

FRAGILIDADE AMBIENTAL AOS PROCESSOS EROSIVOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: O CASO DO RIBEIRÃO NEGRINHA – OSVALDO CRUZ/SP

CARDOSO, Everton Henrique Gonçalves¹
MOROZ CACCIA GOUVEIA, Isabel Cristina²

Recebido (Received): 09-02-2018 Aceito (Accepted): 29-07-2019

DOI:

Como citar este artigo: CARDOSO, E. H. G.; MOROZ CACCIA GOUVEIA, I. C. Fragilidade ambiental aos processos erosivos em bacias hidrográficas: o caso do Ribeirão Negrinha – Oswaldo Cruz/SP. **Formação (Online)**, v. 26, n. 49, p. 163-193, 2019.

Resumo

A presente pesquisa identificou os níveis de fragilidade ambiental do alto curso da bacia hidrográfica do Ribeirão Negrinha (Oswaldo Cruz e Parapuã/SP) aos processos erosivos e, mediante os resultados obtidos, promoveu ações de educação ambiental. Com base em Ross (1994), a aferição da fragilidade resultou do cruzamento dos subprodutos cartográficos curvatura da superfície, declividade do terreno, tipos de solo e uso e cobertura da terra. A produção do mapa de fragilidade foi realizado no software ArcGIS 10.3, com validação por meio de atividades de campo em dezenove pontos da bacia. O estudo revelou um ambiente com predominância das fragilidades média e forte, presentes em 49,81% e 43,25% da área, respectivamente. A identificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica aos processos erosivos deve subsidiar a adoção de medidas que promovam manejos mais adequados do uso da terra, seja para a atividade agropecuária e para a expansão da urbanização, seja para a definição de áreas protegidas.

Palavras-chave: Fragilidade Ambiental. Processos Erosivos. Bacia Hidrográfica

ENVIRONMENTAL FRAGILITY TO EROSIVE PROCESSES IN HYDROGRAPHIC BASINS: THE EVENT ON NEGRINHA RIVER IN OSVALDO CRUZ - SP

Abstract

The present study has identified environmental fragility levels along the high Negrinha River basin (Oswaldo Cruz and Parapuã / SP) to erosive processes and, reliable results have encouraged environmental education actions. Proposed by Ross (1994), gauging the impact of frailty was the result of intersection of cartographic by-products of surface curvature, terrain slope, different soil types and land use and coverage. To accomplish this, the fragility map's production was performed on ArcGIS 10.3 software, with field validation in nineteen catchments of the basin. The study reveals the predominance of medium and strong environmental weaknesses presented in 49.81% and 43.25% of the area, respectively. The identification of erosion risk mapping should address policy adoption, directly to promote sustainable land management both for agricultural activity and for the expansion of urbanization, and the approach of protected areas.

Keywords: Environmental Fragility. Erosive Processes. River Basin

FRAGILIDAD AMBIENTAL A LOS PROCESOS EROSIVOS EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS: EL CASO DEL RIBEIRÓN NEGRINHA

Resumen

La presente investigación identificó los niveles de fragilidad ambiental del alto curso de la cuenca hidrográfica del Ribeirão Negrinha (Oswaldo Cruz y Parapuã / SP) a los procesos erosivos y, mediante los resultados obtenidos, promovió acciones de educación ambiental. Con base en Ross (1994), la evaluación de la fragilidad resultó del cruce de los subproductos cartográficos curvatura de la superficie, declividad del terreno, tipos de suelo y uso y

¹ Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia Profissional da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente. E-mail: everton.hgcardoso@gmail.com

² Professora Assistente Doutora do Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente. E-mail: icmoroz@gmail.com

cobertura de la tierra. La producción del mapa de fragilidad fue realizada en el software ArcGIS 10.3, con validación por medio de actividades de campo en diecinueve puntos de la cuenca. El estudio reveló un ambiente con predominio de las fragilidades media y fuerte, presentes en el 49,81% y el 43,25% del área, respectivamente. La identificación de la fragilidad ambiental de la cuenca hidrográfica a los procesos erosivos debe subsidiar la adopción de medidas que promuevan manejos más adecuados del uso de la tierra, sea para la actividad agropecuaria y para la expansión de la urbanización, sea para la definición de áreas protegidas.

Palabras clave: Fragilidad Ambiental. Procesos Erosivos. Cuenca hidrográfica

1 Introdução

Determinadas bacias hidrográficas, por sua capacidade de exploração como manancial, requerem ainda mais atenção nos modos como ocorre o uso e ocupação da terra. A supressão da cobertura vegetal nativa, somada a usos sem a observância de critérios e a adoção de medidas conservacionistas, potencializam o escoamento superficial da água em detrimento da infiltração, incorrendo no fortalecimento de processos erosivos, perda de solo e assoreamento de fundos de vale, comprometendo a captação e o abastecimento de água.

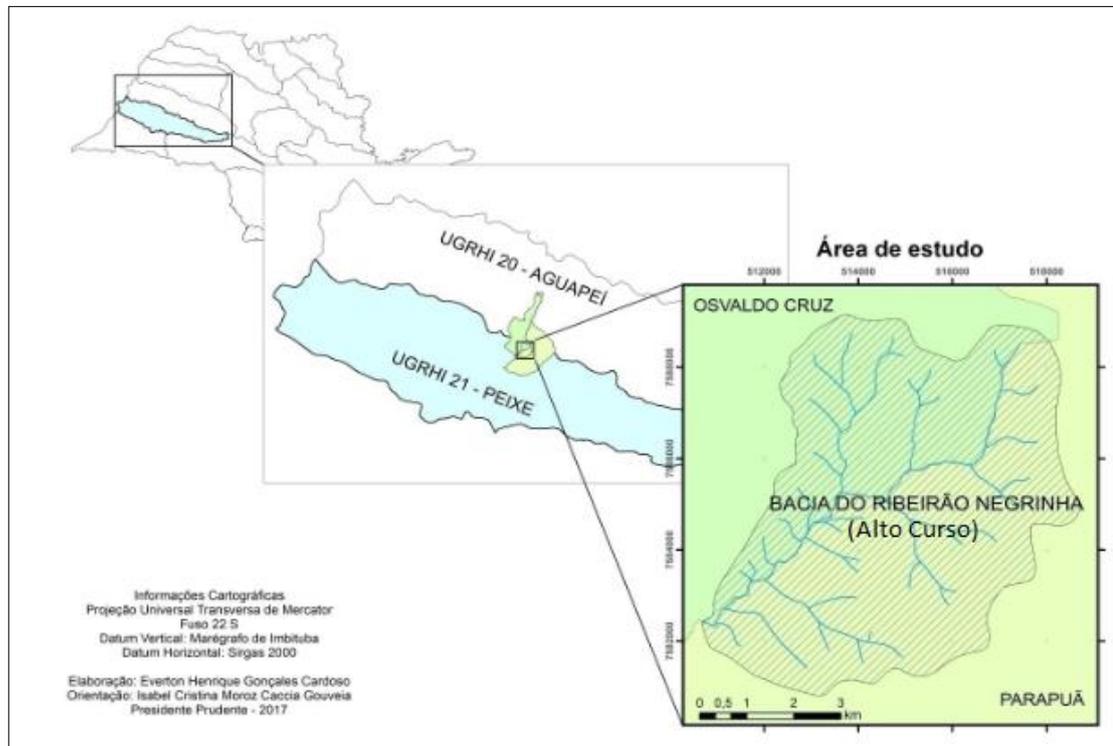
As paisagens possuem características específicas, resultados da combinação de variáveis como declividade, curvatura da superfície, tipos de solo e diferentes usos da terra. Portanto, acabam apresentando maior ou menor fragilidade aos processos erosivos, necessitando de cuidados pertinentes aos resultados observados.

No Ribeirão Negrinha (Figura 1), em especial nas áreas compreendidas pelo alto curso do rio, localizadas nos municípios de Osvaldo Cruz e Parapuã, estado de São Paulo, ficam evidentes como a falta de planejamento adequado para a ocupação da bacia comprometem a quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis para a captação superficial.

A microbacia do Ribeirão Negrinha está localizada na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, abrangendo áreas dos municípios de Osvaldo Cruz, Parapuã e Sagres, com área total de 135,71 km². Ressalta-se, conforme já foi mencionado durante a pesquisa, que a bacia hidrográfica do Rio do Peixe é contígua à do rio Aguapeí, sendo definidas como UGRHI 21 e 20 respectivamente, compondo o Comitê de Bacia Hidrográfica Aguapeí-Peixe.

A Figura 1 ilustra a localização das Bacias Aguapeí-Peixe. Em linhas azuis, o posicionamento do Ribeirão Negrinha junto às bacias.

Figura 1 – Bacias do Aguapeí e Peixe e localização do Ribeirão Negrinha (Alto Curso).



Fonte: CARDOSO, 2017.

Desse modo, por meio desta pesquisa, pretende-se identificar os níveis de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Negrinha, em especial no seu alto curso, até a estação de captação da Sabesp, no Município de Osvaldo Cruz.

Para tanto, são norteadoras as contribuições de Ross (1994) na determinação da fragilidade de ambientes a processos erosivos, por meio da análise de aspectos do relevo, dos tipos de solo e dos modos de uso e ocupação da terra.

2 Justificativas

O município de Osvaldo Cruz, com 32.593 habitantes (IBGE, 2016), já procura alternativas para enfrentar eventuais dificuldades no abastecimento de água para sua população, problemas estes que tendem a se agravar com o aumento de demanda de água no futuro, segundo informações de Celso Aparecido Loureiro, Encarregado Operacional, da Sabesp de Osvaldo Cruz³.

³ Entrevista realizada no dia 06/02/2015, no prédio sede da Companhia Sabesp em Osvaldo Cruz, com informações atualizadas e ratificadas em 04/04/2017.

Conforme dados fornecidos pela própria companhia de abastecimento público, o número aproximado de unidades consumidoras atendidas pela empresa no município, em 2015, é de 11.538. A demanda média para o mesmo ano é de 286 m³/h (6.800 m³/dia).

