ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Extremo Sul da Bahia

Thiara Messias de Almeida Teixeira¹, Vlândia Pinto Vidal de Oliveira², Amom Chrystian de Oliveira Teixeira³

¹ Dra. em Geografia, Professora do curso de Geografia, Campus Nordeste, Universidade Estadual de Goiás, Avenida Universitária Esq. com a Rua Nagib Simão, s/n, CEP 73807-250, Formosa, Goiás. (61) 3631-1187. thiara.messias@ueg.br (autor correspondente). ² Dra. em Engenharia Agrônoma, Professora Associada IV e pesquisadora do CNPq na área de Geografia Física, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Bloco 911, CEP 60440-900, Fortaleza, Ceará. (85) 3366-9855. vladia.ufc@gmail.com. ³ Dr. em Geografia, Professor do curso de Geografia, Campus Nordeste, e do Programa de Pós-graduação em Geografia do Campus Cora Coralina (PPGEO-UEG), Universidade Estadual de Goiás, Avenida Universitária, Esq. com a Rua Nagib Simão, s/n, CEP 73807-250, Formosa, Goiás. (61) 3631-1187. amom.teixeira@ueg.br.

Artigo recebido em 23/01/2021 e aceito em 14/06/2021

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi produzir o mapa síntese da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba localizada no Extremo Sul da Bahia. A bacia foi incorporada ao processo de megaprojetos econômicos e privados de extensiva ocupação territorial como a celulose, resultando em acentuada exploração de recursos naturais e intensas transformações na paisagem. A confecção dos mapas foi realizada no ArcGis 10 e utilizou a base de dados geocartográficos da SEI e CPRM. A análise integrada da bacia permitiu a obtenção de produtos síntese da dinâmica ambiental que apresentam diferentes graus de fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, que se constituiu numa avaliação qualitativa, produzida a partir das informações ambientais. A bacia possui áreas com restrições ambientais que apresentam usos da terra incompatíveis com suas características naturais, gerando condições de degradação da paisagem nos sistemas ambientais em que se encontram, o que tem contribuído para o aumento da fragilidade ambiental.

Palavras-chave: paisagem; sistemas ambientais; geotecnologias; recursos hídricos; análise integrada.

Environmental fragility of the São João de Tiba hydrographic basin, Extreme South of Bahia

ABSTRACT

The objective of this research was to produce a synthesis map of the environmental fragility of the São João de Tiba Hydrographic Basin located in the South End of Bahia. The basin was incorporated into the process of economic and private megaprojects of extensive territorial occupation such as cellulose, resulting in marked exploitation of natural resources and intense transformations in the landscape. The mapping was done in ArcGis 10 and used the SEI and CPRM geocartographic database. The integrated analysis of the basin allowed the production of products synthesizing the environmental dynamics that present different degrees of fragility of the natural and anthropized environments, which was constituted in a qualitative evaluation, produced from the environmental information. The basin has areas with environmental restrictions that present land uses incompatible with their natural characteristics, generating conditions of degradation of the landscape in the environmental systems in which they are found, what has contributed to the increase of environmental fragility.

Keywords: landscape; environmental systems; geotechnologies; water resources; integrated analysis.

Introdução

A crescente demanda e a complexidade dos problemas relacionados ao uso da água tem comprometido sua qualidade e quantidade em diversas partes do planeta, afetando a vida de milhões de pessoas. Neste panorama, o recorte

territorial da Bacia Hidrográfica (BH) como unidade a ser considerada em estudos ambientais, é recomendado quando se almeja a conservação de recursos hídricos, e demais recursos componentes desse sistema, visando o Desenvolvimento

Sustentável para garantir o futuro das próximas gerações. A utilização dessa unidade torna-se um importante instrumento para a avaliação ambiental, proporcionando o reconhecimento das melhores formas de uso e conservação dos recursos (Teixeira et al., 2012)

Neste trabalho, a BH é entendida como um sistema complexo. Apresenta de forma integrada variáveis ambientais, como geomorfologia, litologia, solos, clima, vegetação e o uso antrópico, articulados com a escala espacial e temporal, sendo do ponto de vista sistêmico um importante instrumento de pesquisa, planejamento e gestão, onde é possível analisar a interconectividade dos sistemas naturais. É um recorte espacial de compreensão sistêmica e abordagens integradoras (Carvalho, 2020; Dias e Cirilo, 2018; Oliveira, Viadana e Pereira, 2019; Silva e Farias, 2019; Souza, Nunes e Herculano, 2021; Teixeira et al., 2019)

A Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba (BHRSJT) está localizada entre os municípios de Eunápolis e Santa Cruz Cabrália e apresenta uma área de 178 mil hectares na Região do Extremo Sul da Bahia. Suas principais atividades econômicas estão voltadas para a eucaliptocultura atrelada a cadeia da celulose que dinamizou o espaço rural da região e acirrou conflitos relacionados a desigualdade na distribuição das terras, provocando uma verdadeira uniformização da paisagem, e a pecuária, desenvolvida em extensas pastagens resultado do intenso desmatamento que se deu sobre as áreas de Mata Atlântica.

