a geodiversidade local, por meio das características da área de estudo previamente abordadas e pelas informações contidas no Mapa geodiversidade do Estado de São Paulo (CPRM, 2009) e classe de suscetibilidade frente ao processo, segundo a interpretação do Relatório Zero dos Comitês das Bacias Hidrográficas Turvo/Grande (IPT, 1999a) e Rio São José dos Dourados (IPT, 1999b).

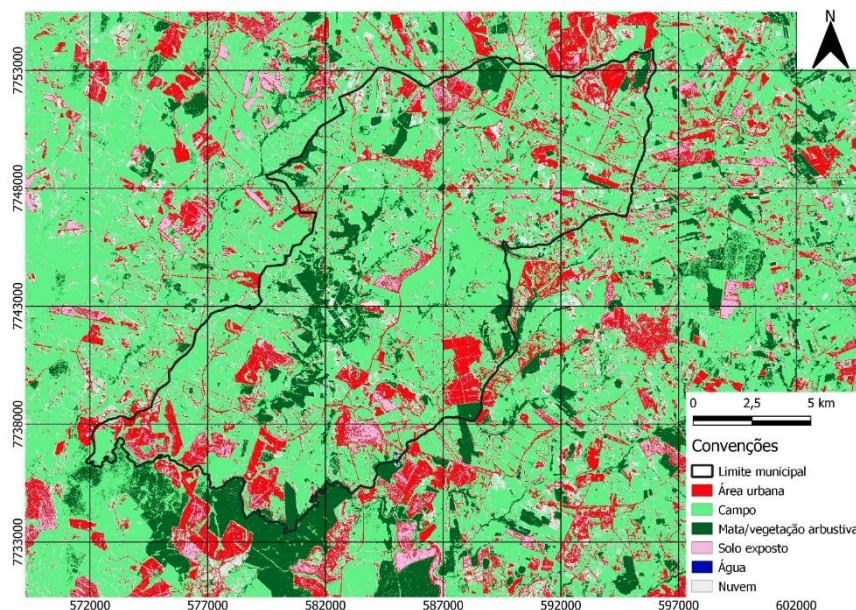
As considerações finais apresentam as principais discussões, além das sugestões, propostas de melhorias e soluções referentes ao tema abordado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o processo de composição de cor, executou-se a classificação supervisionada, apresentada na Figura 3.

É possível verificar que houve uma dificuldade de separação automática entre as classes definidas, percebida pela mistura de cores de solo exposto e área urbana, e solo exposto e vegetação. Entretanto, é interessante prosseguir com a pesquisa de uso do solo com a correção do erro observado, bem como a visita dos pontos do município para confirmação das informações das imagens de satélite, fazendo uma maior validação de campo. Dessa forma, outro método foi utilizado para estudo da expansão urbana nas imagens do satélite.

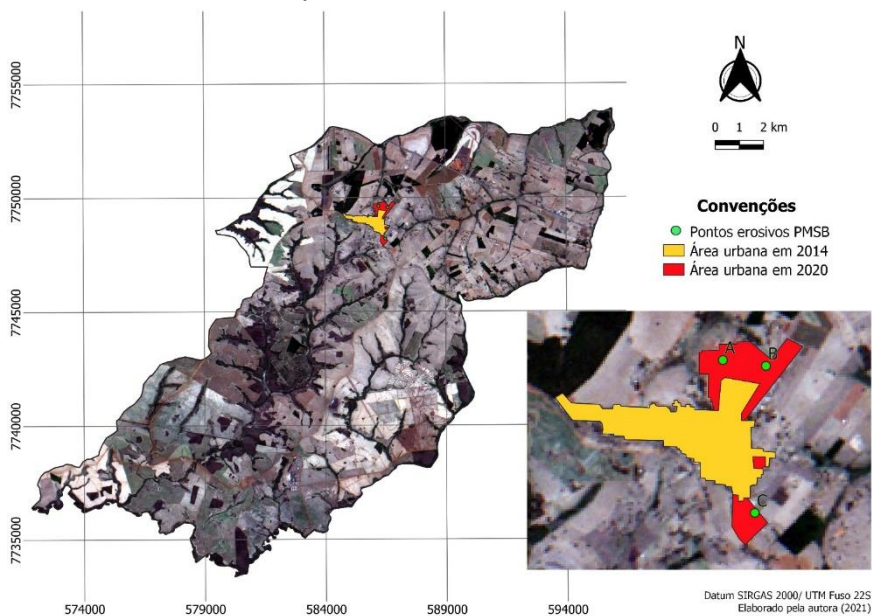
Figura 3: Classificação do uso solo SCP com imagem CBERS 4 de 27/12/2014



