



O USO DO GEOPROCESSAMENTO COMO INSTRUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: O CASO DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TIMBURI, PRESIDENTE PRUDENTE-SP

Emanuela Sanches Moreira ¹
Leonardo da Silva Thomazini ²

RESUMO

Os processos erosivos ocorrem de forma natural, possibilitando a esculturação do relevo. No entanto, a intervenção humana no meio ambiente, em busca de suprir necessidades do modo de produção capitalista, acelera esses processos, fazendo com que a natureza perca sua capacidade de recuperação. É o caso de áreas que possuem como principal atividade econômica a agropecuária, que, se realizada sem manejo do solo, aliada às vulnerabilidades naturais do ambiente, resultam em sulcos, ravinas e voçorocas, sendo necessárias ações de recuperação do solo. Pensando nisso, o presente artigo propõe uma análise de como técnicas de geoprocessamento podem auxiliar na identificação de áreas degradadas, usando como ferramenta o mapa de concentração do escoamento superficial pluvial, além dos mapas clinográfico e de cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental do Timburi, Presidente Prudente, SP. Os mapas serão utilizados a fim de identificar padrões que justifiquem os focos erosivos presentes na área de estudo, a qual foi escolhida por ser a primeira APA do município, por apresentar grande diversidade biótica e abiótica e ser enquadrada como uma área de alta vulnerabilidade ambiental. Ao final dessa análise, compreenderemos que aspectos sociais e ambientais são indissociáveis, uma vez que as características físicas da APA, por si só, proporcionam a formação de focos erosivos. No entanto, a ação humana, por meio da agropecuária, intensifica o surgimento dos mesmos, sobretudo pela compactação do solo em decorrência do pisoteio do gado, o que faz com que a concentração do escoamento superficial seja maior.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Escoamento Superficial, Processos Erosivos, Área de Proteção Ambiental, Presidente Prudente.

ABSTRACT

Erosive processes occur naturally, enabling the relief to be sculpted. However, human intervention in the environment, seeking to meet the needs of the capitalist mode of production, accelerates these processes, causing nature to lose its ability to recover. This is the case of areas whose main economic activity is agriculture and livestock, which, if carried out without soil management, combined with the natural vulnerabilities of the environment, result in furrows, ravines and gullies, requiring soil recovery actions. With this in mind, this article proposes an analysis of how geoprocessing techniques can help in the identification of degraded areas, using as a tool the rainfall surface runoff concentration map, in addition to the clinographic and land cover and land use maps of the Environmental Protection Area of Timburi, Presidente Prudente, SP. The maps will be used in order to identify patterns that justify the

¹ Mestranda no Programa de Pós Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e tecnologia da Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP, emanuela.sanches@unesp.br;

² Pós-doutorando no Programa de Pós Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e tecnologia da Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP, l.thomazini@unesp.br;



erosive foci present in the study area, which was chosen for being the first EPA in the municipality, for presenting great biotic and abiotic diversity and being classified as an area of high environmental vulnerability. At the end of this analysis, we will understand that social and environmental aspects are inseparable, since the physical characteristics of the APA, by themselves, provide the formation of erosive focuses. However, human action, through agriculture, intensifies their emergence, especially due to soil compaction as a result of cattle trampling, which makes the concentration of runoff greater.

Keywords: Geoprocessing, Superficial Flow, Erosive Processes, Environmental Protection Area, Presidente Prudente.

INTRODUÇÃO

Os processos erosivos ocorrem há milhões de anos de forma natural, sendo um fator essencial na esculturação do relevo, na formação de solos aluviais e das rochas sedimentares. Porém, o modo de produção capitalista passou a demandar o intenso uso da terra, ocasionando a aceleração e intensificação da ocorrência de feições erosivas, causando a degradação dos solos (OLIVEIRA, 2014).

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999), a erosão de solos é um fenômeno natural, onde acontece a desagregação, remoção e transporte de partículas do solo pela ação combinada da gravidade, da água, do vento e de animais. No entanto, o uso e manejo inadequados nas atividades agropecuárias agrava as taxas de perda de solos, de estabilidade e fertilidade dos mesmos (GUERRA e JORGE, 2013).

Nunes *et al.* (2006) discorrem, ainda, que o problema da erosão se deve ao fato de que a mesma ocorre de forma seletiva, uma vez que são carregadas, primeiramente, as partículas ativas no solo, como argila e matéria orgânica, responsáveis pelo transporte de nutrientes para as plantas. Isso reduz a fertilidade do solo, afetando diretamente a capacidade produtiva, a economia e a sociedade.

Pensando nisso, o presente artigo³ tem como objetivo analisar o uso de técnicas de geoprocessamento no auxílio da identificação de áreas degradadas a partir do mapa de escoamento superficial. Também serão utilizados os mapas clinográfico e de cobertura e uso da terra (MOREIRA *et al.*, 2020), a fim de encontrar padrões que justifiquem os focos erosivos ocorrentes na área de estudo.

³ Este trabalho é um recorte do trabalho de conclusão de curso publicado por Moreira (2021), o qual esteve vinculado ao Projeto Regular FAPESP “Recuperação de áreas degradadas da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente/SP” processo: 2019/12164-4 (NUNES, 2019).



