

Artigo de Pesquisa**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO PEREIRA - PRESIDENTE
PRUDENTE, ESTADO DE SÃO PAULO****Analysis of environmental fragility in the Córrego do Pereira river basin -
Presidente Prudente, state of São Paulo**

Ricardo dos Santos¹, Paulo Roberto Vágula², Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia³

¹ Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Geografia, Maringá-PR, Brasil. E-mail: ricasantos2000@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9650-8615>

² Universidade Estadual Paulista, Mestre em Geografia, Presidente Prudente-SP, Brasil. E-mail: paulovagula@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-6873-3257>

³ Universidade Estadual Paulista, Departamento de Geografia, Presidente Prudente-SP, Brasil. E-mail: isabel.moroz@unesp.br

 <https://orcid.org/0000-0001-6156-3446>

Recebido em 16/05/2023 e aceito em 25/02/2024

RESUMO: Estudos envolvendo a análise da fragilidade ambiental na atualidade têm se tornado imprescindíveis diante de um contexto de degradação ambiental, visto que os agentes sociais responsáveis pela produção do espaço geográfico, de modo geral, desconsideram as dinâmicas naturais. A partir deste cenário, essa pesquisa visa identificar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira, oeste paulista, para reunir subsídios ao seu planejamento e gestão ambiental, tendo em vista o desenvolvimento de práticas conservacionistas do solo e do relevo. Para a realização da pesquisa, foram utilizadas as técnicas e ferramentas do geoprocessamento para produção de mapas intermediários e mapas de síntese que nortearam o estudo. Os resultados obtidos demonstraram que a bacia hidrográfica apresentou níveis de fragilidade ambiental predominantemente médio e forte em sua extensão, sinalizando a necessidade de práticas indispensáveis e iminentes de conservação do solo, do relevo e das águas tendo em vista disciplinar os usos da terra nestes espaços, sob o risco de deterioração e agravamento de suas condições naturais, fazendo-se necessário um adequado manejo, planejamento e gestão ambiental na área da bacia, fundamentais para manter o equilíbrio no ambiente e qualidade de vida à população.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental; Bacia hidrográfica do Córrego do Pereira; Geoprocessamento.

ABSTRACT: Studies involving the analysis of environmental fragility today have become essential in a context of environmental degradation, since the social agents responsible for the production of geographic space, in general, disregard natural dynamics. From this scenario, this research aims to identify the environmental fragility of the Córrego do Pereira river basin, west of São Paulo, to gather support for its planning and environmental management, with a view to developing soil and relief conservation practices. To carry out the research, geoprocessing techniques and tools were used to produce intermediate maps and synthesis maps that guided the study. The results obtained

demonstrated that the river basin presented predominantly medium and strong levels of environmental fragility in its extension, signaling the need for essential and imminent soil, relief and water conservation practices with a view to disciplining land uses in these spaces, under the risk of deterioration and worsening of its natural conditions, making it necessary to have adequate management, planning and environmental management in the basin area, fundamental to maintaining balance in the environment and quality of life for the population.

Keywords: Environmental Fragility; Córrego do Pereira watershed; Geoprocessing.

RESUMEN: Los estudios que involucran el análisis de la fragilidad ambiental hoy se han vuelto esenciales en un contexto de degradación ambiental, ya que los agentes sociales responsables de la producción del espacio geográfico, en general, ignoran las dinámicas naturales. A partir de este escenario, esta investigación tiene como objetivo identificar la fragilidad ambiental de la cuenca del río Córrego do Pereira, al oeste de São Paulo, para recabar apoyos para su planificación y gestión ambiental, con miras a desarrollar prácticas de conservación de suelos y relieves. Para llevar a cabo la investigación se utilizaron técnicas y herramientas de geoprocésamiento para producir mapas intermedios y mapas de síntesis que guiaron el estudio. Los resultados obtenidos demostraron que la cuenca presentó predominantemente niveles medios y fuertes de fragilidad ambiental en su extensión, señalando la necesidad de imprescindibles e inminentes prácticas de conservación de suelos, relieves y aguas con miras a disciplinar los usos del suelo en estos espacios, bajo el riesgo de deterioro y empeoramiento de sus condiciones naturales, haciendo necesario contar con una adecuada gestión, planificación y gestión ambiental en el área de la cuenca, fundamental para mantener el equilibrio en el medio ambiente y la calidad de vida de la población.

Palabras clave: Fragilidad ambiental; Cuenca del arroyo Pereira; Geoprocésamiento.

INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo a análise da fragilidade ambiental na atualidade têm se tornado imprescindível diante de um contexto de degradação ambiental, visto que os agentes sociais responsáveis pela produção do espaço geográfico, de modo geral, desconsideram as dinâmicas naturais. Desse modo, pesquisas dessa natureza podem contribuir para embasar a tomada de decisão dos gestores públicos e da sociedade em geral, ao conhecerem áreas susceptíveis à degradação e o seu estado ambiental.

Estes conhecimentos necessitam ser elaborados de forma integrada, contemplando aspectos bióticos, abióticos e socioeconômicos, primordial para propor estratégias adequadas de manejo, na perspectiva da sustentabilidade. Assim, destaca-se a importância do papel do planejamento ambiental, que contribui para disciplinar, determinar e ordenar a ocupação e o uso da terra, considerando para tanto as fragilidades e potencialidades dos territórios (ROSS, 1994; ROSS, 1995; ROSS, 2009; ROSS, 2012).

Estudos de fragilidade ambiental são considerados instrumentos eficazes para a quantificação e qualificação dos atributos físicos do espaço geográfico, adequando-se às normas jurídicas, sejam elas nas esferas municipais, estaduais ou federais, com uma tendência transdisciplinar (GUIRRA, SANTOS; NOGUEIRA, 2016).

Nesse cenário, destaca-se a importância das ferramentas do geoprocésamento, indispensáveis para contribuir em estudos de fragilidade e planejamento ambiental e, neste caso, de bacias hidrográficas. Dadas às suas características, as técnicas de

geoprocessamento oferecem recursos com a viabilidade de maior detalhamento para obtenção de dados e informações sobre a superfície terrestre, além de permitir a integração de uma série de conhecimentos específicos. Por isso, constitui-se em um importante instrumento para viabilizar análises e consolidar bases para futuras tomadas de decisões.

As bacias hidrográficas constituem um sistema hidrogeomorfológico natural que apresenta uma dinâmica própria. Nela atuam diversos componentes ecossistêmicos e antrópicos reconhecidos na legislação ambiental brasileira e paulista como unidade para fins de planejamento (DI MAURO; MAGESTE; LEMES, 2017; SOARES; LEAL; PIROLI, 2019). Porém, nem sempre sua delimitação e processos inerentes são reconhecidos e respeitados nos diversos usos e ocupação do território por parte das diversas instâncias do poder público (PIROLI, 2016) e da sociedade.

Para fins de planejamento e gestão de recursos hídricos, a melhor unidade territorial de estudos é a bacia hidrográfica (DI MAURO; MAGESTE; LEMES, 2017). Essa concepção passou a ter maior visibilidade no cenário mundial a partir da publicação de “A declaração de Dublin sobre água e desenvolvimento sustentável”, documento elaborado no contexto da Conferência Internacional de Água e Meio Ambiente em Dublin, Irlanda, 1992, o qual destacou que a gestão de recursos hídricos deveria ser integrada, considerando todos os aspectos nele atuantes, recomendando a gestão a partir deste recorte territorial (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1992). Entretanto, conforme destacam Porto e Porto (2008), há registros bem-sucedidos anteriores a esta declaração, da utilização desse delineamento no Brasil e no mundo com foco na gestão de recursos hídricos relatadas por Granziera (2014) quando menciona os tratados de utilização do Rio Danúbio de 1616, o tratado Brasil-Peru sobre a navegação do Rio Amazonas em 1851 e o tratado entre o Brasil e a República das Províncias unidas do Rio da Prata em 1928, entre outras experiências.

Estudos de bacias hidrográficas permitem uma abordagem totalizante por ser considerada um ente sistêmico. Nela que se realizam os balanços de entrada resultante da precipitação e saída de água, além de outros componentes, através do exutório, possibilitando que sejam formadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos (PORTO e PORTO, 2008).

As bacias hidrográficas são essenciais para a manutenção, preservação e conservação da biodiversidade, ecossistemas, águas superficiais e subterrâneas. Pode-se dizer que se trata de um sistema ambiental que requer conhecimentos detalhados de suas características, para orientar seus usos, podendo variar conforme o tipo de rocha, particularidades do relevo, tipos de solo e características da área de drenagem, contribuindo para tornarem-se mais propensos ou vulneráveis às ações antrópicas e aos eventos naturais (SBPC, 2012; SANTOS; PIROLI; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2021).

Considera-se assim a abordagem sistêmica como um aporte para a compreensão do processo dinâmico natural, onde convergem a interação dos elementos naturais e sociais como constituintes da bacia hidrográfica. O conhecimento de suas fragilidades e potencialidades, podem viabilizar a gestão integrada dos recursos hídricos favorecendo a equidade de acesso às águas, em quantidade e qualidade, conforme

mencionado na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (SOARES; LEAL; PIROLI, 2019), preconizado pela Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997).

Estas inquietações frente aos aparatos legais elencados, motivaram esse estudo cujo o objetivo é identificar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira, para reunir subsídios ao seu planejamento e gestão ambiental, tendo em vista o desenvolvimento de práticas conservacionistas do solo e do relevo. Tal intento requer análise das características geomorfológicas e pedológicas aliadas ao uso e cobertura da terra da área que pode retratar a capacidade de suporte frente às condições naturais, fornecendo contribuições para prognósticos.

A bacia hidrográfica do Córrego do Pereira situa-se totalmente no município de Presidente Prudente (Figura 1), próximo do Distrito de Eneida, tributário do rio do Peixe, um dos principais rios do oeste paulista que atualmente, contribui com o abastecimento da população de Presidente Prudente, dada a insuficiência apresentada pelo rio Santo Anastácio, historicamente utilizado para esse fim, entre outros usos. A importância do estudo desta bacia hidrográfica, que apresenta uma área total de 77,00 km², deve-se a ausência de análises voltadas a esta área, frente a possibilidade de escassez hídrica, ocupada paulatinamente por culturas que tem se expandido nos últimos anos, a exemplo da cana-de-açúcar, além de outras práticas, sendo fundamental, subsídios que embasem o seu adequado planejamento e gestão ambiental, com vistas à ocupação responsável.