Fonte: Autora, 2021.

O resultado da segunda metodologia de composição de cor das imagens e delimitação dos perímetros encontra-se na Figura 4.

Figura 4: Área urbanizada de Meridiano-SP em 2014 e 2020 e pontos de erosão identificados pelo Plano Municipal de Saneamento Básico em 2018



Fonte: Autora, 2021.

Este procedimento se demonstrou suficiente para o estudo em questão, visto que o intuito era compreender o processo de expansão urbana. Percebe-se que os vetores de crescimento da cidade de Meridiano se concentram ao Norte e ao Sul da mancha urbana. Pelo

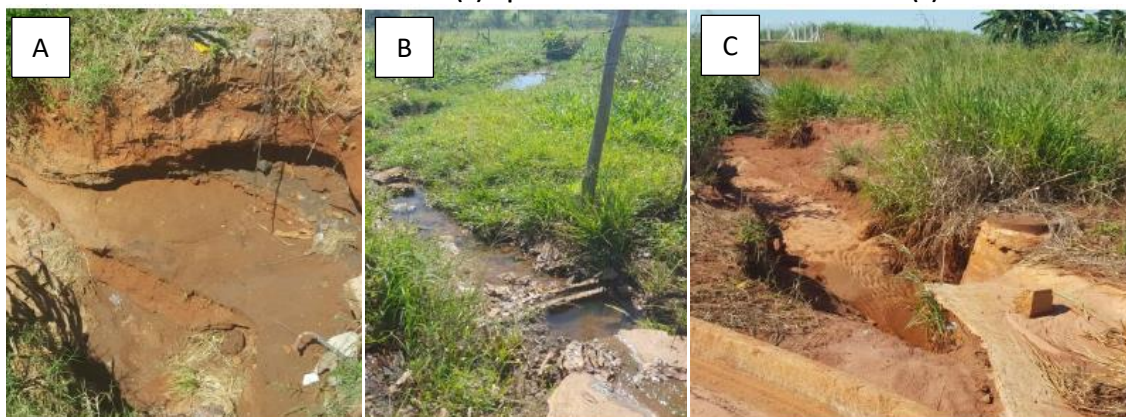
cálculo de áreas, estima-se que a mancha possuía 80 hectares em 2014 e foi ampliada para 120 hectares em 2020.

Algumas ressalvas devem ser tomadas pois o método adotado para delimitação do contorno apresenta imprecisões devido ao limite de resolução espacial das imagens; ao ampliá-la no software há uma distorção, indicando a necessidade de imagens de maior resolução para melhor compreensão do processo de expansão e morfologia do município ao decorrer do tempo.

Em um segundo momento foram inseridos os pontos de erosão sobre as imagens e comparadas as localizações com as expansões urbanas.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (MERIDIANO, 2018) identificou três pontos de erosão na área urbana de Meridiano, que foram nomeados de ponto A, ponto B e ponto C, localizados, respectivamente, na intercessão da Rua Euclides Polizeli com a Avenida Tadao Tobita (Figura 5A) e com a Rua Donato Marcelo Balbo (Figura 5B) e no prolongamento da Rua São José, dentro do novo loteamento Barreto (Figura 5C).