Segundo projeções, para 2022, o número de unidades consumidoras saltará para 12.893, e a demanda para atender essa nova realidade prevista deverá ser de aproximadamente 319 m³/h (7.600 m³/dia).

Em entrevista³ com Fábio de Assis Silva, Gerente Geral, e Celso Aparecido Loureiro, Encarregado Operacional, ambos funcionários da Sabesp de Osvaldo Cruz, foram levantados dados importantes para o entendimento da situação hídrica no município.

Atualmente, o Ribeirão Negrinha fornece um volume médio de 300 m³/h. Em alguns casos, nos picos extremos de consumo, geralmente observados em momentos de temperaturas atmosféricas elevadas, preferencialmente às sextas e sábados, a captação pode chegar a 400 m³/h. Segundo os funcionários já mencionados, os montantes se aproximam da outorga concedida à empresa para operar no município. Inclusive, em razão disso, a Companhia já perfurou um poço de 200 metros de profundidade, na Av. Estados Unidos, próximo à rotatória do Cristo, com capacidade de produção média de 30 m³/hora. Ainda, um novo poço foi perfurado próximo ao bairro rural Ponte Seca, com capacidade de produção média de 50 a 60 m³/h, contudo, aguarda liberações burocráticas ligadas à energia elétrica para o funcionamento. Outro também será perfurado em propriedade rural próxima ao Residencial Monte Líbano.

A realização de captação de águas profundas em colaboração à captação superficial junto ao Ribeirão Negrinha demonstra a necessidade de preocupação com o manancial, que acaba sentindo o aumento da demanda no município.

Nessa perspectiva, percebe-se que o assoreamento dos mananciais hídricos e, conseqüentemente, da lagoa de captação, estão intimamente ligados a duas dinâmicas, sendo: inobservância das APP's (Áreas de Preservação Permanente) e suas respectivas coberturas ripárias ao longo das margens do Rio Negrinha e seus afluentes; e incorreções na implantação das culturas agrícolas e no manejo da terra e dos solos.

Diante disso, a melhoria nas condições ambientais desta microbacia passa pelo adequado uso dos solos e pela observação adequada da legislação vigente no tocante à delimitação e observação das APP's, amparadas, por exemplo, pelo Código Florestal, pela Lei Estadual 9866/97 (dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo) e a Lei 15684/2015

(dispõe sobre o Programa de Regularização Ambiental - PRA das propriedades e imóveis rurais) entre outras.

As medidas conservacionistas na microbacia tornam-se, deste modo, prática extremamente relevante para a população do município, e a observância da fragilidade ambiental das paisagens torna-se relevante para um adequado processo de uso e ocupação dos solos.

3 Objetivos

3.1 Objetivo geral

Identificar os níveis de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Negrinha aos processos erosivos.

3.2 Objetivos específicos

- Elaborar mapas temáticos de declividade, curvatura do terreno (superfície do relevo), tipos de solo e uso e cobertura da terra do curso superior da bacia hidrográfica do Ribeirão Negrinha;
- Elaborar um mapa de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Negrinha (curso superior), com base na metodologia de Ross (1994);
- Apresentar propostas de medidas conservacionistas adequadas às diferentes fragilidades ambientais observadas.

4 Fundamentação Teórica

4.1 A Fragilidade Ambiental

O processo erosivo consiste na remoção e transporte do material intemperizado. Os principais tipos de erosão que ocorrem no Brasil são: erosão pluvial, pela ação das gotas d'água das chuvas; erosão fluvial, pelas águas dos rios; e movimentos de massa, pela força da gravidade e da água, desprendendo e transportando o solo vertente abaixo (FLORENZANO, 2008). A erosão é um processo natural que influencia na dinâmica da superfície terrestre

(carreamento e deposição de sedimentos, por exemplo). Esse processo é influenciado por diversos fatores como clima, intensidade e distribuição das chuvas, tipo de solo e topografia (DEMARCHI, 2012).

Mediante todo esse contexto, sobretudo baseado no conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1997), merecem destaque as contribuições de Jurandyr Sanches Ross (1990, 1994, 1996), ao propor a análise da fragilidade dos ambientes.

Essa linha de preocupação da Geomorfologia aplicada ao Planejamento Ambiental parte da premissa que os recursos naturais devem ser utilizados pela sociedade obedecendo critérios técnicos e científicos, amparados por um viés conservacionista. Assim, consideram-se, simultaneamente, as potencialidades dos recursos naturais e as fragilidades inerentes a cada um.

A estabilidade (equilíbrio dinâmico) e a instabilidade (desequilíbrio) propostas por Tricart são as bases para que Ross inserisse novos critérios. Assim, Ross (1994) apresenta:

- Unidades ecodinâmicas fortemente instáveis: aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas;
- Unidades ecodinâmicas estáveis: aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se portando em seu estado natural.

Contudo, com vistas a ampliar essa leitura e permitir seu uso no Planejamento Ambiental, Ross (1994) passa a entender as Unidades ecodinâmicas instáveis ou de instabilidade emergente em vários graus, em variações de muito fraca a muito forte. Igualmente, analisou as unidades ecodinâmicas estáveis, reconhecendo nelas instabilidades potenciais qualitativamente previsíveis em razão de suas características naturais, bem como pela constante possibilidade de ação antrópica.

Para tanto, conforme Ross (1994), a análise empírica da fragilidade dos ambientes exige o entendimento de elementos do relevo, sub-solo, solo, uso da terra e clima. O levantamento/relacionamento dessas informações dá-se pela associação de levantamentos de campo e serviços de gabinete, possibilitando a geração de produtos cartográficos temáticos e respectivos relatórios que, ao categorizar hierarquicamente a fragilidade dos ambientes, tornam-se importantes instrumentos para o planejamento agrícola e diferentes formas de uso da terra, práticas conservacionistas, entre outros.

A metodologia de análise da fragilidade proposta por Ross (1994) considera caminhos diferentes de acordo com a escala de análise. Para as médias e pequenas escalas (1:100.000, 1:250.000, por exemplo) analisa-se os padrões de forma do relevo com a rugosidade topográfica

ou os índices de dissecação do relevo, verificados a partir da matriz do índice de dissecação. Já para escalas maiores, com maior nível de detalhe, (1:50.000, 1:25.000, 1:2.000, por exemplo), observam-se as formas das vertentes (convexas, côncavas e retilíneas), bem como a classe de declividade. Ressalta-se que, para a presente pesquisa, em razão da escala de análise (1:50.000), torna-se mais adequada a segunda opção (forma das vertentes e classes de declividade).

4.1.1 A curvatura do terreno (da superfície ou terreno)

De acordo com Guerra (1993) as vertentes são definidas como planos de declives que divergem das cristas enquadradas no vale. Em outras palavras, de acordo com Veloso (2002) pode ser entendida como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal, que representa um gradiente e uma orientação no espaço. Assim, podem ser classificadas de acordo com sua curvatura no plano ou em perfil.

No caso da curvatura no plano, considera-se a taxa de variação da declividade na direção ortogonal à da orientação da vertente, ligando-se ao caráter divergente/convergente do terreno. Já a curvatura no perfil refere-se à taxa de variação da declividade na direção de sua orientação e está vinculada ao caráter convexo/côncavo do terreno. Assim, é decisiva na aceleração ou desaceleração do fluxo de água sobre este.

O entendimento das vertentes, passando por suas formas, são essenciais para o planejamento ambiental. A falta dessa compreensão, por outro lado, pode causar problemas relacionados ao comportamento hidrodinâmico (escoamento superficial e infiltração), gerando erosões, deslizamentos ou queda de barreiras. Assim, é necessário que se faça uma descrição cuidadosa das formas das vertentes, permitindo compreender as implicações de seu uso a curto e longo prazo (NUNES, 2005).

De acordo com a metodologia proposta, a forma das vertentes gera maior ou menor grau de fragilidade. Do menor para o maior estão as vertentes retilínea, convexa e côncava, respectivamente. Essa perspectiva é confirmada por Silva et al. (2007) ao considerar que, na dinâmica das encostas, as formas geométricas côncavas são zonas preferenciais para ocorrência de processos erosivos, em razão da convergência dos fluxos d'água, acelerando a ruptura entre materiais de diferentes características.

4.1.2 A declividade do terreno

Para se verificar a fragilidade dos ambientes também é extremamente importante o levantamento das declividades do terreno, estas, por sua vez, agrupadas em intervalos de classes já consagrados nos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola, associados com valores limites críticos da geotecnia, indicativos respectivamente do vigor dos processos erosivos, dos riscos de escorregamentos/deslizamentos e inundações frequentes (ROSS, 1994).

Em razão da escala do estudo a ser realizado, escala grande, com maior grau de detalhamento, são adotadas as seguintes categorias hierárquicas definidas por Ross (1994): 0 a 6%: fragilidade muito fraca; 6 a 12%: fragilidade fraca; 12 a 20%: fragilidade média; 20 a 30%: fragilidade forte; e acima de 30%: fragilidade muito forte.

Ressalta-se que o referencial morfométrico também pode ser observado a partir dos índices de dissecação (ROSS, 1992), baseados na relação de densidade de drenagem/dimensão interfluvial média para a dissecação no plano horizontal e nos graus de entalhamento dos canais de drenagem para a dissecação no plano vertical. Contudo, essa metodologia se aplica a estudos em escalas médias e pequenas, não sendo o caso na presente pesquisa.

Assim, a partir do cruzamento de informações relativas à curvatura do terreno e a declividade tem-se o cálculo da fragilidade do terreno, produto intermediário importante para a verificação da fragilidade ambiental da área em questão.

4.1.3 Os Solos

De acordo com Diamond (2007) *apud* Castro e Hernani (2015), os solos, e mais especificamente a Pedosfera, é a zona de interação de todos os demais componentes da Geosfera (Atmosfera, Hidrosfera, Litosfera e Biosfera). Assim, é um recurso natural integrado aos demais componentes, sendo importante avaliar seus potenciais de uso bem como suas limitações ou fragilidades frente às ações antrópicas para que possam ser utilizados da melhor forma ou, se for o caso, preservados.