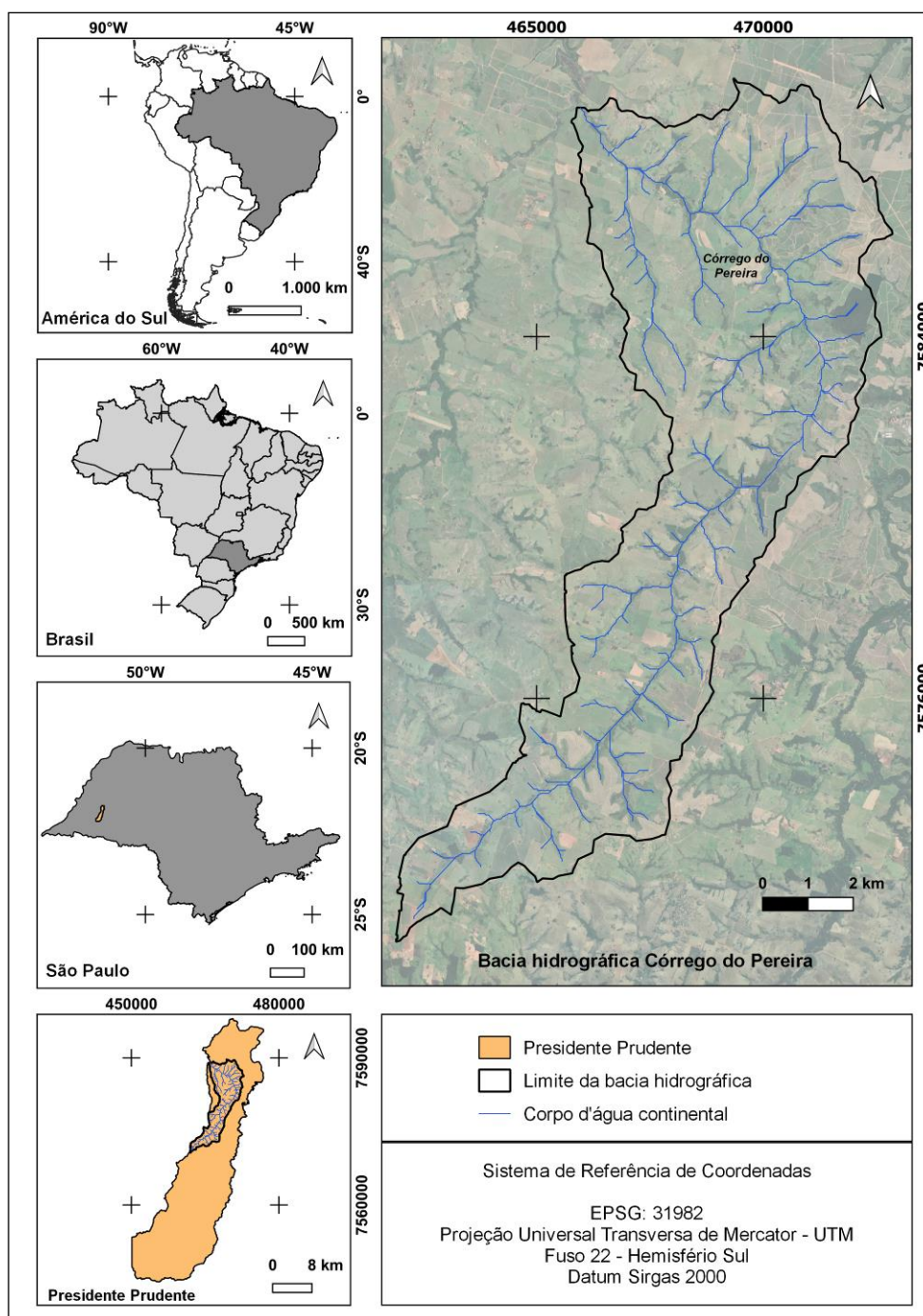


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira no Município de Presidente Prudente/SP. **Fonte:** IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite. **Elaboração:** os autores (2022)

Conforme as características geológicas e geomorfológicas, o Município de Presidente Prudente encontra-se na Bacia Sedimentar do Paraná (morfoestrutura) e no Planalto Ocidental Paulista (morfoescultura), sendo o relevo caracterizado pelo predomínio de colinas amplas e baixas com topos convexos ou aplainados (ROSS e MOROZ, 1996).

Ainda convém mencionar que, em decorrência da forma como ocorreu historicamente a ocupação da região de Presidente Prudente, muitos de seus cursos d'água foram assoreados (LEAL, 2000), desprovidos na atualidade de práticas sustentáveis aceitáveis. Dada às características físicas relacionadas, a área de estudo encontra-se em substratos relativamente frágeis, suscetíveis à degradação ambiental com razoável resistência à ação humana, particularmente em condições de retirada da cobertura vegetal em espaços sensíveis como Áreas de Preservação Permanente (APP), planícies de inundação (planície aluvial ou de várzea) e em vertentes côncavas, as mais propensas a processos erosivos.

Conforme Guapyassú e Hardt (1998), qualquer modificação no ambiente só se justifica se este resultar em benefícios coletivos, diretos ou indiretos, provocando mínimas alterações possíveis nos processos ecológicos fundamentais. Ademais, é importante considerar que os ambientes naturais têm um limite de suporte de intervenção humana. Quando as ações antrópicas suplantam a sua capacidade de regeneração, pode culminar em processos de difícil solução ou até mesmo irreversíveis (ROSS, 2009; ROSS, 2012).

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada nessa pesquisa foi baseada nos pressupostos de Ross (1994) embasada no conceito de Unidades Ecodinâmicas postulado por Tricart (1977) sob a perspectiva sistêmica, partindo do pressuposto de que na natureza as trocas de energia e matéria se processam por relações de equilíbrio dinâmico, frequentemente alterados pelas intervenções antrópicas, gerando um estado de desequilíbrio temporário ou permanente. Os ambientes em estado de equilíbrio dinâmico foram considerados estáveis, enquanto os ambientes em desequilíbrio foram considerados instáveis (ROSS, 2009).

Dessa forma, Ross (1994) propôs uma adaptação à proposta de Tricart (1977) escalonando as Unidades Ecodinâmicas instáveis, ou de instabilidade emergente em vários graus, desde instabilidade muito fraca até muito forte, onde os procedimentos operacionais requerem uma base de dados que engloba variáveis referentes à morfologia do terreno, tipos de solo, precipitação, uso da terra e cobertura vegetal.

Quanto à precipitação, Ross (2012) esclarece que a sua distribuição regular ao longo do ano, com totais pluviométricos anuais não muito superiores a 2000 mm/ano, como a área em estudo, são compreendidas como fragilidade fraca, não resultando em alterações na análise da fragilidade ambiental. Por esse motivo, a precipitação não foi considerada na bacia hidrográfica do Córrego do Pereira.

Para este estudo, no que diz respeito às características do terreno, foram consideradas a declividade e a curvatura de superfície do relevo. A definição dos níveis de fragilidade da variável solo foi considerada a partir das características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes dos diversos tipos de solos. Para a variável cobertura e uso da terra, considerou-se o grau de proteção que cada tipo de cobertura

oferece aos solos face aos processos erosivos induzidos pela ação das águas pluviais. De modo geral, pode-se dizer que as classes e categorizações da fragilidade ambiental foram obtidas pelo nível de suscetibilidade aos fatores da dinâmica natural e social, decorrentes da experiência empírica.

Na realização da pesquisa, foram utilizadas as técnicas e ferramentas do geoprocessamento para produção de mapas com uso do *software* QGIS (gratuito) baseados em procedimentos propostos por Moroz-Caccia Gouveia (2015). A compilação dos mapas intermediários e a correlação destes para obtenção dos mapas sínteses foram possíveis a partir da junção e a sobreposição de diferentes *layers* através do Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A partir da sobreposição dos mapas intermediários, obtiveram-se os mapas síntese da fragilidade do relevo, o mapa da fragilidade potencial e o mapa da fragilidade ambiental emergente, que nortearam os resultados do estudo. No Quadro 1, evidenciam-se as classes e categorizações dos componentes intermediários da fragilidade ambiental.

Quadro 1 - Classes e categorizações dos componentes intermediários da fragilidade ambiental.

Componentes intermediários da Fragilidade Ambiental	Níveis de intensidade da fragilidade ambiental		Fragilidade Ambiental e áreas potenciais
	Qualitativa	Numérica	
Fragilidade do Relevo Geomorfologia + Declividade	Muito fraca	1	
	Fraca	2	
	Média	3	
	Forte	4	
	Muito Forte	5	
Fragilidade Potencial Fragilidade do relevo + Pedologia	Muito fraca	1	
	Fraca	2	
	Média	3	
	Forte	4	
	Muito Forte	5	
Fragilidade Emergente Fragilidade potencial + Cobertura e uso da terra	Muito fraca	1	
	Fraca	2	
	Média	3	
	Forte	4	
	Muito Forte	5	

Fonte: adaptado de Ross (1994). **Organização:** Santos (2020)

O mapa de localização da bacia foi elaborado a partir das bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Malhas municipais, malhas territoriais e DataGEO - Infraestrutura de dados espaciais ambientais do estado de São Paulo (IDEA - SP) de 2019. Estes, também, forneceram os limites dos municípios e a rede de drenagem. Para a geração da bacia hidrográfica em estudo e compilação dos mapas de declividade e curvatura do relevo, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) extraídos do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), resolução

de 30 metros, gerados por Radar de Abertura Sintética (SAR), publicada em 2011 e acessíveis através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) a partir do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil - TOPODATA.

O mapa dos tipos de solos foi organizado a partir do esboço pedológico proveniente de Fushimi e Nunes (2012), escala de 1: 25.000. Já o mapa de cobertura e uso da terra foi realizado por Moroz-Caccia Gouveia, a partir da base da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do estado de São Paulo (2013) mediante imagens de satélite Landsat TM 5, de 2010 e escala de 1:100.000, com atualizações. Desse modo, o intervalo temporal da pesquisa considerado foi o ano de 2019, complementado por trabalhos de campo.