Figura 5: Processo erosivo Rua Euclides Polizeli com a Avenida Tadao Tobita (A), processo erosivo Rua Euclides Polizeli Rua Donato Marcelo Balbo (B) e processo erosivo no loteamento Barreto (C) em 2018



Fonte: Modificado de Meridiano, 2018.

Os pontos de erosão identificados se encontravam nas extremidades da mancha urbana, em locais mais baixos, e por este motivo trabalhavam como receptores do escoamento superficial, o qual não era controlado por nenhum tipo de medida estrutural. O acúmulo de água sem devida captação iniciou o processo de ravinamento.

A Figura 6 e a Figura 7 mostram recortes de imagem de satélite do software Google Earth dos pontos A, B e C no ano de elaboração do mapeamento das erosões (MERIDIANO, 2018) e atualmente.

Figura 6: Imagem de satélite dos pontos A e B em 2018 e 2021 e sentido de caimento do terreno



Fonte: Google Earth Pro, 2021.

Os pontos A e B pertencem à zona norte da cidade, local que iniciava sua expansão (presença da delimitação das vias a serem implantadas em 2018). Em 2021, algumas ruas já estão pavimentadas e é possível detectar a construção do empreendimento habitacional de interesse social MERIDIANO-F.

Figura 7: Imagem de satélite do ponto C em 2018 e 2021 e sentido de caimento do terreno



Fonte: Google Earth Pro, 2021.

O ponto C pertence à zona sul e já possuía arruamento em 2018, entretanto, não havia pavimentação. Em 2021, nota-se que todas as vias foram pavimentadas e há maior presença de vegetação próximo ao local analisado.

Por meio de uma interpretação é possível concluir que as áreas erodidas da Figura 6 e Figura 7 concentram-se exclusivamente nos locais onde a mancha urbana se expandiu, como visto na Figura 4.

Segundo as observações do PMSB, a dissipação final do escoamento não atendia a vazão máxima calculada e por isso, não poderia contribuir com a demanda futura, necessitando de soluções para resolução do problema encontrado. Também constataram que não há um padrão para projetos de drenagem pluvial e sistema viário, bem como legislação específica de uso e ocupação do solo, impossibilitando a correta execução das obras e adoção de medidas mitigadoras para controle do grau de permeabilidade e impactos sobre o sistema (MERIDIANO, 2018).

Atualmente, o ponto erosivo A anteriormente identificado é inexistente (Figura 8). Há indícios de movimentação de terra recente, o que remete à constante necessidade de deter seu

avanço, já que o local ainda não conta com nenhum sistema de captação do escoamento superficial.

Figura 8: Estado atual do ponto de erosão A



Fonte: Autora, 2021.

O ponto erosivo B (Figura 9) teve um avanço considerável, pois houve retirada da camada de vegetação para construção do empreendimento habitacional de interesse social MERIDIANO-F. O fato da nova rua ainda não estar pavimentada seria favorável à infiltração, diminuindo a velocidade da água escoada, todavia, como a área é receptora, a água se concentra, facilitando a erosão linear e requer cuidados por parte dos órgãos públicos para futura instalação de bocas-de-lobo e dissipadores de energia, necessários para conduzir as vazões superficiais para as galerias e evitar o alagamento e águas paradas.

Figura 9: Estado atual do ponto de erosão B



Fonte: Autora, 2021.

A erosão no ponto C também é inexistente sendo o local que mais recebeu atenção para remediação dos processos erosivos, como pode ser identificado na Figura 10.

Figura 10: Estado atual do ponto de erosão C; obras de coleta e redução de velocidade da água



Fonte: Autora, 2021.

Percebe-se que o terreno foi regularizado e contém maior presença de vegetação, dificultando a remoção do solo, principalmente nas épocas chuvosas. Ademais, uma boca-de-lobo foi instalada e construiu-se um barramento, o que auxiliou no processo de captação do escoamento superficial e impediu que o mesmo causasse danos nas outras áreas, visto que a rua não tem saída e a descarga seria feita diretamente no solo.

