
Feições Erosivas Lineares em Ambientes de *Cuesta*: estudo de caso no interior paulista

Linear Erosive Features in Cuesta Environments: a case study in the interior of paulista

Características Erosivas Lineales en Entornos Cuesta: un estudio de caso en el interior paulista

Melina de Melo Silva¹

 <https://orcid.org/0002-5764-9690>

Cenira Maria Lupinacci²

 <https://orcid.org/0002-4732-1421>

RESUMO: Com o aprimoramento da técnica, o ser humano passou cada vez mais a interferir e modificar o ambiente natural, em especial o relevo, que apresenta significativas mudanças. Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo identificar a evolução das feições erosivas lineares e avaliar em que condições litológicas, de solos e de uso da terra ocorrem na Bacia do Rio Cabeça (SP). Dessa forma, tendo como fonte de dados mapeamentos de uso e ocupação da terra e das feições erosivas lineares em períodos distintos (1988 e 2010, com reambulação em campo em 2019), foram analisadas as dinâmicas de uso e ocupação, assim como as suas relações com a ocorrência das feições erosivas lineares. A análise comparativa dos mapeamentos permitiu constatar que os sulcos erosivos, ravinas e voçorocas ocorrem predominantemente em setores ocupados por pastagem, dispostos sobre litologias arenosas e solos derivados dessa litologia. Além disso, verificou-se que o uso e ocupação por crescentes atividades associadas à mineração e práticas agrícolas voltadas à monocultura de cana-de-açúcar também contribuem para a ocorrência dos processos erosivos e para a instalação dessas feições. Nesse sentido, é possível afirmar que o intenso uso da terra, somado às características lito-pedológicas do contato *cuesta*-depressão, podem dinamizar os processos erosivos lineares.

PALAVRAS-CHAVE: Antropogeomorfologia. Mapeamento geomorfológico. Uso e ocupação da terra.

ABSTRACT: *With the improvement of the technique, human being started to infer and modify the natural environment, especially the relief, which presents significant changes. In this sense, the present work aims to identify the evolution of linear erosive features and to evaluate in which*

¹ Graduanda do IGC da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Campus de Rio Claro. E-mail: melinamellosilva@gmail.com.

² Doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Professora doutora da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. E-mail: cenira.lupinacci@unesp.br.

lithological, soil and land use conditions these occur in the Cabeça River Watershed (SP). Thus, using data as a mapping of land use and occupation and linear erosive features in different periods (1988 and 2010, with field rework in 2019), the dynamics of use and occupation were analyzed, as well as their relation with the occurrence of linear erosive features. The comparative analysis of the mappings showed that the erosive ridges, ravines and gullies occur predominantly in sectors occupied by pasture, arranged over sandy lithologies and soils derived from this lithology. In addition, it was found that the use and occupation by increasing activities associated with mining and agricultural practices such as sugarcane monoculture also contribute to the occurrence of erosive processes and the appearance of these features. In this sense, it is possible to affirm that the intense use of the land added to the litho-pedological characteristics of the cuesta-depression contact, can dynamize the linear erosive processes.

KEYWORDS: *Anthropogeomorphology. Geomorphological mapping. Land use and occupation.*

RESUMEN: *Con la mejora de la técnica, el ser humano comenzó a inferir y modificar el entorno natural, especialmente el relieve, que presenta cambios significativos. En este sentido, el presente trabajo tiene como objetivo identificar la evolución de las características erosivas lineales y evaluar en qué condiciones litológicas, del suelo y del uso de la tierra ocurren en la cuenca del río Cabeça (SP). Por lo tanto, utilizando datos como un mapeo del uso y ocupación del suelo y características erosivas lineales en diferentes períodos (1988 y 2010, con divagaciones en el campo em 2019), se analizaron las dinámicas de uso y ocupación, así como su relación con la aparición de características erosivas lineales. El análisis comparativo de los mapeos mostró que las crestas erosivas, barrancos y quebradas ocurren predominantemente en sectores ocupados por pastizales, dispuestos sobre litologías arenosas y suelos derivados de esta litología. Además, se descubrió que el uso y la ocupación al aumentar las actividades asociadas con las prácticas mineras y agrícolas destinadas al monocultivo de la caña de azúcar también contribuyen a la aparición de procesos erosivos y la instalación de estas características. En este sentido, es posible afirmar que el uso intenso de la tierra sumado a las características lito-pedológicas del contacto cuesta-depresión, puede dinamizar los procesos erosivos lineales.*

PALAVRAS CLAVE: *Antropogeomorfología. Mapeo geomorfológico. Uso de la tierra y ocupación.*

INTRODUÇÃO

O homem transforma a natureza visando atender distintas necessidades, que vão desde a caça, pesca, confecção de objetos, práticas agrícolas até a retirada de matéria prima voltada à produção mecanizada e industrial. Hobsbawm (1981, p. 53) aponta que o pioneirismo industrial inglês na década de 1780 criou o sistema fabril mecanizado que produziu em elevadas quantidades e a um custo rapidamente decrescente, a ponto de não depender da demanda existente, mas criar o seu próprio mercado. “Sob qualquer aspecto, este foi, provavelmente o mais importante acontecimento do mundo, pelo menos desde a invenção da agricultura e das cidades” (HOBBSAWM, 1981, p. 53).

Diante desse contexto, verifica-se que o meio físico é alterado, principalmente quando se pensa em sua antiga configuração, que passa a adquirir uma nova dinâmica local. Agra Filho (2008) denota que os padrões vinculados aos bens e produtos de uma determinada sociedade refletem nas demandas sobre os recursos naturais e nas intervenções no ambiente. Para o autor, as demandas sociais ocasionam interações nos sistemas

ambientais e justificam intervenções que podem resultar em diferentes possibilidades de impactos ambientais. Assim, em cada sociedade, a questão ambiental emerge da inadequação ou da insustentabilidade de seus próprios padrões de produção e de consumo que, por sua vez, constituem o seu modelo de desenvolvimento. Nesse contexto, Ross (1994) destaca que as sociedades humanas não devem ser tratadas como elementos estranhos à natureza. Essas precisam ser vistas como parte fundamental da dinâmica representada através dos fluxos energéticos que fazem o sistema funcionar. Para o autor, as progressivas alterações inseridas pelas sociedades humanas nos diferentes componentes naturais afetam cada vez mais a funcionalidade do sistema e com frequência induzem aos graves processos degenerativos do ambiente natural. Assim, é cada vez mais urgente que se façam inserções antrópicas compatíveis com a potencialidade dos recursos de um lado e com a fragilidade dos ecossistemas ou ambiente natural de outro.