No Quadro 2 é mostrada a relação das classes e das categorias consideradas para a elaboração dos mapas intermediários da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira, que podem ser visualizados posteriormente nas Figuras 2, 3, 4 e 5.

Quadro 2. Classes e categorizações consideradas para elaboração dos mapas.

Níveis de fragilidade		Declividade (%)	Curvatura do relevo	Solos	Uso da terra
Qualitativa	Numérica				
Muito fraca	1	0 a 6	-	-	Vegetação florestal
Fraca	2	6 a 12	-	Latossolos (L)	-
Média	3	12 a 20	Retilínea	-	Vegetação campestre
Forte	4	20 a 30	Convexa	Argissolos (P) Neossolos (R), Gleissolos (G) (Solos hidromórficos)	Cana-de-açúcar
Muito forte	5	> 30	Côncava		Solo exposto

Fonte: adaptado de Ross (1994). Organização: os autores (2022)

COMPONENTES E MAPAS INTERMEDIÁRIOS DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

A declividade encontrada na bacia em estudo denota um predomínio na área de 6 a 12% de inclinação, totalizando 38,70 km² (50,26%). As demais classes, menores que 6%, 27,37 km² (35,55%), enquanto o intervalo de 12 a 20% de inclinação, 10,01 km² (13,00%) e, maior que 20%, 0,26 km² (0,34%). A área urbanizada, pouco expressiva na bacia, ocupa uma área de 0,48 km² (0,62%) e os cursos d'água continental, 0,48 km² (0,62%) (Figura 2 e Gráfico 1). Verifica-se, ainda, que as maiores declividades se localizam na porção norte da bacia, inclusive nas áreas de nascentes.

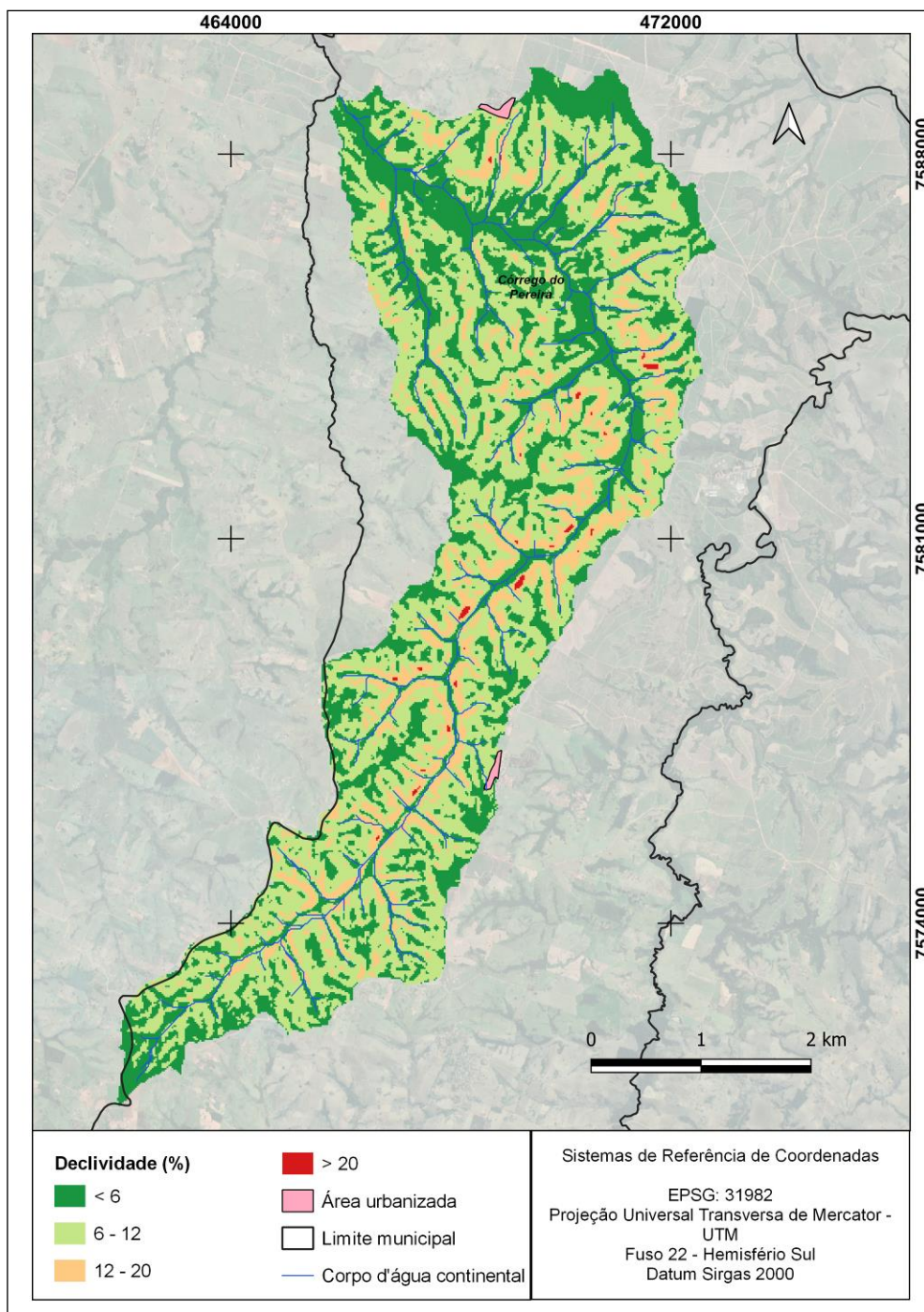
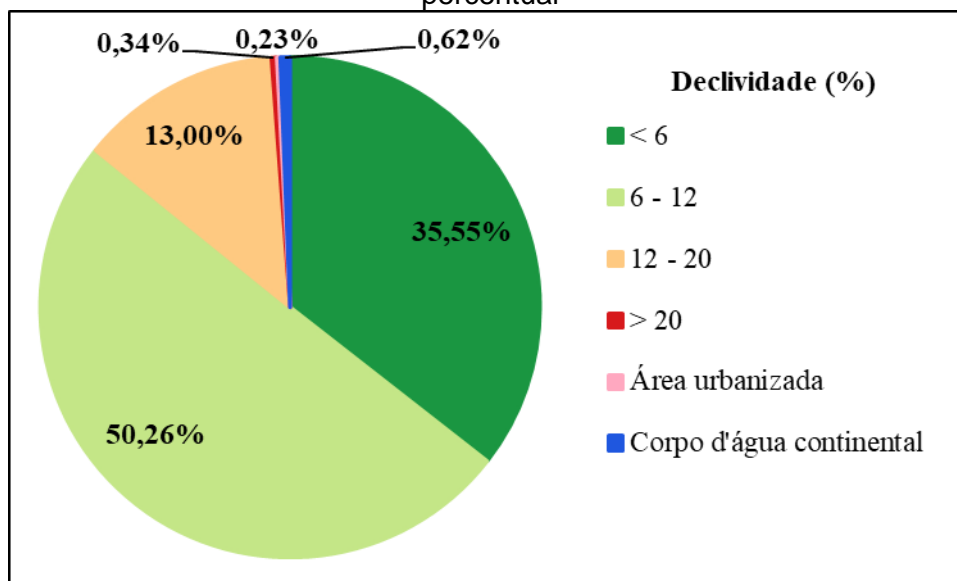


Figura 2. Declividade da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP.

Fonte: Projeto Topodata SRTM 30 m, MDE – INPE (2011); IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite. **Elaboração:** os autores (2022)

Gráfico 1. Classes de declividade da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP – percentual



Elaboração: os autores (2022)

Quanto à curvatura do relevo, observou-se uma maior evidência de vertentes convexas com 29,32 km² (38,08%), seguida da presença de vertentes côncavas com 28,80 km² (37,40%) e vertentes retilíneas com 18,40 km² (23,90%) (Figura 3 e Gráfico 2). Nota-se que as vertentes côncavas, assim como as vertentes retilíneas, se localizam normalmente mais próximas dos cursos d'água. E as vertentes retilíneas correspondem a várias áreas de planície de inundação.