Essas atividades e formas de uso dos recursos têm promovido, ao longo das últimas décadas, diversos problemas ambientais que precisam ser compreendidos sobre uma ótica sistêmica. Destacam-se aí: o assoreamento e a poluição dos cursos hídricos, o empobrecimento do solo, a aceleração de processos erosivos, desmatamento em larga escala com o desaparecimento de espécies animais e vegetais devido à perda de seus habitats, dentre outros prejuízos ecológicos e sociais. Além disso, as formas de utilização da terra têm provocado modificações socioeconômicas com geração de conflitos e exclusão social.

A bacia foi incorporada ao processo de “desenvolvimento”, o qual tem passado o Extremo Sul da Bahia, com grandes projetos econômicos e privados de intensiva ocupação territorial, como a celulose, incentivados pelo Estado sem um planejamento territorial adequado. Essa dinâmica provocou uma nova reorganização espacial com mudanças significativas na distribuição do uso e ocupação da terra entre as atividades produtivas. A

apropriação desse espaço tem se dado seguindo duas lógicas: a da extensificação da atividade pecuarista, com expansão das áreas de pastagens desde a década de 1970, quando se intensificaram os desmatamentos na Mata Atlântica, e a intensificação, o que significa o aumento da produtividade nas áreas já desmatadas pela eucaliptocultura, além da ampliação das áreas cultivadas pela mesma.

Por isso, propõe-se uma abordagem associada aos estudos integrados da paisagem levando-se em consideração os diversos componentes da paisagem, buscando a compreensão e a explicação da indissociável relação sociedade/natureza sob o ponto de vista do paradigma sistêmico.

A produção de informações ambientais sobre o viés sistêmico de uma BH reveste-se de grande importância, pois será possível a identificação de áreas que podem ser utilizadas com atividades agropecuárias sustentáveis e das áreas que precisam ser preservadas, estando os seus usos em conformidade com a qualidade ambiental dos corpos hídricos e do solo. O conhecimento dessas variáveis poderá contribuir para a compreensão de sua dinâmica espacial e ambiental. Os estudos integrados que utilizam a BH como unidade espacial podem ser basilares para a proposição de políticas públicas que objetivam as melhores formas de uso da terra com foco no Desenvolvimento Sustentável (Claudino-Sales, Lima e Diniz, 2020).

Nos estudos integrados voltados ao planejamento é essencial que se produza o mapa de fragilidade ambiental, pois este se constitui em uma ferramenta para apontar diretrizes quanto ao uso sustentável do território. A fragilidade ambiental fornece sinteticamente informações ambientais integradas e a resposta do meio às intervenções antrópicas (Santos e Ross, 2012; Belato, Serrão e Dias, 2019; Silva et al., 2020; Souza et al., 2020; Velozo, Souza e Rezende, 2020). Por isso, o objetivo da pesquisa foi produzir o mapa de fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba-BA. A pesquisa poderá servir como instrumento de auxílio à diminuição dos processos de degradação ambiental na referida bacia.

Material e métodos

Bases teórico-metodológicas para a análise da fragilidade nos estudos integrados

O conceito de paisagem tem sido discutido por vários autores ao longo das últimas décadas, evoluindo para o conceito de estudos integrados da paisagem, destacando aí a teoria dos geossistemas

preconizado pelas escolas soviética e francesa de Geografia. Essa abordagem propõe trabalhar o conceito de paisagem através do enfoque sistêmico e concretizou um novo viés epistemológico nos estudos ambientais pela Geografia. Desse modo, está assentado na teoria sistêmica aplicada a Geografia Física, permitindo a conexão entre a complexidade dos elementos antrópicos e as variáveis biofísicas e ambientais nos estudos da paisagem.