No que se refere ao ambiente natural, destaca-se a questão do relevo. Além da ação humana como agente que o transfigura, a diversidade de padrões de formas e de gênese também deve ser avaliada. Assim, a área de estudo selecionada para a pesquisa, a bacia do rio Cabeça, insere-se no contato Depressão Periférica Paulista-Cuesta, que se caracteriza por considerável discordância litológica, da qual pode derivar certo grau de fragilidade natural à ação dos agentes erosivos. Dessa forma, observa-se que as *cuestas* se configuram como um relevo dissimétrico, formado por uma vertente íngreme escarpada no *front* e rampa suave no reverso (PENTEADO, 1968). A depressão apresenta áreas importantes de derrames e intrusões de rochas basálticas, que desempenharam papel saliente em sua topografia pouco acidentada (ALMEIDA, 1974).

Além desse fator, destaca-se a pressão do uso e ocupação da terra, principalmente pela atividade canavieira que, segundo aponta Aguiar *et al.* (2009), em estudo da evolução da área cultivada pela cana no Estado de São Paulo, mapeado pelo projeto Canasat, em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA), Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), apontam a relevância das regiões administrativas de Barretos, Franca e Central que possuem mais de 36% da sua área ocupada por cana de açúcar.

Nessa perspectiva, pontua-se também a relevância das atividades associadas à pecuária. Stefanuto e Lupinacci (2019), em estudo de caso em Analândia, área também de contato geomorfológico Cuesta-Depressão, constata a relação marcante entre a presença de pastagens e o surgimento de feições erosivas lineares. Diante disso, apesar da análise da bacia do rio Cabeça constituir-se em um estudo de caso, considera-se que este caracteriza o universo da transição de diferentes compartimentos geomorfológicos e de

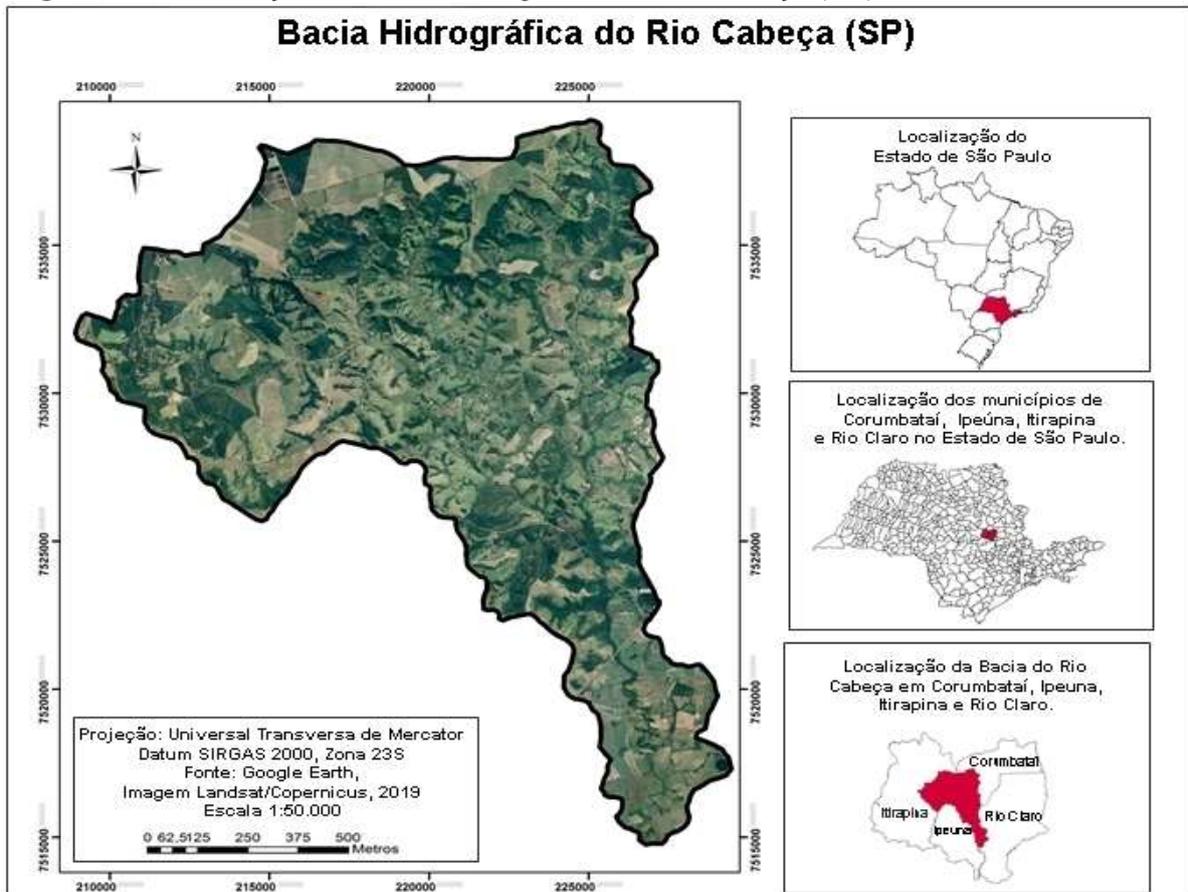
diferentes formas de uso da terra no interior do estado de São Paulo, o que o torna relevante.

Diante dessas questões, o presente artigo tem como objetivo analisar a evolução das feições erosivas lineares e avaliar as condições litológicas, de solo e de uso da terra em que essas ocorrem na bacia do rio Cabeça. Pontua-se que a bacia do rio Cabeça (SP) foi selecionada como área de estudo em razão da diversidade de formas de ocupação, bem como da sua diversidade natural derivada de sua disposição na transição entre as Cuestas Basálticas e a Depressão Periférica Paulista.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Cabeça está localizada no setor centro-leste do estado de São Paulo, situada entre as coordenadas geográficas: 22°15' e 22°12'S e 47°49' e 47°40'W. A área de estudo posiciona-se em parte no município de Corumbataí a noroeste, Ipeúna a sudoeste, Itirapina a oeste e Rio Claro a sudeste (Figura 1).

Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cabeça (SP) no estado de São Paulo



Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

A respeito das características geológica-geomorfológicas da área de estudo, destaca-se que os terrenos da bacia do rio Cabeça se posicionam no contato da Depressão Periférica Paulista e as Cuestas Basálticas, que se situam sobre a Bacia Sedimentar do Paraná.

Penteado (1974) pontua que na análise da evolução paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná realizaram-se todas as condições indispensáveis ao desenvolvimento do relevo de *cuestas*, isto é, a existência de camadas inclinadas (estrutura monoclinal), a alternância de camadas de diferentes resistências e o ataque por erosão à medida que se a processava epirogênese positiva das bordas da bacia. Sobre a Depressão Periférica Paulista, Ab'Sáber (1949) identifica essa região como decorrente dos processos de circundesnudação que ocorreram na borda da Bacia Sedimentar do Paraná, na qual há predominância dos processos denudacionais que se ajustaram à hidrografia regional.