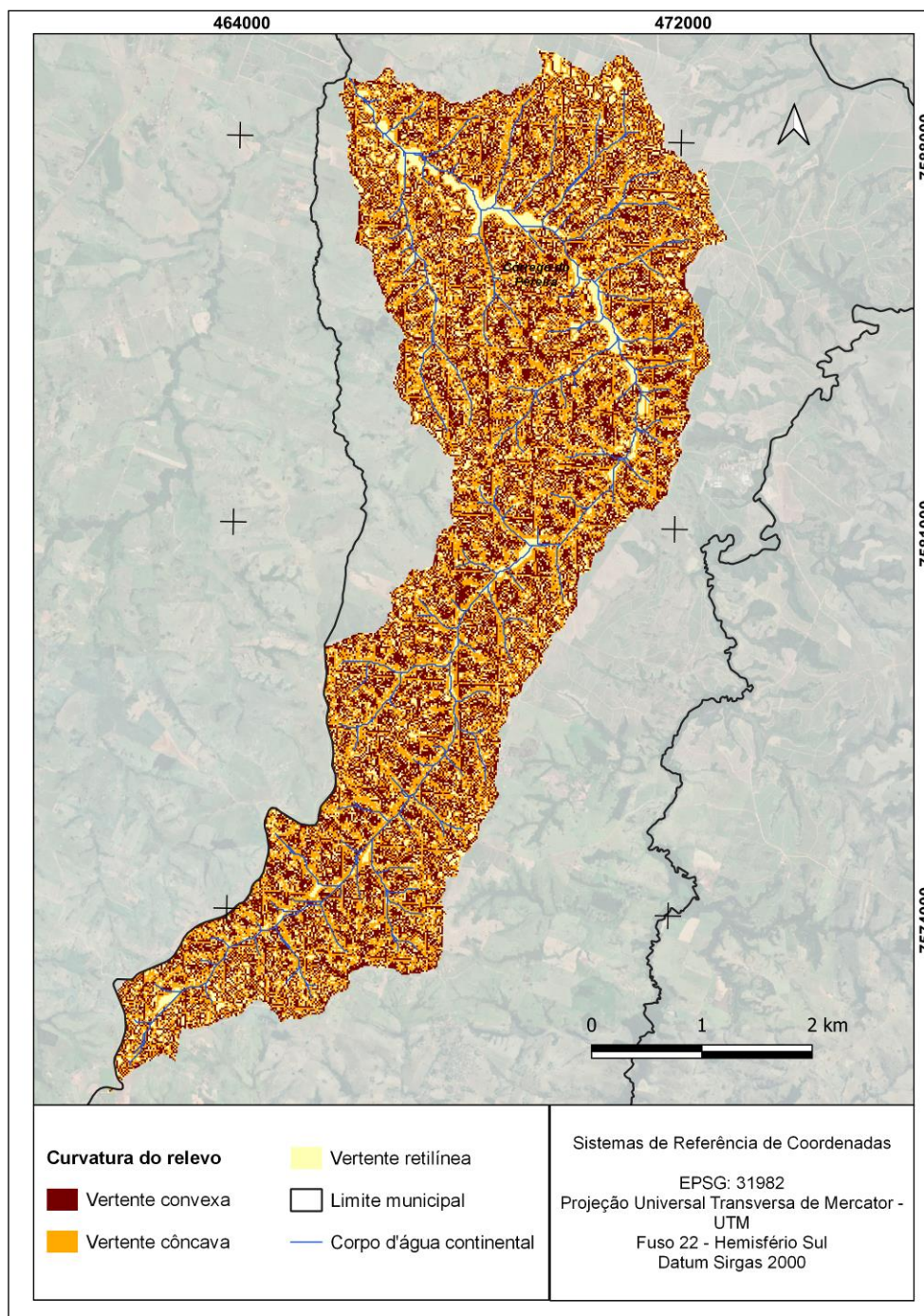
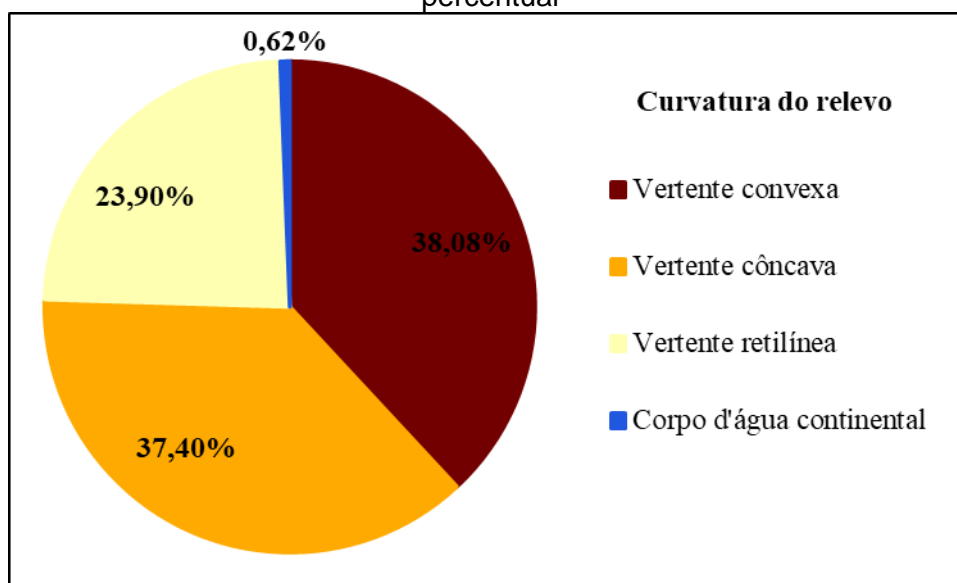


Figura 3. Curvatura do relevo da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP.
Fonte: Projeto Topodata SRTM 30 m, MDE – INPE (2011); IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite. **Elaboração:** os autores (2022)

Gráfico 2. Curvatura do relevo da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP – percentual



Elaboração: os autores (2022)

Em relação aos tipos de solo, foram notabilizados na área da bacia em maior extensão, os Argissolos (L) contando com 54,58 km² (70,88%), seguido pelo Latossolos (L) contando com 16,59 km² (21,55%); Neossolos com 1,22 km² (1,58%) e os solos hidromórficos - associação de Neossolos (R) com Gleissolos (G), contabilizando 3,95 km² (5,13%). Os Argissolos, comumente mais susceptíveis a processos erosivos, se estendem por toda a área da bacia, com exceção de suas bordas ou divisores de água recobertos por Latossolos. Já os Neossolos são identificados em pequenas manchas, predominantes na porção norte, e os solos hidromórficos são mais próximos dos cursos d'água (Figura 4 e Gráfico 3).

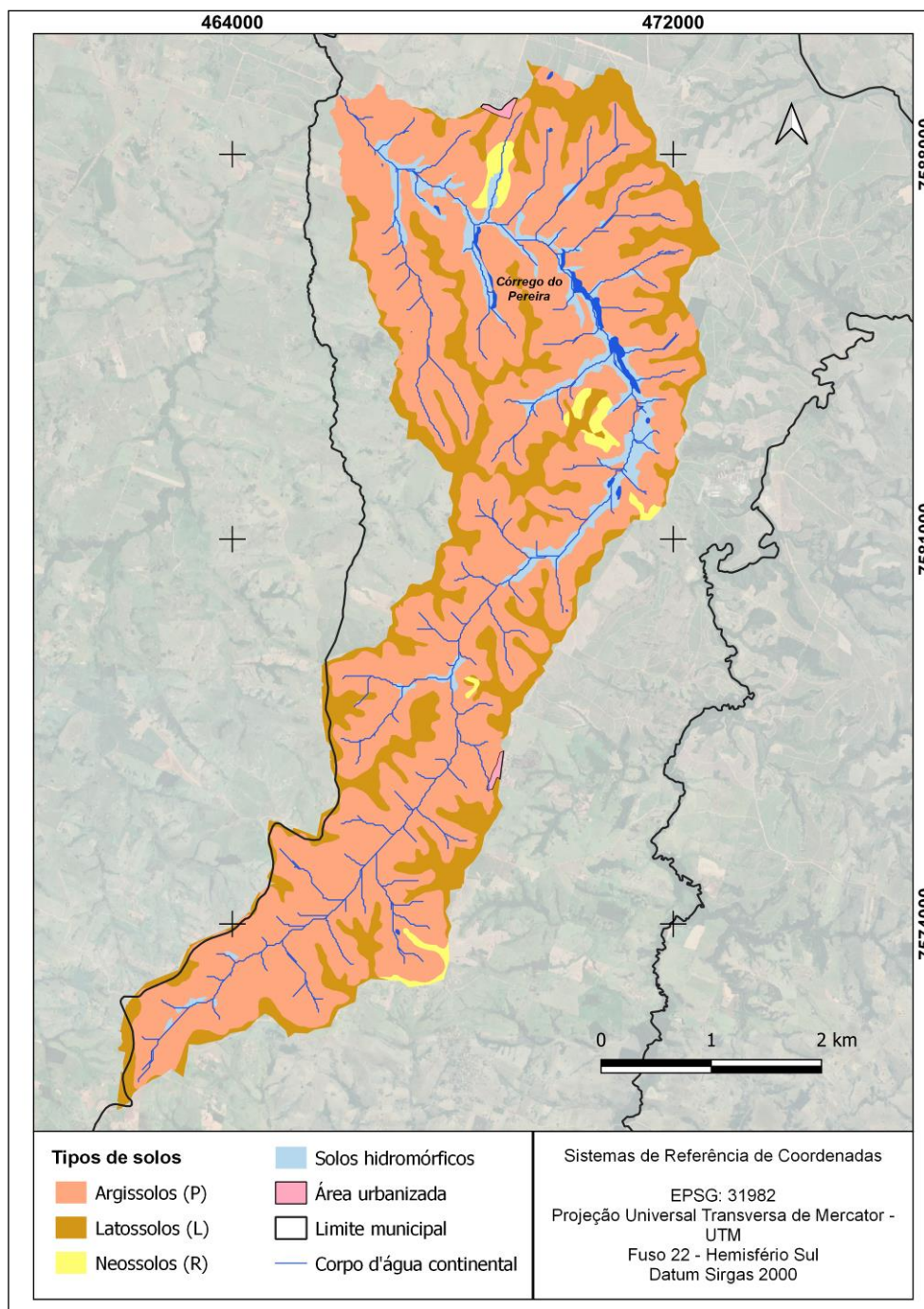
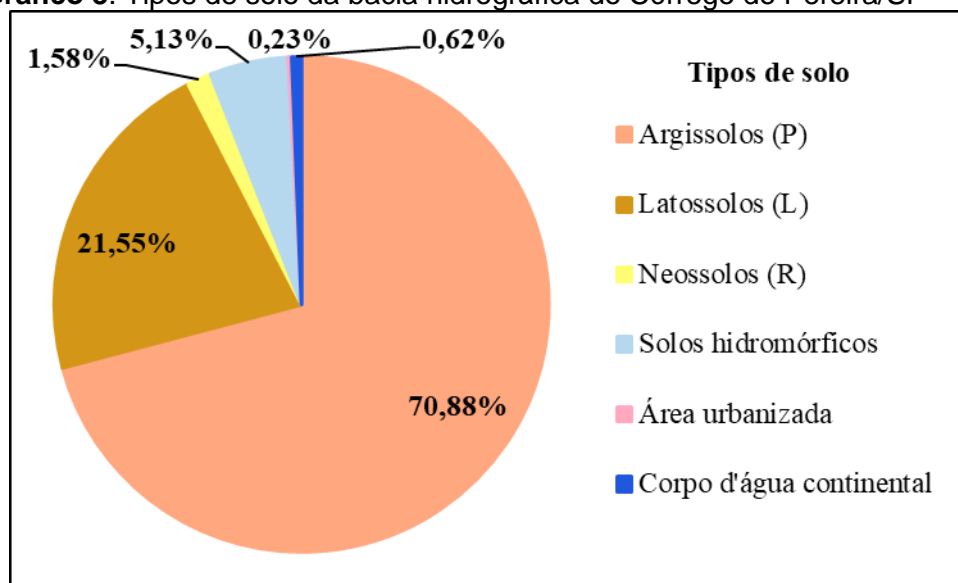


Figura 4. Tipos de solo da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP. **Fonte:** Fushimi e Nunes, 2012; Projeto Topodata SRTM 30 m, MDE – INPE (2011); IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite. **Elaboração:** os autores (2022)

Gráfico 3. Tipos de solo da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP – percentual



Elaboração: os autores (2022)

A cobertura e uso da terra na bacia caracteriza-se predominantemente pela presença de vegetação campestre com 59,40 km² (77,14%), compondo em sua maior parte as pastagens destinadas à criação de gado. A presença de cana-de-açúcar é o segundo uso mais evidente, ocupando uma área de 9,00 km² (11,69%), seguido dos remanescentes de vegetação florestal que apresenta uma área de 5,34 km² (6,94%) e área descoberta com 2,60 km² (3,38%) (Figura 5 e Gráfico 4).