Não foram encontrados outros pontos erosivos nas áreas de expansão, mas apesar disso e da resolução estrutural de alguns dos problemas, temporária ou não, é necessária adoção de medidas não estruturais para gestão do uso do solo, como a padronização dos projetos viários e de drenagem, bem como a fiscalização de áreas que podem estar sujeitas a descarga de água.

Segundo a CPRM (2006, 2009), quando os arenitos da unidade geológica na qual a mancha urbana está inserida passam pelo processo de intemperismo, podem gerar solos residuais potencialmente erodíveis, pois a sua constituição é predominantemente areno-quartzosa e areno-siltico-argilosa, ocasionando a formação de sulcos, ravinas e voçorocas.

O Relatório Zero das Bacias (IPT, 1999a) indica que em 1999 Meridiano continha um ponto de erosão na Bacia Turvo/Grande e vinte e três erosões na Bacia São José dos Dourados, totalizando vinte e quatro erosões. Essa discrepância ocorre devido à maior área do município estar na Bacia São José dos Dourados, mesmo a sede pertencendo a outra UGRHI (Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos). Não houve relato de erosão urbana.

Já no mapeamento realizado pela Prefeitura Municipal em 2018 foram identificados onze pontos de erosão a nível macro, a jusante e a montante de cursos d'água e a jusante de linhas de drenagem, próximo das pontes. Esses locais estiveram sempre sujeitos ao tráfego de veículos pesados e as ações antrópicas; problema que já havia sido diagnosticado pelo Plano De Macrodrenagem Rural De Meridiano. Quanto à área urbana, três pontos foram levantados, assim como mencionado anteriormente (MERIDIANO, 2015, 2018).

Meridiano tem poucos processos erosivos, considerando que há dezenove entre o levantamento do Relatório Zero das Bacias e o PMSB. No entanto, constata-se que o número de erosões urbanas aumentou, resultado do processo de expansão desordenado e mal-uso do solo. Os pontos A, B e C são todos pertencentes à área periférica e produtos de uma gestão ineficiente da captação do escoamento superficial da cidade que, aliado ao tipo de solo no qual está inserido, pode se agravar e prejudicar a segurança da população e a economia local.

De acordo com a sobreposição dos mapas na escala 1:250.000 elaborados pelos Comitês das Bacias Hidrográficas Turvo/Grande e Rio São José dos Dourados para confecção Relatório Zero, Meridiano encontra-se em um território com grande suscetibilidade à erosão, sendo a área urbana pertencente à classificação muito alta, com incidência de erosão laminar intensa e acelerada.

Além disso, os solos residuais advindos das rochas areníticas possuem características friáveis, permeáveis e, conseqüentemente, erodíveis. A característica de um solo poroso e permeável pode também expor a área à contaminação, devido a sua baixa capacidade de reter e eliminar poluentes (CPRM, 2009) e este ponto merece estudos futuros.

Diante das constatações, retoma-se que pelas características geológicas locais é importante a realização de obras para um controle dos processos erosivos e a implementação de instrumentos para ordenamento da expansão da cidade e o desenvolvimento da drenagem urbana.

O PMSB (MERIDIANO, 2018) pontuou diversos fatores a serem considerados para sistema de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, tanto estruturais (limpeza da rede de microdrenagem, periodicidade da realização e obras necessárias), quanto não estruturais (criação de entidade para controle e desenvolvimento da drenagem urbana, recomendações de ações gerenciais e elaboração um serviço de verificação e análise de projetos). Todavia é verificado que ainda há um caminho longo a ser percorrido para recuperação e prevenção de erosões.

Estas constatações apresentadas visam à orientação para a população e o Poder público para melhoria das medidas adotadas na contenção das erosões urbanas, além de dar suporte para um breve conhecimento da geodiversidade e sua implicação na formação desses processos. Estudos mais aprofundados devem ser realizados de modo a proporcionar um maior detalhamento das características geoambientais e assim, garantir maiores informações para manejo do uso e ocupação do solo.