O objeto de estudo compreende a Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi (APA do Timburi), localizada no município de Presidente Prudente, estado de São Paulo, com coordenadas geográficas aproximadas de 22°00'00"S e 51°22'00"O.

A APA do Timburi é composta por dois bairros rurais, o Timburi e o Primeiro de Maio, totalizando uma área de 4.608,2 hectares, com cerca de 82 propriedades rurais e economia baseada na agropecuária, com predomínio de pastagens (DONATON, 2013). De acordo com Nunes (2019), o local apresenta grande diversidade biótica e abiótica, com 127 fragmentos de matas residuais, 118,89 km de rede de drenagem e está inserido no contexto geológico da morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, com predomínio de arenitos da Formação Adamantina, pertencentes ao Grupo Bauru (IPT, 1981).

A transformação dos dois bairros em Área de Proteção Ambiental é tida como uma conquista histórica da comunidade local, a qual se mostrou contrária a implementação de um aterro sanitário particular na Fazenda Santa Apolônia, localizada no bairro Timburi. Foram então realizados estudos de impacto da área, comprovando que a mesma possui alta vulnerabilidade ambiental, proibindo a construção do empreendimento citado.

Além disso, foi homologada a Lei Complementar nº 235 (PRESIDENTE PRUDENTE, 2019), que dispôs da criação da primeira Área de Proteção Ambiental do município, com base na extrema importância de preservação dos aspectos bióticos, abióticos e culturais, presentes neste recorte territorial.

De acordo com Moreira *et al.* (2020), geomorfologicamente, a APA do Timburi é dividida em três compartimentos de relevo, que são: topos suavemente ondulados das colinas convexizadas; domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas; e planícies aluviais e alvéolos. Os autores registraram setenta e oito feições erosivas, das quais mais de 60% encontram-se nas superfícies de curvaturas côncavas, já que essa característica condiciona o escoamento superficial de maneira concentrada.

Além disso, a APA possui a maior parte de seu território em declividades menores que 10%, estando a maior porcentagem de feições erosivas nas declividades entre 5 e 10%, enquanto as maiores declividades estão nas vertentes íngremes em direção aos fundos de vale. Ainda, pode-se observar que a maior porcentagem da área é coberta por pastagens e culturas agrícolas, sem aplicação de técnicas adequadas de manejo e conservação do solo, o que propicia a ocorrência de processos erosivos (MOREIRA, *et al.*, 2020).

Moreira (2021) aponta que o grande número de ocorrências erosivas se dá, principalmente, “pelo escoamento das águas da chuva em superfícies descobertas de vegetação nativa, as quais, muitas vezes, foram pisoteadas pelo gado” (MOREIRA, 2021, p. 14) e, ainda,



que “é possível que as águas pluviais escoam das partes mais altas em direção aos fundos de vale, gerando ravinas a partir da energia do escoamento agindo sobre o solo exposto e compactado” (MOREIRA, 2021, p. 56).

Pensando nisso, consideramos de suma importância fazermos uso dos produtos gerados pelas técnicas de geoprocessamento aplicadas anteriormente, a fim de interpretar um conjunto específico de mapas, confrontando suas feições para identificar padrões entre três diferentes mapas, no que se refere a ocorrência de feições erosivas.

Serão detalhados, apresentados e analisados os mapas de escoamento superficial, clinográfico e de cobertura e uso da terra da APA do Timburi, fazendo do geoprocessamento um instrumento na compreensão de estudos geomorfológicos, sobretudo na identificação de áreas degradadas.

Conforme Fitz (2008), o geoprocessamento consiste em um conjunto de tecnologias utilizadas para análise e manipulação de dados georreferenciados, a fim de modernizar os antigos mapas traçados em lâminas transparentes. Essa modernização se deu a partir do desenvolvimento da ciência espacial, no advento da Guerra Fria, o que acarretou na escalada da tecnologia da Informática, tornando possível a representação e o armazenamento de dados cartográficos em ambiente computacional (FUSHIMI; NUNES, 2016). Fushimi e Nunes (2016), mostram que o avanço das técnicas computacionais na Geografia proporcionou a utilização de instrumentos cartográficos importantes em estudos ambientais na paisagem urbana e rural.

Sendo assim, o geoprocessamento e a cartografia são ferramentas importantes na identificação de áreas degradadas, bem como na análise dos fatores que levaram a tais condições, auxiliando na implementação de práticas de recuperação de áreas ou, ainda, na prevenção e manejo das mesmas. Um exemplo disso é a identificação de focos erosivos lineares e suas possíveis causas.

Um dos principais fenômenos físicos que age diretamente na esculturação do relevo é a descarga hídrica proveniente de precipitações, sobretudo em ambientes de clima quente e úmido (MATHIAS; LUPINACCI; NUNES, 2020). Ou seja, o fluxo de escoamento superficial ocorre nas formas de filetes, lençol, laminar e, quando concentrado, linear, sendo este último responsável pelo desenvolvimento dos processos erosivos lineares, tais como os sulcos, ravinas e voçorocas. Mathias, Lupinacci e Nunes (2020) expõem também que esse processo depende das características físicas da paisagem, como a geologia, pedologia, geomorfologia, clima e vegetação, bem como a topografia, responsável pelo comportamento hidrológico das vertentes.