A morfogênese responsável pelos compartimentos geomorfológicos da bacia do rio Cabeça desenvolve-se sobre litologias do período Paleozoico, representada pelas unidades estratigráficas da Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois, e do Mesozoico, formações Serra Geral, Pirambóia e Botucatu do Grupo São Bento. Além disso, encontram-se também sedimentos Cenozoicos representados pela Formação Rio Claro e Depósitos Aluvionares (CAMARGO, 2017).

Sobre tais condições litológicas e de morfologia, observa-se significativa variedade pedológica na área de estudo; assim a partir do mapeamento realizado por Koffler (1992), constata-se que, no setor da Depressão Periférica Paulista da área de estudo, ocorre um domínio de Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, e no setor de Cuesta, Latossolo Vermelho Amarelo Álico e uma pequena concentração de Neossolo Litólico e da associação do Neossolo Litólico + Latossolo Vermelho.

No que concerne aos aspectos climáticos que influenciam nos processos de formação destes solos, destaca-se a classificação climática proposta por Monteiro (1973) para qual a bacia do rio Cabeça integra-se ao clima tropical, apresentando média anual em torno de 21°C.

MATERIAIS E MÉTODOS

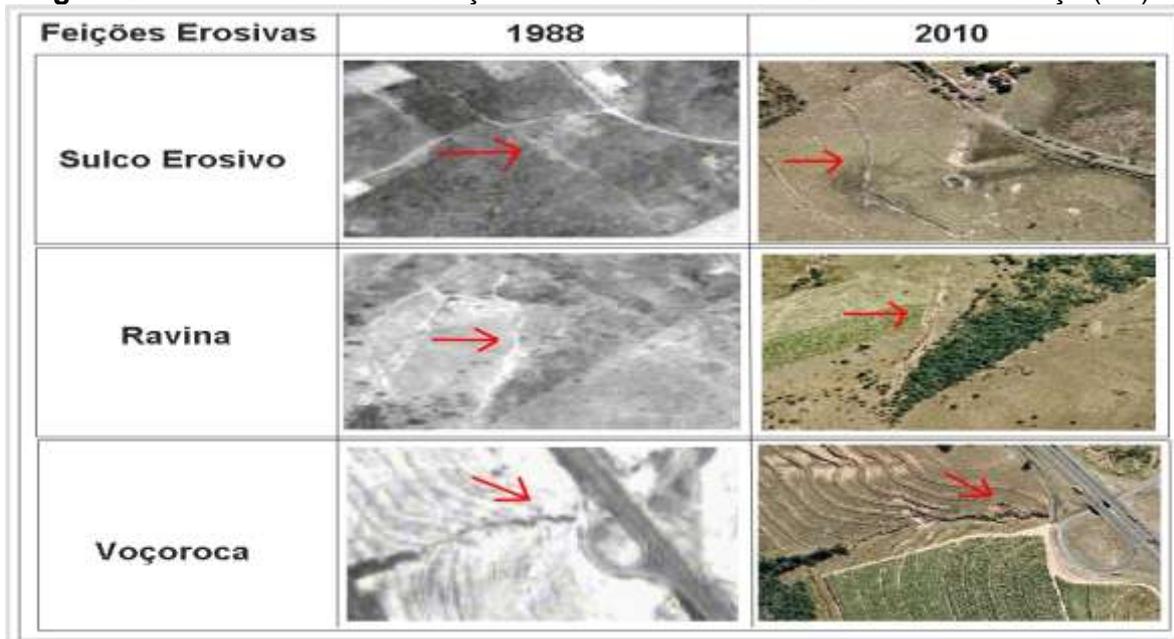
Os dados pedológicos (KOFFLER, 1992) e litológicos (CAMARGO, 2017) foram obtidos a partir de pesquisa bibliográfica, de mapeamentos existentes compatíveis com a escala desse trabalho. Os dados referentes ao uso da terra e o mapeamento das feições erosivas foram obtidos a partir dos procedimentos técnicos a seguir apresentados.

Para a elaboração da base cartográfica, utilizada para o georreferenciamento dos produtos de sensoriamento remoto, foram usadas as cartas topográficas do Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), folhas Itirapina, Rio Claro, São Carlos e Corumbataí, com numeração SF-23-M-I-3, SF-23-Y-A-I-2, SF-23-M-I-4, SF-23-Y-A-I-1, sendo as duas primeiras do ano de 1969 e as duas últimas do ano de 1971, na escala de 1:50.000. Os produtos de sensoriamento remoto utilizados para o mapeamento das feições erosivas e de uso da terra foram as fotografias aéreas de 1988, na escala de 1:40.000, elaboradas pela Base S.A. e as ortofotos digitais de 2010, na escala de 1:25.000, concedidas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA). Os mapeamentos foram realizados na escala de 1:50.000, bem como se utilizando do *software* ArcGis 9.2 cuja licença pertence à instituição de origem das autoras.

As feições erosivas lineares foram mapeadas com base na mudança de tonalidade e texturas expressas nas fotografias aéreas (Figura 2). Além disso, utilizaram-se também as descrições de Tricart (1965) e as simbologias propostas por Paschoal, Conceição e Cunha (2010) para formulação de mapas geomorfológicos, as quais auxiliaram na fotointerpretação.

Figura 2 – Características das feições erosivas lineares na Bacia do Rio Cabeça (SP)



Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

Nesse sentido, os sulcos caracterizaram-se como feições lineares rasas, que são retratados nas fotografias aéreas como linhas de coloração esbranquiçada; as ravinas constituem-se de feições mais profundas que os sulcos, apresentando cor esbranquiçada ou escura e dimensão espacial também superior à dos sulcos. As voçorocas destacaram-se pela presença de taludes erosivos íngremes e vales mais alargados. Convém esclarecer que tais princípios foram estabelecidos a partir de reconhecimento de campo.

Para mapeamento das feições erosivas lineares do ano de 1988, os procedimentos técnicos foram realizados em três principais estágios: o primeiro correspondeu à formulação das imagens anáglifos que, de acordo com Souza e Oliveira (2012), possibilita a percepção de profundidade da imagem através da utilização de softwares e óculos 3D; seguido pela adaptação da simbologia digital e posteriormente o mapeamento das feições. Ressalta-se que as imagens anáglifos foram geradas apenas para o cenário de 1988, uma vez que as ortofotos digitais de 2010 concedidas pela EMPLASA não permitiram sua sobreposição, impedindo o uso da estereoscopia. Dessa forma, para a interpretação das feições erosivas foram utilizados os mesmos critérios visuais de 1988, buscando manter um padrão de análise para cada item identificado. Ainda, o mapeamento do cenário de 2010 foi reambulado em campo, buscando atualizar os dados e evitar prejuízos à qualidade do mapeamento em função da ausência de estereoscopia.

Para o mapeamento de uso e ocupação da terra, utilizaram-se as orientações do Manual Técnico do IBGE (2013), as quais propõem uma base conceitual voltada à observação e síntese do conjunto de particularidades do uso da terra, orientada segundo a distribuição geográfica, a apropriação social e as transformações ambientais, bem como procedimentos técnicos de levantamento e mapeamento.

