UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Presidente Prudente

ISABELA APOLINÁRIO OLIVEIRA

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS NA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL AUGUSTO TORTOLERO ARAÚJO, EM PARAGUAÇU PAULISTA - SP

PRESIDENTE PRUDENTE/SP
2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Presidente Prudente

ISABELA APOLINÁRIO OLIVEIRA

ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS NA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL AUGUSTO TORTOLERO ARAÚJO, EM PARAGUAÇU PAULISTA - SP

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, da UNESP/Campus de Presidente Prudente, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.
Orientador: Prof. Livre Docente. João Osvaldo Rodrigues Nunes.
Coorientadora: Mestranda Emanuela Sanches Moreira.

PRESIDENTE PRUDENTE/SP
2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Presidente Prudente

O48a Oliveira, Isabela Apolinário
Análise da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos na Escola Técnica Estadual Augusto Tortolero Araújo, em Paraguaçu Paulista - SP D / Isabela Apolinário Oliveira. -- Presidente Prudente, 2023
68 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Geografia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes
Coorientadora: Emanuela Sanches Moreira

1. Vulnerabilidade ambiental. 2. Processos erosivos. 3. Compartimentos de relevo. 4. ETEC. I. Título

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Presidente Prudente

D E C L A R A Ç Ã O

Eu, **Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes,** declaro que a aluna **ISABELA APOLINÁRIO OLIVEIRA,** cumpriu, sob minha orientação, 180 horas de Estágio Supervisionado e Trabalho de Graduação do Curso de Bacharelado em Geografia, desta Faculdade.

Título de Monografia: ***"ANÁLISE DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS NA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL AUGUSTO TORTOLERO ARAÚJO, EM PARAGUAÇU PAULISTA - SP".***

A Monografia foi apresentada, em defesa pública, no dia **23 de janeiro de 2023**, às 09h00min, em formato remoto: https://meet.google.com/prj-gqsd-bvx

Presidente Prudente, 23 de janeiro de 2023.

BANCA AVALIADORA	ASSINATURAS
Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues Nunes (Orientador)	Documento assinado digitalmente gov.br JOAO OSVALDO RODRIGUES NUNES Data: 23/01/2023 16:41:32-0300 Verifique em https://verificador.iti.br
Mestranda Emanuela Sanches Moreira (Coorientadora)	
Profª Drª Adjunta Melina Fushimi (UFMS)	
Doutorando Glauber Verner Firmino	

DEDICATÓRIA

Dedico esses cinco anos de graduação e trabalho primeiramente a mim, por nunca ter desistido e a minha família que nunca deixou de acreditar em mim em nenhum momento. Obrigada por tudo, amo todos vocês.

Mãe – Elaine, Vó – Dalva, Vô – Jonas, Irmãos – Thiago, Letícia e Sophia.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de iniciar agradecendo o universo por ter me dado a incrível oportunidade de ter me tornado unespiana, por ter me proporcionado dias imensamente intensos nesses últimos cinco anos da minha vida.

Agradeço a mim por ter persistido na Geografia, por acreditar que eu posso ocupar lugares que originalmente não foram feitos para mim e que mesmo sendo apenas mais uma pessoa no mundo, posso fazer a diferença.

Não posso deixar de agradecer a minha família, que sempre me apoiou e acreditou que eu poderia chegar em qualquer lugar que eu desejasse. Mãe esse trabalho é para você, que nunca me abandonou, que sempre caminhou ao meu lado me dando muito amor, carinho e conselhos. Se não fosse por você, não estaria concluindo essa importante etapa da minha vida. Vô Joninha e Vó Dalva, esse trabalho é para vocês que nunca duvidaram de mim, que ao longo desses 22 anos encorajaram a seguir meus sonhos.

Agradeço a família Apolinário, que do jeitinho especial deles me ajudaram da forma que podiam, principalmente com carinho e me proporcionando dias alegres todas as vezes que os visitava.

Ao longo do caminho não estive sozinha, tive a Maju, Igor, Lucas e Rennan ao meu lado, formando a minha primeira família "prudentina". Alessandra, Carolina e Emanuela, muitíssimo obrigada por serem as minhas meninas favoritas, por serem minha segunda família "prudentina". Agradeço a cada um de vocês que me acompanharam nessa jornada intensa que é ser universitário brasileiro, por estarem comigo nos momentos mais felizes da minha vida, assim como nos tristes, me aconselhando e secando as minhas lágrimas.

Agradeço a turma LXI, pelas festas incríveis que demos, pelas reuniões malucas da comissão de trabalho de campo, pelos conhecimentos compartilhados dentro e fora das salas de aulas. Obrigada por terem me levado para ver o mar pela primeira vez, por me proporcionarem aventuras em Palhoça e obrigada a cada amigo e colega que contribuíram de alguma forma no meu processo de aprendizagem e autoconhecimento.

A GeoAmbiental Jr. que me mostrou que posso ser uma maravilhosa profissional se eu acreditar mais em mim mesma. Por ter proporcionado conhecimentos que não poderiam ser adquiridos em nenhum outro lugar, por ter me dado amizades lindas, por ter me feito feliz.

À comissão organizadora da semana de geografia de 2022, foram momentos muito enriquecedores que passamos juntos durante a semana.

A Manu, mas não somente por ser a minha família, mas por ter acreditado em mim mesmo quando eu não acreditava, por ser a melhor coorientadora que eu poderia ter, por ter tido a paciência de me ensinar a mexer no QGIS e me aguentar mesmo pedindo ajuda de madrugada enquanto você estava no intercâmbio. Obrigada por ter me levado à Paris, me feito chorar de alegria pelas nossas conquistas e por ser minha amiga.

A professora Neife, que apesar de ter nos deixado sempre lembrarei de você. Muito obrigada por ter despertado a vontade de trabalhar com o solo e erosões, por sempre ter incentivado o meu senso crítico e por ter sido uma das melhores professoras que pude ter na ETEC.

Ao professor João Osvaldo que abraçou a minha ideia de pesquisa, que sempre esteve me motivando a continuar e que apesar de não continuar sendo sua orientanda nos próximos anos, reconhece sempre que pode o meu potencial.

A Melina e ao Glauber por terem aceito a serem minha banca, fico muito honrada por isso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por financiar o trabalho realizado através da bolsa de iniciação científica (Projeto 5805).

E por fim à Geografia por ter transformado a minha vida.

Muito obrigada!

RESUMO

Para alcançar o conhecimento pleno das diversas formas de relevo presente na paisagem, busca-se, na Geomorfologia, o suporte para a construção de documentos cartográficos, visando a compreensão dos fenômenos internos e externos da paisagem, que podem influir na maior ou menor vulnerabilidade ambiental de determinada área. Com base nesta visão geográfico-geomorfológica, o recorte territorial desta pesquisa é a Escola Técnica Estadual Augusto Tortolero Araújo (ETEC), localizada no município de Paraguaçu Paulista - SP, pois a mesma apresenta ocorrência de focos erosivos lineares, os quais refletem graus de vulnerabilidade ambiental da área. A contenção e monitoramento desses processos erosivos justifica-se pela necessidade de diminuir os riscos impostos à comunidade acadêmica do local, visto que a escola oferece cursos voltados para as ciências agrícolas, o que faz com que os alunos tenham aulas práticas nas áreas vulneráveis. O objetivo geral desta pesquisa consiste na elaboração do mapa de vulnerabilidade da Escola Técnica Estadual Augusto Tortolero Araújo, localizada no município de Paraguaçu Paulista-SP. Os procedimentos metodológicos consistiram no levantamento bibliográfico, trabalho de campo e na elaboração de mapas temáticos no software QGIS, utilizando as bases cartográficas disponibilizadas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, e os modelos digitais de elevação disponíveis no TOPODATA, que culminaram na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental a processos erosivos lineares. Como principais resultados, identificou-se que os maiores índices de vulnerabilidade localizam-se nas morfologias de fundo de vale plano, onde estão as planícies aluviais, posteriormente no setor nordeste, onde estão as vertentes com amplo caimento topográfico, e parte do topo da colina na porção leste.

Palavras-chave: Vulnerabilidade ambiental; Processos erosivos; Compartimentos de relevo; ETEC.

ABSTRACT

To achieve full knowledge of the various forms of relief present in the landscape, we seek, in Geomorphology, the support for the construction of cartographic documents, aiming at understanding the internal and external phenomena of the landscape, that may influence the greater or lesser environmental vulnerability of a given area. Based on this geographic-geomorphological view, the territorial cut of this research is the Augusto Tortolero Araújo State Technical School (ETEC), located in the municipality of Paraguaçu Paulista - SP, because it presents occurrence of linear erosive foci, levels of environmental vulnerability in the area. The containment and monitoring of these erosive processes is justified by the need to reduce the risks imposed on the academic community of the place, since the school offers courses focused on the agricultural sciences, which makes students take hands-on classes in vulnerable areas. The general objective of this research is to elaborate the vulnerability map of the Augusto Tortolero Araújo State Technical School, located in the city of Paraguaçu Paulista-SP. The methodological procedures consisted of bibliographic survey, field work and the elaboration of thematic maps in the QGIS software, using the cartographic bases available on the website of the Brazilian Institute of Geography and Statistics, models available in TOPODATA, which culminated in the elaboration of the map of environmental vulnerability to linear erosive processes. As main results, it was identified that the highest levels of vulnerability are located in the bottom morphologies of flat valley, where are the alluvial plains, later in the northeastern sector, where are the slopes with broad topographic and part of the top of the hill in the eastern portion.

Keywords: Environmental vulnerability; Erosive processes; Relief compartments; ETEC.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus Presidente Prudente

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Mapa de localização da ETEC Augusto Tortolero Araújo.....15
Figura 2 - Efeito *splash*.....27
Figura 3 - Representação de erosão em sulco..... 28
Figura 4 - Representação de erosão em ravina..... 29
Figura 5 - Representação de erosão em voçoroca.....30
Figura 6 - Mapa geológico do Estado de São Paulo.....36
Figura 7 - Mapa de vegetação nativa de Paraguaçu Paulista e da ETEC.....37
Figura 8 - Espaços físicos da ETEC.....41
Figura 9 - Fazenda e voçoroca da ETEC.....42
Figura 10 - Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2004 e 2011.....44
Figura 11 - Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2012 e 2013.....46
Figura 12 - Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2016 e 2017.....47
Figura 13 - Avanço da voçoroca em 2017.....48
Figura 14 - Avanço da voçoroca em 2017, vistos de cima.....48
Figura 15 - Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2018 e 2019.....49
Figura 16 - Desvio da erosão.....50
Figura 17 - Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2020 e 2021.....51
Figura 18 - Atual estado dos processos erosivos da ETEC.....51
Figura 19 - Mapa clinográfico do município de Paraguaçu Paulista -– SP.....53
Figura 20 - Esboço dos compartimentos de relevo da ETEC.....55
Figura 21 - Mapa de uso e ocupação da terra da ETEC.....58
Figura 22 - Mapa de vulnerabilidade ambiental da ETEC.....60

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classes de declividade para a área de estudo……..…… .19
Quadro 2 - Escala AHP para comparação pareada……..….23
Quadro 3 - Pesos das classes temáticas……...…….……...24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP - Processo Analítico Hierárquico
ETEC - Escola Técnica Estadual
ETIM - Ensino Médio Integrado
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDE - Modelo Digital de Elevação
NOVOTEC INTEGRADO - Novo Técnico Integrado
QGIS - QGIS® é marca registrada pela Open Source Geospatial Foundation
SCP - Semi-Automatic Classification Plugin
SRC - Sistema de Referência de Coordenadas
UGRH - Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA....13
2. OBJETIVOS……..…….....16
2.1. Objetivos específicos....16
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS....16
3.1. Levantamento bibliográfico....16
3.2. Trabalho de campo....17
3.3. Elaboração dos mapas..... 18
3.3.1. Mapa clinográfico....18
3.3.2. Mapa de uso e ocupação da terra....19
3.3.3. Mapa de cobertura vegetal nativa.….....20
3.3.4. Esboço dos compartimentos de relevo....21
3.3.5. Mapa de vulnerabilidade ambiental....22
4. REFERENCIAL TEÓRICO....25
4.1. Paisagem....25
4.2. Processos erosivos....26
4.3. Vulnerabilidade....31
4.3.1. Vulnerabilidade ambiental e vulnerabilidade socioambiental.....32
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO....35
5.1. Aspectos físicos....35
5.2. Aspectos históricos....39
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO....44
CONSIDERAÇÕES FINAIS....63
REFERÊNCIAS....65

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Os grupos humanos ocupam uma grande parte das paisagens terrestres, ou seja, apropriam-se de modo desigual, configurando as mesmas por meio de suas ações sobre a superfície terrestre. Deste modo, o relevo possui importância primordial, sobretudo no processo de ocupação do espaço, "[...] cujas formas ou modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem" (CASSETI, 1994, p. 12). Assim dizendo, a paisagem está em constante transformação, visto que toda a atividade humana é um ato de apropriação da natureza através do trabalho.

Neste sentido, atualmente, a questão ambiental vem ganhando destaque em diversas esferas da sociedade, uma vez que esta vem se apropriando cada vez mais dos espaços. Essa apropriação resulta, muitas vezes, na degradação ambiental, sobretudo nas áreas rurais, por meio do processo de perda de solos em decorrência da intensificação dos processos erosivos laminares e lineares, como aborda Nunes, *et al.* (2022). É importante ressaltar que os processos erosivos ocorrem naturalmente na superfície terrestre, formando e modelando o relevo da superfície, das rochas e dos solos, por meio do desprendimento, arraste e deposição das partículas causado pela água e pelo vento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999). Portanto, o agravamento da situação ambiental se dá a partir da intensificação desses processos, podendo ser intensificado pela ação humana.

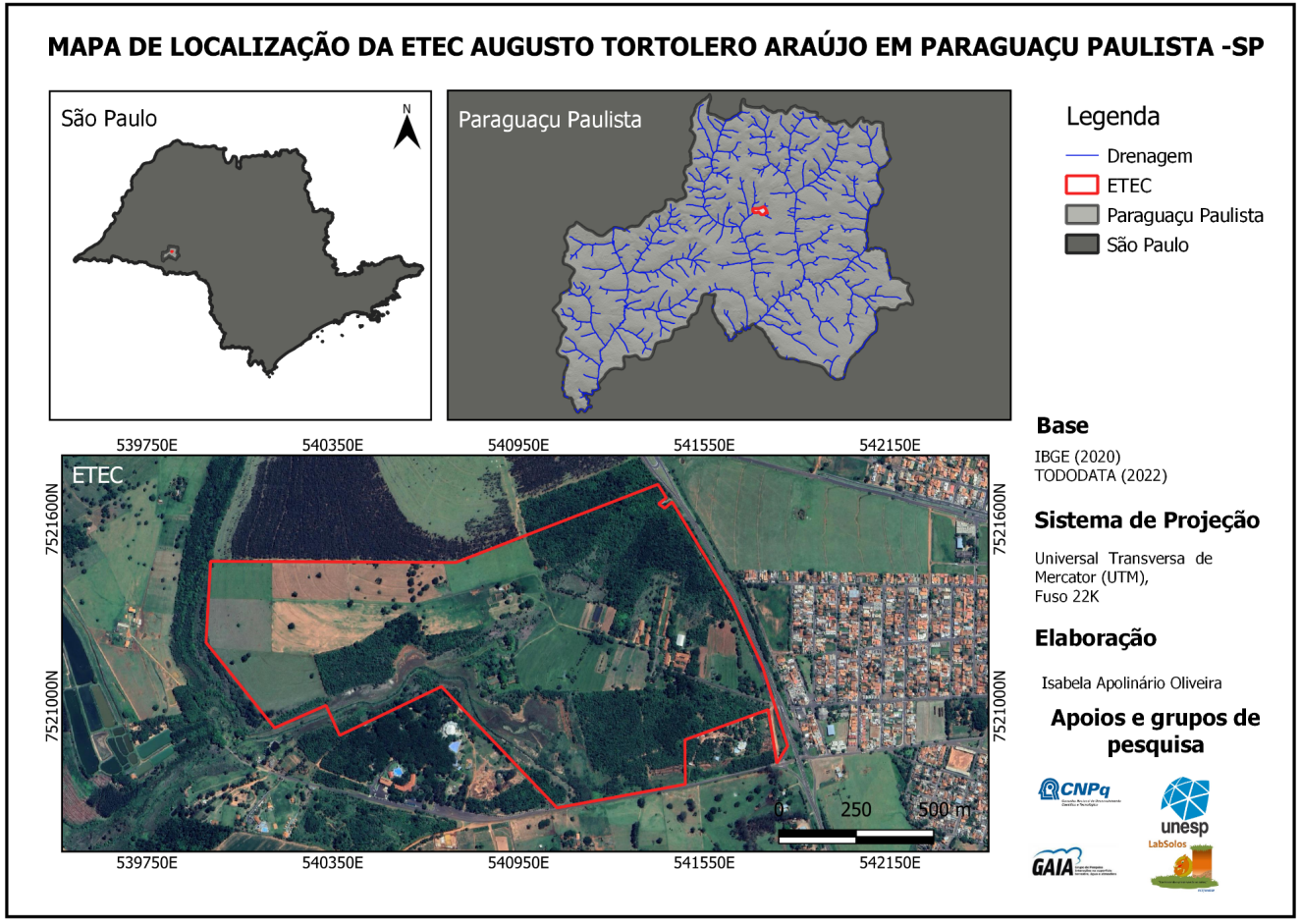
Na região do Oeste Paulista, a maior parte dos focos erosivos são originados pela concentração do escoamento superficial das águas pluviais, combinados com o tipo de uso da terra empregado na superfície. Este tipo de processo erosivo, chamado de hídrico, ocorre principalmente em ambientes com o predomínio de clima tropical, em virtude das altas incidências de chuvas.