A paisagem é a natureza integrada e se constitui na síntese de aspectos físicos e sociais, sendo essenciais para o desenvolvimento de pesquisas aplicadas e metodologias para o manejo adequado e sustentável dos recursos naturais, relevantes para a sociedade (Guerra e Marçal, 2006). Segundo Bolós (1981), a paisagem integrada constitui uma unidade espacial, com complexa inter-relação entre os componentes naturais sob a constante ação da sociedade, que a transforma.

Ressalta-se a necessidade do diagnóstico ambiental, conjugando todas as variáveis dos sistemas biogeofísicos, para o delineamento das unidades de paisagem, avaliando as consequências da intervenção humana, compondo uma análise fundamental ao planejamento. Souza e Oliveira (2011, p. 43) afirmam que: “a necessidade de percepção do conjunto tido como requisito fundamental da interdisciplinaridade requer a consideração dos mecanismos que integram harmonicamente o ambiente, considerando a sua complexidade e heterogeneidade”.

A análise ambiental integrada deve propor a compreensão da interconectividade dos componentes ambientais do meio físico em busca de uma noção de totalidade, para subsidiar a melhor compreensão do território (Santos, 2011). No entanto, o mesmo autor não nega a importância de estudos setorializados na compreensão e síntese dos componentes geoambientais.

O estudo integrado da paisagem em Geografia dá suporte aos estudos ambientais interdisciplinares. Como este trabalho buscar entender e interpretar a paisagem numa perspectiva sistêmica é importante destacar a elaboração de estudos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos, climatológicos, fitogeográficos e de uso da terra, na tentativa de se construir uma análise integrada, conduzindo a delimitação e a caracterização das unidades geossistêmicas e das unidades da paisagem que apresentam maior ou menor fragilidade ambiental frente às intervenções humanas. Estas informações podem gerar mecanismos que subsidiem o planejamento territorial por parte dos sistemas antrópicos que exploram o potencial ecológico das

diferentes unidades de paisagens, visando à sustentabilidade.

A abordagem ecodinâmica da paisagem preconizada por Tricart (1977), assim como a teoria geossistêmica aplicadas a Geografia, permitem a individualização de compartimentos da paisagem, em unidades cujos processos e formas podem ser semelhantes. Segundo Rodrigues (2001, p. 76):

“...é possível classificar essas unidades quanto a sua estabilidade (formas e processos), singularidade e grau de recorrência (diversidade ambiental), fragilidade ou vulnerabilidade, no que se refere as interferências antrópicas, entre outras discriminações úteis na esfera do planejamento e gestão territorial característicos”.

Ross (1990; 1994; 1995), fala da urgência do Planejamento Físico Territorial frente às intervenções humanas no ambiente e exploração de recursos naturais. O estudo da fragilidade ambiental adotada nessa pesquisa que trabalha a análise ambiental integrada da paisagem é fundamentada na metodologia de Ross (1994), que sistematizou uma proposta hierarquizada da fragilidade ambiental. Em seu trabalho “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados”, o autor apresenta uma proposta de análise da fragilidade ambiental sobre o prisma da teoria sistêmica e do conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por Tricart (1977), utilizando informações como: substrato rochoso, geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e aspectos climáticos. Segundo o autor, essa temática voltada ao planejamento, parte do princípio de que os recursos naturais devem ser utilizados pela sociedade, respeitando critérios técnicos e científicos, dentro de uma política conservacionista.

Para que seu uso fosse aplicado ao planejamento, Ross (1994; 2010) inseriu novos conceitos e critérios para definir Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis. As Unidades Ecodinâmicas Instáveis são aquelas associadas a ambientes fortemente instáveis, que por não apresentarem equilíbrio dinâmico, são naturalmente frágeis, e se caracterizam por aquelas em que as intervenções antrópicas transformaram intensamente os ambientes naturais, com agricultura, desmatamento, urbanização, pastagens, etc, denominados ambientes antropizados, uma instabilidade que vai desde muito fraca a muito forte, seguindo uma escala hierárquica. As unidades de fragilidade emergente estão associadas a ambientes fortemente instáveis,

onde não configuram condições de equilíbrio dinâmico (Santos e Ross, 2012).

As Unidades Ecodinâmicas Estáveis seriam aquelas que estão próximas do seu nível de equilíbrio dinâmico ou em avançado estágio de recuperação ambiental, mas que apresentariam uma instabilidade potencial face as suas características naturais, apresentando em diferentes graus, maior ou menor fragilidade, que pode ser potencializada pela ação humana predatória.

A partir do tratamento integrado dessas informações espaciais, é possível chegar a um diagnóstico de diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados (Ross, 1994).