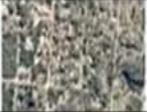
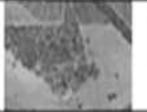
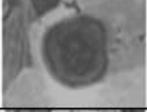
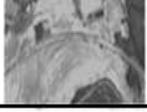
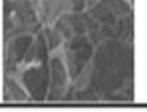
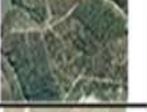
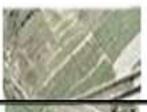
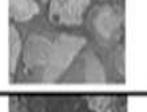
Ainda, utilizaram-se também as sugestões técnicas de análise de imagens propostas por Ceron e Diniz (1966), as quais evidenciam os elementos e as chaves de identificação das culturas manejadas no interior do estado de São Paulo. Entre esses elementos os autores pontuam: cor, textura, forma da parcela, dimensão da área cultivada, dimensão dos campos de cultivo, altura, espaçamento, restos de colheita e arranjo espacial.

Dessa forma, das dezoito classes de uso e ocupação da terra, seis seguiram a proposta de classificação do IBGE (2013), sendo as mesmas: corpo d'água continental, lavoura temporária, pasto limpo, silvicultura, vegetação arbórea e savana florestal (cerrado). As outras onze classes criadas visaram atender as especificidades da área e corresponderam à: área construída, cana de açúcar, citricultura, solo exposto, ferroviária, horticultura, mineração, pasto sujo, piscicultura, rodovia, vegetação alagada e vegetação herbácea.

A classe área construída incorporou setores que apresentaram características de construção civil, podendo ser entendida como propriedades rurais e como granjas; a cana de açúcar englobou áreas nas quais foram encontrados esse tipo de cultivo em seus diversos estágios de desenvolvimento; a citricultura incorpora áreas com cultivo de frutas cítricas em especial as laranjas; a ferrovia foi utilizada para representar a linha que corta a área de estudo, assim como a classe rodovia empregada para representar a Washington Luís; a horticultura e piscicultura integraram alguns setores do mapeamento de 2010 que possuíam parcelas nas quais se encontravam pomares, hortas, e criação de peixes em água

doce; a mineração foi elaborada para apresentar alguns espaços que demonstravam a presença desse tipo de atividade antrópica; o solo exposto representou o solo degradado, sem cobertura vegetal; o pasto sujo, setores destinados ao uso da pecuária extensiva; e a vegetação alagada abarca cobertura vegetal próxima aos vales fluviais planos que não se caracterizavam como arbórea. Nesse contexto, a Quadro 1 exemplifica as respectivas chaves de identificação para cada classe de uso e ocupação da terra descritas.

Quadro 1 – Características das classes de uso e ocupação da terra na Bacia do Rio Cabeça (SP)

Classe	1988	2010	Classe	1988	2010
Área Construída			Pasto Sujo		
Cana-de-açúcar			Piscicultura	x	
Citricultura	x		Rodovia	x	
Corpos D'água Continental			Savana Florestal (Cerrado)		x
Ferrovia			Silvicultura		
Horticultura	x		Solo Exposto	x	
Lavoura Temporária			Vegetação Alagada		x
Mineração			Vegetação Arbórea		
Pasto Limpo			Vegetação Herbácea	x	

Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia do rio Cabeça, por situar-se na transição dos compartimentos geomorfológicos da Depressão Periférica Paulista e das *Cuestas* Basálticas, apresenta uma variedade de características de declividade, de tipos de solos e de litologias, assim como de uso da terra.

Assim, enfatizam-se neste tópico as principais mudanças nas feições erosivas lineares, ocorridas entre o período de 1988 e 2010, destacando-se as características sobre as quais estas ocorreram. Inicialmente, o Quadro 2 exibe os dados em área das feições erosivas lineares mapeadas em cada ano analisado.

Quadro 2 – Comparação entre o número de feições erosivas lineares na Bacia do Rio Cabeça (SP)

Ano	Feições Erosivas Lineares	Quantidades
1988	Sulcos Erosivos	423
	Ravinas	97
	Voçorocas	3
2010	Sulcos Erosivos	618
	Ravinas	107
	Voçorocas	36

Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

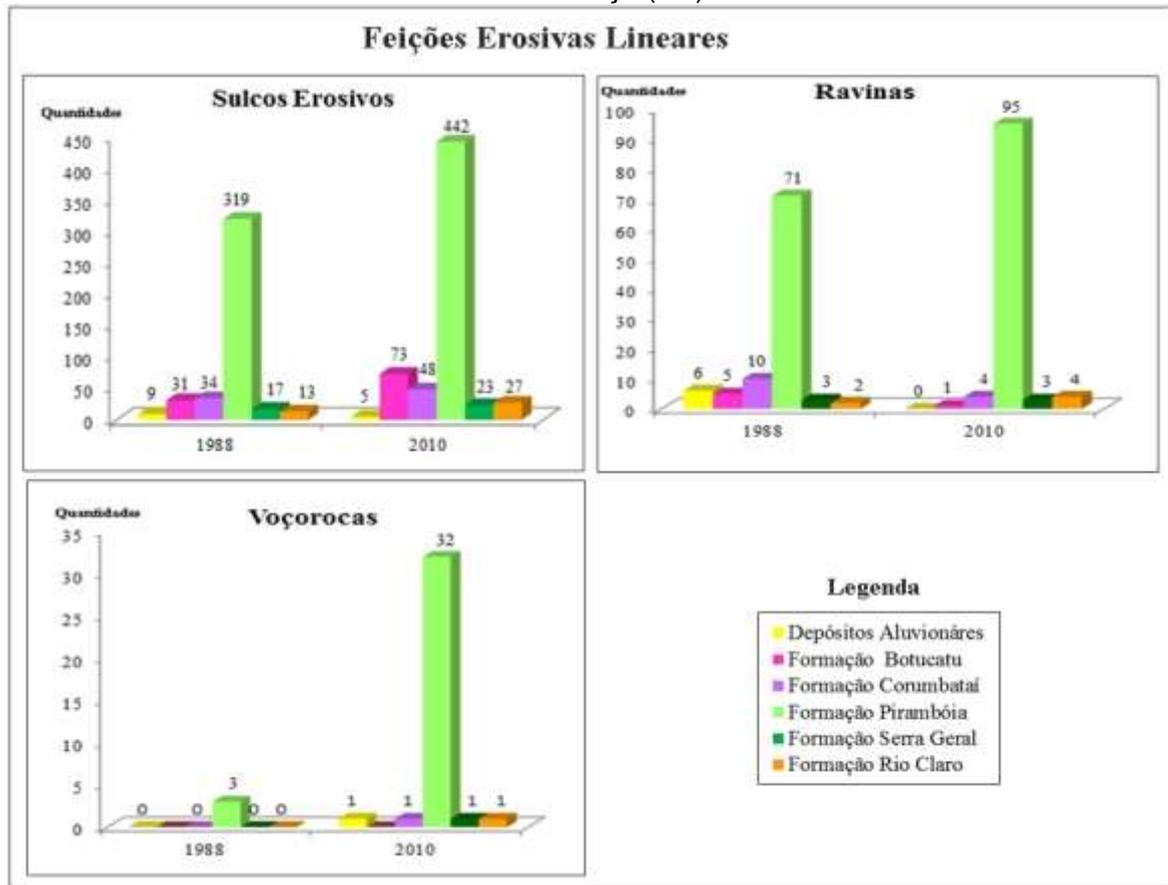
Com base nos dados apresentados no quadro, verifica-se uma mudança considerável em relação a algumas feições. Nesse contexto, nota-se que a quantidade de feições erosivas na bacia do rio Cabeça aumentou consideravelmente de um cenário para o outro, aspecto que permite inferir a suscetibilidade da área de estudo aos processos erosivos atuantes. Litholdo (2017), em análise de dados gerados a partir de mapeamentos geomorfológicos na bacia do rio Passa-Cinco, vizinha à área estudada, constata também um expressivo aumento das feições denudativas em áreas pertencentes às *cuestas*, exibindo um salto de oito ravinas e três voçorocas em 1988, para 363 ravinas e 22 voçorocas no ano de 2010. Assim, é possível afirmar que esses setores *cuestiformes* do interior do estado de São Paulo encontram-se submetidos a amplo avanço das ações erosivas. Além do comprovado aumento das três feições erosivas lineares na área de estudo, destaca-se também a ocorrência dessas com relação às características litológicas (Figura 3).