Os aspectos físicos, tipo de uso e ocupação do solo e a forma de manejo do mesmo são elementos determinantes para avaliar o grau de vulnerabilidade às erosões lineares nos municípios. O conceito de vulnerabilidade ambiental, pode ser apreendido a partir das características físicas que compõem a paisagem, bem como o risco de degradação do ambiente natural. A mesma está relacionada à erosão do solo, com a perda da biodiversidade, ao assoreamento, à contaminação dos corpos hídricos, entre outros (NUNES, *et al.* 2022).

Ou seja, para aferir o grau de vulnerabilidade de uma determinada área é necessário fazer uma análise integrada da paisagem, envolvendo elementos naturais e sociais. Por isso, a análise das ações antrópicas no meio ambiente é fundamental para se alcançar estudos mais amplos a respeito do conceito de vulnerabilidade ambiental.

Em virtude disso, o recorte territorial desta pesquisa é a Escola Técnica Estadual (ETEC) Augusto Tortolero Araújo, localizada no município de Paraguaçu Paulista - SP (FIGURA 1), pois a mesma apresenta ocorrência de focos erosivos lineares, os quais refletem um grau de vulnerabilidade ambiental da área. A contenção e monitoramento desses processos erosivos justifica-se pela necessidade de diminuir os riscos impostos à comunidade acadêmica do local, visto que a escola oferece cursos voltados para as ciências agrícolas, o que faz com que os alunos tenham aulas práticas nas áreas vulneráveis.

Figura 1. Mapa de localização da ETEC Augusto Tortolero Araújo



Fonte: Elaboração autoral.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa consiste na elaboração do mapa de vulnerabilidade da Escola Técnica Estadual Augusto Tortolero Araújo, localizada no município de Paraguaçu Paulista-SP.

2.1 Objetivos específicos

- Realizar a caracterização física/ambiental da área de estudo;
- Elaboração de mapas de temáticos (mapa clinográfico, mapa de uso e ocupação da terra, esboço dos compartimentos do relevo, mapa de vegetação);
- Relacionar as características mapeadas da área com os processos erosivos;
- Realizar análise multitemporal do avanço dos processos erosivos;
- Propor ações para mitigar os processos erosivos.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seguir, apresentaremos os procedimentos metodológicos que possibilitaram a execução do trabalho. Foram eles: levantamento bibliográfico, trabalhos de campo, elaboração de mapas temáticos e entrevista.

3.1 Levantamento bibliográfico

Para alcançar os objetivos propostos desta pesquisa, realizou-se um acurado levantamento bibliográfico a respeito do conceito de paisagem e dos aspectos geomorfológicos, geológicos e pedológicos do município de Paraguaçu Paulista, bem como do conceito de vulnerabilidade ambiental, processos erosivos e apropriação do relevo, além de buscas por trabalhos com experiências semelhantes ao objetivo delimitado para a pesquisa, com o intuito de incorporar as melhores técnicas e referências para o estudo.

Algumas obras consultadas com frequência foram: Aquino, *et al.* (2017), Bertoni e Lombardi Neto (1999), Guerra (1994), Fushimi (2012), Nishizima (2021),

entre outros. Para esse propósito, foram realizadas pesquisas nas plataformas como o Google Scholar, SciELO, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Plataforma Capes, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP e da Pesquisa Integrada Unesp, como também por meio a buscas à Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologias/ Unesp-Presidente Prudente.

3.2 Trabalho de campo

O trabalho de campo realizado durante esta pesquisa, configurou-se de suma importância, pois possibilitou as primeiras observações empíricas acerca da atual situação físico-ambiental da área de estudo e coleta de informações sobre a história do desenvolvimento dos processos erosivos. Este ocorreu no dia 10 de março de 2022 com o propósito de realizar registros fotográficos, conhecer as áreas afetadas pelos processos erosivos e realizar um levantamento primário da evolução das erosões por meio de entrevistas com os gestores da escola. Neste primeiro momento constatou-se que na área destinada às atividades agrícolas da escola há a presença de uma voçoroca, sendo uma feição com avançado desenvolvimento processo erosivo, bem como a existência de outras formas de processos erosivos lineares, como sulcos e ravinas.

As entrevistas seguiram o caminho metodológico da História Oral, aspirando o estabelecimento do diálogo progressivo como uma das principais fontes de produção de informação, priorizando a descrição dos fatos. De acordo com Le Vem (1997, p. 220)

> As entrevistas permitem ao entrevistado uma reformulação de sua identidade, na medida em que ele se vê perante o outro. Ele se percebe "criador da história" a partir do momento em que se dá conta que, mesmo minimamente, transformou e transforma o mundo (talvez até sem ter a consciência disso), questionando elementos da vida social. Então ele pára e reflete sobre sua vida _ e este momento é acirrado pelas entrevistas, ocorrendo com freqüência _ se vê como um ator social e "criador da história". Essas pessoas, de objetos da pesquisa, se tornam sujeitos, pois percebem não só sua história de vida, mas seu projeto de vida nesse processo de auto-análise.

A História Oral como forma de pesquisar foi introduzida em 1920 pela Escola de Chicago, ganhando notoriedade apenas na década de 1970, buscando superar o positivismo e estabelecer a análise do vivido, por meio da coleta de dados de indivíduos concretos. Ou seja, no campo da pesquisa a história oral procurou romper com a

ideologia da biografia modelar, para que pudesse trabalhar a trajetória individual no contexto das relações sociais.

A perspectiva da história oral explora a relação entre memória e história, trazendo à luz as vozes de sujeitos sociais excluídos da história oficial, para inseri-los dentro dela. Portanto, por meio "[...] da escuta e dos apontamentos das narrativas, a reinvenção de novas organizações de trabalho, à medida que os sujeitos podem reelaborar suas concepções, abordagens e opiniões no processo interativo da entrevista." (ALVES, M. C. S. O., 2016, p. 8). Apesar da instituição da coleta de relatos por meio do diálogo como a principal fonte de conhecimento, a metodologia da história oral não renuncia a documentos escritos como fonte.

Tendo em vista que a direção escolar não detém de documentos físicos ou digitais que registraram todo o processo de aparecimento dos processos erosivos e as metodologias utilizadas para conter a voçoroca, surgiu-se a necessidade de recolhimento de relatos orais de diferentes sujeitos que compõem a direção escolar. As entrevistas efetuadas para essa pesquisa, ocorreram no decorrer da primeira visita à escola, em dez de março de 2022, visando o recolhimento de depoimentos para entendimento e reconstrução histórica das erosões.

Foram quatro os sujeitos entrevistados, a primeira entrevista ocorreu com a coordenadora pedagógica da escola, em seguida o diálogo foi constituído com o chefe da fazenda e por um dos funcionários da escola que também trabalha na fazenda da escola e, por fim, a última entrevistada foi a diretora.

3.3 Elaboração dos mapas

Para o desenvolvimento deste trabalho foram elaborados os seguintes mapas temáticos: mapa clinográfico, mapa de uso e ocupação da terra, mapa de vegetação nativa, mapa do esboço dos compartimentos de relevo e o mapa de vulnerabilidade ambiental da ETEC.

3.3.1 Mapa clinográfico

O mapa clinográfico da ETEC de Paraguaçu Paulista, foi elaborado a partir do modelo digital de elevação (MDE) disponibilizado no TOPODATA. Com base nos

valores de altimetria contidos no MDE, foi possível adicionar o arquivo no *software QGIS*®, na versão 3.22.7, para dar início a construção da carta.

Preliminarmente projetou-se o MDE para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS 2000, com o fuso 22 K. Com a SRC definida, a declividade foi estabelecida por meio da ferramenta "Declividade", contida nas análises, pertencendo assim às configurações de arquivos do tipo raster. Em seguida aplicou-se o procedimento de reclassificação com através da ferramenta "*r.reclass*", da biblioteca do software, utilizando as classes clinográficas propostas por Cunha (2001), realizando adaptações para as características da área de estudo (Quadro 1).

Quadro 1. Classes de declividade para a área de estudo.

Classes de declividade propostas por Cunha (2001)	Classes de declividade adaptadas para a área de estudo
< 5%	≤ 5%
5 ⊢ 10%	5 ⊢ 10%
10 ⊢ 20%	10 ⊢ 15% 15 ⊢ 20%
20 ⊢ 30% 30 ⊢ 40% ≥ 40%	> 20%

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

As classes de 20 a 40% foram generalizadas em uma única classe (>20%), devido o município de Paraguaçu Paulista apresentar suas declividades mais ressaltadas ao redor de 20%.

3.3.2 Mapa de uso e ocupação da terra

A elaboração do mapa de uso e ocupação da terra, foi fundamentada na extração de informações da imagem do satélite CBERS 4A, obtidas na Divisão de Geração de Imagens do INPE apreendida durante o período de 01/01/2022 a 22/06/2022. Em busca da melhor resolução escolheu-se trabalhar com a câmara CBERS 4A WPM, onde seus pixels possuem 8 metros de resolução.

Em decorrência das imagens serem disponibilizadas em bandas com escala de cinza, surgiu-se a necessidade de realizar a composição de cores, pelo sistema aditivo de cores, para assim obter-se a cor natural da imagem. Para esta operação, foi utilizado a versão 3.22.7 do *software QGIS*®, usando-se da ferramenta "Miscelânea e Construir raster virtual", disponibilizadas nas ferramentas gerais do menu "*Raster*". Com a composição realizada, em seguida foi necessário a aplicação do processo de "*Pansharpening*", gerando uma imagem com 2 metros de resolução espacial, a fim de obter um detalhamento maior dos tipos de uso e cobertura do solo.

Com o processo de "*Pansharpening*" finalizado, passou-se para a construção do mapa de uso e ocupação da terra. Para esse fim, utilizou-se o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), que permite a classificação supervisionada de imagens obtidas por meio do sensoriamento remoto. Para a classificação das classes de cobertura e uso da terra, utilizou-se como base teórica o Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), obtendo quatro tipologias de uso e ocupação da terra, sendo elas: Construções, Vegetação, Pastagem e Solo Exposto.

Fazendo uso do SCP, foram coletadas quatro amostras das tipologias de uso e ocupação da terra, identificadas na imagem fusionada, treinando o *software* para assim, realizar o processo de "Merge", na qual realizou-se a generalização das amostras de mesma tipologia, com o propósito de obter a classificação total da área de estudo. Por fim, utilizou-se a ferramenta "*Band Processing*", para a geração e distribuição das distintas tipologias detectadas no perímetro da escola.

Com todas as etapas realizadas, o último passo consistiu na adequação das cores de cada classe de acordo com o manual disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

3.3.3 Mapa de cobertura vegetal nativa

O mapeamento da cobertura vegetal nativa do município de Paraguaçu Paulista foi desenvolvido a partir dos dados disponibilizados no Sistema Ambiental Paulista - DataGeo, produzidos pelo Instituto de Pesquisas Ambientais - IPA

Em defluência dos dados levantados serem referentes a 17ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs) do Estado de São Paulo, necessitou-se que, as informações coletadas fossem inseridas no *software QGIS*®, para o processo de

extração dos shapefiles referentes a Paraguaçu Paulista e da ETEC. Após a seleção dos *shapefiles* necessários, os dados sobre a vegetação nativa foram classificados segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (2012), desenvolvido pelo IBGE.

3.3.4 Esboço dos compartimentos de relevo

O mapa de esboço dos compartimentos de relevo da ETEC de Paraguaçu Paulista foi elaborado através da interpretação de duas imagens de satélites capturadas pelo *Google Earth Pro* na escala de 1:25.000, com imagens mais próximas da elaboração do mapa. As feições geomorfológicas foram extraídas por meio da técnica de estereoscopia digital, que consiste em registrar duas vistas de uma cena, produzindo um par estereoscópico, para posteriormente produzir-se o anaglifo fazendo uso do *software* de edição "*StereoPhoto Maker 6.02*". O anaglifo consiste em uma imagem com efeito tridimensional estereoscópico quando visto com óculos de duas cores. Este efeito é possível, pois o anaglifo é formado por duas camadas de cores sobrepostas.

No *software QGIS*®, realizou-se o processo de georreferenciamento do anaglifo, para assim, dar início ao processo de delimitação dos compartimentos de relevo e feições geomorfológicas. A extração dos compartimentos geomorfológicos e feições geomorfológicas seguem a sequência conforme os mapeamentos previamente realizados no Extremo Oeste Paulista, as quais são:

1. Extração de cursos d'água;

2. Delimitação de planícies aluviais, topos de colinas, divisores de água e cabeceiras de drenagem em anfiteatro;

3. Caracterização de fundos de vale (Chato ou em V).

A delimitação entre superfícies de topos suavemente ondulados e planos de declive (início do compartimento de vertentes) baseou-se na técnica de Savigear (1965), a qual compreende que superfícies planas com interseção em seções côncavas e convexa e angulares/curvas (facetas e segmentos) podem ser contíguas ou ter descontinuidades angulares, com quebras de inclinação e inflexões, tendo características reconhecíveis, mensuráveis e mapeáveis.

Por fim, a composição gráfica e a legenda do mapa foram produzidas no *software CorelDRAW*, baseando-se em Tricart (1965) Verstappen e Zuidam (1975).

3.3.5 Mapa de vulnerabilidade ambiental

Para a elaboração do mapa de "Vulnerabilidade Ambiental à Processos Erosivos" na ETEC, fez-se uso da ferramenta "Suporte à Decisão AHP (Processo Analítico Hierárquico), visando a organização racional de combinação e comparação dos dados. Segundo Pimenta, *et al*. (2018, p. 409) o método AHP analisa matematicamente comparações entre fatores em conjunto e atribui pesos para a avaliação de critérios qualitativos ou intangíveis.

Conforme proposto por Saaty (1990), e demonstrado em Nishizima (2021) a aplicação do método é composta por três etapas:

1. Definição dos critérios que irão compor a matriz de decisão hierárquica;
2. Construção do conjunto de matrizes de comparação pareada com os atributos selecionados na primeira etapa;
3. Atribuição dos pesos aos critérios definidos.

Para a definição dos critérios que irão compor a matriz de decisão hierárquica, levou-se em consideração a análise de quais os elementos mais importantes para a comparação pareada dos mapas. Com a primeira etapa concluída, o segundo passo deu-se pela construção do conjunto de matrizes de comparação pareada com os atributos selecionados, e para tal utilizou-se da tabela de cálculo: *https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php*, baseando-se na Escala AHP para comparação pareada de Saaty (1990), expressa no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2. Escala AHP para comparação pareada.

Intensidade de importância	Definição e explicação
1	Importância igual - os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância moderada - um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial - um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada - um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema - a evidência que diferencia os fatores é de maior ordem possível
2,4,5,8	Valores intermediários entre julgamentos - possibilidade de compromissos adicionais

Fonte: Pimenta, *et al*. (2018).

De acordo com o Quadro 3, atribuíram-se as escalas de importância com base em AHP no software QGIS®, acessando: GRASS > Raster > r.reclass, efetuou-se a reclassificação com base na atribuição dos pesos para cada mapa. O mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos é resultado da comparação e correlação dos dados coletados dos mapas elaborados anteriormente (esboço geomorfológico, declividade e uso e ocupação da terra), a partir da atribuição dos pesos para cada classe individual dos mapas (Quadro 3): 1 - Geomorfologia: topo, vertente e planície; 2-Declividade: plano (>5%), suavemente ondulado (5-10%), ondulado (10-15%), fortemente ondulado (15-20%); 3 - Uso e Ocupação da Terra: construções, vegetação, pastagem, solo exposto.

Quadro 3. Pesos das classes temáticas.

Pesos - Valores atribuídos às classes temáticas das variáveis
Geomorfologia Topos das colinas - **1** Domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas - **5** Planícies aluviais - **9**
Declividade Plano (>5%) - **1** Suavemente Ondulado (5-10%) - **2** Ondulado (10-15%) - **7** Fortemente Ondulado (15-20%) - **9**
Uso e Ocupação da Terra Construções - **1** Vegetação - **1** Pastagem - **7** Solo Exposto - **9**

Fonte: Elaboração autoral.