Fushimi e Nunes (2019) afirmam que sulcos, ravinas e voçorocas são decorrentes da interação entre a água da chuva e o substrato rochoso, o relevo, a cobertura vegetal, o uso da terra e o solo. Ou seja, a água em contato com formações rochosas de arenito removerá maior quantidade de material sedimentar; a precipitação em topos de colinas aplainadas terá predomínio de infiltração, enquanto que em vertentes íngremes prevalecerá o escoamento e o impacto das gotas de chuva sobre o solo descoberto de vegetação, acarretando no efeito “*splash*” e gerando a “erosão por salpicamento” (FUSHIMI E NUNES, 2019).

Conforme Moreira *et al.* (2020), quando o solo sofre o impacto direto do efeito “*splash*”, a água que infiltra, aumentando a umidade que pode saturar o solo de acordo com a intensidade e volume da chuva, resultando no escoamento superficial. Quanto maior a concentração do escoamento, mais profundo se torna o canal em que essa água escoar, resultando a longo prazo em sulcos e ravinas que, se não forem estabilizados, podem evoluir para voçorocas, dificultando a contenção (GUERRA, SILVA e BOTELHO, 1999).

No entanto, no decorrer deste trabalho será possível compreender que outros aspectos podem prevalecer sobre a concentração do escoamento superficial na formação de focos erosivos, como a declividade e o uso e cobertura da terra, como é o caso da APA do Timburi. Por isso, salientamos a importância do geoprocessamento na identificação das feições erosivas e de suas possíveis causas.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram analisados os mapas de escoamento superficial, clinográfico e de cobertura e uso da terra (MOREIRA *et al.* 2020; MOREIRA, 2021) da APA do Timburi com a identificação dos focos erosivos lineares e a comparação analítica entre eles. Além disso, foram realizados trabalhos de campo na área, a fim de confirmar as feições representadas cartograficamente.

Carta de escoamento superficial

O desenvolvimento dos processos erosivos lineares pode estar associado ao fluxo do escoamento superficial juntamente com as características de uso e ocupação da terra, uma vez que determinadas atividades econômicas, como a pecuária e a agricultura intermitente, podem, respectivamente, concentrar o escoamento por meio da compactação do solo no pisoteio do gado e no solo exposto nos períodos entre safra. Com isso, buscou-se a elaboração da carta de concentração do escoamento superficial da área de estudo.



Para tal identificação, seguindo o método de fluxo múltiplo (*multiple flow*), realizou-se o mapeamento de Transferência de Fluxo Distribuída ou Fluxo Distribuído, o qual permite calcular áreas contribuintes de fluxos superficiais a montante de uma área, tendo o fator declividade como principal parâmetro dos cálculos, por ser este, a principal variável-controle na determinação das zonas de saturação (RAMOS *et. al.*, 2003 apud FONTES, 2009).

Assim, Fontes (2009) salienta que,

[...] tal método gera uma espacialização das áreas de contribuição que corresponde à tendência do percurso do escoamento em condições naturais. Oferece também recursos para verificar o fluxo diante de barreiras artificiais e incorpora influências de movimentações de terra em função da urbanização se estiverem descritas na base topográfica. (FONTES, 2009, p.150)

Então, tendo em vista que a base cartográfica utilizada nessa pesquisa apresenta as alterações antrópicas do relevo provocadas pelo processo de urbanização, o resultado ratificou as considerações de Fontes (2009) e Moraes *et. al* (2014), mostrando-se de grande valia para o cumprimento dos objetivos.

O procedimento metodológico baseia-se numa matriz gerada a partir da base cartográfica, inserida no software *ArcGis* para gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT) pela ferramenta *Topo to Raster – Spatial Analyst*, tendo como base as curvas de nível, drenagens e os pontos cotados. A fim de avaliar os desvios do escoamento superficial gerados pela ação antrópica, originados pelos arrumamentos, criou-se um arquivo (*shapefile*), combinando as drenagens fluviais com as pluviais e aquelas formadas pela concentração dos arruamentos. As feições (formato linha) deste novo arquivo devem apresentar a orientação do fluxo das drenagens, ou seja, os inícios das drenagens devem coincidir com o início de desenho das feições, assim como o seu fim deve representar o exutório das drenagens.

Cabe ressaltar que foram efetuados diversos testes na realização do MDE, como apresentado por Moraes *et. al* (2014) e que, diante da escala da base cartográfica e dos resultados obtidos, o MDE gerado com células 15x15m, ou seja, com cada pixel equivalente a 225m² no terreno, mostrou-se satisfatório, apresentando clareza dos dados.

Após a geração do MDE, esse é adicionado no programa *Arc View* para modelar os fluxos de escoamento (*Flow*), por meio da ferramenta *Hidrotools*. Durante a interpolação dos dados, há a opção de três tipos de fluxos: D8 - Fluxo Simples (*single flow*), MD - Fluxo Múltiplo (*multiple flow*) e MDD8 – Fluxo Combinado.

Entre os processamentos utilizados de fluxo múltiplo (MD) e combinado (MDD8), o primeiro apresentou melhor resultado, pois “calcula a área de contribuição considerando a



distribuição proporcional do escoamento do fluxo entre todas as células a jusante de uma célula central” (FONTES, 2009, p. 150), tendo em vista que o escoamento tende a seguir diferentes direções, condizente com os resultados apontados por Fontes (2009), Moraes (2014) e Thomazini (2018)

O material gerado foi novamente salvo no formato GRID e exportado para o *software ArcGIS 9.2*, necessitando a reclassificação da distribuição dos *pixels*. Com o intuito de melhor representar o escoamento superficial e conhecendo as características da área, foram realizados diversos testes, reclassificando os valores obtidos.