5 CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou a verificação de como a questão dos processos erosivos vem sendo inserida na urbanização do município de Meridiano-SP e como vem sendo tratada. As concentrações dos pontos de erosão estão na área de expansão da cidade, provando a necessidade de adoção de medidas construtivas para captação e dissipação das águas pluviais e águas servidas nos novos loteamentos, como dissipadores de energia e bocas-de-lobo, itens que devem seguir de uma padronização em diretrizes e projetos para saneamento.

O Plano Municipal de Saneamento Básico mostrou-se completo, pois pontuou os problemas detectados e propôs melhorias a partir da descrição de ações a serem efetuadas e detalhamento de estruturas de galerias e dissipadores de energia. No entanto, ainda é um desafio para o Poder público a adoção de medidas de contenção do fenômeno, como pode ser observado pelas visitas aos pontos de erosão e o seu estado atual.

As características geológicas e geotécnicas da cidade, como material superficial residual da Formação Vale do Rio do Peixe, de composição areno-quartzosa e areno-siltico-argilosa, solos locais do tipo argissolos vermelho-amarelo, abruptico, relevo de colinas médias e

até mesmo a vegetação local (rasteira; campos de agricultura/pastagem) são favoráveis à formação de erosão, seja por forças naturais ou por interferências do ser humano. Por isso, ter conhecimento da geodiversidade local pode ser uma ferramenta útil de gestão, capaz de fornecer dados suficientes para determinar a vulnerabilidade ou potencialidade de uma área.

O estudo de expansão da área urbana com as imagens do CBERS 4 se mostrou eficiente, porém o processo de vetorização da área urbana não é preciso para delimitação de todas as classes de uso do solo, pois a resolução espacial e composição de cor limitam a atividade. Além disso, para classificação supervisionada a composição utilizada não foi eficiente para delimitação da área urbana e distinção das demais áreas. Em futuras etapas da pesquisa será buscada a realização de um estudo de ocupação do solo por meio da classificação supervisionada com a correção de erros e a utilização de imagens de outros satélites com maior resolução espacial para acompanhamento das mudanças na estrutura urbana e nas diferentes classes de uso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Mestre em Eng. Urbana Ileana Osório Acosta pela revisão de termos técnicos geológicos e escrita em espanhol. Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financiador 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOLANI, F. C.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da taxa de infiltração de água e da espessura do horizonte A, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 4, p. 987-995, 2001. DOI 10.1590/S0100-06832001000400021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/YWThqjjLHcvMVH3WrVDkRqp/abstract/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 06 ago. 2021.

BEZERRA, M. A. *et al.* Análise geoambiental da região de Marília, SP: suscetibilidade a processos erosivos frente ao histórico de ocupação da área. **Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 425-440, 2009. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/3677>. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF: Casa Civil, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 6 set. 2021.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa geodiversidade do Estado de São Paulo**. Escala 1:750:000. São Paulo: CPRM, 2009. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/14713>. Acesso em: 26 jul. 2021.

_____. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:750:000. São Paulo: CPRM, 2006. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/2966>. Acesso em: 26 jul. 2021.

EMBRAPA TERRITORIAL. **Satélites de Monitoramento**. Campinas, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>. Acesso em: 25 ago. 2021.

FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 55, 2004, p. 53-66. DOI 10.5380/geo.v55i0.4283. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geociencias/article/view/4283>. Acesso em: 08 set. 2021.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 30, n. 4, p. 723-734, 2000. DOI 10.25249/0375-7536.2000304717728. Disponível em: <http://papegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/10990/10444>. Acesso em: 28 jul. 2021.

GNU General Public License. **QGIS**: A Free and Open Source Geographic Information System. Versão 3.16. Disponível em: <https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>. Acesso em: 26 ago. 2021.