Quanto à vegetação florestal, esta foi identificada na bacia como insuficiente, particularmente nas Áreas de Preservação Permanente (APP), deixando de atender minimamente à legislação vigente, conforme a Lei Federal nº 12.727, de 17 de outubro de 2012 (BRASIL, 2012). Observa-se, ainda, que áreas ocupadas pela cultura da cana-de-açúcar, áreas descobertas em preparo para futuro plantio e espaços ocupados por vegetação campestre, notadamente em uso para pastagens e criação de gado, também ocupam áreas significativas de APP.

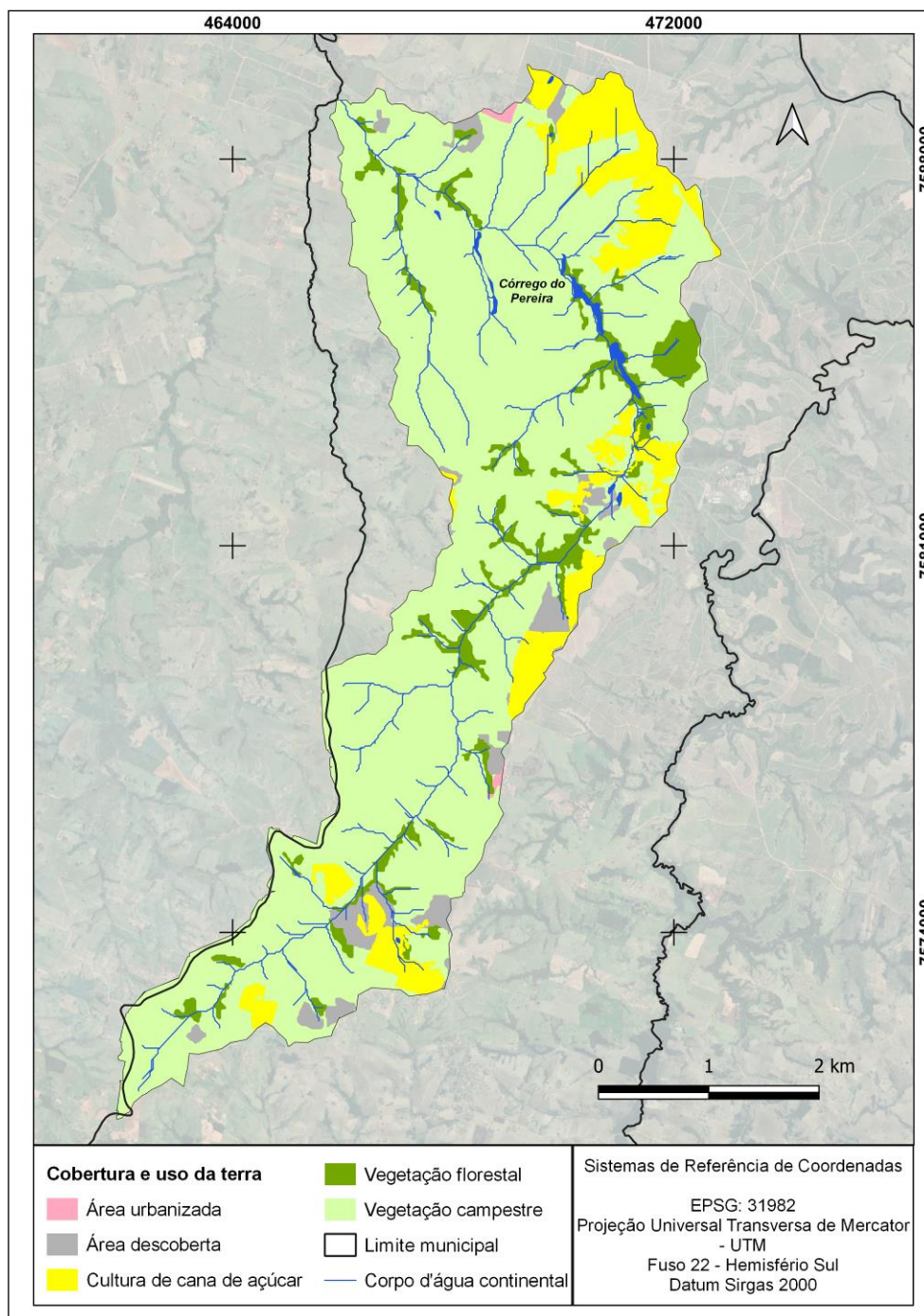
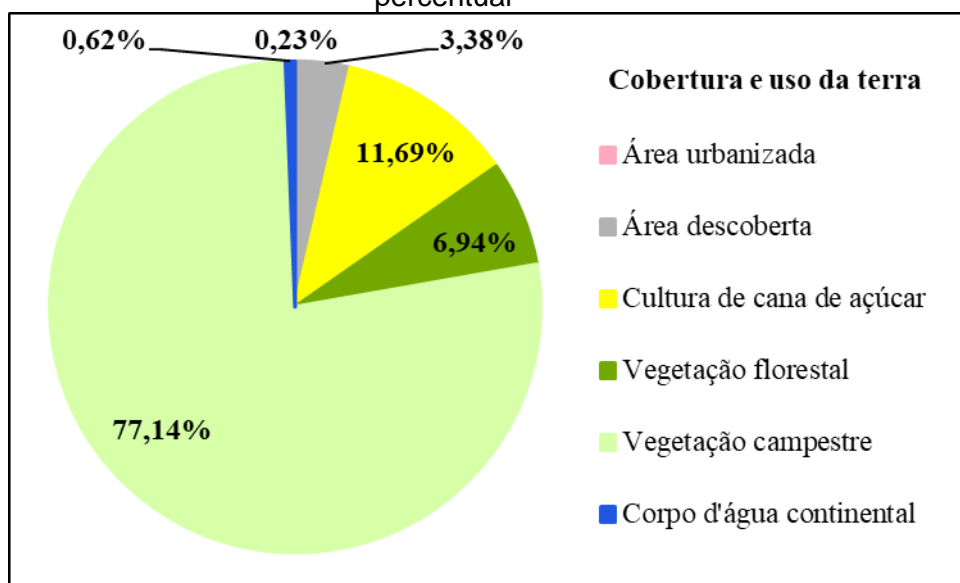


Figura 5. Cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP.
Fonte: Projeto Topodata SRTM 30 m, MDE – INPE (2011); São Paulo (2013); IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite.
Elaboração: os autores (2022)

Gráfico 4. Cobertura e uso da terra da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP - percentual



Elaboração: os autores (2022)

Posteriormente, serão apresentados os mapas sínteses da fragilidade do relevo, da fragilidade potencial e da fragilidade ambiental emergente que sistematizarão os resultados, complementando e concluindo a análise proposta.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quaisquer mudanças resultantes da intervenção antrópica na bacia hidrográfica são capazes de modificar sua dinâmica natural, provocando estados de desequilíbrios temporários ou permanentes (MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2010). Por esse motivo, a bacia hidrográfica é considerada um espaço adequado para o gerenciamento dos demais recursos naturais, já que todos os processos ecossistêmicos ocorrem nela (PIROLI, 2016).

No caso da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira, a maior parte de sua área foi classificada com fragilidade ambiental média, seguida de forte, a partir da combinação da fragilidade do relevo e fragilidade potencial, conforme apresentado na sequência. Embora a fragilidade potencial se apresentou majoritariamente fraca devido à prevalência de ocupação de vegetação campestre na área (pastagem), a fragilidade do relevo refletiu a significativa presença das vertentes côncavas bem expressivas, propensas a processos erosivos lineares, que podem ser potencializadas pela relevante identificação dos Argissolos.

Os níveis da fragilidade do relevo da bacia apontaram que 7,30 km² (9,48%) foi classificada como fragilidade fraca, 47,10 km² (61,17%) como fragilidade média, 22,07 km² (28,66%) classificada como forte e 0,05 km² como fragilidade muito forte (0,06%). Os resultados podem ser verificados na Figura 6 e Gráfico 5.