Para Vitte e Santos (1999) fragilidade está relacionado ao que é frágil, algo fácil de se destruir, pouco durável e pode estar associado ao conceito de ambiente de risco. De acordo com Sporl e Ross (2004) e Ross (2010), os sistemas ambientais na atualidade, frente às intervenções da sociedade apresentam maior ou menor fragilidade, o que depende de suas características “genéticas”, pois qualquer modificação nos diferentes componentes naturais acabaria quebrando o seu equilíbrio e, comprometendo a funcionalidade do sistema. Amaral e Ross (2009), acreditam que todo planejamento deve levar em consideração as potencialidades do ambiente, e sua fragilidade frente às modificações humanas.

Para a análise da fragilidade, exige-se que os conhecimentos produzidos sobre os componentes ambientais, até então setorizados sejam integrados e entendidos de forma que a natureza seja apresentada com uma funcionalidade intrínseca. Ross (2006, p. 53) mostra que: “É imprescindível uma pesquisa sobre as fragilidades e potencialidades ambientais integradas das relações sociedade com a natureza, pois pressupõe o entendimento da dinâmica do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas”. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas no Brasil com o intuito de avaliar a fragilidade dos ambientes, baseados, principalmente nos estudos pioneiros de Ross (1994) e trabalhos posteriores do autor, em que a metodologia da carta de fragilidade ambiental é desenvolvida. Destacam-se aqui: Sporl (2001), Sporl e Ross (2004), Kawakubo et al. (2005), Sporl (2007), Amaral e Ross (2009), Vitte e Mello (2009), Franco et al. (2012), Gomes (2013), Alves et al. (2018), Santos e Marchioro (2018), Storto e Cocato (2018), Almeida et al. (2020), Nörnberg e Rehbein (2020), Santos e Marchioro (2020), dentre muitos outros.

Levantamento dos aspectos ambientais

O levantamento das características ambientais da área de estudo foi realizado através da base de dados em formato *shapefile*, disponibilizados por órgãos governamentais como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI), referentes a: geologia, geomorfologia, vegetação, clima, solos e trabalhos de campo realizados na área de estudo, onde buscou-se integrar as informações dos componentes do meio físico com as atividades humanas na tentativa de elaborar um mapeamento de unidades ambientais e fragilidade da bacia em questão. O software utilizado foi o Arcgis 10. Para a produção do mapa de declividade foi utilizada uma imagem SRTM, a qual foi obtida em % através da ferramenta *Slope* no Arcgis 10. Todos os mapas da pesquisa foram produzidos no *datum* SIRGAS 2000.

Para o mapa de uso do solo foram realizados downloads de imagens de satélite que são disponibilizadas gratuitamente no site do INPE (Instituto Brasileiro de Pesquisas Espaciais), na seção DGI (Divisão de Geração de Imagens). Foram adquiridas imagens do Sistema Landsat 5 TM, colorida, bandas 3, 4 e 5 para o ano de 2011, nas orbitas/pontos 215/71 e 216/71, com resolução do pixel de 30 m. O mapa foi elaborado no ArcGIS 10, onde foi realizada a correção geométrica e radiométrica das imagens e composição colorida 3B4G5R. Foi realizada a interpretação das imagens de satélite e a classificação visual. Posteriormente procedeu-se a vetorização manual das classes de uso da terra. Para o mapeamento foram delimitadas sete classes de uso da terra dentre elas: Remanescentes de Mata Atlântica, Pastagens/Agricultura (Agropecuária), Cultivo de eucalipto, Cana-de-açúcar, e Área urbana, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Com o objetivo de reconhecimento da área de estudo, observação das características ambientais, atividades produtivas, tipos de impactos ambientais, registro fotográfico e coleta de pontos de uso da terra para verificação e checagem dos mapas foram realizados trabalhos de campo, onde percorreu-se os dois municípios da bacia. Para isso, utilizou-se um GPS acoplado a um computador de mão modelo MioP350, o qual permite o uso de um ArcPad para posterior integração de dados com o ArcGis 10. Na Figura 1, pode ser observado o mapa de localização da área de estudo e na Figura 2, o trajeto percorrido durante os trabalhos de campo.

Tabela 1 – Delimitação das classes de uso da terra para a BHRSJT:

Classes de uso	Descrição
Remanescentes de Mata Atlântica	Foram incluídas nessa classe os diversos tipos vegetacionais da Mata Atlântica e seus vários estágios de conservação e regeneração.
Pastagens/Agricultura	Corresponde as áreas utilizadas em sua maior parte por pastagens ou campos abertos e em menor grau pela agricultura, ou que sofreram desmatamento, ou de solo descoberto resultado do mau uso pelas atividades agropecuárias.