GOOGLE EARTH PRO. **Versão 7.3**. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/versions/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

GRAY, M. **Geodiversity**: valuing and conserving abiotic nature. Chichester: John Wiley and Sons, 2004. 434 p.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, publicação online, v. 19, p. 93-114, 1996. DOI 10.11137/1996_0_93-114. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/index.php/aigeo/article/view/6168>. Acesso em: 22 ago. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=35&dados=1>. Acesso em 20 set. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 20 maio 2021.

IGC – INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO. **Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo**. São Paulo: IGC, 2014. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/produtos/ugrhi.html>. Acesso em: 20 maio 2021.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Catálogo**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Carta geotécnica do Estado de São Paulo**. 1. ed. São Paulo: IPT, 1994. Escala 1:500.000. Folha São José do Rio Preto.

_____. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande - Relatório Final nº 45.015**. São Paulo: IPT, 1999a.

_____. **Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Rio São José dos Dourados - Relatório Final nº 45.675**. São Paulo: IPT, 1999b.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010. *E-book* (216 p.).

MERIDIANO. **Lei nº 1278, de 15 de agosto de 2019**. Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico e dá outras providências. Meridiano: Câmara Municipal, 2019.

MERIDIANO. Prefeitura Municipal. **Plano de macrodrenagem rural de Meridiano**. Meridiano: EGATI Engenharia, 2015.

_____. Prefeitura Municipal. **Produto 4 (P4) - Plano Municipal Específico Dos Serviços De Saneamento Básico Município: Meridiano, UGRHI 15, Água/Esgoto/Drenagem Urbana, Lote 4**. Meridiano: Secretaria de Estado de Saneamento e Recursos Hídricos de São Paulo, ENGECORPS, MAUBERTEC, 2018.

PARK, S. *et al.* Soil erosion risk in Korean watersheds, assessed using the revised universal soil loss equation. **Journal of Hydrology**, v. 399, n. 3-4, p. 263-273, 2011. DOI 10.1016/j.jhydrol.2011.01.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411000187>. Acesso em: 24 ago. 2021.

ROCHA, W. S. *et al.* Erosão urbana: microbacia do Córrego Olho D'água, município de Goiânia, Goiás. **Revista Baru-Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 4, n. 1, p. 64-76, 2018. DOI 10.18224/baru.v4i1.6202. Disponível em: <http://revistas.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/view/6202>. Acesso em: 24 ago. 2021.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. v. 1 rev. e aum. São Paulo: Instituto Florestal, 2017. 118p. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/2017/09/mapa-pedologico-do-estado-de-sao-paulo-revisado-e-ampliado/>. Acesso em: 06 ago. 2021.

ROTTA, C. M. S.; ZUQUETTE, L. V. Erosion feature reclamation in urban areas: typical unsuccessful examples from Brazil. **Environmental Earth Sciences**, published online, n. 72, p. 535-555, 2014. DOI 10.1007/s12665-013-2974-y. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-013-2974-y>. Acesso em: 22 ago. 2021.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e aum. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1107206/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 06 ago. 2021.

SIGALOS, G. *et al.* Soil erosion and degradation in a rapidly expanding industrial area of Eastern Mediterranean basin (Thriasio plain, Greece). **Nat Hazards** v. 82, n. 3, p. 2187-2200, 2016. DOI 10.1007/s11069-016-2288-y. Disponível em: <https://link-springer-com.ez31.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007%2Fs11069-016-2288-y#citeas>. Acesso em: 24 ago. 2021.

SILVA, J. E.; GUERRA, A. J. T. Análise da expansão urbana e das modificações no uso do solo nas sub-bacias do Rio Tintiba e do Córrego do Catonho, Jacarépaga, RJ e suas implicações sobre a erosão do solo. **Sociedade & Natureza**, v. 12, n. 24, p. 5-20, 2000. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/28792>. Acesso em: 23 ago. 2021.

SOUSA, B. A. A. *et al.* Análise do crescimento urbano da cidade de Cajazeiras-PB através de imagens do RapidEye. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 65020-65033, 2020. DOI 10.34117/bjdv6n9-075. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/16120>. Acesso em: 24 jul. 2021.