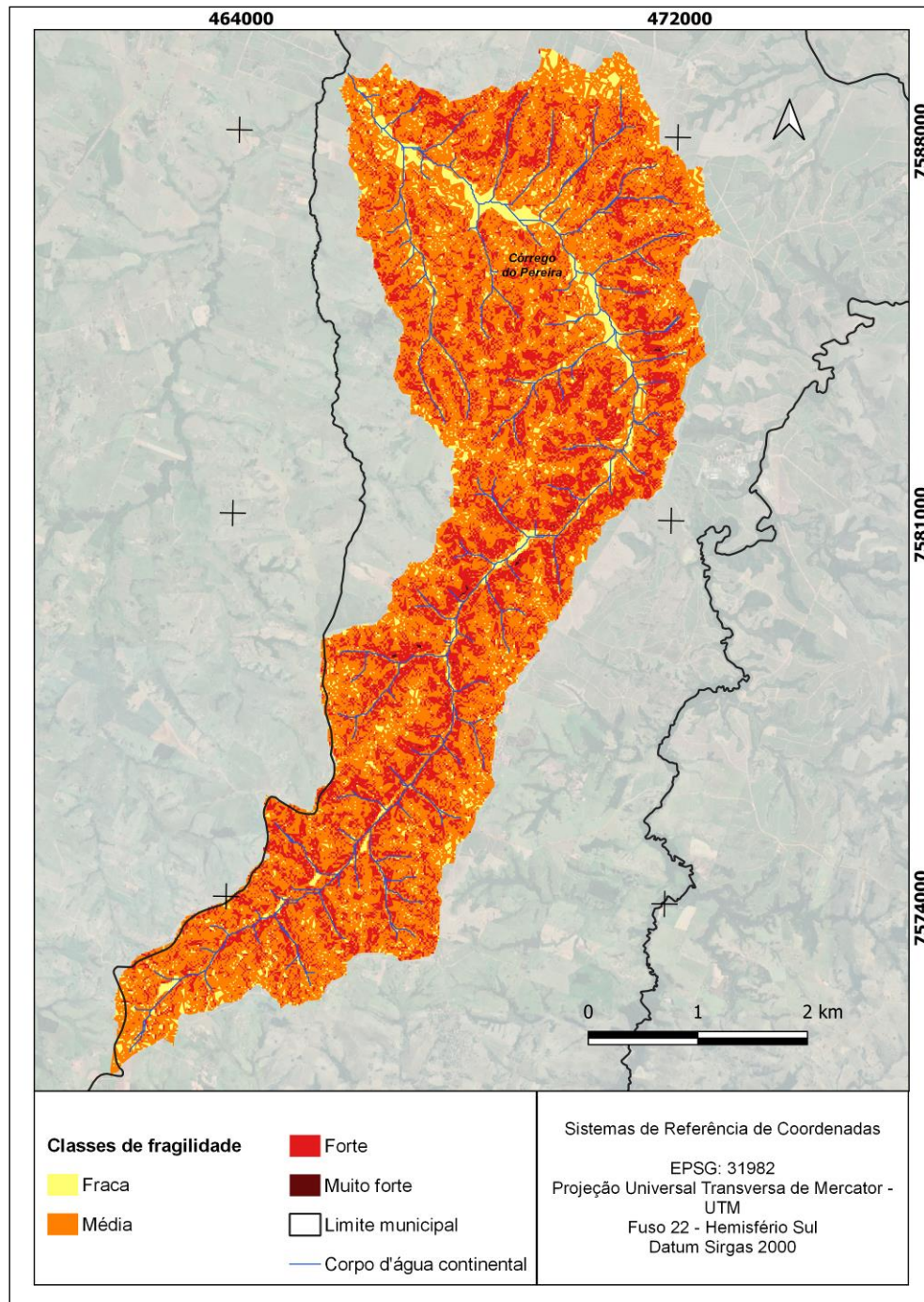
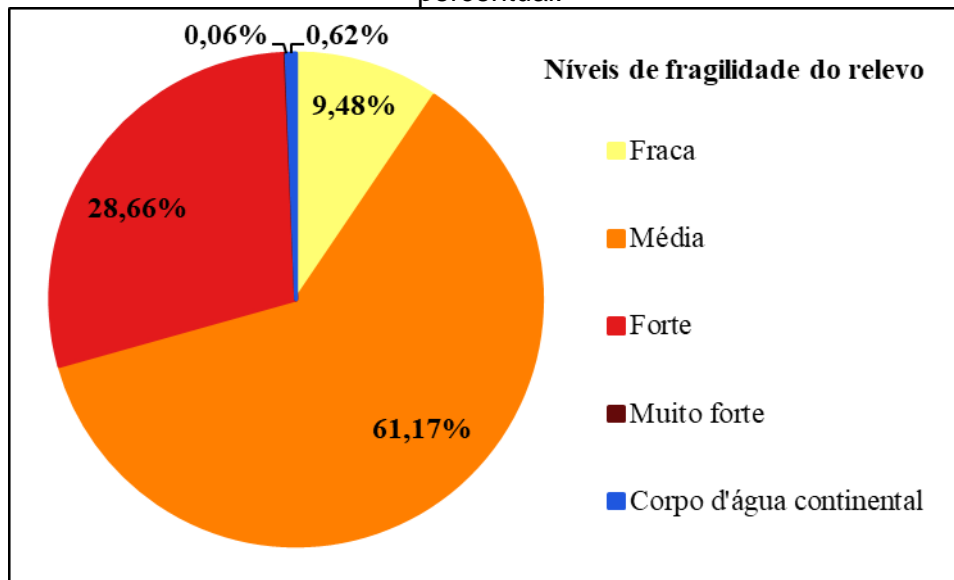


Figura 6. Fragilidade do relevo da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP. **Fonte:** Fushimi e Nunes (2012); Projeto Topodata SRTM 30 m, MDE – INPE (2011); IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite. **Elaboração:** os autores (2022)

Gráfico 5. Fragilidade do relevo da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP – percentual.



Elaboração: os autores (2022)

Um aspecto que se deve ressaltar é que, embora a planície de inundação tenha sido enquadrada na classificação de fragilidade do relevo como fraca, esta área é de grande importância para a proteção dos mananciais, compondo as APP, devendo, portanto, ser totalmente preservada.

Apesar de suas baixas declividades e topografia relativamente plana, a planície de inundação dá suporte às APP. Devido às suas particularidades intrínsecas, está periodicamente sujeita às inundações pela dinâmica natural e seu estado ambiental influencia diretamente nas condições de toda a biodiversidade e formas de vida a elas atreladas, independentemente de suas características. Têm função ambiental de preservar os recursos naturais (SANTOS; PIROLI; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, 2021).

De forma geral, observa-se que na maior parte da bacia hidrográfica a fragilidade aos processos erosivos varia de alta a média (Figura 6), e que essas áreas correspondem predominantemente às vertentes da mesma, particularmente as côncavas. Nos topos, a fragilidade varia entre fraca e média, enquanto na planície de inundação, por conta da forma do terreno relativamente plano, a fragilidade é fraca. Deve-se considerar que nas planícies de inundação, em decorrência de sua posição topográfica na bacia, predominam processos de sedimentação, estando os processos erosivos relacionados à dinâmica fluvial, e não pluvial, como ocorre nos topos e nas vertentes de uma bacia hidrográfica. Portanto, refere-se aqui a processos denominados de erosão linear.

Na Figura 7 e Gráfico 6, observam-se as características da fragilidade potencial na bacia em análise.

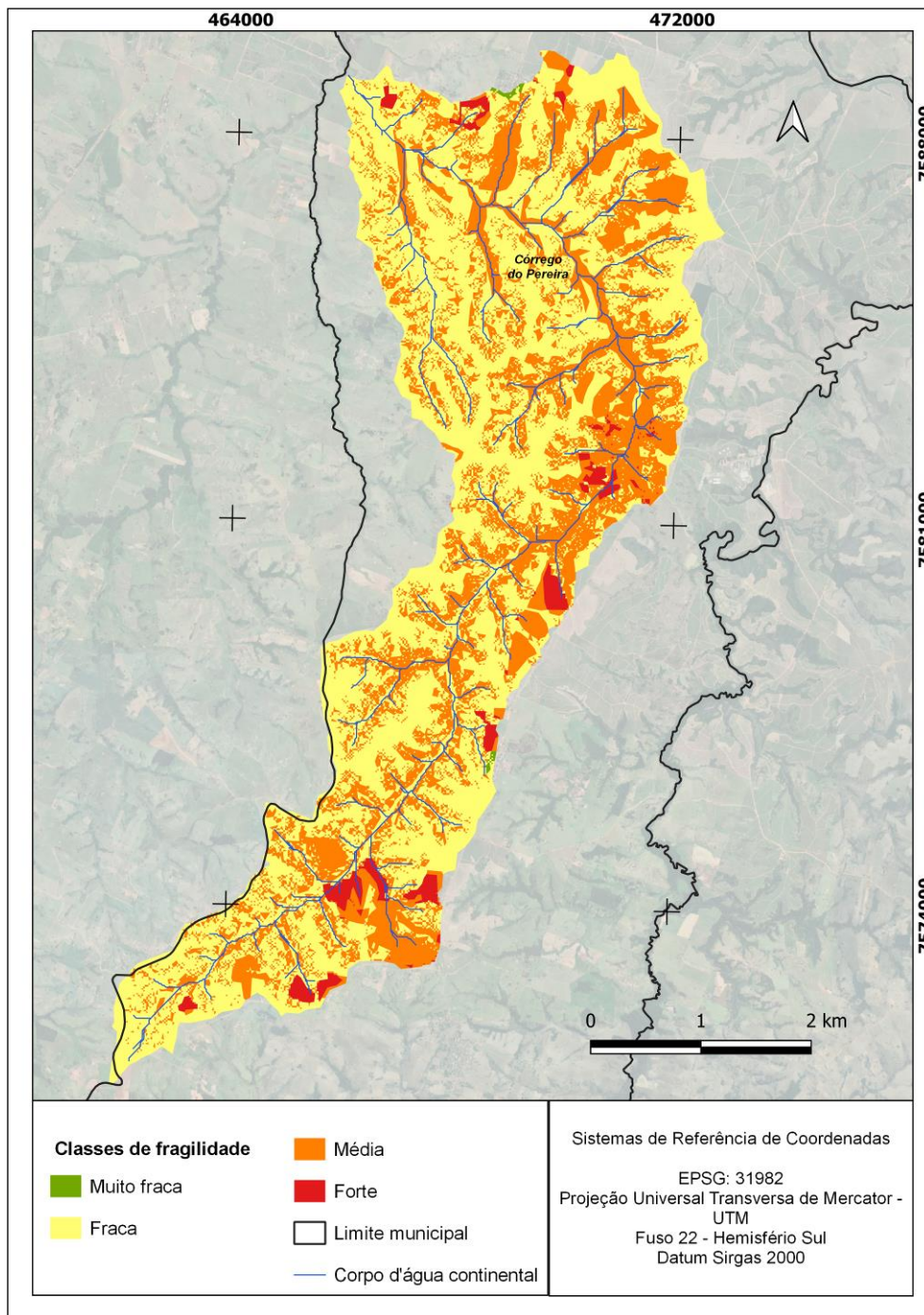
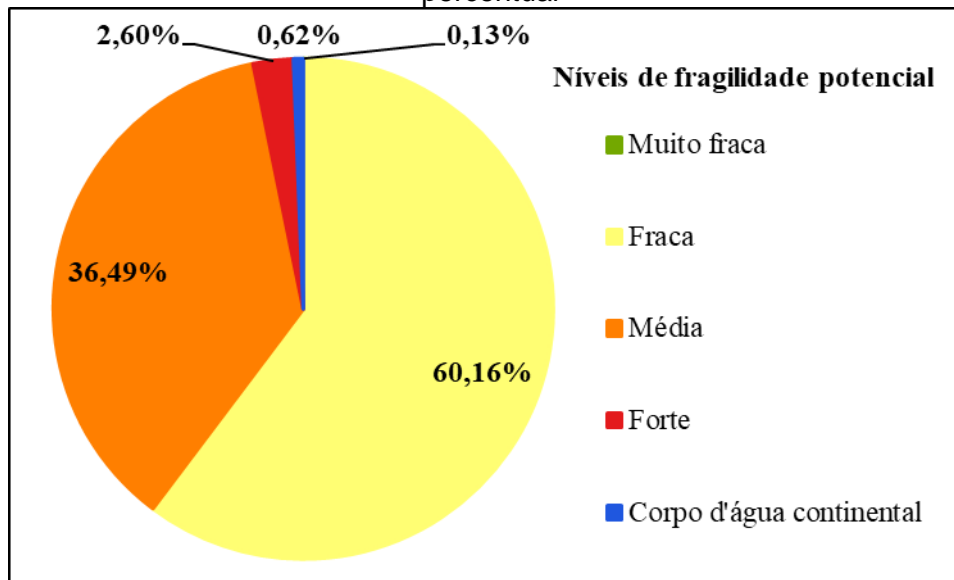