Na determinação da fragilidade, são observadas diversas características dessa variável, tais como a textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais. Estas características, de acordo com Ross (1994), estão intimamente associadas com o relevo, os aspectos litológicos e

o clima, elementos geradores da pedogênese, e por consequência, determinantes das características físicas e químicas dos solos.

Mediante um grande conjunto de estudos, experiências e contribuições de outros autores, Ross (1994), apresenta classes de fragilidade ou de erodibilidade dos solos, a partir do escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais. As classes de solos citadas por Ross (1994) estão de acordo com o antigo sistema de classificação dos solos, anterior à 1999, quando passou a ser adotado o SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos), desenvolvido pela Embrapa, publicado em 1999, com atualização em 2005. Desse modo, agrupam-se:

- Fragilidade muito baixa: Latossolos roxo, vermelho escuro e vermelho amarelo de textura argilosa;
- Fragilidade baixa: Latossolo amarelo e vermelho amarelo de textura média/argilosa;
- Fragilidade média: Latossolo vermelho amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo de textura média/argilosa;
- Fragilidade forte: Podzólico vermelho-amarelo de textura média/arenosa, cambissolos;
- Fragilidade muito forte: Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzênicas.

Ainda, igualmente importante é compreender a fragilidade/erodibilidade em situações distintas, no caso, escoamentos difusos ou concentrados, podendo fazer, por exemplo, com que os padrões de fragilidade sejam diferentes. Daí a necessidade das observações de campo e o levantamento dessas peculiaridades.

4.1.4 O uso e cobertura da terra

Outro produto igualmente importante para a determinação da fragilidade ambiental é o mapa de uso da terra e cobertura vegetal. Para tanto, Ross (1994) propõe, na ocasião da publicação, dois caminhos distintos de acordo com a escala de abordagem. Para escalas médias e pequenas (1:50.000 a 1:500.000), o trabalho pode ser feito por meio da interpretação de imagens de satélite e, nas escalas maiores (1:2.000 a 1:25.000), com a interpretação de fotografias aéreas.

Contudo, é importante ressaltar que atualmente existem novos recursos disponíveis para a caracterização do uso e cobertura da terra. Em escalas maiores, por exemplo, imagens de satélites com resoluções espaciais bastante significativas permitem a interpretação de usos da terra com excelente grau de detalhamento e precisão.

Ross (1994) propõe a identificação de diferentes usos da terra. Entre outros aspectos, essa diferença de cobertura ganha destaque pelo fato de gerarem maiores ou menores perdas de solo. Marques et al. (1961) *apud* Ross (1994) destacam que matas naturais ou áreas com pastagem natural conservadas incorrem em menores perdas de solo que ambientes com cultivo de culturas anuais, por exemplo.

Assim, de acordo com Ross (1994), notam-se os seguintes graus de proteção e seus respectivos tipos de cobertura vegetal:

- Grau de proteção muito alto: Florestas, matas naturais (nelas incluindo as matas de galerias e formações ripárias), florestas cultivadas com biodiversidade;
- Grau de proteção alto: Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso, capoeira densa). Mata homogênea de pinus densa. Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivos de ciclo longo (exemplo: cacau);
- Grau de proteção médio: Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento (exemplos: café e laranja com forrageiras entre ruas), pastagens com médio pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosques de nativas;
- Grau de proteção baixo: Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto, como arroz, feijão, trigo, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento);
- Grau de proteção muito baixo a nulo: Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplenagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Ademais, merece destaque o fato de uma mesma cultura agrícola, quando dotada ou não de práticas conservacionistas, gerar resultados diferentes quanto ao grau de proteção.

A partir dos produtos intermediários (mapa de declividade, curvatura do terreno, classe de solos e uso e cobertura da terra) é possível dimensionar os graus de fragilidade ambiental. No estudo em questão, as informações serão processadas tendo como recorte territorial uma bacia hidrográfica.

Por fim, cabe desde já ressaltar que o fator clima não será considerado no presente estudo para o cálculo da fragilidade. Por se tratar de uma área com características climáticas relativamente homogêneas, sobretudo no tocante à capacidade de erosividade das chuvas, não existem valores diferentes a serem atribuídos.

4.2 Erosões

Como o presente trabalho visa, a partir da metodologia de Ross (1994), apresentar a fragilidade ambiental da bacia selecionada aos processos erosivos, torna-se relevante compreender o conceito de erosão, suas causas e medidas conservacionistas relacionadas.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Técnicas – IPT (1986), erosão é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou de fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e ou organismos (plantas e animais).

Bertoni e Lombardi Neto (1990, p. 68) compreendem a erosão como um processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, causado pela água e pelo vento.

Especificamente relacionados à água, dois tipos merecem destaque, sendo relacionados ao modo como ocorre o escoamento superficial (SANTORO, 2009, p. 55).

- Erosão laminar ou em lençol, produzida a partir do escoamento difuso da água da chuva. A água, quando escoar superficialmente de modo uniforme, transporta as partículas de modo uniforme, sem formar canais definidos. Embora não incorra na formação de incisões no terreno, pode ser responsável por grandes prejuízos às terras agrícolas, além do grande fornecimento de sedimentos para processos de assoreamento de cursos d'água e reservatórios.

- Erosão linear: relacionada à concentração do escoamento superficial resultando em incisões na superfície do terreno, formando filetes de diferentes dimensões, podendo evoluir para sulcos, ou seja, incisões de até 0,5 metros de profundidade, perpendiculares às curvas de nível. Ainda, podem evoluir para a formação de ravinas, entendidas como formações erosivas lineares, superiores a 0,5 metros, escavando o solo até seus horizontes inferiores. Por fim, havendo contribuição das águas sub-superficiais, nelas inclusas os lençóis freáticos, tem-se a formação de voçorocas (ou boçorocas), com tendências à evolução lateral e longitudinal do processo. Nesta, a combinação das erosões superficiais e internas, solapamentos, desabamentos e escorregamentos, acabam gerando alto poder destrutivo, de difícil contenção.

4.2.1 Erosão e os fatores naturais

Diversos fatores naturais contribuem para o fenômeno da erosão. De acordo com Vitte e Mello (2007, p. 108), estes podem ser agrupados em regime climático, cobertura vegetal, relevo e tipos de solo.

No clima, inegavelmente, merece destaque a precipitação. Tanto a quantidade como a distribuição das chuvas no tempo e no espaço, além de suas diferentes intensidades, são fatores responsáveis por processos erosivos.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990)

A erosão é causada por forças ativas, como as características da chuva, pois, a água pluvial exerce sua ação erosiva sobre o solo pelo impacto das gotas, que caem com velocidade e energia variáveis, dependendo do seu diâmetro, e pelo escoamento da enxurrada, a qual tem sua velocidade e volume variando segundo a declividade, o comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água; e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água (determinada por diversas de suas características ou propriedades físicas e químicas) e a densidade da cobertura vegetal (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990, p. 45).

Nessa mesma perspectiva, Lal (1998) apud Vitte e Mello (2007) reforça que

A erosividade da chuva é devida, parte ao impacto direto das gotas de chuva, e parte ao escoamento que a chuva gera. A capacidade de a chuva causar erosão do solo é atribuída à proporção e distribuição dos pingos d'água, segundo a carga de energia da chuva. A erosividade de uma chuva é atribuída à sua energia cinética ou momentum, parâmetros facilmente relacionados à intensidade da chuva ou à sua quantidade total. O momentum pode ser definido como um produto da massa pela velocidade. Trata-se de uma medida da pressão exercida pela chuva sobre o solo. Pressão, ou força por unidade de área, a qual tem a natureza de um stress mecânico que causa a desagregação dos agregados do solo. (LAL, 1998, p. 150 apud VITTE; MELLO, 2007, p. 112).

Desse modo, ambientes com chuvas abundantes e regularmente distribuídas ao longo do tempo, tendem a formar solos mais profundos, permeáveis e, portanto, mais resistentes à erosão. Por outro lado, em áreas com estações secas prolongadas seguidas de chuvas torrenciais, os processos erosivos, a perda de solo e o assoreamento tendem a ser mais significativos (SANTORO, 2009).

Ainda segundo Santoro (2009, p. 58) a cobertura vegetal é destacada como “uma defesa do ambiente contra os processos erosivos”. Destaca-se, nessa perspectiva, a dispersão e interceptação das gotículas de chuva antes de chegarem ao solo; a ação dos sistemas radiculares, proporcionando maior infiltração da água; a presença de matéria orgânica que, incorporada no solo, aumenta sua capacidade de retenção de água; a diminuição da energia do escoamento

superficial em razão da potencialização da infiltração e redução da velocidade da água que escoar.

O relevo também é uma variável determinante no entendimento dos processos erosivos, com destaque para a declividade dos terrenos, a forma e a extensão das vertentes. Essas variáveis são fatores imprescindíveis para a determinação da fragilidade dos ambientes aos processos erosivos a partir da metodologia proposta por Ross (1994).

A declividade interfere diretamente na velocidade do escoamento superficial, incorrendo na maior capacidade erosiva deste. Desse modo, o volume e a velocidade estão diretamente ligados à declividade das vertentes.

A extensão da vertente também é fator determinante, pois, à medida que se aumenta a distância percorrida pelo escoamento superficial da água da chuva, o volume escoado e a velocidade tendem a aumentar. Desse modo, a potencialização da energia cinética resultante de vertentes mais extensas incorre no fortalecimento da capacidade erosiva das chuvas.

Por fim, quando se considera a forma das encostas, destacam-se as vertentes côncavas, por sua maior capacidade de concentrar o escoamento superficial. Na sequência, surgem as vertentes convexas e, por último, as retilíneas, assim como destacam Silva et al (2007), Nunes (2005) e Ross (1994).

No caso dos solos, de acordo com Ross (1994, p.67), variáveis como textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais são importantes para a determinação de sua erodibilidade.