Constata-se, com base nos dados coletados a partir do mapeamento das feições erosivas e do mapeamento geológico, o predomínio dos sulcos erosivos sobre a Formação Pirambóia. Para o (IPT) Instituto de Pesquisa Tecnológica (1981), a Formação Pirambóia é composta por arenitos de granulação média a fina, possuindo fração argilosa maior na parte inferior, quando comparado a superior, onde localmente ocorrem arenitos grossos e conglomeráticos.

Dessa forma, observa-se que essa formação, por comportar solos arenosos, apresenta elevado grau de fragilidade para que se instalem as feições erosivas lineares do tipo sulco. Além disso, evidencia-se que o setor na área de estudo que apresenta maior

concentração sobre a Formação Pirambóia corresponde à Depressão Periférica, área mais baixa do relevo da bacia do rio Cabeça, que se destaca pela presença frequente de sulcos erosivos.

Figura 3 – Ocorrência de feições erosivas lineares em relação à litologia na Bacia do Rio Cabeça (SP)



Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

Pontua-se também a ocorrência dos sulcos erosivos sobre a Formação Botucatu. Assim, o reverso *cuestiforme*, constituído predominantemente pela Formação Botucatu, apresenta aumento na quantidade de sulcos, visto que saltam de 22 unidades para 73 sulcos em 2010, aspecto que evidencia o fato desta litologia ser formada em grande parte por arenitos finos mais suscetíveis aos processos erosivos lineares.

Igualmente, a presença de sulcos erosivos na proximidade dos canais de primeira ordem que drenam o *front* *cuestiforme* também está atrelada à fragilidade estabelecida em áreas de transição litológica, isto é, Formações Serra Geral e Botucatu, que abrangem um conjunto de derrames de basalto que se intercalam com fácies areníticas. Além disso, observa-se que a declividade mais acentuada no setor interfere de maneira direta na velocidade de escoamento superficial, na taxa de infiltração e no poder erosivo da água.

No que se refere às ravinas (Figura 3), estágio intermediário do desenvolvimento das feições lineares, observa-se uma queda na quantidade dessas feições sobre a Formação Botucatu, Corumbataí e nos Depósitos Aluvionares. Em contrapartida apresenta elevada quantidade também sobre a Formação Pirambóia. Nesse sentido, assim como os sulcos erosivos, as ravinas encontram-se dispostas em sua maioria no setor da Depressão Periférica, sendo distribuídas sobre a Formação Pirambóia que apresentam, portanto, alto grau de fragilidade erosiva.

Além disso, pontua-se relativo crescimento na quantidade de ravinas sobre a Formação Rio Claro, que, segundo Zaine (1994), constitui-se em significativas manchas de depósitos cenozoicos, que ocupam vastas superfícies de relevo suave e que ocorrem de forma isolada. Nesse sentido, verifica-se uma mistura entre sedimentos arenosos superficiais com camadas areno-argilosas, o que atribui fragilidade aos processos denudativos.

A respeito das voçorocas, observa-se (Figura 3) que essas estão prioritariamente dispostas sobre os arenitos das Formações Pirambóia, já que os mapeamentos registraram, para o cenário de 1988, três unidades que saltam para 32 unidades em 2010.

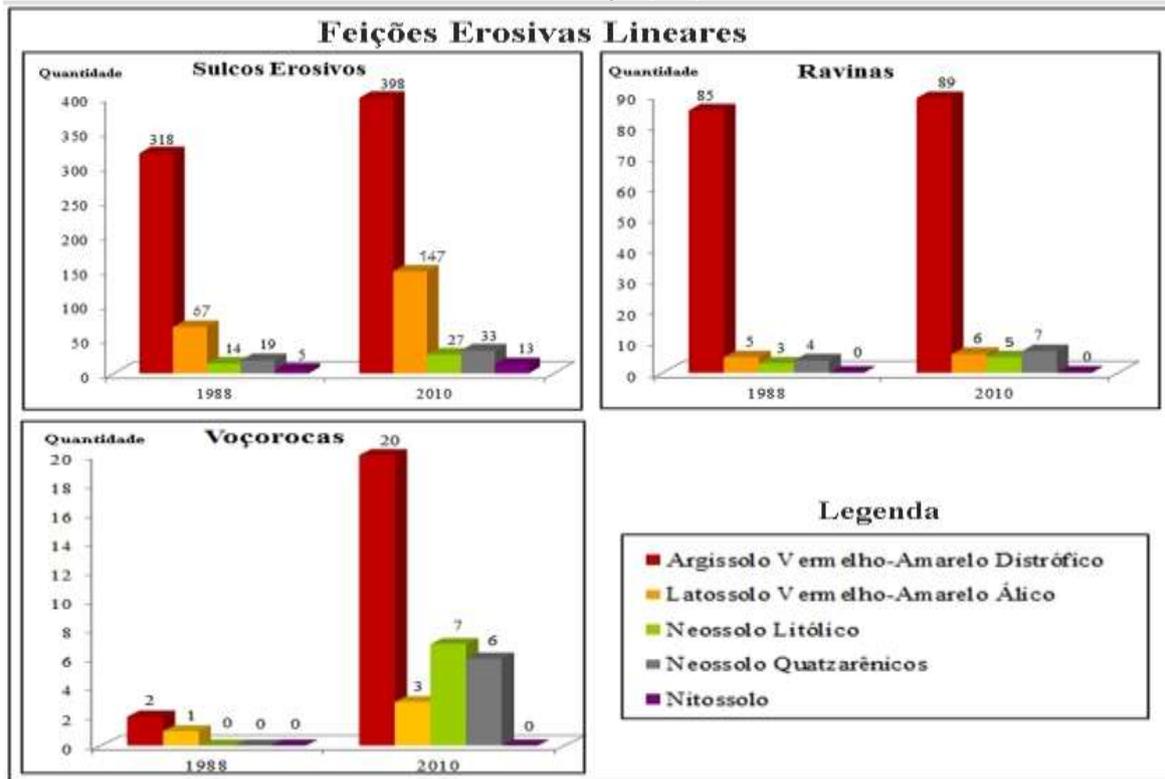
Além da identificação das feições erosivas lineares relacionadas às configurações litológicas da bacia do rio Cabeça, cabe destacar as características condizentes a composição dos solos e a sua influência na instalação dos processos erosivos. Assim, a Figura 4 exibe a correlação de tais feições com os tipos de solos identificados por Koffler (1992).