Figura 7. Fragilidade potencial da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP.
Fonte: Fushimi e Nunes (2012); Projeto Topodata SRTM 30 m, MDE – INPE (2011); IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite.
Elaboração: os autores (2022)

Gráfico 6. Fragilidade potencial da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP - percentual



Elaboração: os autores (2022)

A fragilidade potencial demonstrou o predomínio da fragilidade de intensidade fraca com 46,32 km² (60,16%), seguido da média com 28,10 km² (36,49%), com algumas evidências de fragilidade forte em locais mais próximos dos divisores de águas, contabilizando 2,00 km² (2,60%), enquanto as áreas com fragilidades muito fracas são mínimas com 0,10 km² (0,13%), conforme se observa na Figura 7. Constitui-se um aspecto preocupante que as áreas identificadas na bacia apresentadas como fragilidade média e forte, correspondem às diversas nascentes de cursos d'água e de APP, exigindo manejo adequado destes espaços para que possíveis processos de degradação sejam contidos e evitar que outros possam a vir ocorrer, prevenindo que locais caracterizados com fragilidade fraca e muito fraca não evoluam futuramente para média e forte.

Quanto à fragilidade ambiental emergente (mapa síntese) na bacia, variou de forte a fraca e está diretamente associada aos usos da terra, características do relevo e tipos de solos, podendo ser constatado na Figura 8. As áreas de fragilidade fraca coincidem com os topos e algumas vertentes convexas e retilíneas, e em decorrência da menor declividade (variando de > 6, e de 6 – 12%). Estes espaços são evidenciados com a presença da cultura de cana-de-açúcar e área descoberta (solo exposto), com destaque para a porção oeste, norte e noroeste da bacia, encontrados também na porção sul, sempre próximos do seu limite, exceto as áreas próximas dos cursos d'água (planície de inundação). Nas demais áreas com estas características predominam a cobertura de vegetação campestre (herbácea-arbustiva) e destaca-se uma pequena mancha de vegetação florestal (cobertura arbórea) a noroeste (Figura 8).

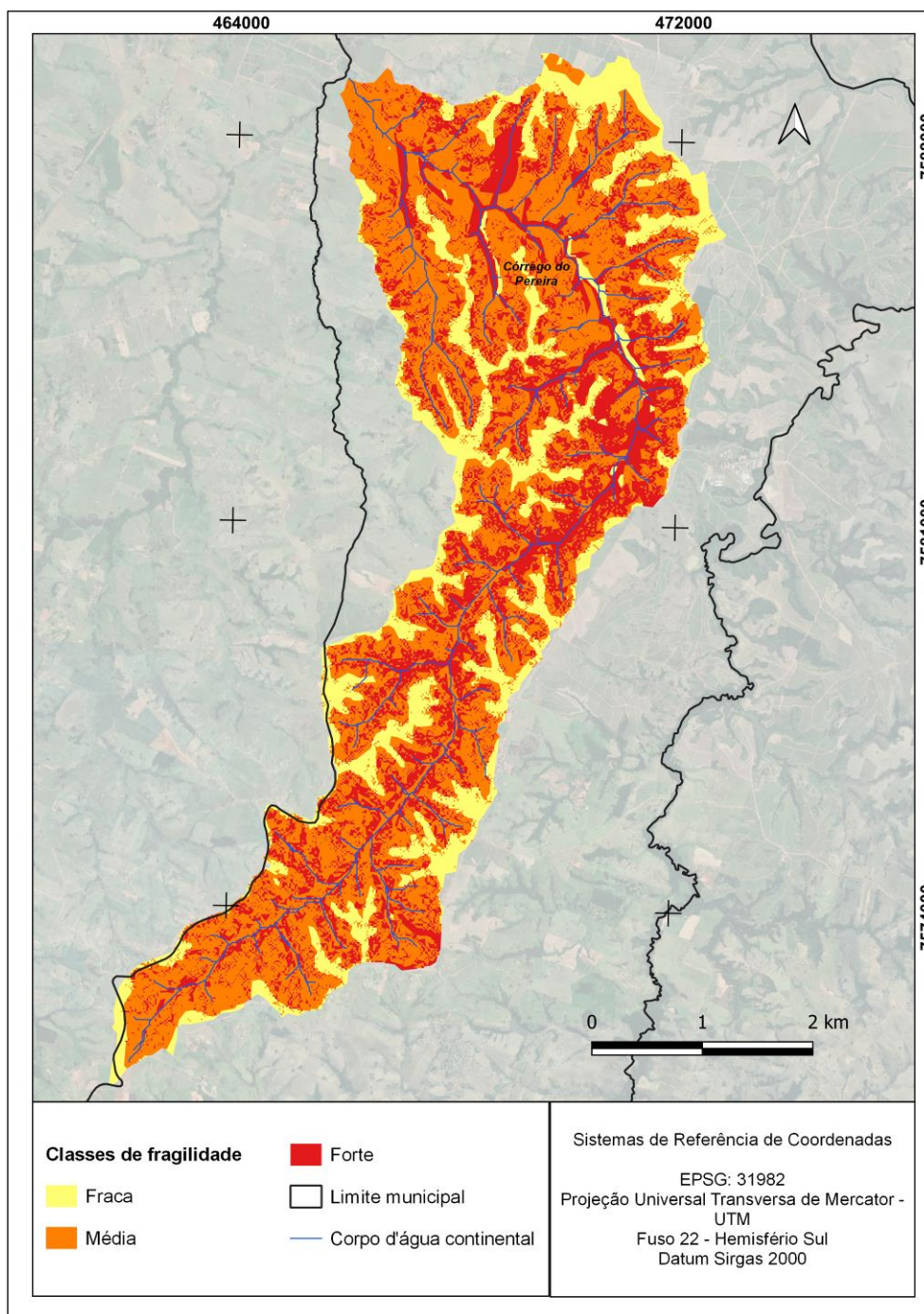
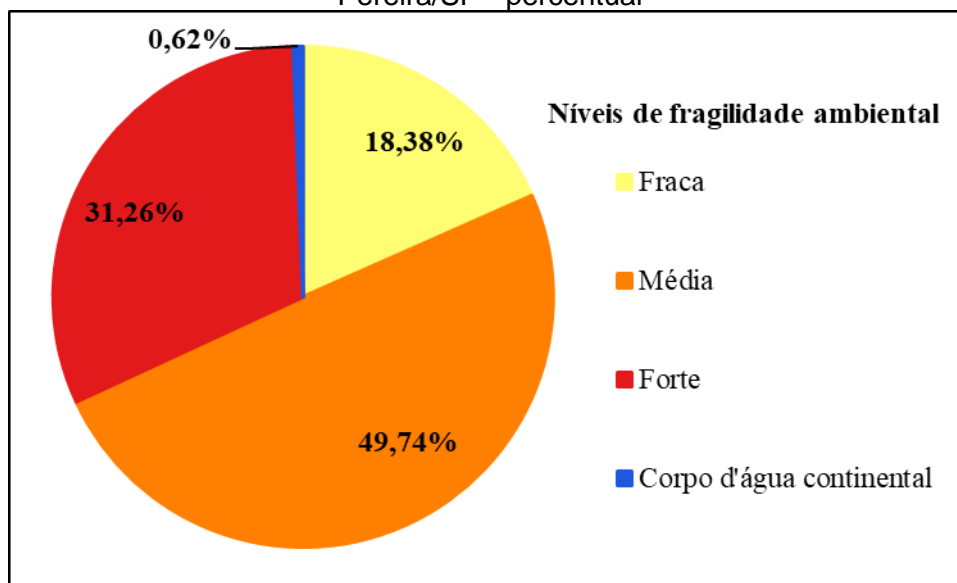


Figura 8. Fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP. **Fonte:** Fushimi e Nunes (2012); Projeto Topodata SRTM 30 m, MDE – INPE (2011); IBGE - Malhas municipais, malhas territoriais/DataGEO - IDEA – SP (2019); Google satellite. **Elaboração:** os autores (2022)

Outro aspecto importante, refere-se a presença predominante na área da bacia, de solos do tipo Argissolos (identificados com mais evidência nas vertentes), seguido de Latossolos (identificados mais nas áreas de topos), Neossolos (perceptíveis em áreas de nascentes de cursos d'água) com maior expressividade ao norte e, solos hidromórficos, nas planícies de inundação (fundos de vale). De modo geral, a fragilidade ambiental forte e média (identificadas majoritariamente nas vertentes e planícies de inundação) predominam na bacia analisada, com destaque para as porções central, noroeste e norte, onde se ressalta a fragilidade forte. Por fim, nota-se a ausência de vegetação florestal em toda extensão da bacia, com pequenos fragmentos dispersos e ausentes na maior parte das APP dos cursos d'água, prevalecendo a cobertura de vegetação campestre, normalmente utilizada para áreas de pastagens para a criação de gado (Figuras 2, 3, 4 e 5).