Com todos os pesos atribuídos e decidida a importância dos critérios, abre-se novamente o *software QGIS*® para a geração final do mapa de vulnerabilidade. Para tanto, é necessário acessar: Saga > *Raster analysis* > *Analytical hierarchy process* e inserir a matriz gerada e selecionar as feições/camadas reclassificadas dos mapas geomorfológico, de declividade e de uso e ocupação da terra.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Paisagem

Antes de ser compreendida como conceito, a ideia de paisagem sempre esteve presente como um termo, sendo entendida como uma qualidade do espaço para ser entendido. O desenvolvimento do conceito de paisagem ocorre cientificamente pelos geógrafos alemães desde meados do século XIX, caracterizando-se como um objeto concreto e observável (NUNES, 2002).

O conceito de paisagem assume uma posição de grande relevância dentro da ciência geográfica, fortemente ligado à base naturalista, merecendo destaque as obras de Alexandre Von Humboldt. Durante o século XIX, identificou-se os principais modos que os geógrafos estudam a paisagem, o primeiro modo consiste na observação e compreensão da paisagem a partir do método morfológico, no qual a paisagem deve ser entendida como uma fisionomia caracterizada por formas, aplicando-se, então, o estudo da morfologia da paisagem. Entretanto, com o passar do tempo, o conceito passou a se comportar como um objeto de estudo que está vinculado às necessidades de análises conjuntas dos elementos da natureza e daqueles criados pela sociedade (SALGUEIRO, 2001).

A Geografia, ao longo dos anos, empenhou-se pela busca infindável por respostas com o intuito de compreender as questões relacionadas à produção do espaço da sociedade e suas multifunções através de diversas escalas de análise. Para tanto, encontra-se, no conceito de paisagem, uma das múltiplas formas de resolução das constantes indagações das geógrafas e geógrafos.

Segundo Maximiano (2004, p. 87) “entre os geógrafos há um consenso de que a paisagem, embora tenha sido estudada sob ênfases diferenciadas, resulta da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos”. Luppinaci e Stefanuto (2022), apresentam a noção de paisagem a partir da visão sistêmica de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), apreendendo a paisagem como um sistema integrado, constituído por objetos naturais, bem como por objetos antrópicos, compreendendo-se assim um sistema total.

Dentre as diversas formas de se definir a paisagem, destaca-se a concepção que a interpreta como sendo a combinação dinâmica entre os elementos físicos, biológicos e

antrópicos, caracterizando, assim, a totalidade, não sendo determinada apenas por um aspecto geográfico, mas sim considerando-se a dialética dos elementos uns sobre os outros, tornando-se um conjunto único e indissociável (BERTRAND, 2004).

Deste modo as reflexões teóricas do conceito de paisagem, podem auxiliar na compreensão da importância em considerar as implicações da ação humana sobre a paisagem, uma vez que, o ser humano, enquanto indivíduo social, apropria-se e transforma seu ambiente pelo trabalho. Baseando-se nas diversas possibilidades investigativas que o conceito de paisagem permite, discuti-lo recorrendo-se a Geomorfologia, é essencial, dado que o relevo, pode ser apreendido como o palco para as construções dos componentes antrópicos, uma vez que ele é apreendido como um dos elementos que compõem a paisagem, bem como, a assimilação dos fenômenos que implicam na ocorrência de processos erosivos no relevo, modelando-o e alterando a paisagem.

4.2 Processos erosivos

A erosão caracteriza-se como um fenômeno natural, sendo o principal elemento no processo modelador das formas de relevo. Com o equilíbrio dinâmico rompido a partir das intervenções antrópicas, o impacto das gotas de chuva em um terreno descoberto e o consequente desprendimento das partículas do solo são as principais causas da erosão hídrica. A ideia de erosão pode ser compreendida como o processo de desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo causado pela água e pelo vento (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999), proporcionando a perda de solos, bem como a perda de nutrientes, ocasionando a redução de território disponível.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 70)

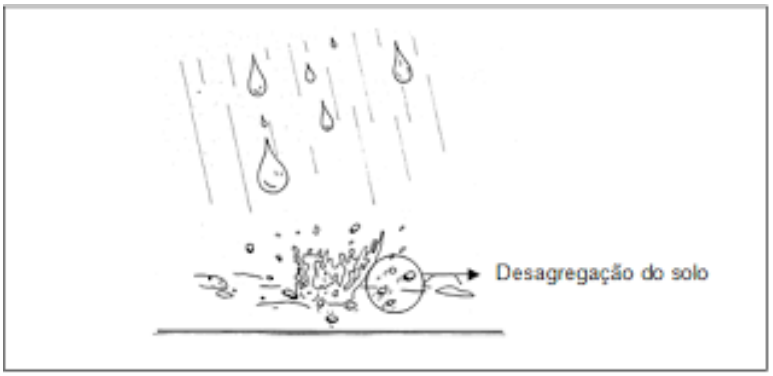
> A erosão, no seu aspecto físico, é simplesmente a realização de uma quantidade de trabalho no desprendimento do material de solo e no seu transporte. O processo erosivo começa quando as gotas de chuva embatem a superfície do solo e destroem os agregados, e termina com as três etapas seguintes: (a) as partículas de solo se soltam; (b) o material desprendido é transportado;(c) esse material é depositado.

Para além da ação antrópica, fatores controladores como a declividade, erosividade da chuva, erodibilidade do solo, cobertura vegetal, propriedade do solo, uso e manejo do solo, entre outros, intensificam os processos erosivos. Por meio desses

fatores, decorrem os mecanismos de infiltração de água no solo, armazenamento e escoamento superficial e subsuperficial da água. De acordo com Guerra (1994, p. 178) "o problema da erosão dos solos está relacionado a uma determinada superfície, onde existem contrastes entre a alta, a média e a baixa encosta." Em complemento a exposição de Guerra, é importante considerar a escala temporal, a espacialização do fenômeno em determinada superfície, pois todos esses fatores reunidos interferem direta ou indiretamente no desenvolvimento das erosões.

O estágio inicial da erosão, é conhecido por "*splash*", mais comumente denominada de "erosão por salpicamento" (GUERRA, 1994). Neste estágio, o impacto das gotas de chuva no solo causa o desprendimento das partículas de solo (Figura 2), deslocando os sedimentos ocasionados pelo choque das gotas no solo. Para além, a "[...] energia, causada pelo impacto das gotas de chuva no solo, pode quebrar os agregados existentes, formando crostas na superfície do solo, o que dificulta a infiltração." (GUERRA, 1994, p. 175). É importante ressaltar que o efeito *splash* vai variar de acordo com a tipologia do solo, do uso e cobertura da terra, bem como a ocupação da mesma.

Figura 2. Efeito splash



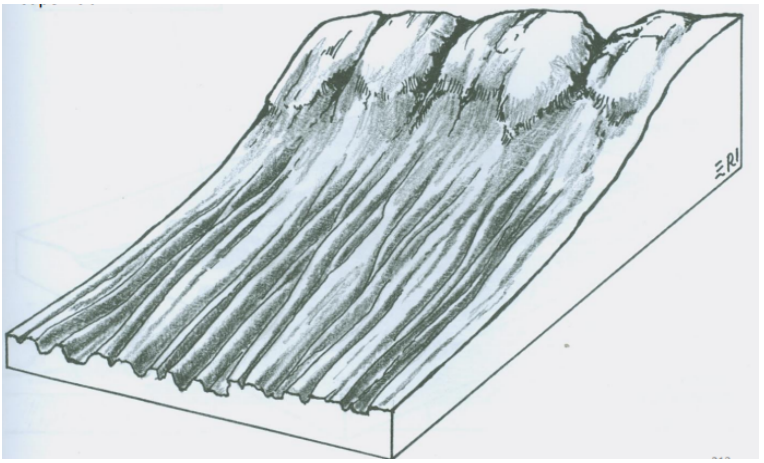
Fonte: Fernandes, 2011.

A ação da água ainda é capaz de desencadear diversas outras formas erosivas, como por exemplo as erosões laminares ou em lençol, erosões em sulcos e ravinas e as voçorocas. No caso das erosões laminares, o fator de maior responsabilidade por esse tipo de fenômeno é o escoamento superficial. De acordo com Guerra (1994) o escoamento superficial irá ocorrer quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada em um evento chuvoso, apresentando-se comumente como uma massa

de água com pequenos cursos anastomosados. Neste fenômeno, há a remoção de camadas do solo, havendo o transporte de sedimentos que compõem o mesmo. O escoamento superficial quando somado aos resultados do efeito *splash*, aumentam a turbulência do fluxo de água, gerando, assim, maior capacidade erosiva.

A ocorrência de erosões em sulcos (Figura 3) resulta do escoamento superficial durante episódios chuvosos, concentrando o deslocamento principal do fluxo de água pelas fissuras da superfície do terreno. Esses pequenos desníveis no terreno, são aprofundados pela força da água, consistindo em um fenômeno que ocorre de maneira progressiva, de montante à jusante.

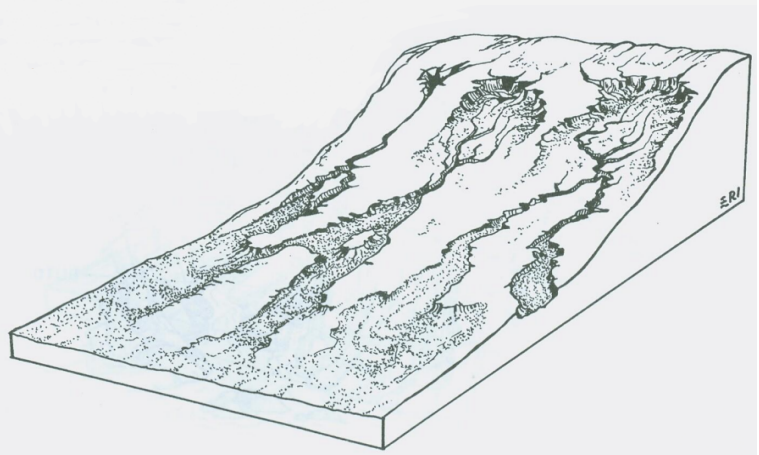
Figura 3. Representação de erosão em sulco.



Fonte: Suertegaray, 2008.

As erosões em ravinas (Figura 4) são originadas pelo aumento da velocidade do fluxo de água durante eventos de precipitação, tornando o fluxo mais turbulento, podendo ser caracterizada como o aprofundamento dos sulcos. O aumento de velocidade pode ser desencadeado pelo aumento da intensidade da chuva, pela saturação da capacidade de armazenamento de água ou pelo aumento do gradiente da encosta.

Figura 4. Representação de erosão em ravina



Fonte: Suertegaray, 2008.

As gotas de chuva possuem papel de destaque na formação das ravinas, pois segundo Guerra (1994, p. 181) as mesmas

> [...] aumentam ainda mais a capacidade de transporte de fluxo de água dentro das ravinas, através da remoção (*detachment*) de sedimentos, nas porções situadas entre as próprias ravinas. A propósito disso, Savat (1979), destacou que a interação entre os eventos chuvosos e os fluxos de água pode aumentar a probabilidade de formação e ampliação da rede de ravinas em uma determinada encosta. Morgan (1986) demonstrou que as características hidráulicas de um fluxo de água passam por quatro estágios distintos durante a formação das ravinas: 1. escoamento superficial difuso; 2. escoamento superficial, com alguma concentração, em pontos preferenciais; 3. escoamento concentrado em microcanais, sem cabeceiras definidas; 4. escoamento concentrado em microcanais, com cabeceiras definidas.

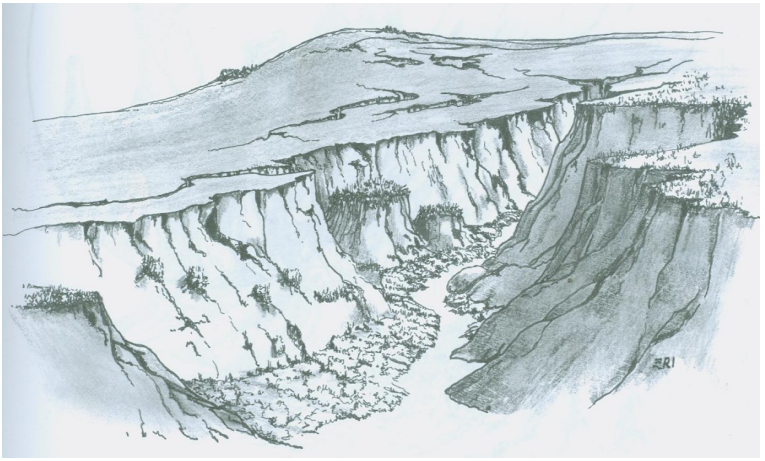
Filho e De Almeida (2016) caracterizam as ravinas como sendo feições erosivas de forma alongada, comprida com profundidades variadas, não atingindo o nível de águas subterrâneas, raramente se ramificando. Ainda os autores apontam que as águas pluviais que escoam em seu interior, são responsáveis pelo seu desenvolvimento lateral, ou seja, sua origem está intimamente relacionada ao fluxo superficial.

As erosões em voçorocas (Figura 5) podem ser caracterizadas como o desenvolvimento das erosões em ravinas, porém, toda a dinâmica deste foco erosivo seja esta. As voçorocas são erosões com paredes mais largas, profundas e extensas com ocorrência de fluxo de água no seu interior que poderá ser causado pela concentração de água durante os

eventos chuvosos e/ou pelo afloramento do lençol freático, assim possuindo em uma hidrodinâmica diferente das ravinas.

Em razão de suas características de formação, as voçorocas apresentam maior permanência na paisagem, necessitando de intervenção antrópica para o seu controle e contenção.

Figura 5. Representação de erosão em voçoroca



Fonte: Suertegaray, 2008.

Assim como as outras formas erosivas, as voçorocas podem surgir tanto em áreas urbanas, como em áreas rurais. Para Guerra e Botelho (1996), os principais fatores que contribuem para a formação de ravinas em áreas rurais são: o uso agrícola, o superpastoreio, as queimadas bem como o desmatamento. As causas das voçorocas em áreas urbanas também se dão pelo desmatamento, mas com o acréscimo do fenômeno da urbanização, juntamente com os cortes dos taludes.

Para além dos principais fatores que Guerra e Botelho (1996) citam como os responsáveis pela origem das voçorocas, novamente, o escoamento da água aparece sendo mais uma vez, o agente de maior impacto. No caso do escoamento superficial, a água presente dentro das ravinas, vão esculpindo o solo ao desprender e transportar os sedimentos. Com relação às voçorocas formadas pelo escoamento subsuperficial,

> [...] a água que escoa em subsuperfície remove os sedimentos, através da dissolução dos minerais, provocando a formação de dutos (pipes) que, uma vez formados, tendem a aumentar em diâmetro, podendo atingir vários metros, tanto em diâmetro, como em comprimento. (GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M., 1996, p. 107)

Ou seja, as voçorocas

> [...] apresentam uma ou várias ramificações integrando-se ao ramo principal [...] com tendência a alargar-se e aprofundar se, até atingir o seu equilíbrio dinâmico. Na erosão do tipo boçoroca/voçoroca a evolução lateral e remontante por meio de *piping* não requer a ação da chuva, conforme relata Salomão (1999). O fenômeno de *piping* provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentidos contrários ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a boçoroca/voçoroca ou criam novos ramos. (FILHO, G. S. DE ALMEIDA; DE ALMEIDA, M. C. J., 2016, p. 4-5)

Atualmente, o estudo da erosão dos solos é relevante, visto que é um processo natural que atinge ambientes urbanos e rurais. Apesar de constituir-se como um fenômeno natural, as ações da sociedade cada vez mais proporcionam a intensificação do mesmo, promovendo paisagens degradadas e aumentando a vulnerabilidade ambiental, como no caso da ETEC de Paraguaçu Paulista-SP.

4.3 Vulnerabilidade

A concepção de vulnerabilidade apresenta um caráter multifacetado, em defluência de poder ser aplicada para entidades físicas e abstratas. O dicionário Oxford Languages (s.d) conceitua a vulnerabilidade como sendo a *qualidade ou estado do que é ou se encontra vulnerável.* Compatibilizando com a conceituação do dicionário de Oxford, o dicionário Michaelis define vulnerabilidade da seguinte forma: "*1. qualidade ou estado do que é vulnerável. 2. suscetibilidade de ser ferido ou atingido por uma doença; fragilidade. 3. característica de algo que é sujeito a críticas por apresentar falhas ou incoerências; fragilidade.*" (Dicionário Michaelis, 2022).

Segundo Aquino et al. (2017) a ideia de vulnerabilidade comumente ligada às questões de características negativas, indicando o estado de susceptibilidade decorrente de três fatores chaves: incapacidade de adaptação; exposição ao risco e alterações sociais e/ou ambientais. Deste modo, compreender a vulnerabilidade de sistemas sociais, econômicos e do meio ambiente, vai para além do entendimento dos riscos aos desastres, está na compreensão das formas em que um sistema pode interagir um com o outro. Em virtude dos três fatores primordiais apontados por Aquino (2017), a vulnerabilidade pode ser compreendida pelas lentes ambientais, sociais como também pela ótica socioambiental, visando alcançar o entendimento da interação entre os sistemas.