Através da análise comparativa, identificou-se que os setores que mais apresentaram desenvolvimento de sulcos erosivos foram os correspondentes aos solos Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, seguido de Latossolo Vermelho Amarelo Álico e Neossolo Quartzarênico. No que concerne ao Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, sua natureza pouco coesa em superfície e menor permeabilidade nos horizontes subsuperficiais criam elevada susceptibilidade à erosão superficial, vinculada as características do horizonte A (INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, 2014). O crescimento na quantidade de sulcos também foi registrado sobre o Latossolo Vermelho Amarelo Álico, fato que pode estar vinculado ao manejo inadequado desses solos, principalmente, no caso estudado, das pastagens. Constatou-se o aumento das áreas ocupadas por pastos sujos, os quais são marcados pela ausência de técnicas conservacionistas e pela cobertura vegetal irregular de superfície.

Sobre as ravinas, observa-se que essas também se distribuem em maior parte sobre os Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico, já que os dados do gráfico apontam para aumento de quatro unidades no ano de 2010. Outrossim, verifica-se que não há nenhum registro da presença de ravinas sobre os Nitossolos. Na área estudada, os Nitossolos são

derivados da Formação Serra Geral, apresentando textura argilosa ou muito argilosa, segundo Koffler (1992). Além disso, posicionam-se no reverso da cuesta, nas proximidades dos limites do *front*, e, portanto, muitos desses setores são recobertos por vegetação arbórea. Essas condições locais, portanto, amenizam a ocorrência das feições erosivas lineares sobre esse tipo de solo.

Figura 4 – Ocorrência de feições erosivas lineares em relação aos solos na Bacia do Rio Cabeça (SP)



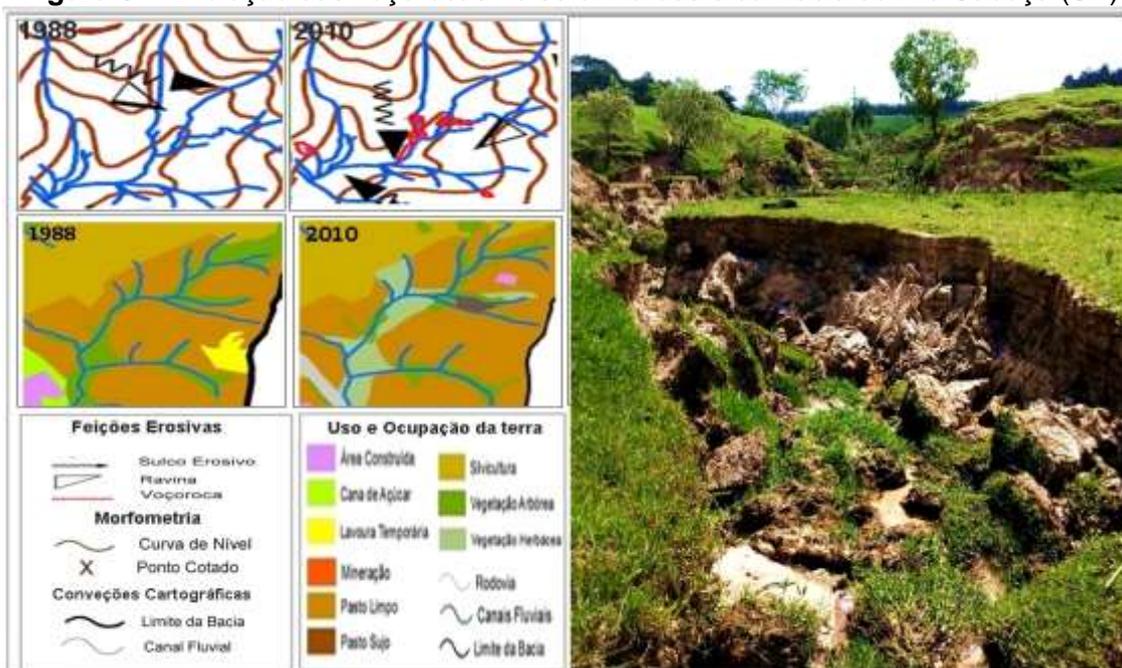
Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

A respeito das voçorocas e a sua relação com o solo, constata-se o notório aumento dessas feições sobre os Argissolos Vermelho Amarelo Distrófico (Figura 4). Além disso, nota-se a presença de voçorocas sobre o Neossolo Litólico, visto que se observa o aparecimento de sete unidades no ano de 2010 sobre esses solos. Os Neossolos Litólicos, segundo o (IAC) Instituto Agrônomo de Campinas (2014), são solos que ocorrem geralmente em terrenos com declive acentuado, apresentando baixa coesão e alta susceptibilidade à erosão, o que faz com que necessitam de práticas conservacionistas específicas para manter-se produtivo.

Em adição, verifica-se o surgimento de seis feições erosivas do tipo voçoroca sobre Neossolos Quartzarênicos. Esses caracterizam solos mais profundos em relevos mais planos e desenvolvem-se sobre arenitos. Nesse sentido, observa-se no setor noroeste da Depressão Periférica a presença dessas feições que exibem claramente a dinâmica e

atuação dos processos erosivos em atividade, principalmente pelo fato dessa área apresentar alto grau de fragilidade litológica, vinculada tanto à presença de arenitos pouco coesos como de lineamentos. Assim, Camargo (2017), ao mapear os lineamentos estruturais da bacia do rio Cabeça, aponta que esses condicionam muitos cursos fluviais, onde se registram a presença de voçorocas. Ainda, colabora com esses processos a presença de vertentes pouco vegetadas, o que resulta em materiais sobre o canal, os quais derivam também das ações de solapamento (Figura 5).