Sobre a erodibilidade dos solos, Santoro (2009) salienta que

A erodibilidade indica o potencial ou o grau de facilidade com que um determinado solo pode ser erodido, é uma característica intrínseca do solo. Solos mais arenosos, em geral, são mais facilmente erodidos que os solos argilosos. Assim, o conjunto das características dos solos, que, em grande parte, depende da rocha de origem (substrato rochoso) e de sua evolução ao longo do tempo, sob ação do clima e das formações vegetais, determinam a suscetibilidade dos terrenos à erosão (SANTORO, 2009, p. 60).

Ainda sobre este conceito, Lal (1998) *apud* Vitte e Mello (2007) afirma que

Erodibilidade do solo é o efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo paradesagregação de partículas e o transporte subsequente. Esses processos são influenciados pelas propriedades do solo, assim como a distribuição do tamanho das suas partículas, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica, natureza dos minerais de argila e constituintes químicos. Além desses, consideram-se que, os parâmetros do solo que afetam a sua estrutura, hidratação, e as características da circulação da água que afetam a erodibilidade do solo. Lal (1998, p. 141) *apud* Vitte e Mello (2007, p. 109-110).

4.2.2 Erosão e fatores antrópicos

Somados aos aspectos de ordem natural, é premente destacar o grande potencial que a ação humana desenvolve sobre os processos erosivos. As dinâmicas naturais recebem a contribuição dos condicionantes antrópicos, acelerando e potencializando processos, com destaque para manejos inadequados e a inobservância da capacidade de uso dos solos (Santoro, 2009, p. 60).

Cunha (1997) *apud* Vitte e Mello (2007) destaca que

a erosão dos solos é considerada normal, quando ocorre um equilíbrio entre os processos de formação do solo e seu desgaste natural. Quando o processo erosivo é mais intenso, sendo mais veloz que a formação do solo, ocorre a erosão acelerada – chamada de erosão antrópica –, caso tenha sido provocada pela ação humana. Tal situação ocorre quando são encontradas determinadas condições de solo, litologia e relevo que proporcionam o desencadeamento da substituição da vegetação natural por outro tipo de cobertura vegetal, o qual não proporciona proteção eficiente contra a erosão, dificultando o estabelecimento do processo pedogenético que recomporia a camada erodida (CUNHA, 1997 *apud* VITTE e MELLO, 2007, p. 108).

Assim, diversas ações sob a responsabilidade da sociedade incorrem ou potencializam processos erosivos. Podem ser citados como exemplos a retirada das coberturas vegetais originais, a prática indiscriminada das queimadas, a pecuária com alta densidade de animais em espaços reduzidos, desenvolvimento de culturas agrícolas perpendiculares às curvas de nível, abertura de carregadores e estradas desconsiderando obras de drenagem, loteamentos sem a implantação da infraestrutura mínima necessária entre outros.

Salomão (1999) reforça que

o controle da erosão em terras rurais é muito complexo, por envolver questões tanto de ordem técnica como socioeconômica, que devem ser conjuntamente avaliadas, visando a adoção de uma política agrícola que contemple a manutenção ou aumento potencial produtivo das terras. No que se refere às questões técnicas, destaca-se, como fundamentais, a utilização adequada de práticas agrícolas de conservação do solo, a adoção de medidas preventivas, contra a erosão associada a estradas e fornecimento de subsídios visando ao planejamento de ocupação agrícola (capacidade de uso das terras) (SALOMÃO, 1999, p. 258).

4.2.3 Medidas conservacionistas e corretivas

A garantia da infiltração e do menor escoamento superficial é concepção fundamental no controle dos processos erosivos. Diversos autores e estudos, como Ross (1994), Salomão (1999), Cati (2017), Embrapa (2017), Cunha (1997), Vitte e Mello (2007), concordam que os

processos erosivos em áreas de cultivo podem ser minimizados ou controlados a partir da aplicação de práticas conservacionistas que fomentem essa concepção.

Para tanto, é extremamente importante a compreensão das características do ambiente, bem como se as atividades a serem desenvolvidas são compatíveis com a capacidade de uso do solo.

Nessa perspectiva, Salomão (1999) salienta que

As práticas de conservação do solo devem ser aplicadas após o conhecimento integrado das potencialidades e limitações dos recursos de solo e água a nível das bacias hidrográficas e/ou microbacias. A escolha das técnicas deve, necessariamente, adaptar-se às características físicas e químicas do solo, à declividade do comprimento da encosta e ao tipo de cultivo. Deve, portanto, adequar-se à capacidade de uso das terras (SALOMÃO, 1999, p. 258).

De acordo com Salomão (1999), as práticas conservacionistas podem ser agrupadas em vegetativas, edáficas e mecânicas, sendo:

- Vegetativas: utilização de cobertura vegetal como critério básico para a contenção da erosão. Destacam-se as plantas de cobertura, cultura em faixas, cordões permanentes de vegetação, alternância de capinas e quebra-ventos.
- Edáfico: consistem em práticas conservacionistas que, ao melhorarem as condições de fertilidade do solo, podem indiretamente contribuir para evitar ou suavizar processos erosivos. São exemplos o controle do fogo, a adubação verde, o plantio direto, a adubação química e a calagem.
- Mecânicas: Ações artificialmente desenvolvidas, como a implantação de estruturas em canais e aterros, visando diminuir a velocidade/quantidade do escoamento superficial, potencializando a infiltração. São exemplos o plantio em nível, o terraceamento e a criação de canais escoadouros.

A partir do exposto, fica evidente o grande potencial de destruição do solo, de perdas agrícolas e de assoreamento de corpos d'água quando o uso da terra não observa os limites pertinentes, incorrendo em erosões.

Igualmente, sabe-se que as medidas de prevenção aos processos erosivos são mais eficientes do que eventuais medidas corretivas, que, a depender das proporções, tornam-se inviáveis do ponto vista técnico e financeiro.

Desse modo, ressalta-se que não existe um tipo específico de obra para todas e quaisquer situações. Cada realidade deve ser analisada nas suas particularidades, considerando o estágio de desenvolvimento do processo, as características ambientais e os recursos disponíveis.

De acordo com o DAEE - IPT (1999) *apud* Santoro (2009, p. 67), as contenções dos processos erosivos deve contemplar a implantação de micro e macro drenagem - visando evitar o escoamento direto das águas pluviais sobre o solo, feitas a partir de estruturas de captação e condução das águas; dissipadores de energia –realizados nas extremidades dos lançamentos, visando dissipar a energia cinética da água nesses pontos; pavimentação –com a implantação de guias, sarjetas, bueiros e asfalto em pontos com movimentação de terra e vias de deslocamento; drenos – ou seja, o disciplinamento das águas subterrâneas; aterros e retaludamentos - estabilização dos taludes resultantes do movimento de terra; reparos periódicos – tão importante quanto realizar obras é mantê-las conservadas. Assim, cabe revisão contínua e adequação daquelas que apresentem sinais de desgaste.

Por fim, é importante frisar novamente que os processos erosivos devem ser evitados em sua concepção, pois o manejo de áreas erodidas demanda custos elevados, incorrendo muitas vezes em empecilhos intransponíveis para pequenos agricultores dado sua condição econômica insuficiente para a proporção dos desafios. Assim, ganham força as medidas preventivas e conservacionistas.

5 Resultados e Discussão

5.1 A determinação da fragilidade na área de estudo

A bacia hidrográfica foi utilizada como recorte de análise, em conformidade com pressupostos já observados, destacando o potencial para análises sistêmicas, conforme ressalta Ab'Saber (1996), Moroz – Caccia Gouveia (2010), a Lei Estadual nº 7.663, de 30/12/1991 e a Lei Federal nº 9.433, de 08/01/1997.

Foi realizado o georreferenciamento da carta topográfica do Município de Osvaldo Cruz, folha SF-22-X-C-IV-3 em escala 1:50.000, disponibilizada pelo IBGE (1974). Assim, deu-se a delimitação da área, com a vetorização a partir das curvas de nível.

A rede de drenagem foi vetorizada manualmente, com base nas imagens de satélite do software Google Earth, ano de 2016.

Para elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental foi utilizado o software ArcGis 10.3 e as seguintes informações: dados de uso e cobertura da terra; dados de tipos de solos; dados de curvatura e declividade do terreno produzidos a partir do Modelo Digital de Elevação do SRTM (Projeto Topodata), de resolução espacial de 30 metros.

A determinação da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Negrinha deu-se a partir da proposta de Ross (1994).

Assim, foram necessários dados acerca da curvatura do terreno (superfícies), classificadas em retilíneas, convexas e côncavas, com classes e valores conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Classes e Categorizações do Mapa de Curvatura do terreno.

Vertentes	Fragilidade	Classe
Retilínea	Média	3
Convexa	Forte	4
Côncava	Muito Forte	5

Fonte: ROSS, 1994. Org.: CARDOSO, 2017.

Também, apresentação das declividades do terreno agrupadas em intervalos de classes, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Classes e Categorizações do Mapa de Declividade.

Declividade (%)	Fragilidade	Classe
0,00 – 6,00	Muito Fraca	1
6,01 – 12,00	Fraca	2
12,01 – 20,00	Média	3
20,01 a 30,00	Forte	4
Superior a 30,00	Muito Forte	5

Fonte: ROSS, 1994. Org.: CARDOSO, 2017.

A partir do cruzamento de informações relativas à curvatura do terreno e a declividade tem-se o cálculo da fragilidade do terreno (produto intermediário para a verificação da fragilidade ambiental da área). O mapa de solos foi obtido a partir do estudo da FEPAF/CESP (2000). Contudo, foi adaptado, através do agrupamento das classes de Latossolos, Argissolos, Hidromórficos e Neossolos. Posteriormente, atribuíram-se classes de fragilidade ou de erodibilidade. Assim, definiu-se, adaptando a metodologia de Ross (1994) aos dados disponíveis, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Classes e Categorizações do Mapa de Solos.