Assim, o escoamento superficial foi definido entre o intervalo de 25m² a >2.500m² (Tabela 1), onde os *pixels* mais claros recebem menor contribuição de montante em relação aos mais escuros. Considerando que cada *pixel* possui 225m², este receberá a contribuição do escoamento superficial referente a tonalidade do *pixel*. Do mesmo modo, quanto mais claro for o *pixel*, menor será a área a seu montante que interfere no seu escoamento; em contrapartida, quanto mais escuro, maior será a contribuição, ou seja, um *pixel* (225m²) da tonalidade mais escura, recebe o escoamento de mais de 200 mil m² ou 0,2 Km² de escoamento concentrado a montante.

Quadro 1: Distribuição do intervalo da concentração do escoamento superficial.

INTERVALO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL	TONALIDADES DOS <i>PIXELS</i>
225m ²	
2.250m ²	
90.000m ²	
>200.000m ²	

Fonte: Carta da concentração do escoamento superficial

Portanto, os resultados gerados contribuíram para a compreensão do comportamento do escoamento superficial na bacia, bem como do volume de escoamento superficial nas áreas de maior concentração, enriquecendo a análise do potencial erosivo, necessária para a realização dos objetivos propostos.



Carta de uso e ocupação da terra

A carta de uso e ocupação da terra (MOREIRA *et al.* 2020; MOREIRA, 2021), foi elaborada no *ArcGIS® PRO 2.5*, utilizando como base a imagem de satélite *Sentinel-2* de 29 de novembro de 2019, resolução de 10 metros e escala 1:25.000. O procedimento adotado foi o da classificação supervisionada, por meio das ferramentas “Gerenciador da Amostra de Treinamento” e “Classificar”.

Foram definidas três classes (áreas de vegetação natural, áreas antrópicas agrícolas e áreas descobertas), com base nos usos observados na imagem de satélite e confirmados em campo, além da padronização organizada pelo Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013). Para análise da imagem, foi levado em consideração a textura, a rugosidade e a tonalidade dos objetivos observados nas imagens.

Após a definição das amostras divididas em três classes, criou-se um arquivo *shapefile* para cada uma delas e, então, usou-se a ferramenta “Classificar”, a qual classificou automaticamente o mapa. Por fim, os *pixels* foram generalizados, por meio das ferramentas “Ferramentas do *Spatial Analyst*”, “Generalização” e “Filtro Predominante”, e o mapa foi finalizado com as devidas edições.

Carta clinográfica

O mapa clinográfico da APA do Timburi (MOREIRA *et al.* 2020; MOREIRA, 2021), foi elaborado no *software ArcGIS®*, versão 10.5, e atualizado na versão *PRO 2.5*, a partir da base digital planoaltimétrica na escala 1:10.000 e curvas de nível com equidistâncias de 10 metros da Prefeitura Municipal de Presidente Prudente-SP.

A princípio, criou-se uma estrutura de grade triangular TIN (*Triangular Irregular Networks*), por meio das ferramentas “*Create TIN From Features*” e “*TIN to Raster*”. Em seguida, a opção “*Face slope with graduated color ramp*” foi adicionada. As classes de declividade definiram-se segundo Cunha (2001), realizando adaptações para as características ambientais da área de estudo (QUADRO 2).

Quadro 2: Adaptação das classes de declividade utilizadas por Cunha (2001) para a área de estudo.

Classes de declividade propostas por Cunha (2001)	Classes de declividade adaptadas para a área de estudo
< 5%	≤ 5%
5 F 10%	5 F 10%
10 F 20%	10 F 15% 15 F 20%