Figura 5 – Evolução das voçorocas no setor noroeste da Bacia do Rio Cabeça (SP)

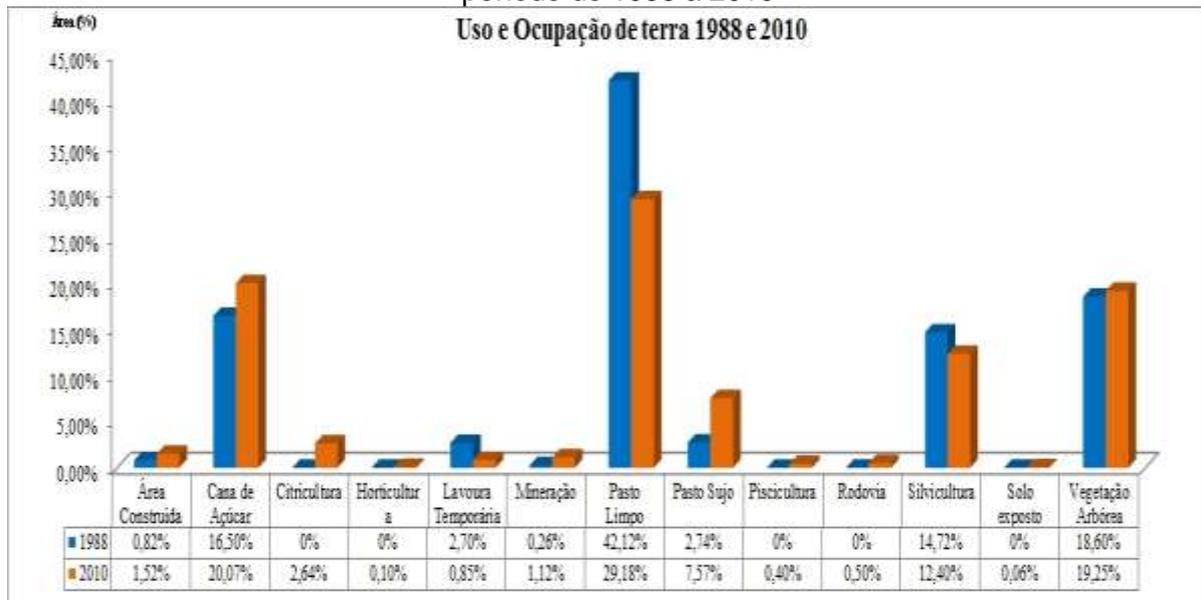


Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

Além disso, verifica-se nesse setor o uso e ocupação por atividades atreladas a pastagens, as quais, em conjunto com as características lito-pedológicas, colaboram para o desenvolvimento dos processos erosivos. Nesse contexto, cabe destacar a dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia do rio Cabeça. Os setores ocupados pela classe mapeada como pasto limpo sobressaíram sobre as demais, mesmo com uma diminuição gradual em 2010 (Figura 6).

Além deste decréscimo, constatou-se também a diminuição de áreas cobertas por lavoura temporária e silvicultura, em contrapartida ao surgimento do cultivo da cana-de-açúcar e um exíguo aumento na extensão de áreas com vegetação arbórea. Destaca-se no cenário mais recente expressivo aumento na extensão das áreas ocupadas por mineração, citricultura, pasto sujo, área construída e o surgimento de classes que não foram constatadas em 1988, como piscicultura, horticultura, solo exposto e rodovia.

Figura 6 – Área ocupada (%) pelas classes de uso da terra da bacia do rio Cabeça (SP) no período de 1988 a 2010



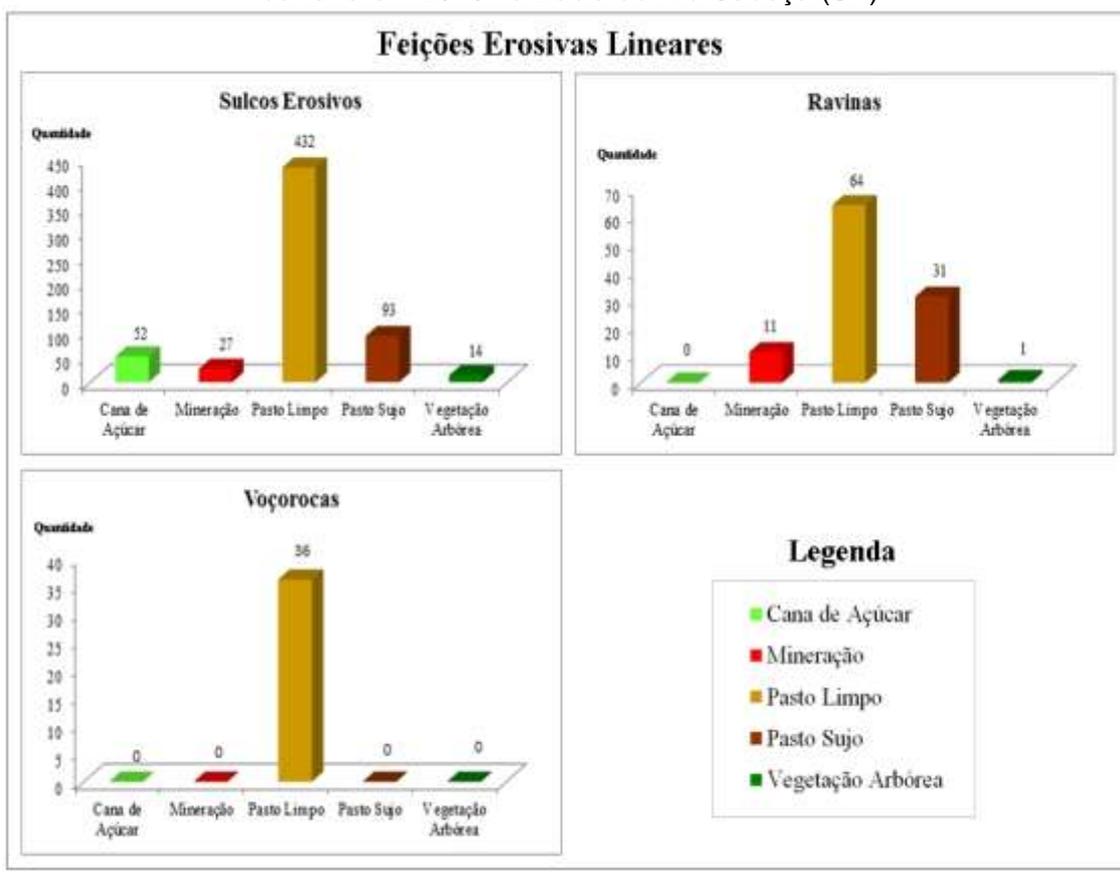
Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

Em adição, constata-se que mesmo com relativo decréscimo na classe mapeada como pasto limpo, essa ainda permanece como sendo a atividade predominante na área de estudo, aspecto que pode estar vinculada ao fato da bacia do rio Cabeça abarcar terrenos de alta declividade que dificultam o avanço de outras culturas. Assim, as classes mapeadas como pasto limpo e pasto sujo caracterizam os setores que mais concentram as feições erosivas do tipo sulcos, ravinas e voçorocas (Figura 7).