4.3.1 Vulnerabilidade ambiental e vulnerabilidade socioambiental

Os debates envolvendo o conceito de vulnerabilidade ambiental sempre esbarram na problemática de sua relação com o conceito de risco. Por estarem relacionados, normalmente há desarranjos em quais seriam as diferenças entre ambos. A vulnerabilidade ambiental está relacionada ao risco no qual o meio ambiente está exposto aos fatores externos ou naturais, ou seja, discorre sobre o

> [...] grau em que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações externas. Pode ser decorrente de características ambientais naturais ou de pressão causada por atividade antrópica; ou ainda de sistemas frágeis de baixa resiliência. (AQUINO, et *al*., 2017, p. 15)

Já o risco ambiental, de acordo com o mesmo autor, está ligado à possibilidade de um evento ocorrer num sistema, perturbando o seu estado anterior. Porém para Rocha (2005, p. 18 apud FUSHIMI, M., 2012, p. 35) o risco é definido como a "[...] combinação de frequência e consequência de eventos de indesejáveis, envolvendo perda".

A compreensão da resiliência é importante dentro do conceito de vulnerabilidade ambiental, de acordo com Jordão (2011) às modificações que levam a diminuição da vulnerabilidade dos sistemas podem diminuir a capacidade de resiliência dos mesmos. Em seu livro "*Vulnerabilidade Ambiental"* Aquino, *et al.* (2017) conceitua a resiliência como sendo a capacidade concreta do meio ambiente em superar uma situação crítica, voltando ao estado natural de excelência.

Figueiredo (2010, p. 15) concebe por vulnerabilidade ambiental a susceptibilidade de um sistema à degradação ambiental considerando:

- A exposição do sistema às pressões ambientais típicas de atividades agroindustriais, avaliada por indicadores que mostram a pressão antropogênica exercida no sistema;
- A sensibilidade do sistema às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico próprias de uma região (tipo de solo, clima, vegetação etc.) que já ocorrem antes de qualquer perturbação e que interagem com as pressões;

- A capacidade de resposta do meio é avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas.

Nishizima (2021), baseada em Fushimi (2016) pontua que a vulnerabilidade ambiental consiste no conjunto de características do ambiente que lhe propicia a sua capacidade de resposta, resistência e recuperação de uma agressão que pode ser de cunho natural, como a seca, ou social, em casos de poluição de agrotóxicos e modificações no uso da terra, podendo ser uma ação que habitualmente é qualificada como mista.

A vulnerabilidade ambiental de um sistema é determinada pelas características e magnitudes de interações a qual o sistema foi exposto, bem como sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação a qualquer alteração em seu meio. Alcançar a compreensão dos níveis de vulnerabilidade ambiental de um sistema é de extrema importância, dado que o resultado dessa compreensão pode-se influir na elaboração de produtos cartográficos que poderão exercer a função de instrumentos para a gestão dos recursos ambientais.

Para que seja possível a avaliação dos índices de vulnerabilidade ambiental é necessária a elaboração de planos para, assim, determinar quais são os aspectos sociais e econômicos de uma região, na construção e seleção dos melhores indicadores. Como exemplo de indicador, temos os aspectos geomorfológicos, baseados no conceito de Geossistemas e na teoria da Ecodinâmica de Jean Tricart (1977), ao considerar três critérios de ordenação e gestão do território baseados na morfodinâmica: os meios estáveis, os meios integrados e os meios fortemente instáveis.

De modo simples, Tricart (1977) elucida que os meios fortemente instáveis são caracterizados pela predominância da morfogênese na dinâmica natural, sendo o fator determinante do sistema. Ou seja, os outros elementos desse sistema estão subordinados à morfogênese. Voltando-se para a realidade brasileira, são exemplos de meios fortemente instáveis os ambientes que sofrem com as chuvas torrenciais, nos quais podem sofrer com a grande perda de solos, a geração de voçorocas e ravinas, perda de fertilidade, bem como movimentos de massa.

A vulnerabilidade socioambiental caracteriza-se pela integração dos conceitos de vulnerabilidade social e ambiental. Conceitualmente a vulnerabilidade social está

relacionada às súbitas transformações na vida de um grupo ou indivíduo que esteja suscetível a essas transformações, que sejam relativas ao trabalho, à educação, ao lazer e à cultura (Aquino *et al.* 2017). Nos últimos anos, esforços estão sendo realizados para a construção de trabalhos nos quais o foco está nas desvantagens sociais, contemplando-as de modo integrado, relacionando os recursos simbólicos ou materiais (ativos), as estruturas de oportunidade oferecidas pelo Estado, mercado e sociedade e as estratégias de uso dos ativos.

Devido ao caráter multidimensional do conceito de vulnerabilidade ambiental, há a possibilidade de avaliação da mesma, incluindo os fatores econômicos e sociais. Através da definição de Cartier *et al.* (2009) elencada por Aquino *et al.* (2017, p. 35) podemos conceituar a vulnerabilidade socioambiental como sendo a.

> [...] coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres, discriminados e com alta privação (vulnerabilidade social), que vivem ou circulam em áreas de risco ou de degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental).

O uso dessa abordagem integrada auxilia no conhecimento e esclarecimentos de problemas de natureza socioambiental resultantes do atual modo de desenvolvimento econômico, tal como contribui na percepção da sociedade enquanto agente modificador da paisagem.

Portanto, em virtude do exposto acima, compreende-se de suma importância analisar os processos erosivos presentes na paisagem e sua relação com a vulnerabilidade ambiental da mesma. Por isso, escolheu-se a Escola Técnica Estadual Augusto Tortolero Araújo, ETEC de Paraguaçu Paulista - SP, para monitorar a evolução dos focos erosivos presentes em sua paisagem, por meio do sensoriamento remoto, bem como investigar a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos na área. Sendo assim, a seguir será realizada a caracterização do recorte territorial em questão.

5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Aspectos físicos

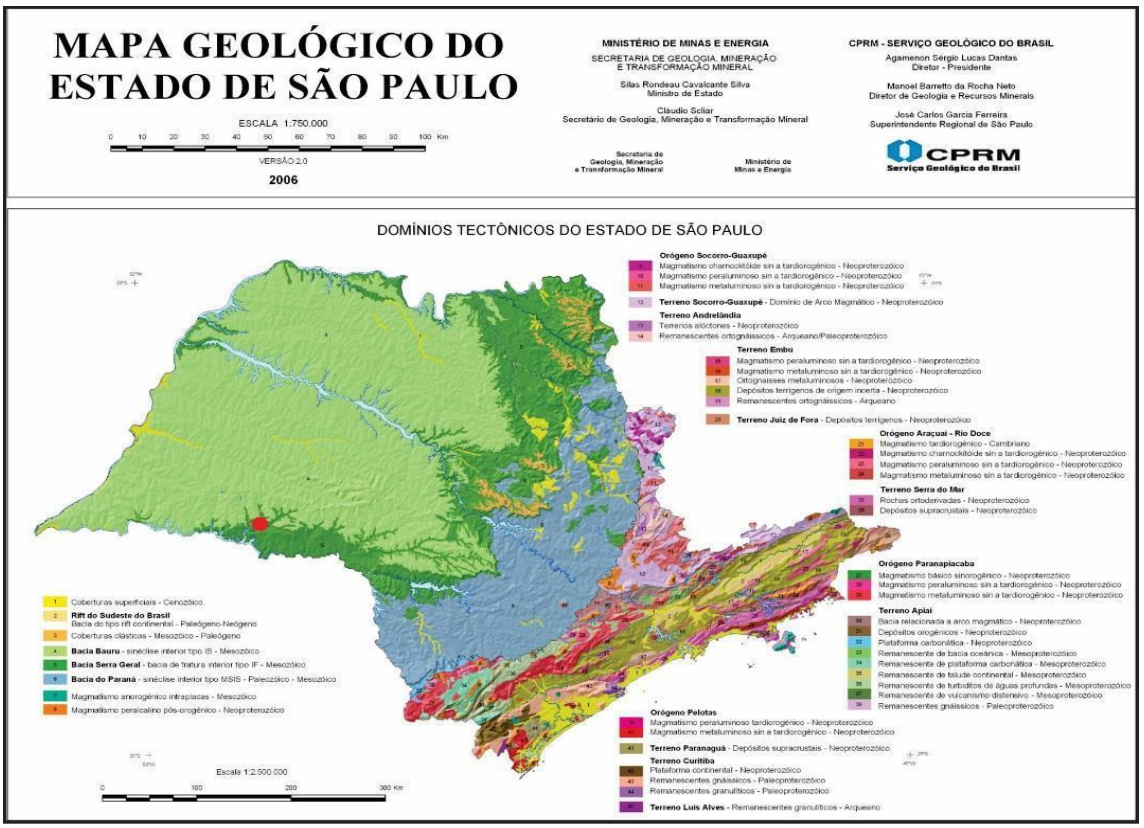
O recorte territorial desta pesquisa, como citado anteriormente, é a Escola Técnica Estadual Augusto Tortolero Araújo (Figura 1), localizada na Estância Turística de Paraguaçu Paulista. Dada a sua localização, os aspectos físicos presentes na área de estudo são os mesmos aspectos encontrados no município de Paraguaçu Paulista.

No que se refere a hidrografia do município, este está localizado na Bacia Hidrográfica do Paraná, situando-se na 17ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo, denominada Médio Paranapanema. A 17ª UGRHI, possui 16.749 km2 de extensão, sendo formada pelas bacias hidrográficas de vários afluentes da margem direita do rio Paranapanema, destacando-se os rios Pardo, Novo, Turvo, Pari e Capivara, sendo este último o principal curso d'água do Município de Paraguaçu Paulista. Os dois cursos d'água que cortam o perímetro da escola, são subafluentes do único afluente da margem direita do Rio do Sapê, no qual o mesmo é um afluente da margem esquerda do Rio Capivara.

A respeito das unidades litoestratigráficas aflorantes no Médio Paranapanema, são formadas por rochas sedimentares e ígneas da Bacia Sedimentar do Paraná, de idade majoritariamente mesozóica, e pelos depósitos sedimentares de idade cenozóica.

Do ponto de vista geológico (Figura 6), o município localiza-se na porção do estado de São Paulo, recoberta pela Bacia Serra Geral e Bacia Bauru. A maior parte da sede administrativa do município, situa-se sobre a Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento, da Bacia Serra Geral. A Formação Serra Geral, é composta por basalto, riolito com intercalação de camadas de arenito, litarenito e arenito vulcânico. De forma geral, o município está sobre a Formação Vale do Rio do Peixe, sendo que, no extremo norte, uma pequena porção está localizada sobre a Formação Marília, ambas formações pertencentes ao Grupo Bauru.

Figura 6. Mapa geológico do Estado de São Paulo



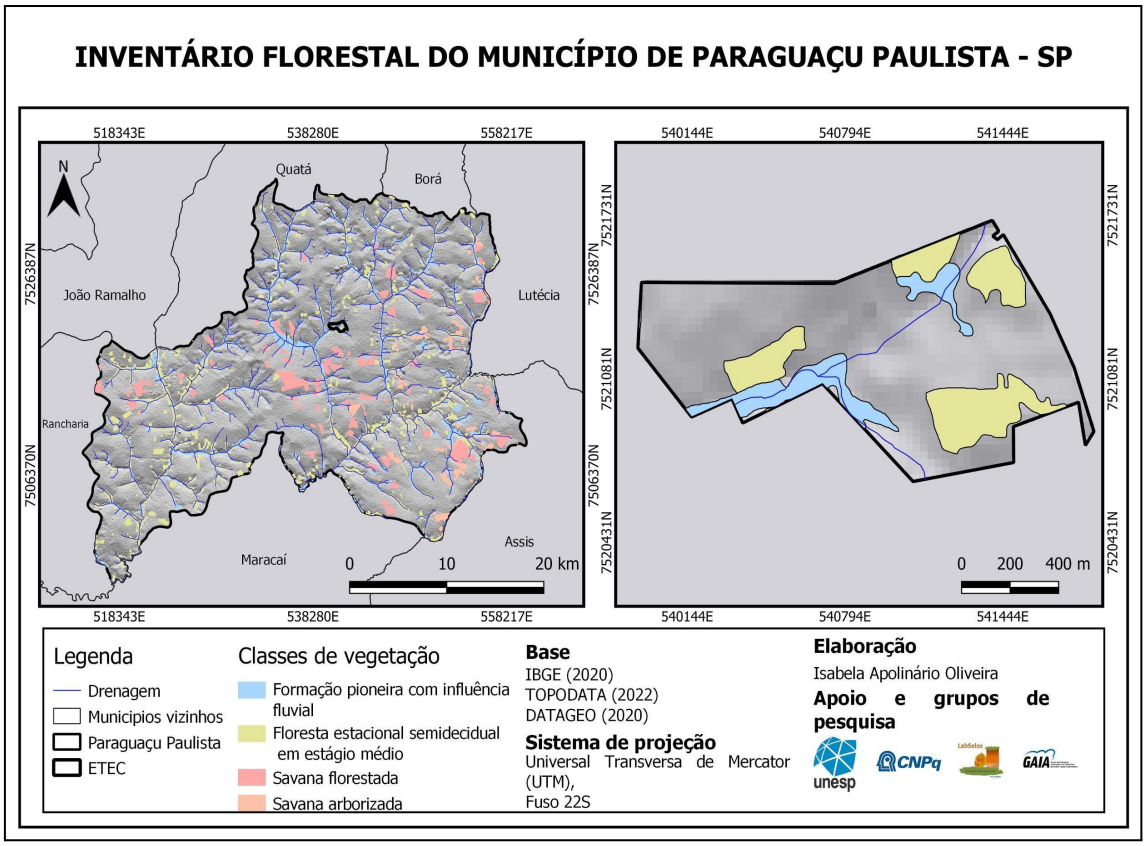
Fonte: PERROTTA, M. M. et al, 2006, adaptado.

Em relação, às principais características do relevo, grande parte do Oeste Paulista dispõe de uma baixa amplitude altimétrica, variando entre 300 e 500 metros. Há algumas exceções, como é o caso dos rios Paranapanema e Paraná, das fozes dos seus vários afluentes e do Planalto de Marília, que atinge cotas acima dos 600 metros. Segundo Boin (2000, p. 18) "[...] o relevo do oeste paulista apresenta quatro subdivisões, ou seja: relevo de agradação; relevo de degradação, em planaltos dissecados; relevos residuais suportados por litologias particulares e relevo de transição".

De acordo com o esboço dos compartimentos (Figura X) elaborado para esta pesquisa, são três os compartimentos de relevo presente na ETEC, sendo: topos, vertentes e planícies. A escola está predominantemente situada sobre o domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, sendo que, no nordeste da área estão as vertentes retilíneas. Na porção sudeste há a ocorrência da vertente convexa e no oeste, localizam-se as vertentes côncavas e convexas. A presença das planícies aluviais estão mais ao oeste-centro-leste da área de estudo.

O mapa de vegetação nativa, também elaborado para este trabalho, seguindo a classificação de vegetação brasileira do IBGE (2012), apresenta que em Paraguaçu Paulista há quatro tipos de vegetação: Formação Pioneira com influência fluvial, Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio, Savana Florestada e Savana Arborizada (Figura 7).

Figura 7. Mapa de vegetação nativa de Paraguaçu Paulista e da ETEC



Fonte: Elaboração autoral.

A vegetação de várzeas, também conhecida como Formação Pioneira com Influência Fluvial, está relacionada aos ambientes naturais sobre as planícies aluviais. De acordo com Kozera *et al*. (2009), essa tipologia ocorre em meios com saturação hídrica sazonal a permanente, em que o encharcamento do solo é o elemento principal para o desenvolvimento da vegetação.

> Em face da deposição de materiais durante as cheias dos rios, as várzeas geralmente estão sobre terrenos férteis, porém com áreas periódica ou permanentemente inundadas (LEITE; KLEIN, 1990). A água em excesso, nesses ambientes, constitui-se num elemento inibidor e seletivo da vegetação, impedindo o desenvolvimento de uma cobertura vegetal mais exuberante e

> heterogênea (LEITE; KLEIN, 1990). [...] A vegetação de várzeas é constituída principalmente por espécies de Poaceae (gramíneas) e Cyperaceae que, em conjunto, apresentam-se com grande uniformidade fitofisionômica (KLEIN; HATSCHBACH, 1962). Destacam-se também espécies de Lentibulariaceae, Droseraceae, Lycopodiaceae, Mayacaceae, Eriocaulaceae e Juncaceae (KLEIN, 1964; MAACK, 1981). (KOZERA, C. *et al*., 2009, p. 310-311)

A formação de Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Tropical Subcaducifólia, é composta por fanerófitos com gemas foliares que são protegidas da seca por escamas (catáfilos ou pêlos) e cujas folhas adultas são classificadas como esclerófilas ou membranáceas deciduais.