Solos	Fragilidade	Classe
Latossolos	Fraca	2
Argissolos	Forte	4
Neossolos	Muito Forte	5
Hidromórficos	Muito Forte	5
Área Urbana	Forte	4

Fonte: ROSS, 1994. Org.: CARDOSO, 2017.

Ainda, foi necessária a elaboração de mapa de uso da terra e cobertura vegetal, por meio de imagens de satélites disponibilizadas pelo software Google Earth, com classificação visual, complementada por trabalhos de campo, quando necessário. Ademais, foram definidas classes e categorizações de acordo com Ross (1994), atribuindo-se maior ou menor grau de proteção. Diante disso, considerou-se os dados de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 – Classes e Categorizações do Mapa de Uso da Terra.

Uso da Terra	Fragilidade	Classe
Mata	Muito Fraca	1
Silvicultura	Fraca	2
Pastagem	Média	3
Culturas Permanentes	Média	3
Culturas anuais (incluindo cana)	Forte	4
Área Urbana ⁴	Forte	4
Lixão	Muito Forte	5
Represas	Sem valores	-

Fonte: ROSS, 1994. Org.: CARDOSO, 2017.

A partir dos produtos intermediários (mapas de declividade, curvatura, classe de solos e uso da terra) foi possível dimensionar os graus de fragilidade ambiental. Para tanto, foram atribuídos pesos iguais para o uso da terra, os tipos de solo e a fragilidade do terreno (curvatura e declividade).

5.2 A curvatura do terreno (superfície do terreno)

A Tabela 5 apresenta as áreas e percentuais de fragilidade de cada uma das classes de curvatura observadas na bacia hidrográfica. Os valores seguem a proposta metodológica de Ross (1994).

Tabela 5 – Curvatura do terreno na Alto Curso da Bacia do Ribeirão Negrinha.

Classes de curvatura	Fragilidade	Curvatura	Área	
			km ²	%
Côncava	Muito Forte	-0,01	18,39	41,76
Retilínea	Média	0	3,51	7,97
Convexa	Forte	0,01	22,14	50,27
Total	-	-	44,04	100,00

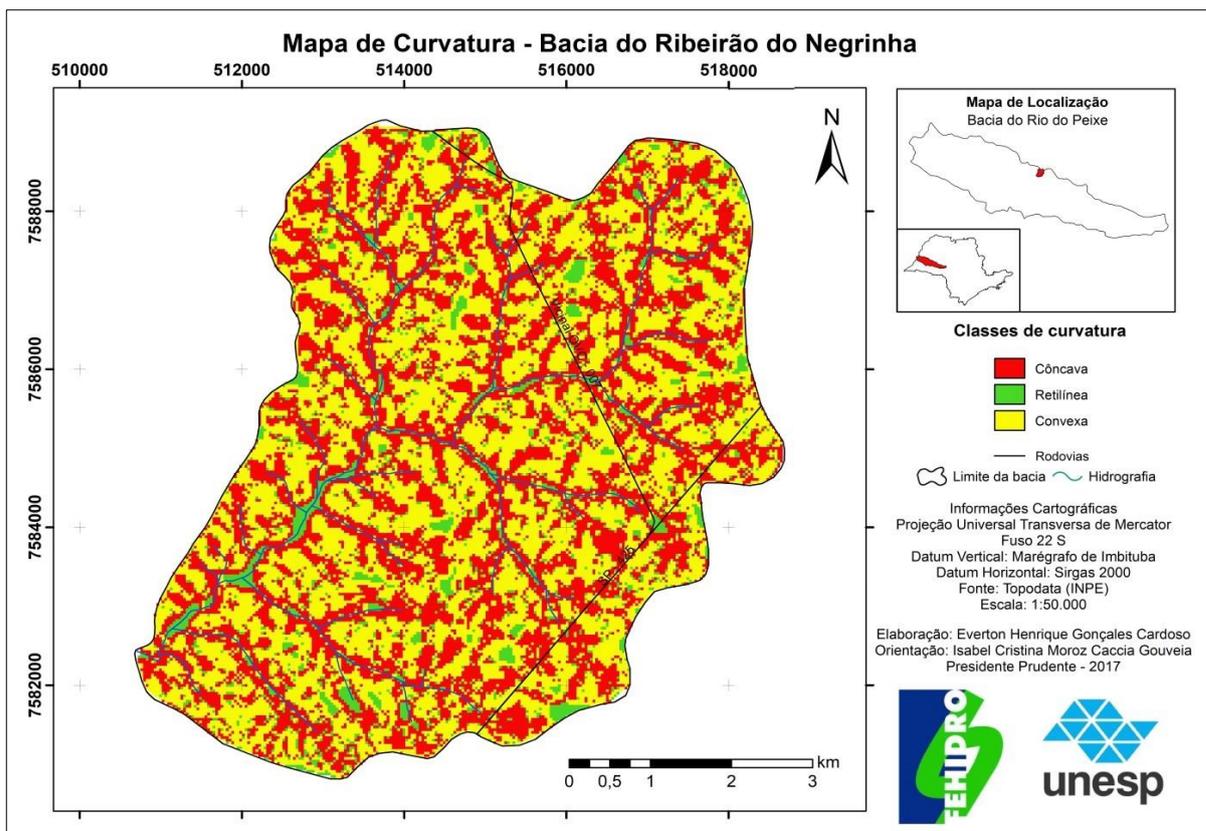
Fonte: ROSS, 1994. Org.: CARDOSO, 2017.

⁴As áreas urbanas foram definidas como de fragilidade forte em razão de, nesta área de estudo, serem majoritariamente formada por loteamentos recentes, com muita movimentação e exposição de solo, bem como por apresentarem problemas de microdrenagem, incorrendo na potencialização de processos erosivos.

Nota-se, portanto, um discreto predomínio de vertentes convexas, destacadas por sua fragilidade forte, compondo, portanto, pouco mais de 50% da bacia. Na sequência, com pouco mais de 41%, destacam-se as vertentes côncavas, de fragilidade muito forte.

A Figura 2, apresentada a seguir, ilustra a disposição das formas dos segmentos de vertentes observadas na bacia.

Figura 2 – Curvatura do terreno do Alto Curso da Bacia do Ribeirão Negrinha.



Fonte: CARDOSO, 2017.

5.3 A declividade do terreno

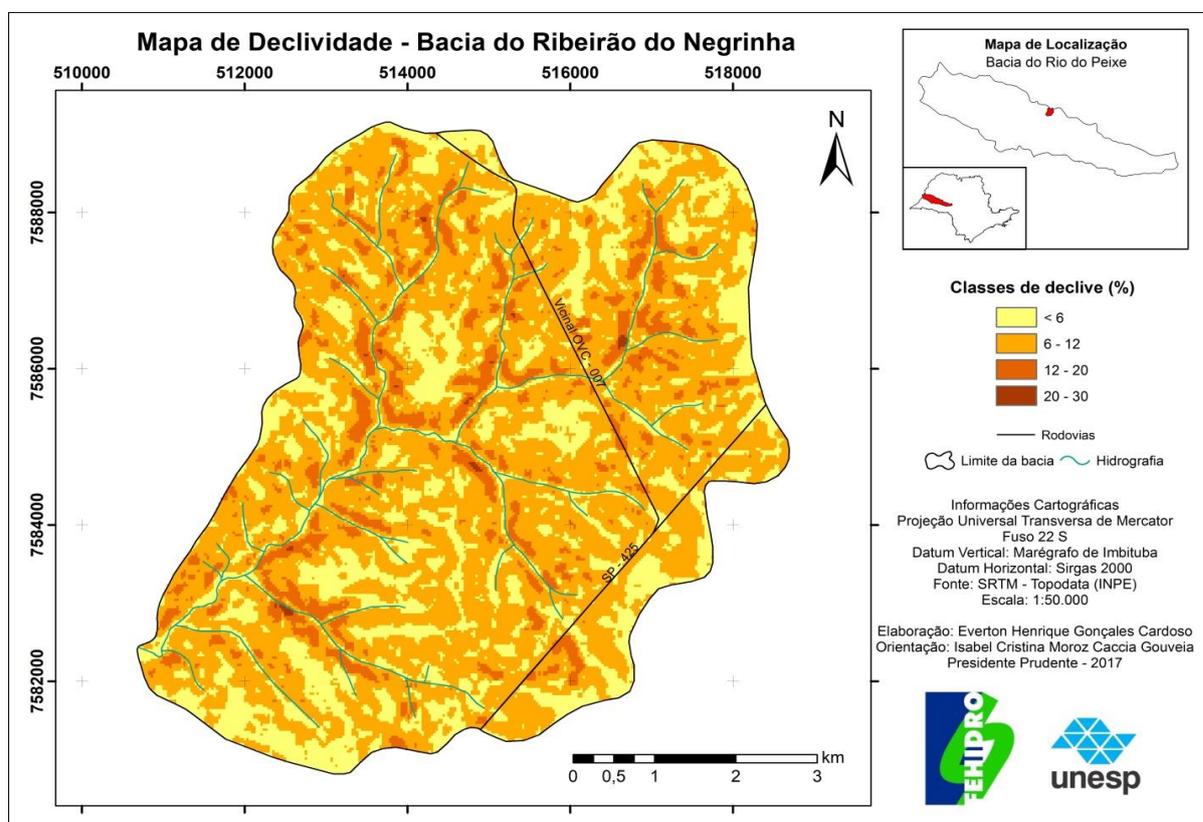
Na observação da declividade, produto intermediário importante para a aferição da fragilidade do terreno, notou-se um predomínio dos valores entre 6,01 a 12,00%, conferindo uma fragilidade fraca. Na sequência, tem-se as declividades inferiores a 6% (fragilidade muito fraca) e no intervalo entre 12,01 a 20,00% (fragilidade média). Os valores de fragilidade forte (superiores a 20% de declividade) foram pouco expressivos. Os dados estão sintetizados na Tabela 6 e ilustrados na Figura 3, apresentados a seguir.