Cultivo de eucalipto

Cana-de-açúcar

Área urbana

Áreas utilizadas com a silvicultura em diversos estágios de desenvolvimento do eucalipto, áreas de solo exposto resultado do corte recente da madeira do eucalipto e que integram as áreas de plantios das empresas de celulose.

Áreas utilizadas com a cultura canavieira.

Uso urbano do solo.

Figura 1 - Localização da área de estudo.

Figura 2 – Trajeto percorrido durante trabalhos de campo, onde foram coletados pontos de uso da terra e informações ambientais na BHRSJT.

Determinação da fragilidade ambiental

Segundo Ross (1990), a identificação das unidades de paisagens sob a perspectiva de suas fragilidades é fundamental ao planejamento. Desse modo, para o mapeamento da fragilidade ambiental

da bacia utilizou-se os parâmetros estabelecidos por Ross (1994), ponderando o nível de fragilidade de cada atributo ambiental. Para análise da fragilidade foi necessário a avaliação de forma integrada dessas variáveis, observando as

funcionalidades dos sistemas ambientais e os fluxos de matéria e energia.

Classes de fragilidade para a declividade

Para a definição da fragilidade das classes de declividade, adotou-se as seguintes categorias hierárquicas (Tabela 2):

Tabela 2 – Fragilidade das classes de declividade:

Categorias Hierárquicas	Classes de Declividade	Valor
Muito Fraca	0 a 3%	1
Fraca	3 a 8%	2
Média	8 a 13%	3
Forte	13 a 20%	4
Muito forte	Acima de 20%	5

Fonte: Ross (1994); Amaral e Ross (2009).

Classes de fragilidade para os solos

Com relação aos solos, baseado no escoamento das águas pluviais, Ross (1994) determinou as seguintes classes de fragilidade e de erodibilidade, descritas na Tabela 3:

Tabela 3 – Graus de Fragilidade à Erodibilidade dos Tipos de Solos face escoamento superficial das águas pluviais.

Classes de Fragilidade	Tipos de Solos	Valor
Muito Fraca	Latossolo Vermelho distroférrico, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho amarelo, textura argilosa.	1
Fraca	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo, textura média/argilosa.	2
Média	Latossolo Vermelho amarelo, Nitossolos, Luvisolos, Argissolo Vermelho-amarelo textura média/argilosa.	3
Forte	Neossolos, Argissolo Vermelho amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.	4
Muito Forte	Neossolos com cascalho, litólicos e Neossolos Quartzarênico.	5

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Classes de fragilidade para o uso da terra

Para a avaliação dos graus de proteção do solo e, conseqüentemente, a sua fragilidade foi considerado o mapa de uso da terra da BHRSJT do ano de 2011, elaborado a partir de uma imagem

Landsat 5, respeitando o que está descrito na Tabela 4:

Tabela 4 – Graus de proteção do solo de acordo com o tipo de cobertura vegetal.

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal	Valor
Muito Fraca	Florestas/Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade	1
Fraca	Formações arbustivas naturais. Mata Homogênea de Pinus densa. Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau.	2
Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura.	3
Forte	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café), culturas de ciclo curto.	4
Muito forte	Áreas desmatadas e queimadas, solo exposto, gradeação, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.	5

Fonte: Ross (1994).

O mapa da fragilidade ambiental é de grande valia para o entendimento da fragilidade do meio físico atrelado às intervenções antrópicas. A produção do mapa de fragilidade de uma BH consiste num zoneamento e compartimentação da área em níveis hierárquicos, de acordo com a fragilidade que este ambiente apresenta. O mapa da fragilidade mostra as áreas potenciais à ocorrência de processos erosivos e inundações, apontando a sua intensidade e distribuição espacial, conforme as variáveis e ponderações estabelecidas para os elementos do meio físico. Essa metodologia teve o objetivo de produzir uma análise integrada da paisagem, a partir da combinação de dados ambientais.