> O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hibernal e por intensas chuvas de verão; na zona subtropical, correlaciona-se a clima sem período seco, porém com inverno bastante frio (temperaturas médias mensais inferiores a 15ºC), que determina repouso fisiológico e queda parcial da folhagem. (IBGE, 2012, p. 93)

Sua predominância no município ocorre próximo às regiões de planícies e aos principais cursos d'água, juntamente com a Formação Pioneira com influência fluvial, sendo o segundo tipo de formação vegetal de maior presença. Na ETEC, a formação está concentrada em três áreas: ao norte, no oeste e no sudeste da escola, seguindo a tendência desenhada no município, próxima aos cursos d'água e a Formação Pioneira com influência fluvial.

Dado que o Oeste Paulista consiste num agrupamento de sistemas complexos, onde há múltiplas interações entre os diversos elementos físicos e sociais, compreender as interações entre os elementos que compõem a dinâmica da paisagem no município, como ocorreu a apropriação e ocupação das formas de relevo, auxiliariam na produção de produtos cartográficos, no qual os mesmos "[...] são importantes ferramentas na análise das dinâmicas das paisagens e no processo de tomada de decisão por especialistas e estudiosos" (NUNES *et al.*, 2022, p. 94).

A seguir será realizado um resgate dos fatos históricos que conformam a criação do município de Paraguaçu Paulista, como também, os fatos que confluem na criação da ETEC e dos processos erosivos que atualmente estão transformando a paisagem dessa comunidade escolar.

5.2 Aspectos históricos

Ainda em meados do século XIX, a região do Vale do Paranapanema constava nos documentos oficiais como “zona desconhecida” ou “região habitada por índios selvagens”. A população denominada por índios selvagens pelos brancos, eram os povos Kaingangs, os Guarani-Caiuá e os Xavantes, que foram dizimados ao longo de todo século XIX e XX pelos tropeiros da movimentação de população FRENTE DE EXPANSÃO/EXPLORAÇÃO. Com a liderança de José Teodoro de Souza a ocupação da região se deu ao longo das bacias dos rios São Matheus, Ribeirão Alegre e Sapé, fundando 3 cidades bocas de sertão: São Pedro do Turvo em 1867, Campos Novos Paulista no ano de 1868 e Conceição de Monte Alegre apenas em 1885.

A partir dos anos 1900, iniciou-se uma nova fase da expansão populacional do Vale do Paranapanema, com a vinda de empreendedores que buscavam enriquecer em meio ao contexto da expansão do capitalismo. Essas pessoas denominadas por “pioneiras” foram os responsáveis por se apropriar, distribuir e utilizar as terras existentes, promovendo a FRENTE PIONEIRA de ocupação e exploração dos lugares usurpados através do processo de grilagem, pelo genocídio da população índigena e algumas compras por meios lícitos.

De acordo com Simonetti (1999, p. 21)

> Se o conflito entre índios e a Frente de Exploração significou perdas para os índios, com o avanço da frente pioneira eles foram destruídos, expulsos ou incorporados à sociedade “civilizada” pois, nessas áreas, a perspectiva de altos ganhos com a alta fertilidade aumentou a demanda por novas terras.

Com a venda de terras nas imediações da Estrada de Ferro Sorocabana, vilarejos foram formados, em nossa região formou-se o vilarejo Moita Bonita. Na data de 23 de março de 1916 inaugurou-se a estação Paraguassu, exercendo a mudança de nome do vilarejo.

O crescimento do povoado de Paraguassu proporcionou o movimento de elevação do mesmo ao Distrito de Paz de Conceição de Monte Alegre em 18 de dezembro de 1923. No ano seguinte tem-se a chegada dos primeiros imigrantes japoneses ao distrito, originado a colônia Bunka e dois anos depois, em 12 de março há a elevação de Paraguassu a condição de município, pela lei estadual nº 2.032, de 30 de dezembro de 1924.

Somente no ano de 1944 que o município recebeu o nome de Paraguaçu Paulista, permanecendo de tal maneira até o ano de 2014, quando a “Princesinha da Alto Sorocabana”, se tornou um dos 29 municípios paulistas considerados estâncias turísticas pelo Estado de São Paulo, por cumprirem os requisitos definidos pela Lei Complementar nº 1.261 de abril de 2015. Sendo um município que possui área territorial de 1.001,492 km² e população estimada de 46.180 de habitantes (IBGE, 2021), situada no Oeste Paulista.

Aos poucos o município está consolidando-se como um dos potenciais pólo regional de desenvolvimento do setor de entretenimento natural, cultural, lazer e rural, por proporcionar diversas atrações em seu território. A cidade traz em seu nome um dos principais potenciais atrativos, já que, na língua tupi-guarani, *para* significa “*água*”, e *guaçu* “*grande*”, assim representando a sua abundância de águas. Suas águas quentes possibilitaram a criação do Resort Parque das Araras, enquanto os rios Cachoeira e Água das Mortes se juntam, criando o Grande Lago do Parque Aquático "Prefeito Benedicto Benício", formando uma praia pública e o maior lago artificial da região.

Devido a sua localização, a região apresenta características culturais advindas dos velhos hábitos dos tropeiros, atualmente refletindo no turismo local. Um exemplo desta reflexão se dá pelo funcionamento da Maria Fumaça “Dona Lina”, pelos trilhos da antiga estrada de ferra sorocabana, bem como pela construção da Casa dos Artesãos, o Museu e Arquivo Histórico Jornalista José Jorge Junior, o Centro Histórico e Cultural Isidoro Baptista (Prefeitura Municipal da Estância Turística de Paraguaçu Paulista, 2022).

Apesar do município contar com o título de estância turística, parte de sua economia advém da agropecuária e da indústria, especialmente das indústrias sucroalcooleiras. Segundo o IBGE (2022), o PIB per capita no ano de 2019 foi de R$33.955,25, ocupando o 7º lugar comparando com outros municípios de sua região geográfica imediata.

Entrelaçada à história de Paraguaçu Paulista, a história da ETEC Augusto Tortolero Araújo inicia-se no segundo ano da década de 1970 quando se inaugura o Colégio Técnico Agrícola Estadual Augusto Tortolero Araújo, localizado na rodovia SP 248, no Km 477/478, no Bairro Sapé.

Após 22 anos de sua criação, o Colégio Agrícola (Figuras 8 e 9) foi incorporado ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, tornando-se uma escola de

ensino técnico. O Centro Paula Souza é uma autarquia do Governo do Estado de São Paulo, que está vinculado ao Desenvolvimento Econômico, sendo uma instituição que oferece e administra 224 Escolas Técnicas e 75 Faculdade de Tecnologia.

Figura 8. Espaços físicos da ETEC



Fonte: ETEC, 2017, adaptado pela autora.

Figura 9. Fazenda e voçoroca da ETEC



Fonte: ETEC, 2017, adaptado pela autora.

A escola traz como missão a promoção de uma educação sólida e adequada para as exigências da modernidade, colaborando com a formação de técnicos competentes, visando a colaboração do desenvolvimento do país, como também a autorrealização.

Atualmente a ETEC conta com três modalidades de ensino médio - ensino médio regular, ensino médio integrado (ETIM) à agropecuária e ensino médio com habilitação profissional de técnico em alimentos (Novotec integrado) - e cinco cursos técnicos - Açúcar e Álcool, administração, agrimensura, agropecuária e agroindústria - de tal maneira a escola está em funcionamento nos períodos da manhã, tarde e noite de segunda-feira à sexta-feira e no período da manhã e tarde aos sábados.

Todos os cursos técnicos oferecem aulas práticas aos estudantes, assim como o Novotec integrado e o Etim. Para isso a escola conta com laboratórios de qualidade para atender as demandas dos cursos, como também uma extensa área agrícola destinada para cultivos de diferentes grãos como, por exemplo, a produção de café para a comercialização, a plantação de sorgo e milho para fabricação de ração dos animais, como os porcos, aves e algumas cabeças de gado que habitam a área da fazenda, tanto

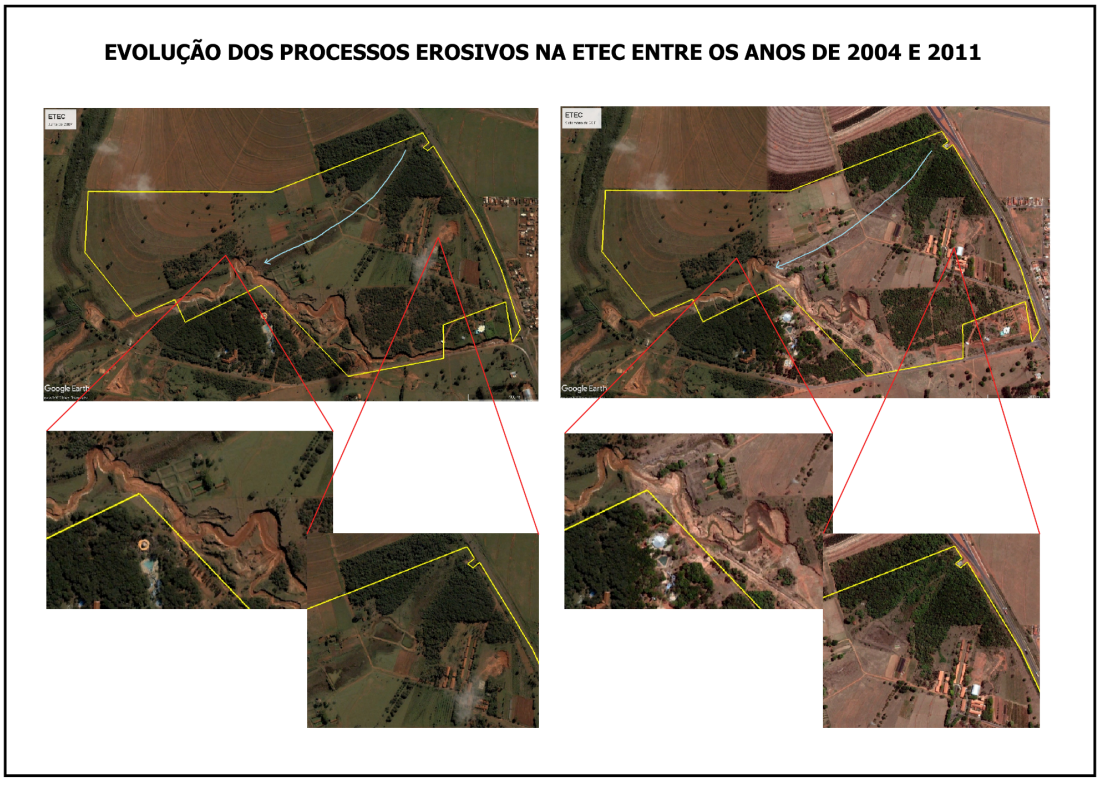
para que os alunos possam desfrutar das aulas práticas, mas também os mesmos são comercializados como forma de complementação da renda da escola.

Como observado durante o trabalho de campo, parte do principal processo erosivo está contido, e a área ainda não consolidou-se como um meio estável. A seguir serão apresentados os resultados obtidos mostrando os diferentes índices de vulnerabilidade ambiental existente na ETEC Augusto Tortolero Araújo.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para alcançar o objetivo central deste trabalho de graduação, primeiramente necessita-se conhecer o processo histórico de ocupação e com as relações com os processos erosivos lineares de voçorocamento. Como observa-se na Figura 9, apresentada anteriormente, onde mostra a localização da ETEC, é possível notar a presença do estágio mais avançado do processo erosivo, próximo ao perímetro da ETEC desde o início dos anos 2000, como é perceptível no esquema da Figura 10.

Figura 10. Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2004 e 2011



Fonte: Google Earth, 2022, adaptado pela autora.

Realizando uma retrospectiva através do Google Earth Pro, as primeiras imagens disponíveis acerca da área de estudo são dos anos de 2004 e 2011, onde é visível que há diversos focos erosivos espalhados pela escola. Na imagem datada de julho de 2004, há o aparecimento de uma extensa voçoroca que corta a escola de leste em direção ao oeste da mesma, com uma extensão de 2,05 km em seu maior trecho, possuindo uma variação

altimétrica de 42 metros (Google Earth, 2022). Na parte norte e nordeste é notável a presença de erosões em sulcos, que revela um dos motivos desta área estar vulnerável às ações pluviométricas.

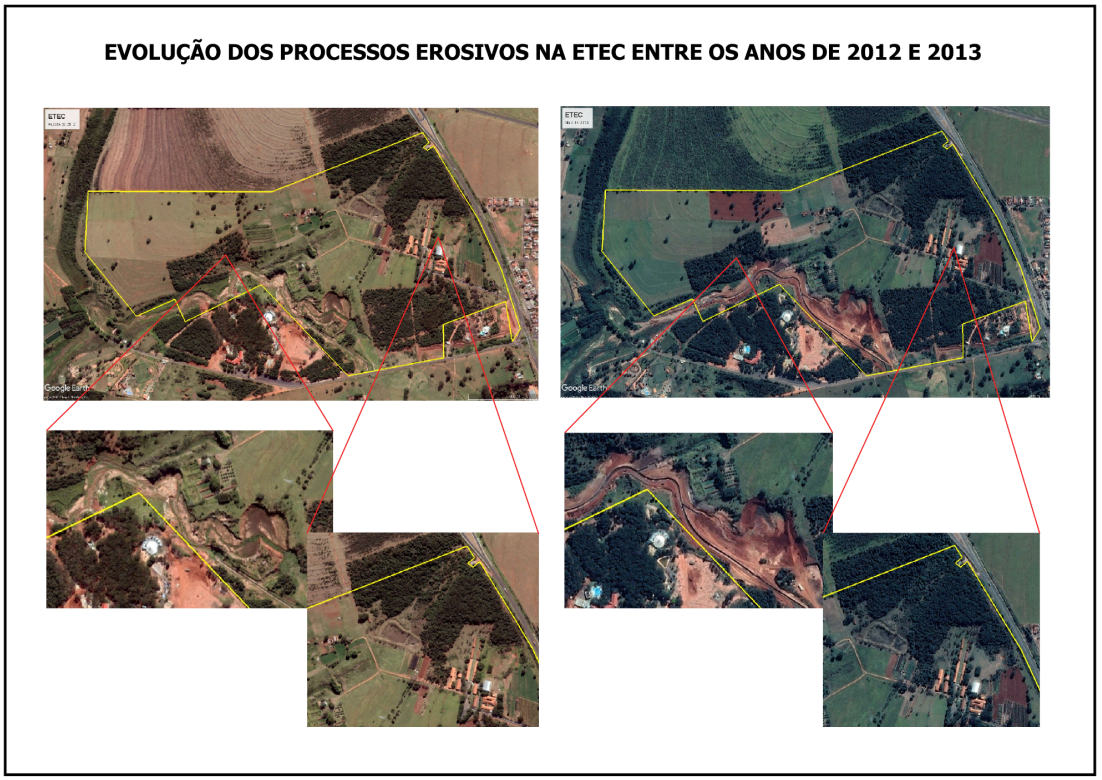
Uma vez que, a força do escoamento superficial de água, representado pela seta em azul, não encontra em seu caminho nenhuma barreira natural que possa proporcionar a quebra de energia da água, em que a mesma, ganha velocidade, aumentando sua capacidade de transporte de sedimentos. É importante ressaltar o aparecimento de uma ravina na porção leste, muito próxima aos prédios do alojamento dos estudantes, e a baixa existência de vegetação nativa na escola em comparação aos dias atuais.

Em 2011, observa-se alterações nos elementos que compõem a paisagem da escola. Com relação aos três fragmentos de vegetação nativa, o fragmento posicionado a nordeste da escola, no intervalo de sete anos entre as duas imagens apresenta uma pequena regeneração, assim aumentando a área de cobertura vegetal. Apesar dessa alteração positiva nesta área, houve o desaparecimento do único tanque de peixe, que segundo a coordenadora da escola, o fato está relacionado com o grande volume de água que o mesmo recebia.

O fragmento localizado na porção sudeste não apresenta sinais de regeneração, mas sim a perda de algumas árvores proporcionando o aumento de áreas com solo exposto. Mesmo com essa perda, é observável a supressão de parte da voçoroca que circundava o fragmento, bem como a ravina que estava próxima aos alojamentos, cedendo lugar para a instalação da quadra coberta da escola. Quanto ao fragmento que fica na parte oeste, este não apresentou nenhuma alteração, com exceção a voçoroca, na qual em alguns trechos alargou-se.

No ano seguinte (Figura 11), verifica-se o desenvolvimento da erosão, ampliando especificamente sua dinâmica erosiva próximo à fazenda. Os fragmentos de mata nativa encontram-se em processo de recuperação expandindo sua área aos poucos, cobrindo o solo anteriormente exposto, como é o caso da área atrás da quadra coberta.

Figura 11. Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2012 e 2013



Fonte: Google Earth, 2022, adaptado pela autora.