Além do predomínio das feições erosivas lineares sobre a classe de pastagem (limpo e sujo), observa-se a presença de sulcos erosivos sobre o cultivo de cana-de-açúcar. O predomínio dessa atividade ocorre no setor do reverso *cuestiforme*, visto que o mesmo apresenta um relevo mais plano, quando comparado ao *front* da *cuesta*, aspecto que facilita o processo de mecanização desse tipo de atividade agrícola. Nesse sentido, observa-se que, mesmo com o uso de técnicas agrícolas de manejo do solo, não houve contenção expressiva no número de sulcos erosivos, já que se tem o aumento na quantidade dessas feições para o cenário de 2010.

Outrossim, pontua-se a presença de sulcos e ravinas em setores dominados pelas atividades de mineração. Essa classe de uso da terra ocorre sobre a Formação Corumbataí, explorada para fabricação de cerâmica vermelha. Dessa forma, destaca-se que essa atividade acarreta em sérios problemas ambientais, já que além de implicar na poluição sonora e do ar, provoca também a retirada da cobertura vegetal e a intensificação de processos erosivos lineares alterando a configuração do relevo.

Figura 7 – Ocorrência de feições erosivas lineares em relação ao uso e ocupação da terra em 2010 na Bacia do Rio Cabeça (SP)



Fonte: elaborado pelas autoras (2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados nesse trabalho ilustram as características geomorfológicas do contato Depressão-Cuesta no interior paulista, marcadas por diversificadas litologias, solos e formas de uso e ocupação da terra. Dessa forma, verifica-se na bacia do rio Cabeça o expressivo aumento das feições denudativas no cenário mais recente, como observado na quantidade de sulcos erosivos, ravinas e voçorocas mapeadas. Constatou-se um aumento de quase 200 sulcos erosivos e mais de 30 setores de voçorocas (Quadro 2), fato atribuído tanto aos padrões de uso da terra como a determinações características físicas da área.

Quanto às características físicas, nota-se que as feições erosivas lineares ocorrem predominantemente sobre solos do tipo Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico e, secundariamente, sobre Latossolo Vermelho Amarelo Álico (Figura 4). Ainda, encontram-se sobre as litologias da Formação Pirambóia, composta por arenitos pouco coesos, os quais se distribuem por uma bacia marcada pela presença de lineamentos (CAMARGO, 2017).

Quanto ao uso e ocupação da terra, identifica-se a tendência do desenvolvimento de feições erosivas lineares sobre a classe pastagem, constatadas a partir do registro da

presença de ravinas e voçorocas em ambos os períodos de análise. Dessa forma, o pisoteio constante do gado, aliado aos terrenos de alta declividade, propiciam condições para o desenvolvimento de processos de deslocamento do solo, assim como para a compactação desses em longo prazo. Como resultado disso, há um menor desenvolvimento da cobertura vegetal, colaborando com a evolução das feições erosivas.

Além disso, o aumento da classe de práticas agrícolas voltadas à plantação de cana-de-açúcar é outro elemento que evidencia a constituição de morfologias antropogênicas relacionadas ao surgimento das feições erosivas. Em adição, o crescimento de áreas de mineração dispostas sobre a Formação Corumbataí explorada para fabricação de cerâmica é outro dado que demarca a influência da dinâmica antropogênica no desdobramento das feições erosivas, uma vez que a retirada da cobertura vegetal e a abertura de cavas influenciam na aceleração dos processos erosivos lineares.

Diante disso, constata-se que a presença de feições erosivas lineares responde tanto a certas características físicas como a formação litológica e a composição dos solos que denotam fragilidade erosiva, como a certas condições de uso da terra, implicando no estabelecimento de uma nova dinâmica erosiva em resposta às suas ações.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Regiões de circundesnudação pós-cretácea no planalto brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, SP, n. 1, p. 3-21, mar. 1949.
- AGRA FILHO, Severino Soares. Conflitos ambientais e os instrumentos da política nacional de meio ambiente. **eGesta: Revista Eletrônica de Gestão de Negócios**, Santos, SP, v. 4, n. 2, p. 127-140, 2008.
- AGUIAR, Daniel Alves de *et al.* Expansão da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: safras 2003/2004 a 2008/2009. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14., 2009, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal, RN: SBSR, 2009. p. 25-30.
- ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974.
- CAMARGO, Marina Zumpano C. **Análise morfométrica da Bacia do Rio Cabeça (SP)**. São Paulo, SP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2017. Processo n. 2016/19564-0.
- CERON, Antônio Olívio; DINIZ, José Alexandre F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, RJ, n. 2, p. 65-77, 1966.
- HOBSBAWM, Eric John Ernest. **A era das revoluções: Europa 1789-1848**. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra, 1981.
- IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2013.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. **Solos do Estado de São Paulo**. Campinas, SP: IAC, 2014.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, SP: Divisão de Minas e Geologia Aplicada, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1981.

KOFFLER, Natálio Felipe. **Solos da bacia do Rio Corumbataí**. Rio Claro, SP: Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica, Universidade Estadual Paulista, 1992. 1 mapa. Escala 1:50.000.

LITHOLDO, Karen Rieti. **Análise das alterações geomorfológicas derivadas do uso da terra na alta Bacia do Rio Passa Cinco (SP)**. São Paulo, SP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, 2017. Processo n. 2017/22257-4.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**. São Paulo, SP: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

PASCHOAL, Leticia Giuliana; CONCEIÇÃO, Fabiano Tomazini da; CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA*, 8., 2010, Recife, PE. **Anais [...]**. Recife: UFPE, 2010. p. 1-13.

PENTEADO, Margarida Maria. **Fundamentos de geomorfologia**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 1974.

PENTEADO, Margarida Maria. Implicações tectônicas na gênese das cuestas da bacia de Rio Claro. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, SP, v. 8, n. 15, p. 19- 41, jun. 1968.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, SP, v. 8, p. 63-74, 1994.

SOUZA, Tissiana de Almeida de; OLIVEIRA, Regina Célia de. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista GeoNorte**, Manaus, AM, v. 2, n. 4, p. 1348-1355, 2012. Edição especial.

STEFANUTO, Estevão Botura; LUPINACCI, Cenira Maria. Avaliação das características ambientais de ocorrências das feições erosivas lineares nos limites Depressão-Cuesta Analândia (SP). **Revista Caminhos de Geografia**. Uberlândia, MG, v. 20, n. 70, p. 367-384, 2019.

TRICART, Jean. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.

ZAINE, José Eduardo. **Geologia da formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)**. 1994. Tese (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 1994.

Recebido: abril de 2020.

Aceito: julho de 2020.