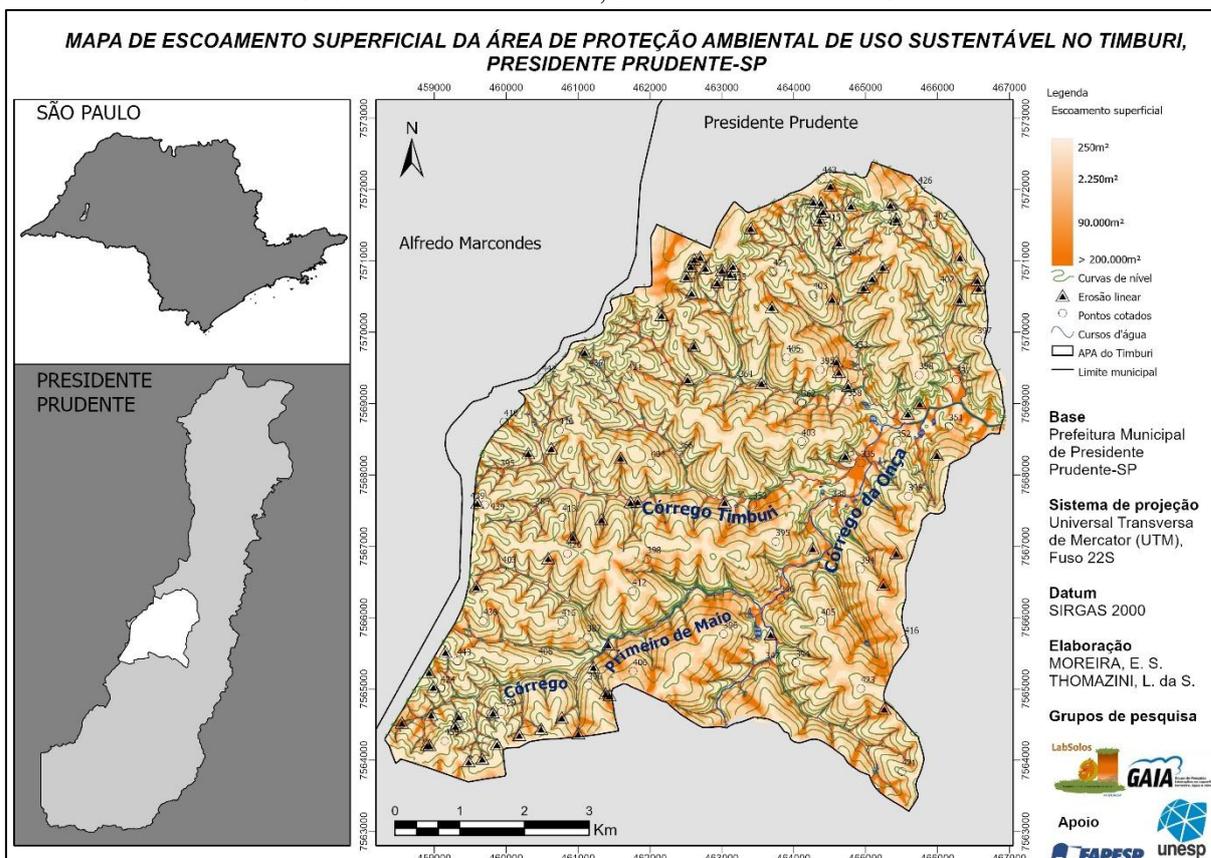
20 F 30%	> 20%
30 F 40%	
≥ 40%	

Fonte: Cunha (2001). Elaboração: autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a elaboração e análise dos mapas contribuíram para a compreensão do comportamento, volume e concentração do escoamento superficial, bem como a análise dos pontos de concentração de feições erosivas na APA. A fim de estabelecer uma relação entre o potencial erosivo e a concentração do escoamento superficial, identificando as causas de degradação do solo sofrida na área em questão, confrontou-se o mapa de escoamento superficial (Figura 1) com as características físicas da área apresentadas em Moreira *et al.* (2020).

Figura 1: Mapa de escoamento superficial da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.



Fonte: Moreira (2021), adaptado.



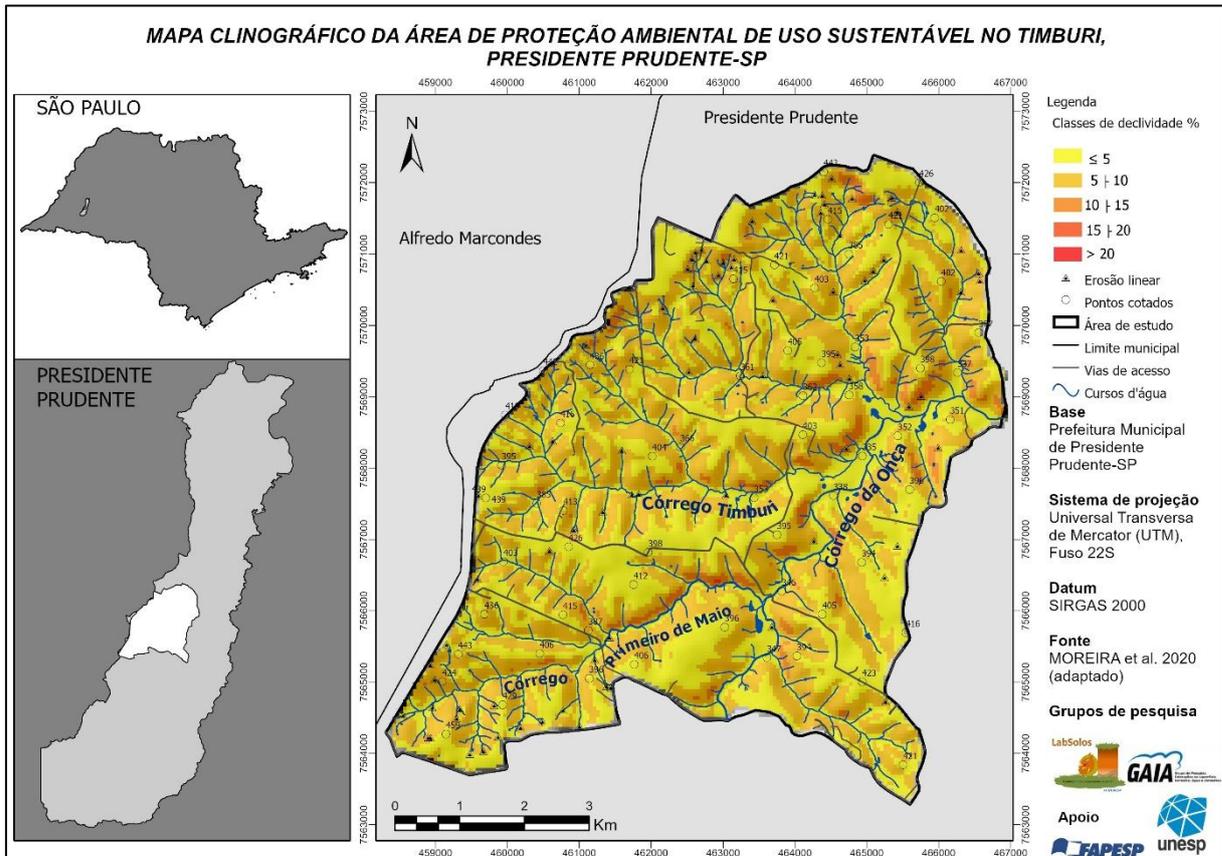
Analisando a Figura 1, pudemos observar que o escoamento superficial se concentra no setor centro leste da APA, sobretudo nas vertentes íngremes em direção aos fundos de vales, que chegam a contribuir com mais de 200.000 m² na concentração do escoamento superficial à um determinado ponto à jusante dessa área, assim como na planície aluvial do Córrego da Onça. No entanto, alguns pontos de concentração do escoamento superficial não possuem drenagem ou canais de primeira de ordem, possibilitando a ocorrência de processos erosivos a longo prazo, como é o caso da margem direita do Córrego da Onça.