Tabela 6 – Declividade do terreno na Bacia do Ribeirão Negrinha.

Declividade	Área	
	km ²	%
0,00 a 6,00%	12,29	27,91
6,01 a 12,00%	27,40	62,21
12,01 a 20,00%	4,29	9,74
20,01 a 30%	0,06	0,14
Total	44,04	100,00

Fonte: CARDOSO, 2017.

Figura 3 – Declividade do Alto Curso da Bacia do Ribeirão do Negrinha.



Fonte: CARDOSO, 2017.

5.4 A fragilidade do terreno

O cruzamento das informações relativas à curvatura do terreno e a declividade do terreno geram o produto intermediário “fragilidade ambiental do terreno”, de acordo com a proposta de Ross (1994). Ressalta que este é fundamental para a verificação da fragilidade ambiental, possuindo peso idêntico aos tipos de solos e ao uso e cobertura da terra no cruzamento das informações.

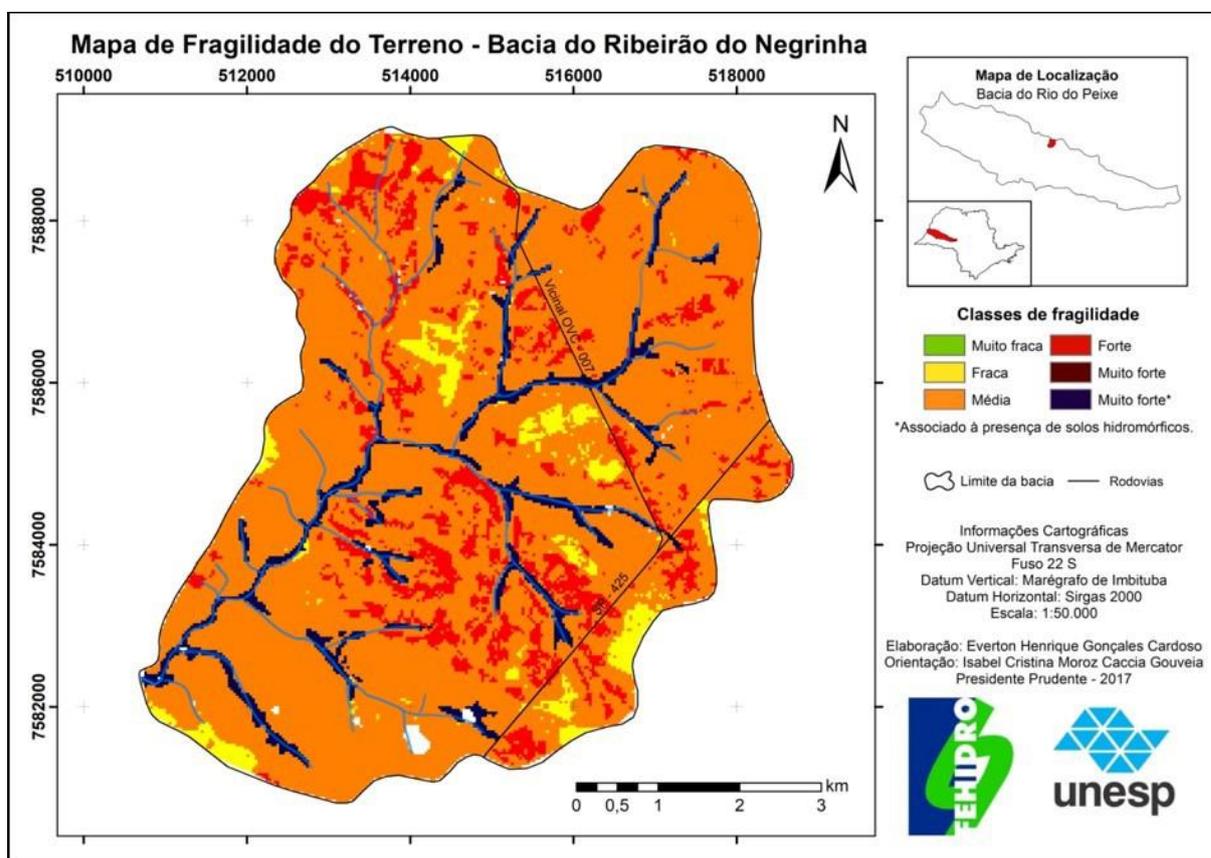
A Tabela 7 apresenta os resultados aferidos, destacando-se a fragilidade média, presente e mais de 79% da área de estudo. As informações estão apresentadas na Figura 4.

Tabela 7 – Fragilidade do terreno na Bacia do Ribeirão Negrinha.

Classes de Fragilidade	Área	
	km ²	%
Restrito (Muito Forte) ⁵	2,63	5,99
1 – Muito Fraca	0,00	0,00
2 – Fraca	1,70	3,87
3 – Média	34,90	79,53
4 – Forte	4,65	10,60
5 – Muito Forte	0,00	0,00
Total	43,88*	100

*As áreas com represas não foram consideradas (ocupam 0,16 km² na bacia). Fonte: CARDOSO, 2017.

Figura 4 – Fragilidade do terreno do Alto Curso da Bacia do Ribeirão do Negrinha.



Fonte: CARDOSO, 2017.

⁵ Esses ambientes, associados a solos hidromórficos, são classificados como restritos e de fragilidade muito forte face às inundações e grande instabilidade do terreno.

5.5 Os solos

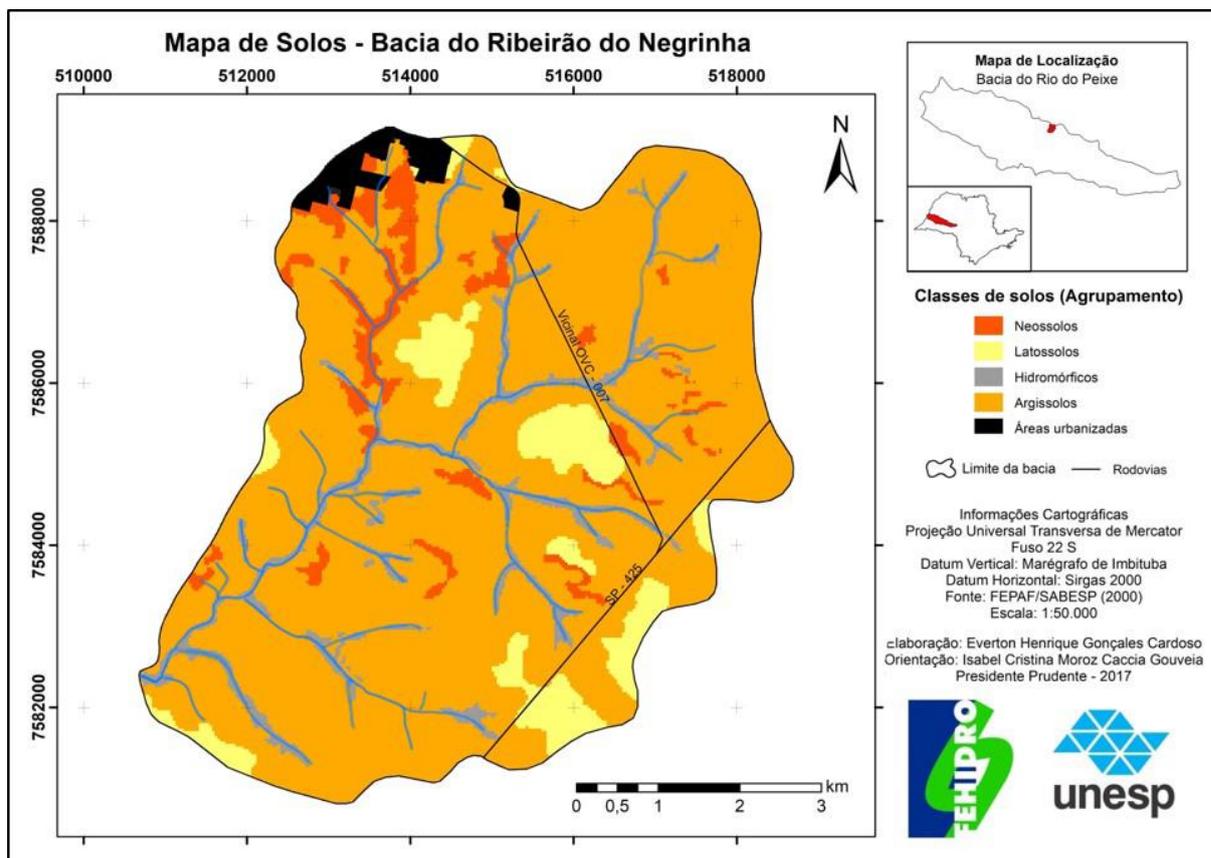
O levantamento dos solos se deu a partir de estudo realizado pela FEPAF/CESP (2000), escala 1:50.000. Para este estudo, optou-se pelo agrupamento de solos, desconsiderando, por exemplo, as diferenças entre os Argissolos, Assim, predominam na bacia hidrográfica os Argissolos, de fragilidade forte, seguido por manchas de Latossolos, de fragilidade fraca. Ainda, apresentam-se na bacia áreas de Neossolos e Planossolos Hidromórficos, ambos de fragilidade muito forte. Este último, correspondendo às planícies de inundação, é bastante instável, susceptível à erosão e carreamento de sedimentos, exigindo manejos adequados e, principalmente, proteção ambiental. A Tabela 8 apresenta áreas e os percentuais de cobertura da bacia de cada um dos solos observados, bem como a Figura 5 ilustra as áreas de ocorrência.

Tabela 8 – Solos na Bacia do Ribeirão Negrinha.

Solos	Área	
	km ²	%
Área urbanizada	0,82	1,86
Hidromórfico	2,67	6,06
Neossolos	2,64	5,99
Latossolos	3,6	8,17
Argissolos	34,31	78,16
Total	44,04	100

Fonte: CARDOSO, 2017.

Figura 5 – Solos na Bacia do Ribeirão do Negrinha.



Fonte: CARDOSO, 2017.