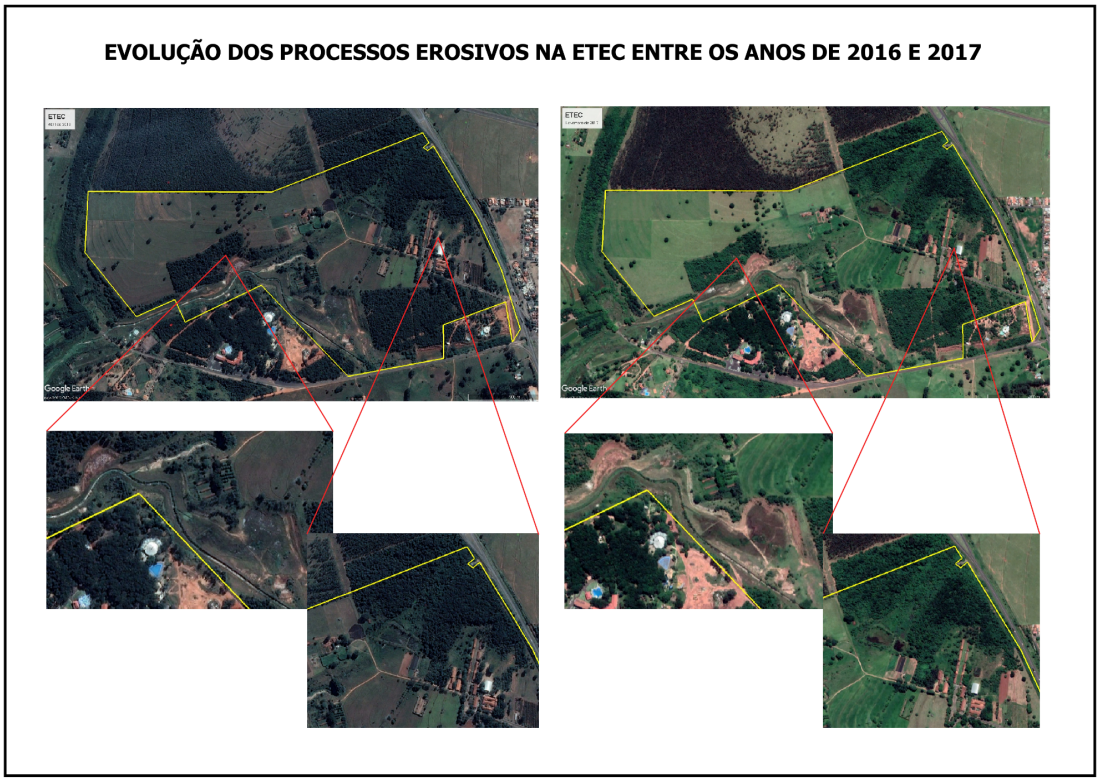
Embora hajam positivas transformações na paisagem, como o crescimento de gramíneas e árvores nos fragmentos florestais, a voçoroca ainda se faz presente na paisagem da escola.

Observando a imagem da esquerda da Figura 11, deduz-se a intervenção na erosão pelo uso de maquinários, relacionando com o que foi relatado pelo chefe da fazenda durante a entrevista. Segundo o mesmo, desde o surgimento da extensa voçoroca, conversas e negociações foram realizadas com o proprietário do terreno vizinho, para juntos colocarem em prática ações visando o controle do processo erosivo. Por dividirem a responsabilidade sobre a contenção da voçoroca, o responsável pela propriedade vizinha, financiou a intervenção. O método utilizado para a recuperação da voçoroca, foi a instalação de gabiões para a estabilização, controle e contenção da erosão.

As próximas imagens disponibilizadas pelo Google Earth Pro foram somente nos anos de 2016 e 2017 (Figura 12). As duas imagens apresentam muitas semelhanças

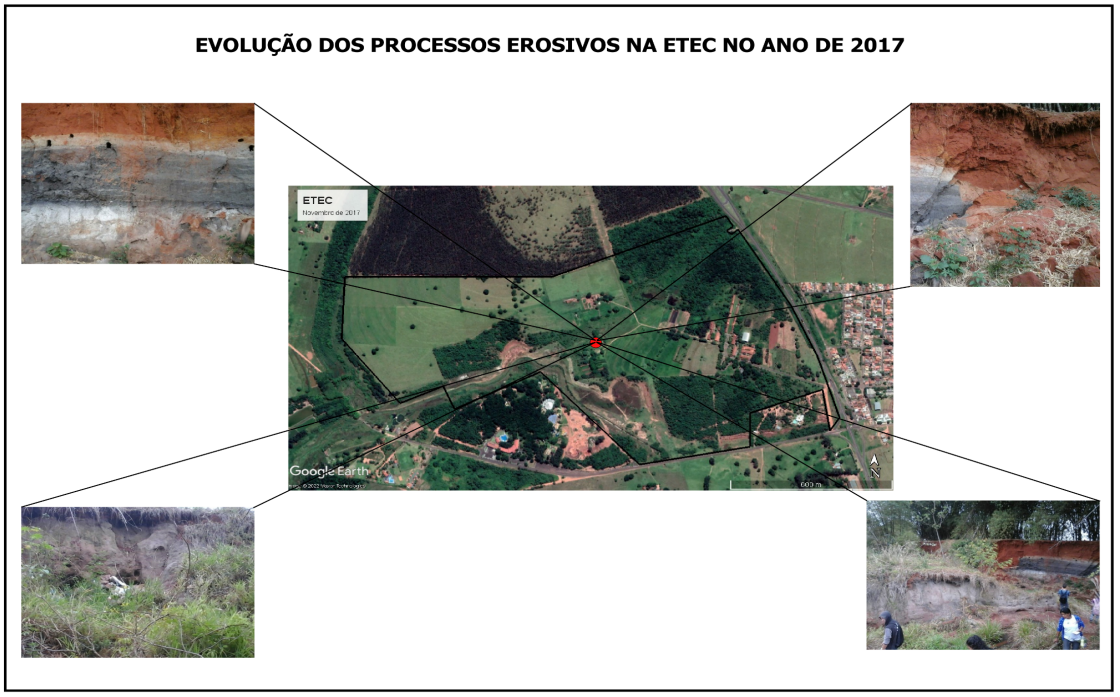
entre o desenvolvimento da vegetação e do processo de controle do avanço da voçoroca. No ano de 2016 a erosão estava com cerca de 0,70 km de distância, partindo de 465 metros, chegando ao final do perímetro escolar a 455 metros de altitude, já a área contemplada com a instalação dos gabiões não ultrapassaram 1 km de distância. Ainda que no ano de 2017 observa-se uma melhora no início do trecho da voçoroca, porém a mesma ainda continuava a avançar em direção às instalações da fazenda, conforme as Figuras 13 e 14, a seguir.

Figura 12. Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2016 e 2017



Fonte: Google Earth, 2022, adaptado pela autora.

Figura 13. Avanço da voçoroca em 2017



Fonte: Google Earth, 2022; Acervo pessoal, 2017, adaptado pela autora.

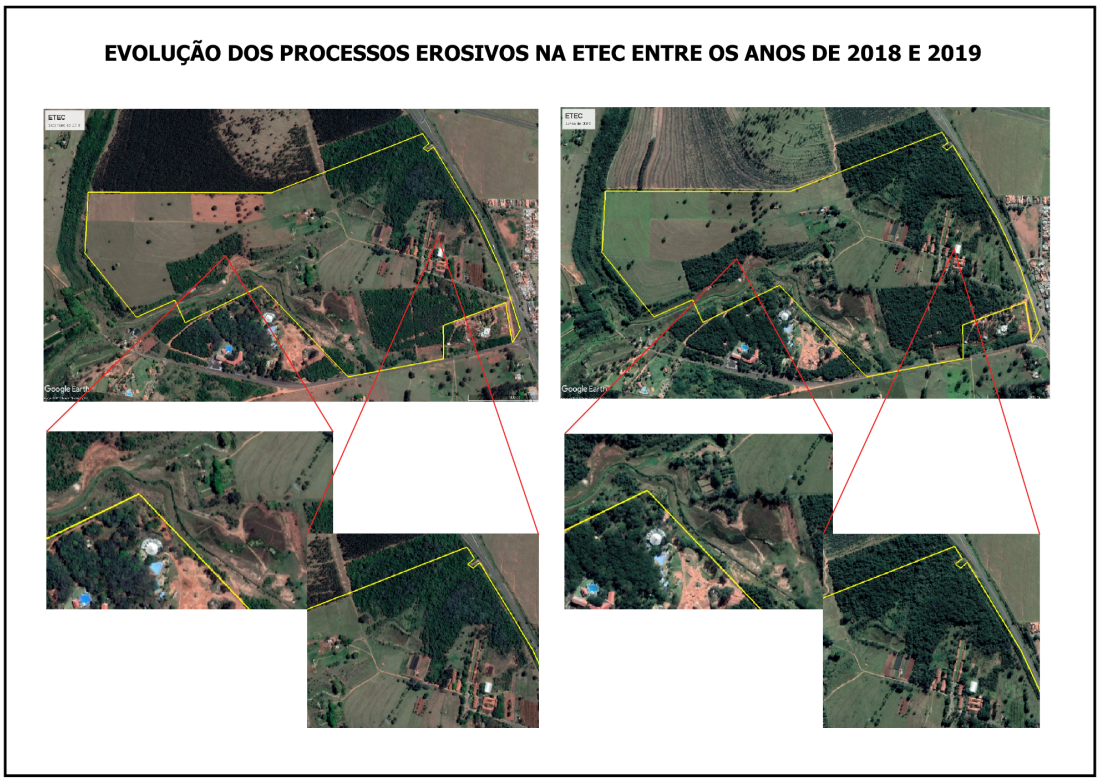
Figura 14. Avanço da voçoroca em 2017, vistos de cima



Fonte: ETEC, 2017.

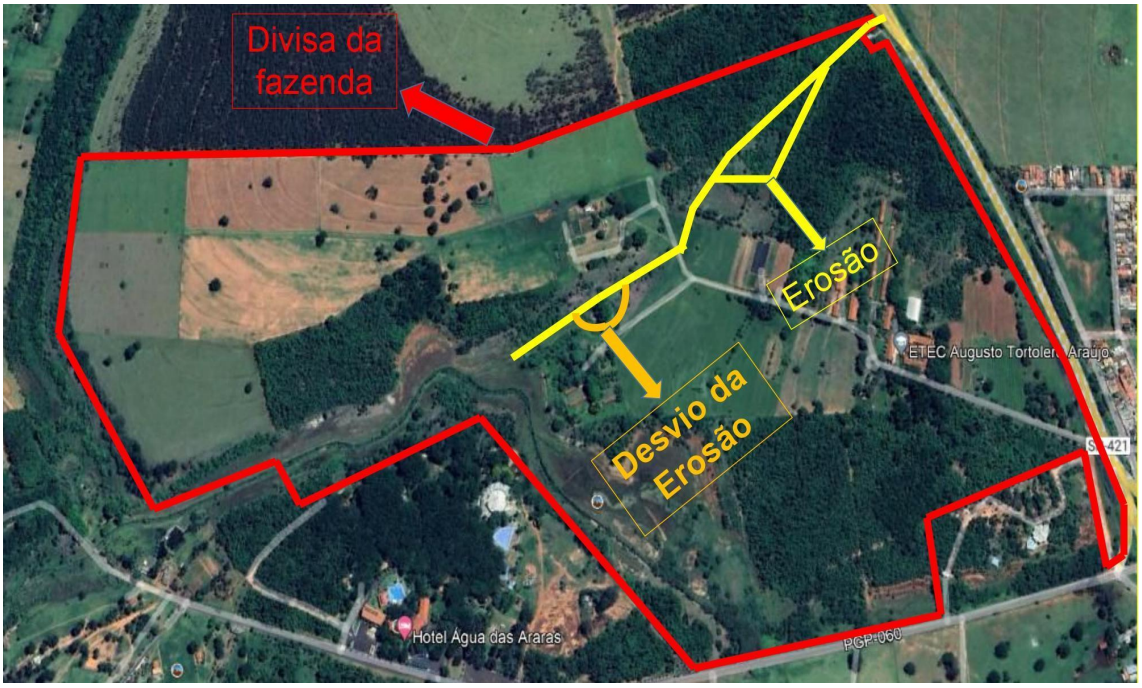
Entre os anos de 2018 e 2019 (Figura 15), mais intervenções foram realizadas objetivando a contenção e controle da voçoroca. Desta vez, o chefe da fazenda juntamente aos funcionários cercaram a área e realizaram um desvio, alterando o curso das águas advindas de precipitações, que percorrem a área por meio do escoamento superficial. No esquema (Figura 16) desenvolvido pelo chefe da fazenda, o que o mesmo chama de erosão, é o caminho que a água percorre entre a vegetação, onde de 2004 a 2011 houve erosões. A maior alteração da paisagem entre os anos de 2016 a 2019 ocorreu pelo crescimento dos fragmentos de mata nativa.

Figura 15. Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2018 e 2019



Fonte: Google Earth, 2022, adaptado pela autora.

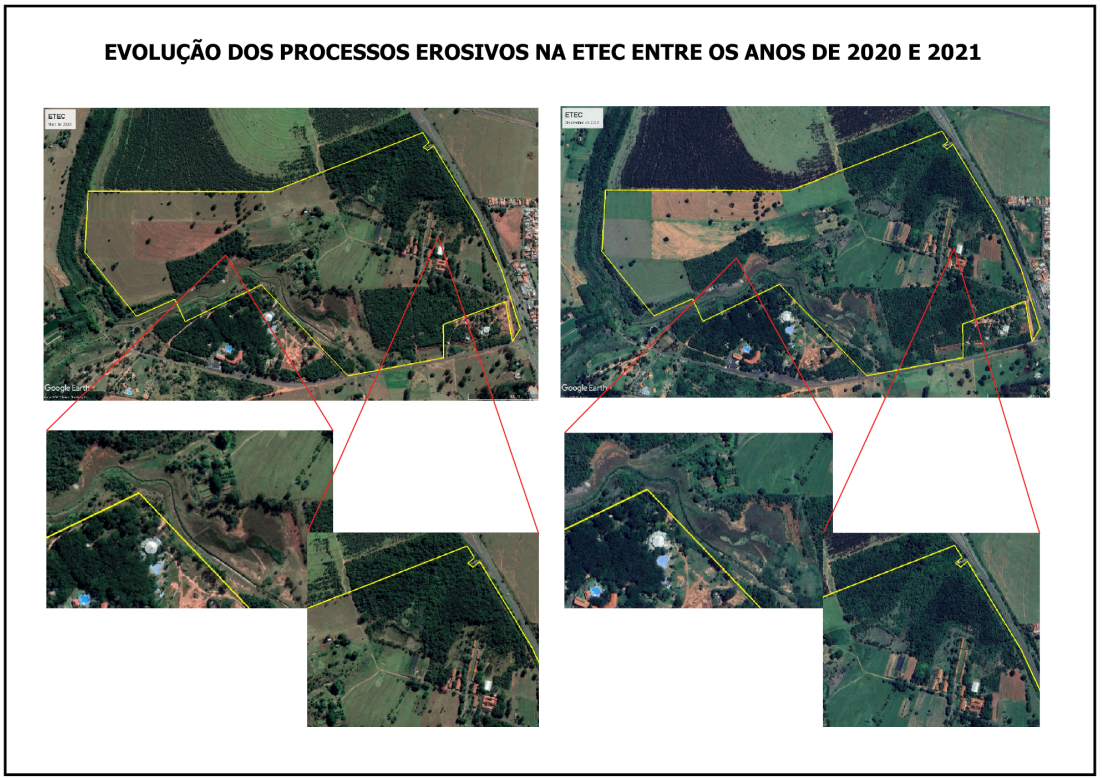
Figura 16. Desvio da erosão



Fonte: ETEC, s.d.

Atualmente a voçoroca ainda está presente na escola (Figuras 19 e 20). Porém encontra-se em processo de estabilização, com o progressivo avanço da vegetação dentro da mesma. Ainda que os remanescentes de mata nativa continuem ocupando algumas áreas onde houve processos erosivos, ainda há a presença de sulcos e ravinas que necessitam serem contidas e recuperadas para que a área finalmente possa se tornar um meio estável.

Figura 17. Avanço dos processos erosivos na ETEC entre os anos de 2020 e 2021



Fonte: Google Earth, 2022, adaptado pela autora.