Os setores sul e sudeste da APA, por sua vez, apresentam alguns pontos de alta concentração de escoamento superficial em canais de primeira ordem, sem a presença de focos erosivos. Estes, concentram-se no setor sudoeste, onde a área de contribuição da concentração do escoamento superficial é na faixa de 250m², ou seja, bem pouco, demonstrando a importância da análise conjunta de outras variáveis, tais como a declividade e o uso, para a compreensão do desenvolvimento das erosões, as quais serão aqui elencadas.

Os setores norte e noroeste, sobretudo próximos das nascentes dos córregos, também apresentam grande incidência de focos erosivos e concentração do escoamento superficial majoritariamente baixa, em torno dos 250 m², exceto em alguns pontos específicos que oscilam entre os 2.500m² e 90.000m². Ou seja, o mapa nos permite avaliar que as ocorrências de feições erosivas na APA do Timburi não estão necessariamente relacionadas com a concentração de escoamento superficial, demandando análises acerca de outras características da área, como a declividade do terreno e a cobertura e uso da terra, mapeadas e apresentadas em Moreira *et al.* (2020).

De acordo com Bonini, Daltro e Ribeiro (2013), a topografia é um fator muito importante para a compreensão da aceleração de processos erosivos, uma vez que a medida em que aumenta a declividade (Figura 2), também aumenta a velocidade de escoamento das águas, o que resulta no aumento do potencial erosivo de determinado local. Os autores, ainda, se apoiam em Cunha (1991), no que se refere ao tempo de escoamento da água sendo proporcional ao comprimento da encosta, podendo, assim, aumentar o grau de erodibilidade.

Figura 2: Mapa clinográfico da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.



Fonte: Moreira *et al.* (2020), adaptado.

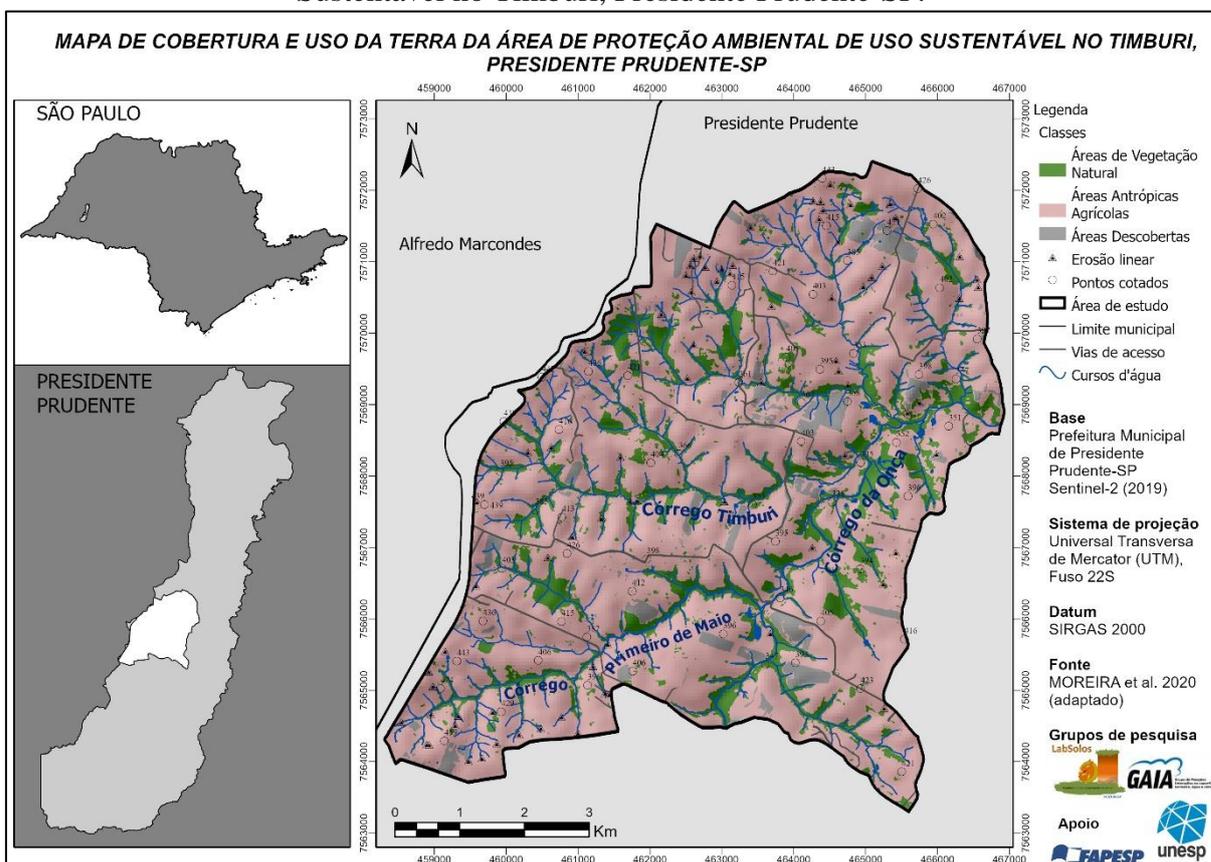
A partir da Figura 2, verificamos que, em direção aos fundos de vale, as vertentes são íngremes, uma vez que o entorno das planícies aluviais apresentam baixas vertentes com declividades que vão de 15% a mais de 20%. As altas declividades também são muito comuns nos setores norte e noroeste da APA, onde há grande concentração de focos erosivos, sobretudo nas cabeceiras de drenagens.