5.6 O uso da terra e a cobertura vegetal

Por meio de interpretação de imagens de satélite do Google Earth e trabalhos de campo, obteve-se o uso e cobertura da terra atualizado na área de estudo. Nota-se, deste modo, o predomínio de pastagens, ocupando pouco mais de 62% da área, sendo classificada como fragilidade média. Em seguida, têm-se culturas anuais, também conhecidas como lavouras temporárias, com amplo destaque para a presença da cana-de-açúcar, definidas como de forte fragilidade e ocupando pouco mais de 21% da área.

Tem-se, ainda, a presença de silvicultura (destaque para o eucalipto e a seringueira), culturas permanentes (amplo destaque para o café), fragmentos de mata (floresta estacional semidecídua), represas artificiais, áreas urbanas e, propositalmente separada, a área do “lixão” municipal (solo exposto).

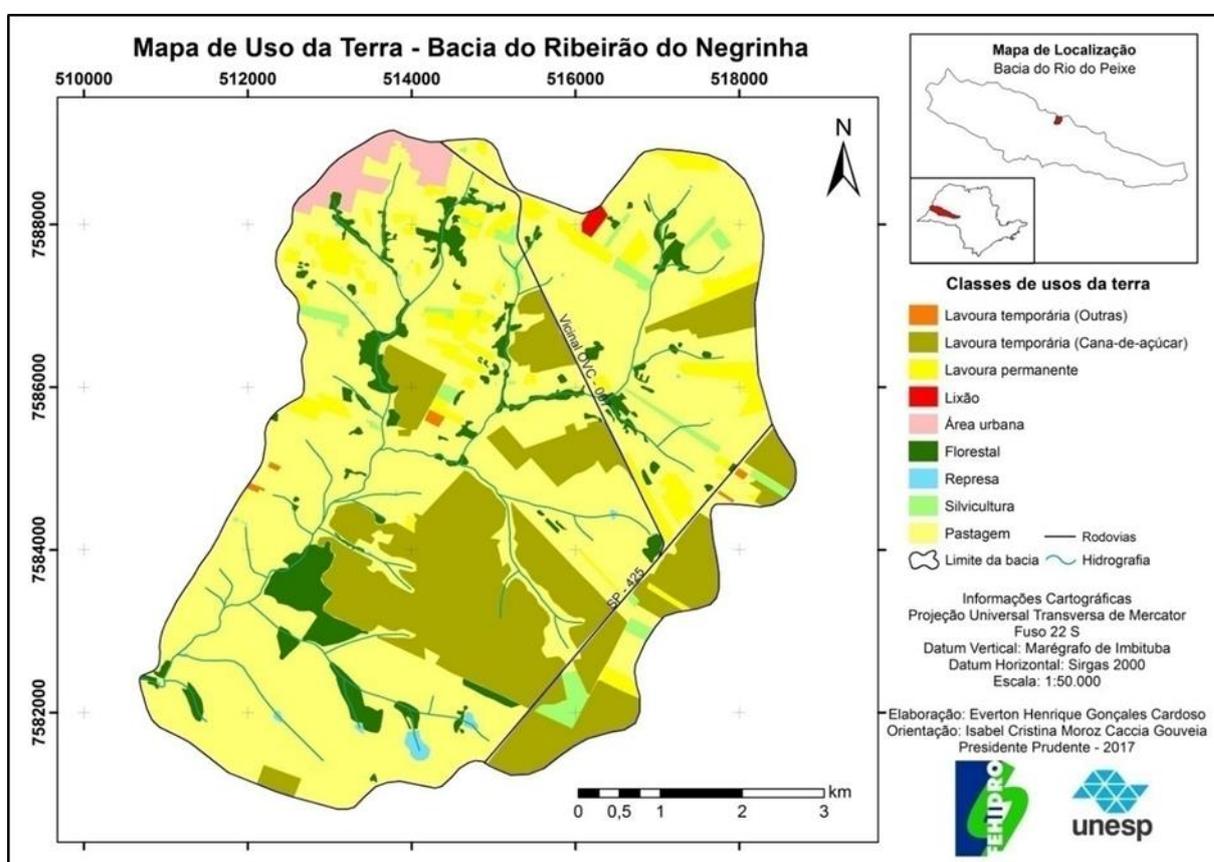
A Tabela 9 apresenta os percentuais, bem como a Figura 6 ilustra as áreas de ocorrência de cada uso da terra.

Tabela 9 – Uso da Terra na Bacia do Ribeirão Negrinha.

Classes de uso da terra	Área	
	km ²	%
Silvicultura	0,83	1,88
Cultura permanente	2,48	5,63
Cultura anual (temporária)	9,62	21,84
Pastagem	27,33	62,06
Mata	2,72	6,18
Lixão	0,07	0,16
Urbano	0,82	1,86
Represa	0,17	0,39
Total	44,04	100,00

Fonte: CARDOSO, 2017.

Figura 6 – Usos da terra e cobertura vegetal na Bacia do Ribeirão do Negrinha.



Fonte: CARDOSO, 2017.

5.7 A fragilidade ambiental aos processos erosivos

A partir do cruzamento dos produtos temáticos anteriores, ou seja, a fragilidade do terreno (curvatura da superfície + declividade), tipos de solos e uso da terra, obteve-se o mapa síntese de fragilidade ambiental. Para tanto, na ferramenta de análise multi-criterial ponderada

do ArcGis (SpatialAnalystTools>Overlay>Weighted overlay), cada um deles recebeu igual peso, ou seja, 33,33%, de acordo com a proposta de Ross (1994).

Predominou na área de estudo a fragilidade média, seguida da fragilidade forte. Ambas, somadas, representam mais de 93% da bacia.

5.8 A fragilidade ambiental aos processos erosivos

A partir do cruzamento dos produtos temáticos anteriores, ou seja, a fragilidade do terreno (curvatura da superfície + declividade), tipos de solos e uso da terra, obteve-se o mapa síntese de fragilidade ambiental. Para tanto, na ferramenta de análise multi-criterial ponderada do ArcGis (SpatialAnalystTools>Overlay>Weighted overlay), cada um deles recebeu igual peso, ou seja, 33,33%, de acordo com a proposta de Ross (1994).

Predominou na área de estudo a fragilidade média, seguida da fragilidade forte. Ambas, somadas, representam mais de 93% da bacia.

A Tabela 10 apresenta as classes de fragilidade, as áreas e percentuais dentro da bacia. A Figura 7 ilustra a fragilidade ambiental observada.

Tabela 10 – Fragilidade na Bacia do Ribeirão Negrinha.

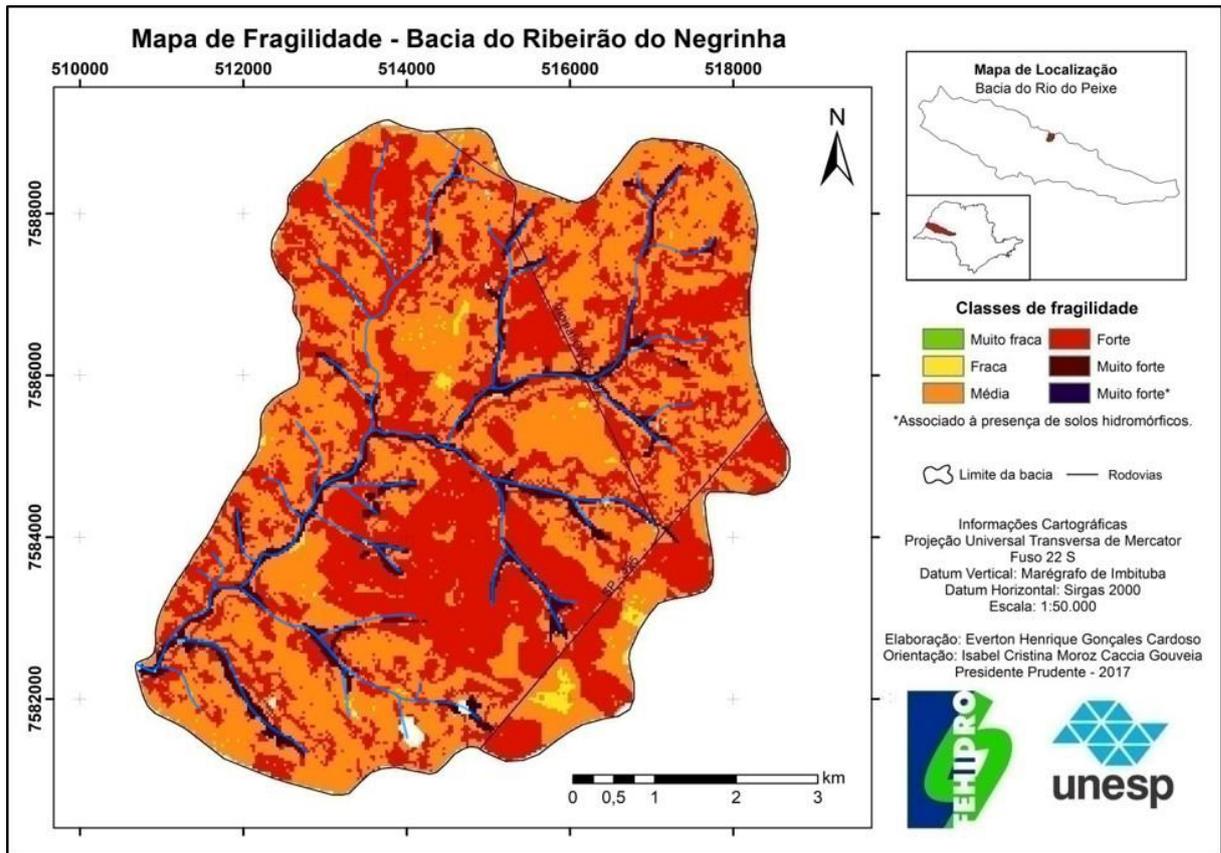
Classes de Fragilidade	Área	
	km ²	%
Restrito (Muito Forte) ⁶	2,63	5,99
1 – Muito Fraca	0	0,00
2 – Fraca	0,41	0,93
3 – Média	21,86	49,81
4 – Forte	18,98	43,25
5 – Muito Forte	0	0,00
Total	43,88*	100

*As áreas com represas não foram consideradas (ocupam 0,16 km² na bacia).