Os resultados da fragilidade ambiental foram contabilizados de modo que 14,15 km² (18,38%) foi classificado com nível de fragilidade fraca, 38,30 km² (49,74%) com nível de fragilidade média e 24,07 km² (31,26%) com fragilidade forte. Os resultados podem ser analisados no Gráfico 7.

Gráfico 7. Fragilidade ambiental emergente da bacia hidrográfica do Córrego do Pereira/SP - percentual



Elaboração: os autores (2022)

Desse modo, as áreas identificadas com fragilidade ambiental média e forte, devem ser prioritárias para ações contendo práticas conservacionistas e de preservação contínua, a exemplo das APP e áreas de nascentes, com recobrimento de vegetação densa, a fim de evitar processos erosivos com perdas de solo, além de sua fertilidade. Conforme destacou Piroli (2016), o manejo das bacias deve vincular técnicas que serão adotadas para que as relações naturais e as relações do homem com o meio sejam benéficas para todos, evitando prejuízo para ambos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia da fragilidade ambiental aplicada na bacia hidrográfica do Córrego do Pereira, por meio do uso de ferramentas do geoprocessamento, demonstrou-se efetiva para o reconhecimento das susceptibilidades do ambiente, a partir de suas características naturais e sociais. Além disso, possibilitou uma análise integrada e abrangente da área de estudo, indicando espaços vulneráveis, passíveis de agravamento frente aos usos atuais e futuros.

Com a sistematização dos resultados, expressos através do mapa da fragilidade ambiental (Figura 8), pôde-se reunir subsídios ao planejamento e gestão ambiental da bacia, através do reconhecimento de espaços mais vulneráveis à degradação e o seu estado ambiental. As áreas que apresentaram fragilidade ambiental média e forte, relevantes, correspondem concomitantemente às vertentes (expostas a diversos processos erosivos, conforme os usos) e às planícies de inundação (receptora de sedimentos da bacia), podem ocasionar desequilíbrios ecossistêmicos com perdas potenciais de recursos naturais, sendo agravados pelos tipos de solos presentes, como Latossolos (nos topos, ainda que a fragilidade estimada foi fraca) e Argissolos (nas vertentes), vulneráveis à erosão hídrica de acordo com suas características estruturais e cobertura.

Com níveis de fragilidade ambiental predominantemente médio e forte em sua extensão, ambos perfazendo 62,37 km², equivalente a 81,00% de sua área total, a bacia hidrográfica do Córrego do Pereira necessita de práticas intervencionistas indispensáveis e iminentes de conservação do solo e do relevo, tendo em vista disciplinar os usos da terra nestes espaços, sob o risco de deterioração de suas condições naturais, a exemplo de processos erosivos. Deve, portanto, ampliar áreas de vegetação florestal, especialmente nas vertentes côncavas, com recobrimento total das APP, limitando o avanço de pastagens para criação de gado e cultura de cana-de-açúcar, entre outras, nestas áreas, além da expansão urbana em locais inapropriados.

Assim, ressalta-se a necessidade de um adequado manejo, planejamento e gestão ambiental para conservação do solo, do relevo e das águas na área da bacia, fundamentais para manter o equilíbrio no ambiente e proporcionar qualidade de vida à população. Além disso, pode contribuir para a tomada de decisões junto aos gestores públicos, colaborando significativamente com o adequado ordenamento do território.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente-SP, Brasil.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Concepção: Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Metodologia:** Ricardo dos Santos, Paulo Roberto Vágula e Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Análise formal:** Ricardo dos Santos, Paulo Roberto Vágula e Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Pesquisa:** Ricardo dos Santos, Paulo Roberto Vágula e Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Recursos:** Ricardo dos Santos, Paulo Roberto Vágula e Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Preparação de dados:** Ricardo dos Santos, Paulo Roberto Vágula e Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Escrita do artigo:** Ricardo dos Santos, Paulo Roberto Vágula e Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Revisão:** Ricardo dos Santos, Paulo Roberto Vágula e Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Supervisão:** Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia. **Aquisição de financiamento:** -. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm . Acesso em: 12 dez. 2021.

BRASIL. **Lei Federal Nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória Nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei Nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm. Acesso em: 28 mar. 2021.

DI MAURO, C. A.; MAGESTE; J. G.; LEMES, E. M. As Bacias Hidrográficas como critério para o Planejamento Territorial. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64, 2017. p. 472-482. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40959/21707>. Acesso em: 05 mai. 2021.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. Principais classes de solos no Município de Presidente Prudente - SP: identificação e caracterização. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 32, n. 1, 2012. p. 45-58. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/bgg.v32i1.18955>. Acesso em: 17 jan. 2021.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de águas**: disciplina jurídica das águas doces. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 256 p.

GUAPYASSÚ, M. S.; HARDT, L. P. A. Avaliação de fragilidade ambiental: uma nova abordagem metodológica para Unidades de Conservação de uso indireto em áreas urbanas. FLORAM, Rio de Janeiro, v. 5, jan-dez/1998. Disponível em: <https://floram.org/journal/floram/article/588e2255e710ab87018b4739> . Acesso em: 28 abr. 2021.

GUIRRA, A. P. M.; SANTOS, C. A. M.; NOGUEIRA, C. E. A evolução metodológica da fragilidade ambiental no Brasil e seu aspecto transdisciplinar. SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PEQUENAS CIDADES – CIDADES PEQUENAS: DINÂMICAS, ESCALAS E REDES, 4. **Anais** [...]. Ituiutaba: Universidade Federal de Uberlândia, Observatório das Cidades, 2016. p. 234-250. Disponível em: https://docs.wixstatic.com/ugd/deb688_a7a97c92a8584728918986e6715b23cb.pdf. Acesso em: 20 jul. 2020.

LEAL, A. C. **Gestão das Águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo**. 2000. 299 f. Tese (Doutorado em Geociências – Área de concentração em Administração e Política de Recursos Minerais) – Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

LEITE, J. F. **A ocupação do Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Hucitec, 1998. 202 p.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Da originalidade do sítio urbano de São Paulo às formas antrópicas**: aplicação da abordagem da Geomorfologia Antropogênica na Bacia Hidrográfica do Rio Tamanduateí, na Região Metropolitana de São Paulo. 2010. 363 f. Tese (Doutorado em Geografia). Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, da Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-31012011-123012/en.php>. Acesso em: 30 mai. 2019.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Tutorial - Mapa de Fragilidade Ambiental no ArcGIS**. Material didático elaborado para a disciplina de Pós-Graduação “Geomorfologia Aplicada ao Planejamento Ambiental”, FCT-UNESP, Presidente Prudente, 2015. 41 p.

MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. **Mapa de uso e cobertura da terra do Município de Presidente Prudente, Estado de São Paulo**. In: NUNES, J. O. R.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.; GOUVEIA, J. M. (org.). Atlas ambiental escolar de Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. Presidente Prudente: Editora dos autores, 2017. v. 1. Disponível em: <http://portaldoprofessor.fct.unesp.br:9000/>. Acesso em: 30 mai. 2019.

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. 136 f. Tese (Livre-Docência) – Unidade de Ourinhos, Universidade Estadual Paulista, Ourinhos.

PIROLI, E. L. **Água**: por uma nova relação. Jundiaí: Paco Editorial, 2016. 144 p.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**. Instituto de Estudos Avançados da USP (IEA-USP), v. 22, nº 63, 2008. p. 43-60. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10292/11938>. Acesso em: 24 mai. 2022.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH-USP, n. 8, 1994. p. 51-62. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>. Acesso em: 27 ago. 2021.

ROSS, J. L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH-USP, nº 9, 1995. p. 65-75. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1995.0009.0006>. Acesso em: 11 nov. 2021.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH-USP, v. 10, 1996. p. 41-58. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.1996.0010.0004>. Acesso em: 11 nov. 2021.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios ao planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208 p.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, volume especial 30 anos, São Paulo, dez. 2012, p. 38 - 51. Disponível em: <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0003>. Acesso em: 11 nov. 2021.

SANTOS, R.; PIROLI, E. L.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C. Conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente no município de Presidente Epitácio, estado de São Paulo, Brasil. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 39, 2021, p. 178-194. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v39.a2021.e60559>. Acesso em: 10 mar. 2022.

SANTOS, R. **Planejamento ambiental e ordenamento territorial**: subsídios à gestão ambiental do município de Presidente Epitácio, estado de São Paulo, Brasil. 2021. 372 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2020.

SOARES, F. B.; LEAL, A. C.; PIROLI, E. L. Política nacional de recursos hídricos e os sistemas de gerenciamento de recursos hídricos federal e paulista. **Ciência Geográfica**, Bauru, Ano XXIII - V. XXIII - (1): Janeiro/Dezembro – 2019, p. 214 – 228. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXIII_1/agb_xxiii_1_web/agb_xxiii_1-14.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.

SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA. Academia Brasileira de Ciências. **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo**. 2. ed. São Paulo: SBPC, 2012. 294 p. E-book. Disponível em: http://www.sbpnet.org.br/site/publicacoes/outraspublicacoes/CodigoFlorestal__2aed.pdf. Acesso em: 23 out. 2021.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. **Mapa de Cobertura da Terra do Estado de São Paulo**. São Paulo: CPLA, 2013. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-de-cobertura-da-terra-do-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em: 18 ago. 2019.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Imagens SRTM1S23W052V3 e SRTM1S22W052V3**. USGS, 2014. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 18 mai. 2019.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **The Dublin Statement and Report of the Conference. International Conference on Water and the Environment: Development Issues for the 21st Century**. 26-31 January, WMO, 1992. Dublin, Ireland. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/documents/english/icwedece.html>. Acesso em: 04 jun. 2019.



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0