O setor sudoeste apresenta características semelhantes dos anteriormente citados, além de possuir topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, com destaque para a concentração de erosões lineares. Enquanto o setor sul é caracterizado pelas baixas declividades, ficando entre 5 e 10% e, assim como o sudeste da APA, não apresenta focos erosivos, tendo predomínio de planícies aluviais e alvéolos.

Em dados quantitativos, Moreira *et al.* (2020) mostram que a concentração de focos erosivos se dá em locais onde a declividade é entre 5 e 10%, em vertentes côncavas, totalizando 33 feições erosivas. Foram identificadas: na classe com declividade entre 10 e 15%, 22 feições; com declividade abaixo de 5%, 14 feições; e, com declividade acima de 15%, 9 feições.

Além do aspecto clinográfico, a cobertura e o uso da terra são fatores determinantes na ocorrência de focos erosivos. De acordo com Moreira (2021), a APA teve mais de 80% da sua vegetação nativa desmatada e substituída por pastagens e monoculturas, deixando, inclusive, as nascentes dos cursos d'água desprotegidas. Podemos observar, na Figura 3, que, além das nascentes desprotegidas, boa parte dos cursos d'água estão desprovidos de mata ciliar, em função da produção agropecuária. Moreira *et al.* (2020) salientam que o pisoteio do gado intensifica a ocorrência de erosões lineares, “além das vulnerabilidades físicas naturais, as atividades econômicas no local, como a criação de gado bovino, intensificam a formação de ravinas e voçorocas” (MOREIRA, *et al.* 2020, p. 178).

Figura 3: Mapa de cobertura e uso da terra da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente-SP.



Fonte: Moreira *et al.* (2020), adaptado.

Como analisado nas figuras anteriores, os focos erosivos estão concentrados nos setores norte, noroeste e sudoeste, nas quais predominam nascentes descobertas de vegetação natural, em meio a pastagens e cultivos agrícolas. Algumas, ainda, encontram-se próximas à solo exposto, ou áreas descobertas, afirmando que a falta de manejo e uso adequado do solo propiciam o surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas.



Moreira *et al.* (2020) apontam que mais de 70% dos focos erosivos estão presentes nas áreas antrópicas agrícolas. Ou seja, as atividades econômicas do local, unidas às vulnerabilidades físicas naturais, intensificam a ocorrência de erosões lineares, uma vez que o pisoteio do gado compacta o solo fazendo com que seja reduzida a capacidade de infiltração da água das chuvas, intensificando o escoamento superficial, que pode resultar no surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas (FUSHIMI, 2012).

Bonini, Daltro e Ribeiro (2013) dissertam que:

Áreas com altos índices de declividade e sem cobertura vegetal apresentam comportamento morfodinâmico com alto grau de instabilidade, enquanto as áreas com cobertura vegetal e mesmo índice de declividade apresentam comportamento morfodinâmico de moderada estabilidade, pois a cobertura vegetal densa ameniza a intensidade dos processos erosivos (BONINI, DALTRO, RIBEIRO, 2013, p.11)

Em suma, a declividade e a cobertura e uso da terra possuem papéis determinantes no desenvolvimento dos processos erosivos da APA do Timburi, sendo intensificados pela concentração do escoamento superficial. Porém, este último aspecto, tido como uma das principais causas de ocorrência de feições erosivas em geral, não é o fator predominante em nosso objeto de estudo.