Fonte: CARDOSO, 2017.

⁶ Esses ambientes, associados a solos hidromórficos, são classificados como restritos e de fragilidade muito forte face às inundações e grande instabilidade do terreno.

Figura 7 – Fragilidade Ambiental do Alto Curso da Bacia do Ribeirão Negrinha.



Fonte: CARDOSO, 2017.

Ressalta-se que a fragilidade ambiental destacada por meio desta modelagem representa uma tendência, com vistas a contribuir para o planejamento e respectivos limites para o uso/ocupação do território.

5.9 Adoção de medidas conservacionistas

O presente estudo apresentou as fragilidades média e forte como predominantes na bacia. Assim, torna-se importante a adoção de medidas que promovam manejos mais adequados no tocante à produção agropecuária, bem como a observância de aspectos relativos à recuperação de áreas degradadas, delimitação de APP's e Reservas legais, proteção dos fragmentos de mata etc.

A sensibilização da população direta e indiretamente envolvida se mostra como aspecto fundamental, sobretudo pela condição de manancial sustentada pela bacia em questão.

Desse modo, é extremamente importante a adoção de práticas conservacionistas e técnicas economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis, de acordo com propostas de Salomão (1999) FEPAF (2000), Codaspe Embrapa (entre outros), como:

- Delimitação e recuperação das áreas de preservação permanentes;
- Delimitação e recuperação das reservas legais, preferencialmente, em apoio à criação de corredores ecológicos;
- Atenção especial com as queimadas de cana-de-açúcar para que o fogo se limite ao manejo esperado, até a definitiva eliminação de tal prática (2021 ou 2031, conforme a área), de acordo com a Lei 11.241/2002, que dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar;
- Utilização de terraços⁷ em nível para as culturas anuais/perenes desenvolvidas nas áreas de Latossolos. Ainda, com as partes terminais preferencialmente fechadas, evitando escoamento nas eventuais laterais;
- Utilização de terraços em desnível para as culturas anuais/perenes em Argissolos). No caso da utilização da técnica em nível, a manutenção deve ser constante, dada a grande possibilidade de rompimento;
- O terraceamento deve proporcionar um escoamento padrão, ou seja, com formação de cordões contínuos em ambientes relativamente homogêneos, independente de divisas de propriedades. Igualmente, devem receber manutenção periódica, na ocasião do preparo do solo, alargando-se canais e reforçando camalhões/diques, se necessário;
- Nas estradas rurais, dada sua grande capacidade de canalizar e potencializar o escoamento superficial, devem ser observados uma série de aspectos, como:
 - a) Lançamento de água das estradas para as propriedades, e não o contrário;
 - b) As estradas devem lançar a água através de captação nos terraços, ou em bacias de retenção, se for o caso;
 - c) Os barrancos laterais, historicamente desenvolvidos pelo encaixe das estradas (uso das motoniveladoras como forma de manutenção), devem ser removidos para melhor adequação das estradas e o escoamento da água, aos moldes do modelo desenvolvido junto ao Programa Melhor Caminho, da Codasp⁸;

⁷Disponível em

<<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fohgb6cq02wyiv8065610dfrst1ws.html>>. Acesso em 10 abr 2017.

⁸Disponível em <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/orgaos-e-entidades/empresas/codasp/>>. Acesso em 10 abr 2017.

- Adoção de técnicas de diminuição da velocidade de escoamento da água da chuva em carregadores perpendiculares ao terraceamento, notadamente encontrados dentro das propriedades, nos mais diversos usos da terra (café, pastagem, seringueiras etc.);
- As operações com máquinas, quando necessárias, devem ser realizadas com solo úmido, diminuindo, assim, a potencialização de processos erosivos;
- As irrigações, quando existirem, devem respeitar a capacidade de infiltração, evitando saturação e escoamentos, com consecutivos arrastes superficiais.

Seguramente, adotar todas essas (e outras aqui não mencionadas) incorre em rupturas das lógicas vigentes. A realidade socioeconômica da população envolvida, bem como a falta de uma cultura preservacionista dificultam ações sustentáveis no uso da terra. Isso fica evidente em estudo da FEPAF/CESP (2000), que afirma que

As práticas de conservação do solo, como terraceamento, plantio em nível, construção de bacias de contenção, entre outras, são avaliadas pelos proprietários como custos adicionais e incompatíveis com a capacidade financeira dos mesmos. Além disso, tratando-se dos procedimentos de restauração da vegetação ciliar e da reserva legal prevista pela legislação, a avaliação é ainda mais negativa, e que estes procedimentos são de responsabilidade das entidades do segmento rural vinculados ao governo. (2000, p. 96).

Daí a necessidade de ações de conscientização, somadas de aporte técnico para que a bacia sofra um manejo atento aos seus potenciais e fragilidades. E isso, seguramente, passa pelo efetivo envolvimento de órgãos de assistência, poder público, sociedade civil organizada, proprietários, instituições de ensino, enfim, todos os direta e indiretamente envolvidos.

6 Considerações Finais

A presente pesquisa objetivou identificar os níveis de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão Negrinha (alto curso) aos processos erosivos.

Notou-se um discreto predomínio de vertentes convexas (de fragilidade forte), compondo pouco mais de 50% da bacia estudada. Na sequência, ocupando 41% da área, destacaram-se as vertentes côncavas (fragilidade muito forte).

Com relação à declividade do terreno, a área de estudo é predominantemente marcada (62,21%) por declividades entre 6,01 e 12,00%, conferindo uma fragilidade fraca. Em seguida, aparece a classe inferior a 6,00%, classificada como muito fraca, presente em quase 28% da área.

Considerando os solos, nota-se forte predomínio de Argissolos, presentes em 79,20% da área, classificados como de fragilidade forte. As demais áreas apresentaram em menores proporções manchas de Latossolos, Neossolos e Hidromórficos, este último de fragilidade muito forte, muito instável, susceptível à erosão e carreamento de sedimentos, exigindo manejos adequados.

No uso da terra, predominaram as pastagens, ocupando pouco mais de 62% da área, em especial aquelas ocupadas por pecuária bovina de corte e leite (fragilidade média). Igualmente, destaca-se o plantio de cana-de-açúcar, presente em pouco mais de 21% da área (fragilidade forte).

O cruzamento de informações, realizado por meio dos pesos estabelecidos por Ross (1994) e com apoio da ferramenta de análise multicriterial ponderada do ArcGIS, apontou na bacia o predomínio das fragilidades média e forte (49,81% e 43,25% da área, respectivamente). Somadas, representam mais de 93% da bacia.

A identificação dos níveis de fragilidade ambiental da bacia hidrográfica aos processos erosivos deve subsidiar a adoção de medidas que promovam manejos mais adequados do uso da terra, seja para a atividade agropecuária e para a expansão da urbanização, seja para a definição de áreas protegidas.

Assim, destaca-se a necessidade de medidas conservacionistas, combinando ações de caráter vegetativo, edáfico e mecânico. Contudo, conforme observado, a realidade socioeconômica da comunidade envolvida, alicerçada na falta de uma cultura preservacionista, dificultam ações sustentáveis no uso da terra. Muitas práticas de conservação são vistas como custos adicionais e incompatíveis com a capacidade financeira dos mesmos.

Pelo exposto, cresce a necessidade de ações de conscientização, respaldadas por suporte técnico para que a bacia seja manejada considerando seus potenciais e fragilidades. E, inegavelmente, essa lógica passa pelo envolvimento de órgãos de assistência, respaldo do poder público, atuação da sociedade civil organizada, ressignificação do papel dos proprietários, colaborações de instituições de ensino entre outros.

Referências

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990.

CACCIA GOUVEIA, I.C.M. **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. São Paulo, 2010. Tese (Doutorado em Geografia). FFLCH. USP.

FEPAP; CESP. **Programa de Controle de Erosão e de Assoreamento na Área de Influência do Reservatório da UHE Sérgio Motta.** Botucatu: FEPAP, 2000.

GUERRA, T. A.; **Dicionário Geológico e Geomorfológico.** 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

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

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto/GeoUSP. (Novas abordagens 3). 2000.

NUNES, J.O.R. **Mapeamento Geomorfológico do perímetro urbano de Presidente Prudente – S.P.** 2005. In: Anais da 57ª Reunião Anual da SBPC. Fortaleza.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento.** São Paulo: Editora Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica e fragilidade dos ambientes naturais antropizados.** Revista do Departamento de Geografia, nº 8. São Paulo: 1994, p. 65-74.

SÃO PAULO. **Lei n. 15.684, de 14 de janeiro de 2015.** Dispõe sobre o Programa de Regularização Ambiental - PRA das propriedades e imóveis rurais, criado pela Lei Federal nº 12.651, de 2012 e sobre a aplicação da Lei Complementar Federal nº 140, de 2011, no âmbito do Estado de São Paulo.

_____. **Lei n. 9.866, de 28 de novembro de 1997.** Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências.

_____. **Lei n. 16.337, de 14 de dezembro de 2016.** Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos - PERH e dá providências correlatas.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** São Paulo: GEOUSP - Espaço e Tempo, 2004.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir.** 1ª Ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE - Diretoria Técnica – SUPREN, 1977.

VELOSO, A.J.G. **Importância do Estudo das Vertentes.** GEOgraphia. V.8, n.8.2002.

VENTURI, L. A. B. **Recurso Natural: A construção de um conceito in GEOUSP – Espaço e Tempo, nº 20.** São Paulo: FFLCH/USP, 2006, p.9-17.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. de. **Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes: um balanço bibliográfico.** in Climatologia e Estudos da Paisagem. Rio Claro – vol. 2 – nº 2 – julho – dezembro/ 2007.