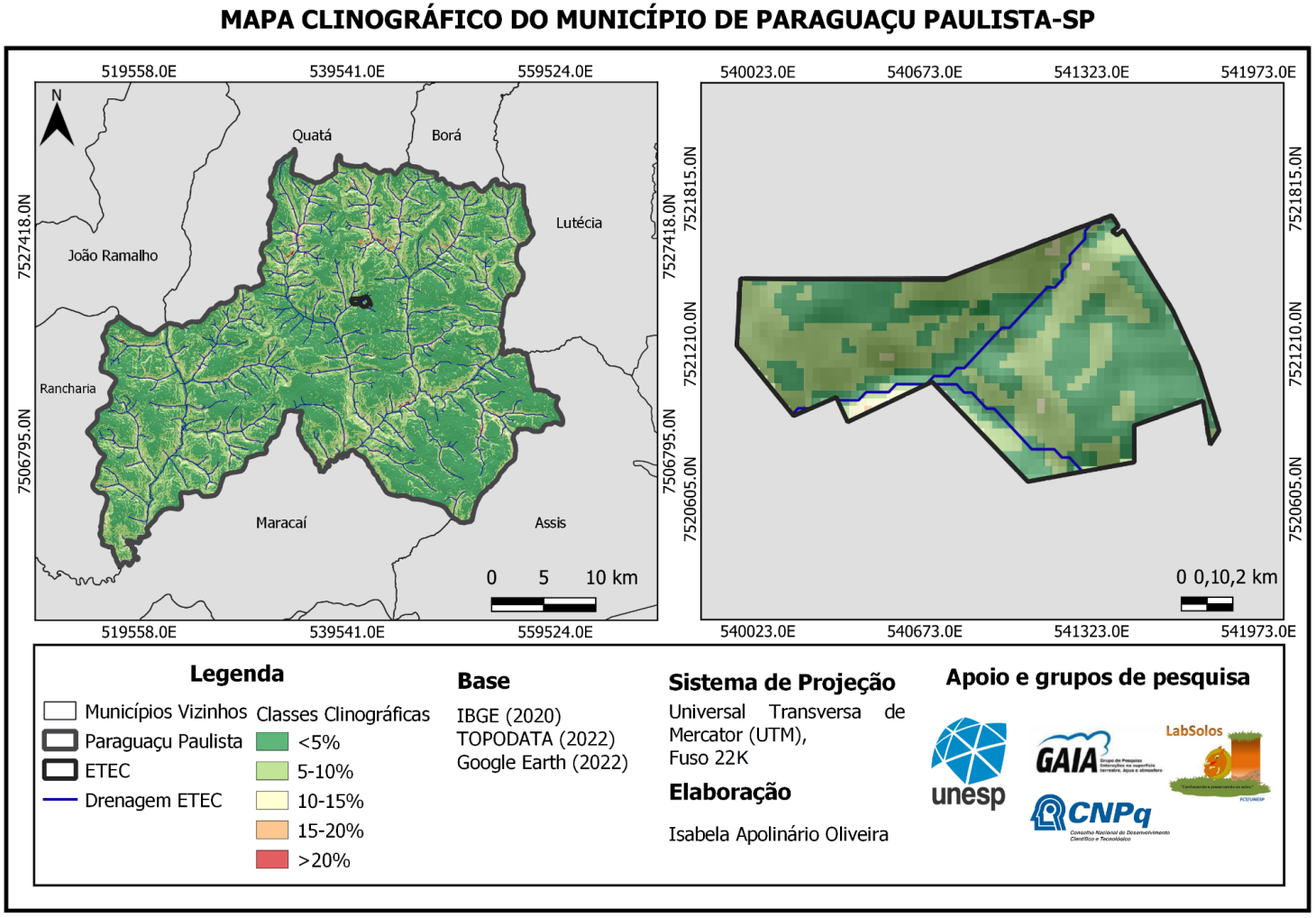
Figura 18. Atual estado dos processos erosivos da ETEC



Fonte: Acervo pessoal, 2022.

A partir da produção dos mapas temáticos complementares e das leituras realizadas, constatou-se que a escola está localizada em um município majoritariamente plano, destacando-se a classe clinográfica <5% representada pelo verde mais escuro na Figura 19. Observando mais detalhadamente o mapa, as áreas às margens dos cursos d'água apresentam variação de 5 ⊢ 10%, de declividade, por serem locais de baixa altimetria. Em alguns pontos no setor norte e sudeste do município estão concentradas as maiores declividades, seguindo a tendência apontada acima, por serem áreas de várzeas.

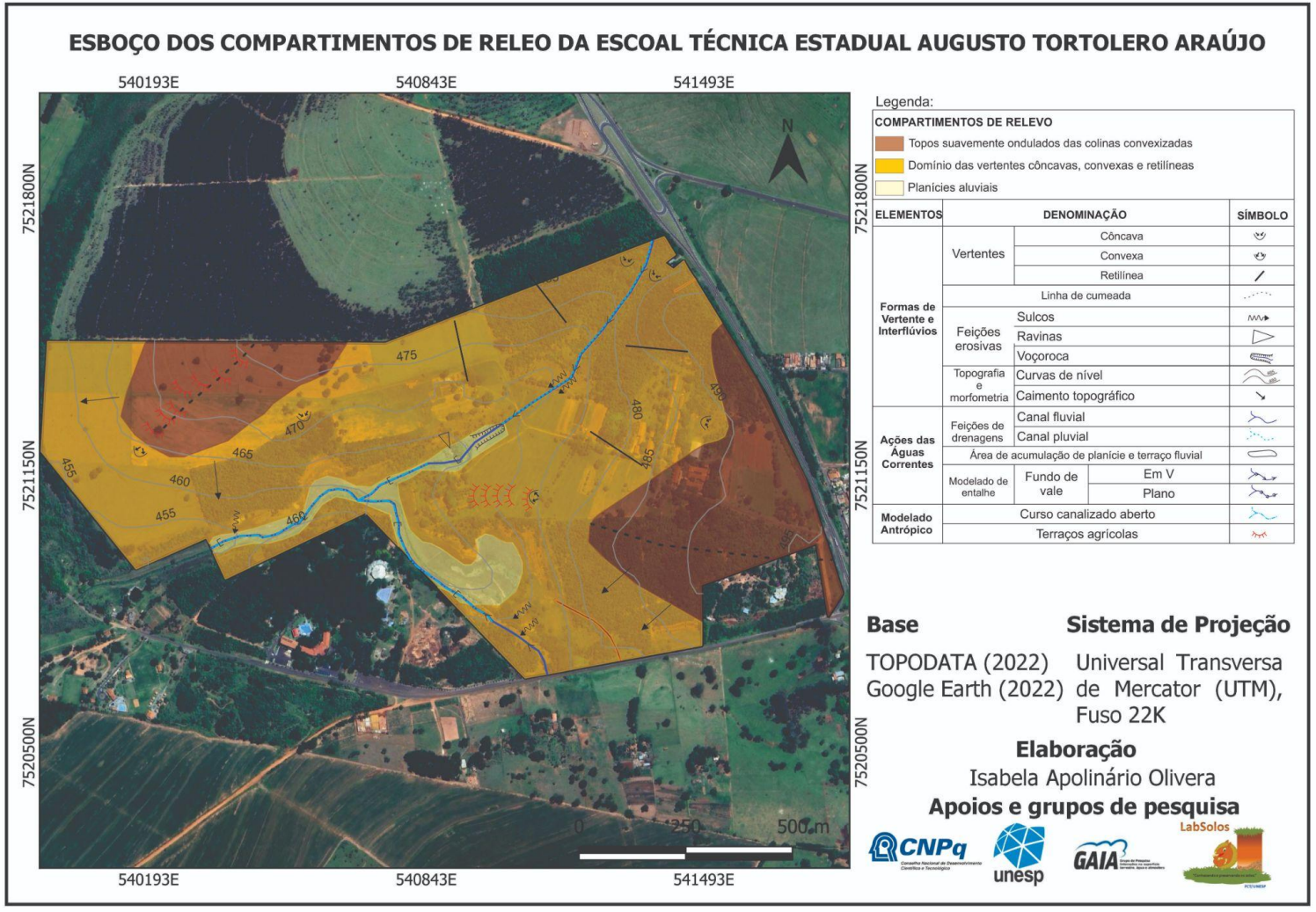
Figura 19. Mapa clinográfico do município de Paraguaçu Paulista SP e da ETEC



Fonte: Elaboração autoral.

Analisando a especificamente o perímetro escolar, a ETEC não possui altas declividades, apresentando as seguintes classes: <5%, 5 ⊢ 10%, 10 ⊢ 15% e 15 ⊢ 20%. Mesmo apresentando essas quatros classes clinográficas, as duas primeiras classes estão predominantemente presentes por toda a área. A menor declividade ocorre ao longo dos pequenos cursos d'água e nos topos das colinas convexizadas, enquanto a classe que varia entre 5 ⊢ 10%, está disposta sobre o domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas. Já as classes que variam entre 10 ⊢ 15% e de 15 ⊢ 20% estão concentradas em um único ponto no sudoeste da escola, que a partir da análise da Figura 20, observamos a ocorrência das planícies aluviais e baixa altimetria.

Figura 20. Esboço dos compartimentos de relevo da ETEC



Fonte: Elaboração autoral.

Como complemento às análises realizadas dos diferentes níveis de declividade, temos o esboço dos compartimentos de relevo, indicando as principais feições geomorfológicas da ETEC. A respeito dos compartimentos de relevo, foram identificados três:

- Os topos suavemente ondulados das colinas convexizadas;
- O domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas;
- E as planícies aluviais.

Para além da identificação dos compartimentos de relevo outros elementos foram indicados, como as formas de vertentes e interflúvios, contemplando os tipos de vertentes, as feições erosivas a topografia e morfometria como as curvas de nível e o caimento topográfico; as ações das águas correntes abarcando as feições de drenagens como o canal fluvial e pluvial, a área de acumulação de planície e o modelado de entalhe dos fundos de vale, podendo ser classificados em fundo de vale em v e fundo de vale plano; e por fim modelado antrópico, integrando o curso canalizado aberto e os terraços agrícolas.

Por ser uma área pequena, identificou-se no território da ETEC dois topos, o primeiro disposto na porção leste e o outro à oeste. Sobre o topo suavemente ondulado das colinas convexizadas localizado a leste está instalada a entrada da escola, a residência do caseiro, as áreas destinadas ao plantio de café, os prédios destinados à gestão administrativa, os laboratórios e as salas de aulas, como também parte da quadra de esportes. Salvo as intervenções antrópicas, o restante do topo da colina está recoberto por pequenos fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em Estágio Médio. Acima do topo a oeste, encontram-se terraços agrícolas e algumas árvores dispostas aleatoriamente.

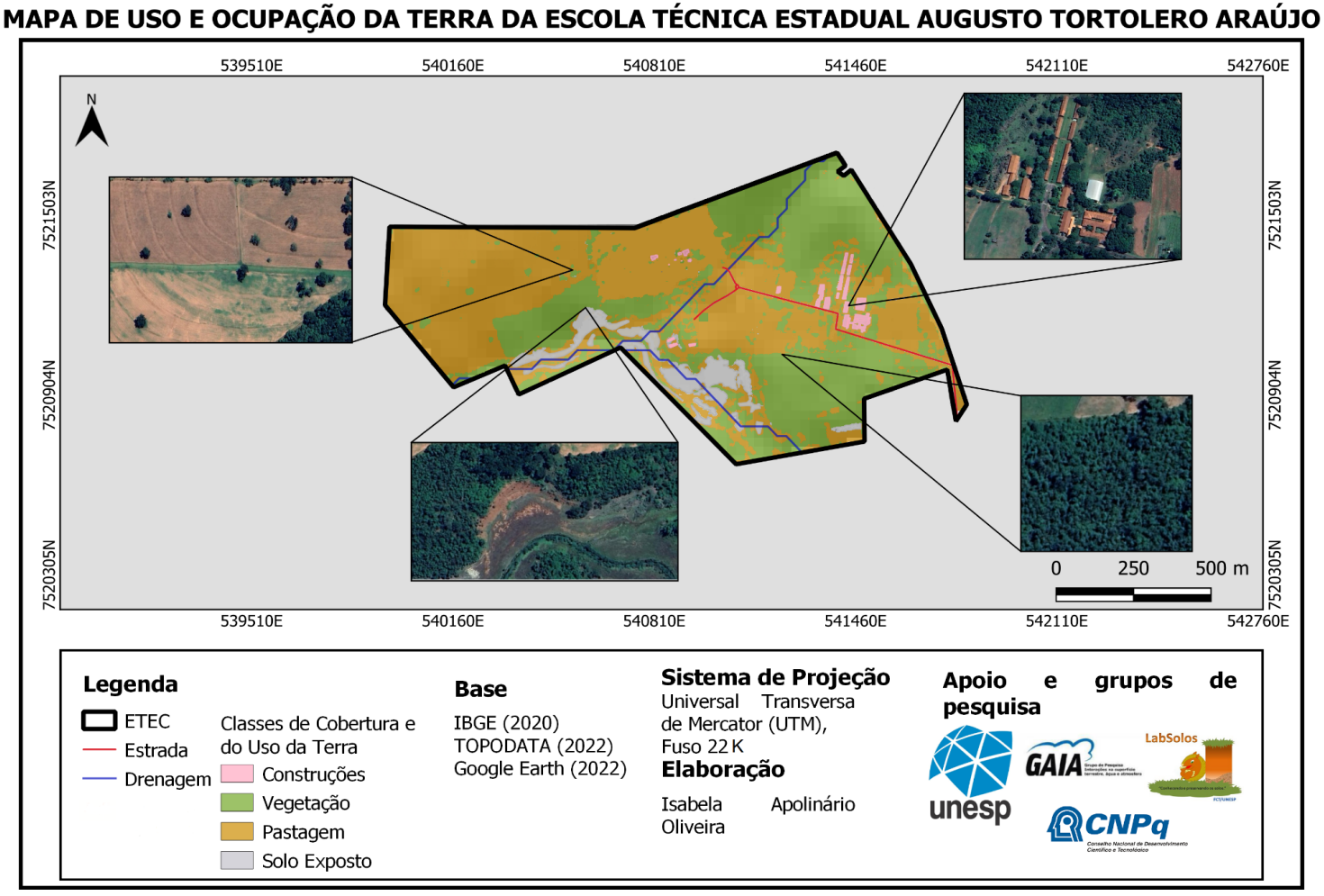
O domínio das vertentes côncavas, convexas e retilíneas estão ocupando quase totalmente o território da ETEC. Na região nordeste identificou-se a vertentes côncavas e retilíneas acompanhando as margens do canal pluvial, assim como a aparição de sulcos no local onde no passado havia o tanque destinado para a criação de peixes. A leste e sudeste identifica-se a presença da vertente do tipo convexa próxima do início dos terraços agrícolas e ao final do divisor de águas. Nessa porção podemos observar que o caimento topográfico do topo está indicado para a esquerda, visto que, nas proximidades do mesmo há uma cabeceira de drenagem em anfiteatro, o que complementa a justificativa do aparecimento de sulcos próximo ao canal fluvial.

Por fim, na porção oeste na altitude de 470 metros tem-se a vertente do tipo côncava e logo abaixo da indicação dos terraços agrícolas, temos a vertente pertencente à classe convexa.

As planícies aluviais são as áreas mais baixas dos vales, e possuem o intuito de realizar a manutenção do fluxo dos cursos d'águas. As planícies da ETEC situam-se sobretudo no fundo de vale plano, no qual seu curso d'água está majoritariamente canalizado, porém de maneira aberta. Predominantemente, o desenvolvimento dos processos erosivos apontados no histórico realizado nas páginas acima, ocorreram por toda a planície seguindo na direção sudeste, até chegar às margens da Rodovia Prefeito José Galiarde. Atualmente no início da planície é onde está localizada a voçoroca ilustrada nas Figuras 15, 16 e 20, anteriormente.

Ao adicionarmos o mapeamento dos usos e ocupação da terra (Figura 23) à nossa análise veremos que próximo a todos os caimentos topográficos e as áreas de pastagem e solo expostos estão os principais processos erosivos destacados no esboço.

Figura 21. Mapa de uso e ocupação da terra da ETEC



Fonte: Elaboração autoral.

Considerando as quatros classes de cobertura e do uso da terra apresentadas, é possível afirmar que a classe de pastagem está por quase toda área pertencente aos domínios das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, como também por toda a extensão do topo posicionado a oeste.

A vegetação, indicado pelo tom de verde compõe a segunda classe de maior extensão, podendo ser melhor detalhada na Figura 9.