Esta conclusão nos faz compreender a importância do uso de técnicas de geoprocessamento, por meio da análise de diferentes produtos cartográficos, os quais juntos nos permitem identificar áreas degradadas por meio da caracterização das mesmas. Além disso, é possível, ainda, que tais produtos auxiliem na prevenção de degradação do solo em áreas sob a interferência de fenômenos erosivos, com grande potencial de perdas a longo prazo, como é o caso do mapa de escoamento superficial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude do exposto acima, concluímos que, apesar do escoamento superficial ser um fator determinante no surgimento de erosões lineares, a ocorrência destas na APA do Timburi envolvem outros aspectos, os quais se destacam a declividade do terreno e as atividades econômicas, além da falta de manejo aliada ao mau uso da terra. No entanto, tal constatação não descarta a degradação do solo a longo prazo por meio da ação do escoamento superficial das águas pluviais, pois a principal atividade econômica exercida na APA é a pecuária, o que



torna o solo compacto a partir da ação dos animais, inibindo a infiltração da água e ocasionando a concentração do escoamento superficial.

Ademais, salientamos a importância do geoprocessamento em estudos acerca da ocorrência de processos erosivos, pois o uso dessas técnicas possibilitam a caracterização de áreas e identificação de feições erosivas, proporcionando a interpretação das causas, para que sejam implementadas intervenções de recuperação de áreas.

Considerando que a APA do Timburi tem pouco mais de dois anos desde a sua criação, há ainda muito a ser pesquisado, tanto do ponto de vista ambiental, quanto social, econômico e cultural, afinal, esse conjunto de esferas estão relacionadas e em constante interação no espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. ed. 4. São Paulo: Ícone, 1999.

BONINI, I.; DALTRO, R. F.; RIBEIRO, R. de Q. A influência da supressão vegetal na dinâmica de processos erosivos: um estudo comparativo em Campo Verde, Mato Grosso. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.16. 2013.

CUNHA, M. A. **Ocupação de encostas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991. 234p

CUNHA, C. M. L. **A cartografia do relevo no contexto da gestão ambiental**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001

DONATON, G. **Estratégias de reprodução social e econômica em pequenas unidades produtivas rurais: o caso dos Bairros Rurais 1º de Maio/Timburi e Ponte Alta/córrego da Onça no município de Presidente Prudente (SP)**. Monografia (bacharelado em Geografia). 2013. 112 f. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FONTES, N. **Proposta Metodológica para Planejamento de Sistemas de Espaços Livres: Ribeirão Preto – SP**. 194 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia). 2012. 141 f. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.



FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. **Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica sob a perspectiva do pensamento da complexidade.** NEMAD, v. 1, n. 11, p. 167-182, mai/2016.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. **Fragilidade ambiental dos solos à erosão linear em setores de pastagem: estudo de caso em parte dos municípios de Presidente Prudente, Marabá Paulista e Presidente Epitácio, região do extremo Oeste do estado de São Paulo.** Terra Livre, v. 1, n. 52, p. 662-694, jan.-jun./2019.

GUERRA, A.J.T.; JORGE, M. do C.O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. da; BOTELHO, R.G.M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em:
<<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Mapa geológico do Estado de São Paulo: 1:500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, p.46-8; 69 (Publicação IPT 1184).

MATHIAS, D. T.; LUPINACCI, C. M.; NUNES, J. O. R. Identificação dos fluxos de escoamento superficial em área de relevo tecnogênico a partir do uso de modelos hidrológicos em SIG. **Sociedade e Natureza.** Uberlândia, v. 32, p. (820-831), 2020.

MORAES, I. C. et al. Comparação de Metodologias na Definição de Fluxos Acumulados a Partir de Modelos Digitais de Elevação do Terreno Aplicado a Suscetibilidade de Inundação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2. Abr/jun, 2014, p. 223-235

MOREIRA, E. S.; THOMAZINI, L. da S.; NUNES, J. O. R.; FUSHIMI, M.; DOS SANTOS, C. A. M. Análise da ocorrência de feições erosivas lineares na Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi, Presidente Prudente (SP). **Geografia**, Rio Claro, v. 45, n. 1, p. (163-184), jan/jun 2020. Disponível em:
<<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/15397/11798>>.

MOREIRA, E. S. **Elaboração de bases cartográficas como subsídio para implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas na área de proteção ambiental de uso sustentável do Timburi, município de Presidente Prudente-SP.** 2021. 61f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021.

NUNES, J. O. R.; FREIRE, R.; PERES, I. U. **Mapa geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente-SP.** In: VI Simpósio Nacional de Geomorfologia e Regional Conference on Geomorphology, 2006, Goiânia. Anais... Goiânia: União da Geomorfologia Brasileira; International Association of Geomorphologists, 2006.

NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **Recuperação de áreas degradadas da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, município de Presidente Prudente – SP.** Presidente Prudente, Projeto Regular financiado pela FAPESP (Processo: 2019/12164-4), 2019.



OLIVEIRA, M. A. T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 57-99.

PRESIDENTE PRUDENTE. Lei Complementar nº 235, de 13 de março de 2019. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental do Timburi, e dá outras providências. **Leis e Decretos Municipais**, Presidente Prudente, 2019.

THOMAZINI, L. da S. **Proposta metodológica de orientação à expansão urbana sob o viés geomorfológico: o caso da bacia do córrego Pau D'algo, Bauru (SP)**. 2018. 158 f. Tese (Doutora em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018