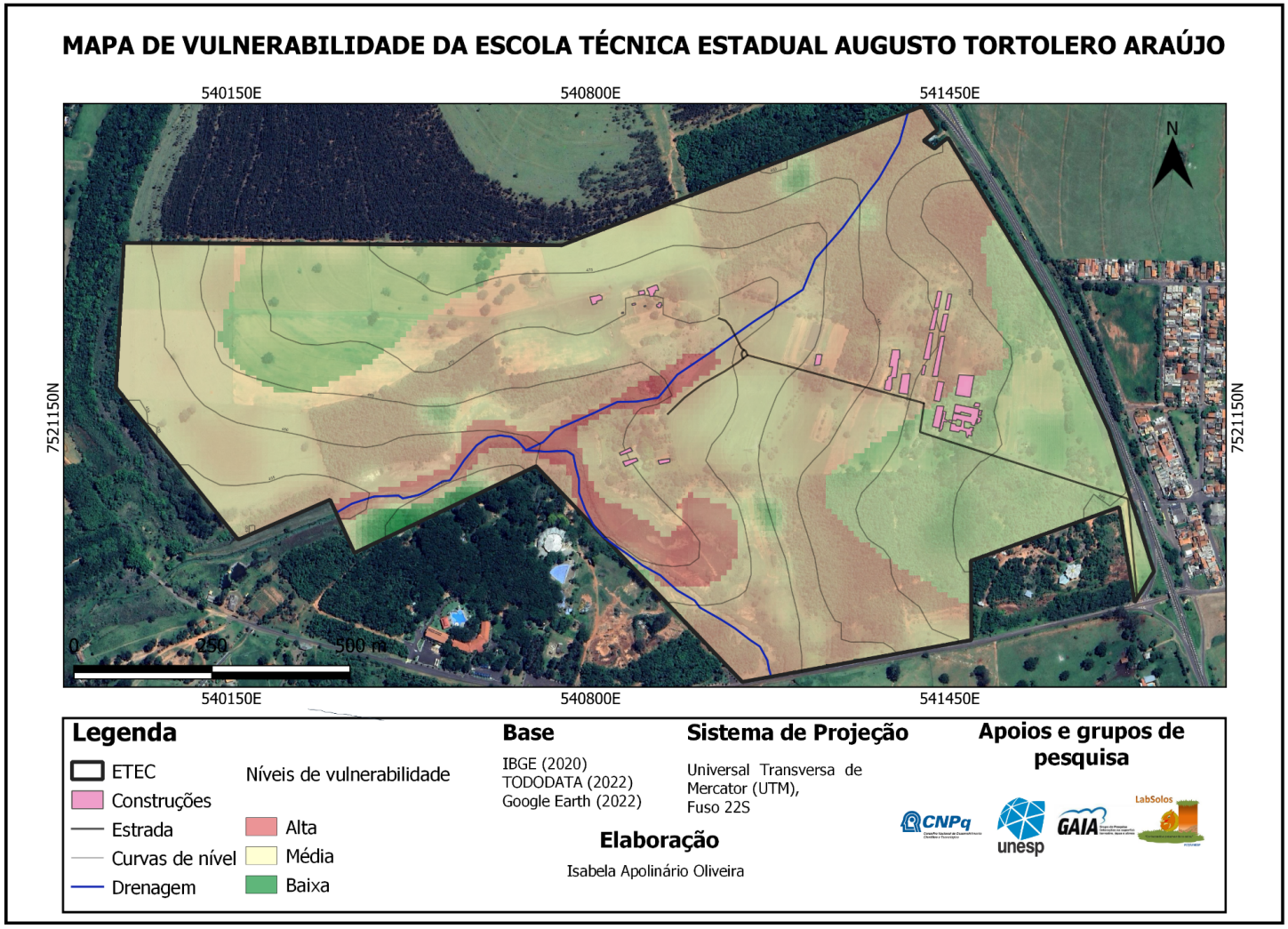
A classe de solo exposto localiza-se no fundo de vale da planície aluvial atingindo 5 ⊢ 10% de declividade.

As construções representam a classe que menor ocupa espaço na ETEC, elas retratam todos os prédios instalados para dar suporte às atividades da escola.

Ao compararmos o mapa de uso e ocupação da terra da ETEC com mapa de vegetação nativa de Paraguaçu Paulista, nota-se que onde deveria haver Formação Pioneira com Influência Fluvial, está parcialmente desmatado, o que contribuiu ao longo dos anos para a geração e desenvolvimento das erosões.

Retomando o objetivo central desta pesquisa, que consiste na elaboração do mapa de vulnerabilidade ambiental da ETEC da Estância Turística de Paraguaçu Paulista, pode-se considerar alcançado ao visualizarmos a Figura 22.

Figura 22. Mapa de vulnerabilidade ambiental da ETEC



Fonte: Elaboração autoral.

A vulnerabilidade ambiental da ETEC foi estabelecida a partir da comparação e correlação dos dados extraídos dos mapas apresentados neste tópico. Por meio da determinação dos elementos naturais e externos que geram riscos ao meio ambiente da escola, a compreensão da sensibilidade e resiliência, determinou-se que a vulnerabilidade ambiental da mesma pode ser exprimida a partir de três níveis: alta, média e baixa.

A zona que detém **maior vulnerabilidade** condiz com a localização do fundo de vale plano na planície aluvial, a região nordeste e a zona de caimento topográfico do topo da colina na porção leste. Esta alta vulnerabilidade pode ser explicitada quando nos atentamos aos detalhes do histórico da origem dos processos erosivos e dos mapas produzidos ao longo do trabalho. Um dos principais fatores que podem ser elencados é o posicionamento do canal pluvial, sobre uma área mais baixa e cercada por áreas mais declivosas por conta das vertentes e no início da cabeceira de drenagem.

Analisando o comportamento do escoamento superficial em um ambiente de baixa cobertura vegetal e de solo totalmente exposto, durante os episódios chuvosos, o terreno tem a predisposição para o aumento do escoamento superficial concentrado, quando somado ao efeito *splash*, conseguem aumentar a energia do fluxo de água, produzindo maior capacidade erosiva. À medida que esse fenômeno perdura ao longo do tempo, sem que haja a intervenção adequada para gerar a quebra da energia e a implementação de ações que possam garantir máxima a cobertura do solo, o desenvolvimento das erosões vai acelera, assim como irão surgir novos focos erosivos nessas áreas.

Sobre os domínios das vertentes côncavas, convexas e retilíneas, verifica-se a ocorrência dos três níveis de vulnerabilidade. Todavia, ocorre a predominância da **baixa e média** vulnerabilidade na porção oeste da escola. As áreas onde concentram-se as baixas vulnerabilidades são principalmente os locais onde estão situados os topos suavemente ondulados das colinas convexizadas, as baixas declividades e áreas cobertas por gramíneas e fragmentos florestais.

As áreas de **baixa** vulnerabilidade estão associadas às áreas de menor declividade destinadas às pastagens, e embora a cobertura vegetal dessas áreas seja composta por gramíneas e não por cobertura vegetal de médio a grande porte, os terraços agrícolas agem como uma barreira natural para a quebra de energia. O ponto que apresenta a menor vulnerabilidade segundo o mapa, converge com o local em que

há o domínio da vertente côncava e a predominância das classes clinográficas de 10 Ⱶ 15% e de 15 Ⱶ 20%.

Apesar da área conter fragmentos de vegetação nativa, eles não conseguem conter o volume de água que a escola recebe ao longo dos meses do ano, pela própria estruturação do relevo e pelo uso e ocupação da terra. Uma das soluções mais adequadas para evitar o aumento dos índices de alta vulnerabilidade ambiental, seria através da implementação de técnicas de bioengenharia e de manejo e conservação do solo. A aplicação de técnicas de controle dos processos erosivos relacionando o uso de elementos biológicos à elementos mecânicos compõem as técnicas da Bioengenharia de controle da erosão do solo e da estabilização de áreas instáveis.

Visando a redução do escoamento superficial e aumento da infiltração podemos utilizar a técnica da instalação das paliçadas e barreiras feitas de bambu. As barreiras irão atuar ao impedirem o aprofundamento dos sulcos, auxiliarão na redução de transporte de sedimentos, poderão gerar a estabilizar o perfil horizontal do solo, além de proporcionar paulatinamente a colonização vegetal das feições erosivas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do levantamento bibliográfico, foi possível apreender o processo histórico de formação do município baseado no desmatamento e na exploração dos recursos naturais. Durante trabalhos de campo realizados anteriormente na pesquisa, foi possível reconhecer as principais áreas da escola, a qual apresenta focos erosivos, local onde ocorrem as aulas práticas dos cursos voltados para as ciências agrícolas.

Com base nas análises efetuadas de todos os produtos cartográficos desenvolvidos durante a pesquisa, constatou-se que a ETEC Augusto Tortolero Araújo possui a maior parte de sua paisagem com níveis de baixa à média vulnerabilidade aos processos erosivos. A área de maior intensidade ocorre no compartimento da planície, decorrentes da ação do escoamento superficial concentrado, associado à influência dos aspectos físicos relacionados à geomorfologia local e do uso e ocupação da terra. A determinação dos níveis de vulnerabilidade ambiental, possui grande importância, pois influiu na geração de documentos que poderão contribuir na gestão dos recursos naturais da escola.

Atualmente, o processo de voçorocamento, que surgiu desde o início dos anos 2000, está em processo de estabilização. No entanto, baseando-se nos conceitos ecodinâmicos de Tricart (1977), conforme o uso da terra implementado ao longo do perímetro escolar da ETEC, pode vir a tornar-se um meio fortemente instável, predominando os processos de morfogênese em decorrência dos de pedogênese.

A pesquisa foi desenvolvida a partir do uso da cartografia geomorfológica, juntamente aos trabalhos de campo, que permitiram alcançar resultados acerca do índice de vulnerabilidade ambiental registrado na área. A partir disso, é possível colaborar com a instituição de ensino, auxiliando na redução dos riscos por meio de projetos de recuperação e prevenção. Por fim, é importante ressaltar que tudo isso foi viabilizado por meio de pesquisas geográfico-geomorfológicas com ênfase na vulnerabilidade ambiental de uma determinada paisagem. Deste modo, podemos compreender as origens dos processos erosivos no ambiente escolar, ajudar os gestores a buscarem por medidas que visam prevenir tais processos, bem como mitigar os riscos que a vulnerabilidade da área apresenta para a comunidade acadêmica.

Além disso, pesquisas com este enfoque estimulam que ações conservacionistas, preventivas ou mesmo mitigadoras sejam adotadas pelos gestores do espaço, a fim de

minimizar os riscos que a vulnerabilidade da área apresenta para a comunidade acadêmica.

Em suma, levando em consideração que os processos erosivos ocorrem, principalmente, em ambientes com o predomínio de clima tropical, em virtude das altas incidências de chuvas, cabe ressaltar que a análise e compreensão deste fenômeno, a partir das lentes da vulnerabilidade ambiental, é de grande importância, pois proporcionam uma visão integrada dos aspectos naturais e sociais que interagem no espaço, alterando a paisagem.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. Geomorfologia, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.

ALVES, M. C. S. O. A importância da história oral como metodologia de pesquisa. IV Semana de História do Pontal/III Encontro de Ensino de História, 2016.

AQUINO, A. R. de; et al. ***Vulnerabilidade Ambiental***. São Paulo: Blucher, 2017. 112 p. Disponível em: http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/27686.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** Bertrand Brasil, 1994. cap 9, p.365-392.

BERTRAND, G. **PAISAGEM E GEOGRAFIA FÍSICA GLOBAL. ESBOÇO METODOLÓGICO.** RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise, [S.l.], v. 8, dez. 2004. ISSN 2177-2738. Disponível em: . Acesso em: 20 ago. 2022

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

BOIN, M. N. **Chuvas e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada.** 2000. 264 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BRASIL. Lei no 1.261 de abril de 2015. Diário Oficial do Estado de São Paulo. v 125, n 79.

CASSAB, L. A., RUSCHEINSKY, A. **Indivíduo e ambiente: a metodologia de pesquisa da história oral.** Biblos, 2004, vol. 16, p. 7-24.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, p. 137, 1994.

FIGUEIREDO, M. C. B. et al. **Análise da vulnerabilidade ambiental.** Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropiacal, 2010.

DICIONÁRIO GEOLÓGICO o GEOMORFOLÓGICO. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=281227 Acesso em: 25 out 2022.

DICIONÁRIO DE OXFORD. Disponível em:< https://languages.oup.com/google-dictionary-pt>. Acesso: 05 out. 2022.

DICIONÁRIO MICHAELIS, 2022. Disponível em:< https://michaelis.uol.com.br/busca?id=w4yE7>. Acesso: 05 out. 2022.

FERNANDES, J. A. **Estudo da erodibildade de solos e rochas de uma voçoroca em São Valentim, RS.** 2011. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa

Maria, Programa de Pós-Graduação, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7774>. Acesso em: 15 set. 2022.

FILHO, G. S. de A.; DE ALMEIDA, M. C. J. Erosão hídrica do tipo ravina e boçoroca. **III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana**, IPT, São Paulo, 2016.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade Ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP.** 2012. 141 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação, 2012. Disponível em: < http://hdl.handle.net/11449/96735 >. Acesso em: 20 ago. 2022.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil, 1994.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências** , v. 19, p. 93-114, 1996.

IBGE. **IBGE cidades**. 2022. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/> .Acesso em: 25 ago. 2022.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** IBGE, 2006.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** IBGE, 2012.

JORDÃO, C. de O. **Análise da vulnerabilidade ambiental no planejamento espacial do cultivo de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo.** 2011. Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós Graduação de Ciências da Engenharia Ambiental. 2011. Disponível em:<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-09122011-133549/fr.php> Acesso em: 22 ago. 2022.

LE VEM, M. M. et al. História oral de vida: o instante da entrevista. In: VON SIMSON, Olga Rodrigues de Moraes, (org.). **Os Desafios contemporâneos de história oral – 1996.** Campinas: Área de Publicações CMU/Unicamp, 1997.

KOZERA, C. et al. **Composição florística de uma formação pioneira com influência fluvial em Balsa Nova, PR, Brasil.** Floresta, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 309-322, abr./jun. 2009.

LUPPINACI, C. M. STEFANUTO, E. B. Paisagem, conservação da natureza e impactos ambientais. In: OLIVEIRA-COSTA, J. L. P., ZACHARIAS, A. A., PANCHER, A.M. **Métodos e técnicas no estudo da dinâmica da paisagem física nos países da CPLP - Comunidade dos Países de Expressão Portuguesa.** Málaga: EUMED, 2022, cap 4, p. 227-246

MAXIMIANO, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. Revista RA'EGA, Curitiba, Editora da UFPR, n. 8., p. 83-91, 2004.

MOREIRA, E. S. et al. **Análise da ocorrência de feições erosivas lineares na Área de Proteção Ambiental (APA) do Timburi, Presidente Prudente (SP).** Geografia, v. 45, n. 1, pág. 163-184, 2020.

NISHIZIMA, M. L., NUNES, J. O. R., CUNHA, L. **Representação da paisagem do interior paulista: vulnerabilidade ambiental à processos erosivos lineares no município de Mirante do Paranapanema - SP, Brasil**. Espaço em revista, [s.]. v.24, n.1, p. 472-506, jan/jun 2022 (Edição Especial).

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para a construção de aterro sanitário em Presidente Prudente - SP.** 2002. Tese (Doutorado em Geografia com ênfase em Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

NUNES, J. O. R. et al. Diagnóstico e intervenções: estudos de caso sobre vulnerabilidade/fragilidade da paisagem e conservação dos solos. In: OLIVEIRA-COSTA, J. L. P., ZACHARIAS, A. A., PANCHER, A.M. **Métodos e técnicas no estudo da dinâmica da paisagem física nos países da CPLP - Comunidade dos Países de Expressão Portuguesa.** Málaga: EUMED, 2022, cap 3, p. 89-114

PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE PARAGUAÇU PAULISTA. Departamento de Turismo e Cultura. **Paraguaçu Paulista:** DA FLECHA AO AVIÃO. Paraguaçu Paulista, SP: Departamento de Turismo e Cultura, 2019, 26 p.

PERROTTA, M. M. et al. **Geologia e recursos minerais do estado de São Paulo.** 2006. Disponível em:<https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/2966> Acesso em 01 set. 2022.

PIMENTA, L. B. et al. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **Interações (Campo Grande),** v. 20, p. 407-420, 2019.

PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. O método de análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Piedade (MG). Revista do Departamento de Geografia, [S. l.], v. 23, p. 4-26, 2012. DOI: 10.7154/RDG.2012.0023.0001. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47203. Acesso em: 14 nov. 2022

PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS: 2004-2007. São Paulo, DAEE, 2006.

SAATY, Thomas L. Como tomar uma decisão: o processo de hierarquia analítica. **Jornal europeu de pesquisa operacional** , v. 48, n. 1, pág. 9-26, 1990.

SALGUEIRO, T. B. **Paisagem e geografia**. Finisterra, v. 36, n. 72, 2001, p. 37-53.

SAVIGEAR, R. **Técnica de mapeamento morfológico.** Anais da Associação de Geógrafos Americanos, 1965, vol. 55, no 3, pág. 514-538.

SILVEIRA, A., LUPINACCI, C. M. Contribuições da cartografia geomorfológica de detalhe para o planejamento urbano. In: Org. SIMOM, A. L. H., LUPINACCI, C. M. **A cartografia geomorfológica como instrumento para o planejamento.** – Pelotas, Ed. da UFPel, 2019, p. 80-97.

SIMONETTI, M. C. L. **A longa caminhada:** a (re)construção do território camponês em Promissão. 1999. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SUERTEGARAY, D. M. A. (Org.). **Terra: feições ilustradas.** 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE. 1977.

TRICART, Jean. Principes et méthodes de la geomorphologie. **Ciência do Solo** , v. 100, n. 4, pág. 300, 1965.

TURISMO E PASSEIO. Prefeitura Municipal da Estância Turística de Paraguaçu Paulista, c2022. Disponível em: https://eparaguacu.sp.gov.br/cria/turismo-e-passeio. Acesso em 30 ago. 2022.

VERDUM, R. **Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo**. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2016.