A avaliação da fragilidade para o relevo foi elaborada numa perspectiva integrada, pois este merece atenção especial nos mapeamentos de fragilidades e vulnerabilidades. Considerou-se os aspectos morfométricos e morfológicos, observando os modelados de dissecação e acumulação. As classes de declividade foram hierarquizadas, segundo Ross (1994) e Amaral e Ross (2009), pois os processos erosivos podem ser acelerados em função do grau de inclinação das vertentes, o que aumenta a sua vulnerabilidade do ponto de vista ambiental. E os padrões de formas de relevo receberam denominação de 1 a 5, de acordo com seus graus de vulnerabilidade a erosão, onde as áreas planas receberam denominação com menor valor, à exceção das planícies de acumulação quaternária, por estarem sujeitas, por exemplo, a processos de inundação.

A fragilidade dos solos aos processos erosivos ou erodibilidade é definida pelas suas características como profundidade, textura, estrutura, porosidade, consistência e profundidade (Franco et al., 2012). Por isso, os Latossolos foram classificados como de fragilidade baixa, os Argissolos como média, e os Gleissolos e Neossolo Quartzarênico como muito alta.

Em relação as formas de uso e ocupação da terra, avaliou-se os graus de proteção do solo. Os Remanescentes de Mata Atlântica foram considerados como de fragilidade muito baixa, as pastagens e plantios de eucalipto como média, e a cultura da cana-de-açúcar como muito alta, por ser uma cultura temporária de uso intensivo do solo, assim como uso urbano do solo devido à ocupação humana concentrada desses espaços.

Mapa de Fragilidade Ambiental

O mapeamento da fragilidade ambiental foi realizado de forma qualitativa, sobrepondo e analisando as propriedades e níveis de fragilidade de cada unidade geoambiental de elementos como: relevo, tipo de solo e cobertura da terra, conforme o que é preconizado por Ross (1994), onde criou-se um Plano de Informações (PI), e o produto-síntese final resultou na compartimentação das unidades de fragilidades potencial e emergente da bacia.

Posteriormente, os valores encontrados na correlação dos atributos ambientais de cada categoria, foram agrupados em intervalos de cinco graus de fragilidade, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 – Pesos atribuídos para as diferentes classes de Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial/Emergente.

Classes de Fragilidade		Valor Numérico
Potencial	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5
Emergente	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5

Fonte: Ross (1994).

Resultados e discussão

Descrição da área de estudo

O diagnóstico do meio físico baseado nos estudos integrados é de grande importância na compreensão da dinâmica dos processos ambientais para o manejo adequado dos recursos naturais. A bacia em estudo, exhibe um quadro ambiental diversificado que se mistura as formas de apropriação e exploração do espaço pelas atividades antropogênicas, produzindo diferentes fisionomias de paisagem.

Na bacia, podem ser observados dois grupos geológicos distintos: as Unidades Proterozóicas-cambrianas da Faixa Araçuaí e as Coberturas Sedimentares Cenozóicas. Nos Escudos Cristalinos aparecem as Unidades Proterozóicas-cambrianas das rochas do Grupo Macaúbas, do Complexo Gnáissico-granítico e Rochas Granitoides Intrusivas, e nas áreas das Coberturas Sedimentares Cenozóicas predominam os litotipos do Grupo Barreiras, formando feições tabulares, sendo também significativos os Depósitos Quaternários mais desenvolvidos na Planície Costeira e no baixo curso do Rio São João de Tiba.

As unidades mais antigas que compõem o embasamento cristalino são constituídas de serras, morros e colinas de topos arredondados e aplainados que ocorrem em sua maioria, na área do alto e médio curso, e nos vales encaixados dos principais rios, alcançando altitudes máximas de 400 m próximo as áreas de cabeceiras na divisa com Minas Gerais.

As Coberturas Sedimentares Tércio-quaternárias na forma dos Tabuleiros Costeiros se constituem no principal substrato para o desenvolvimento das atividades antrópicas (Figura 3). O alto grau de permeabilidade e baixa coesão dessas coberturas, aliadas à alta pluviosidade e às práticas inadequadas de uso do solo, propiciam a incidência de processos erosivos acelerados observados em muitos trechos da bacia. As maiores diferenças altimétricas estão associadas as estruturas cristalinas que sofreram processos erosivos e de arrasamento do relevo, formando feições mais suaves, e às bordas escarpadas dos tabuleiros, com declives geralmente acentuados.

O clima caracteriza-se por ser bastante úmido, com chuvas variando entre 1.800 e 1.200 mm, e temperaturas médias mensais superiores a 20°C. A precipitação sofre decréscimo em direção ao oeste e representa um elemento fundamental, condicionando os aspectos do quadro natural, como a vegetação, os processos de esculturação da paisagem e a disponibilidade hídrica.

Figura 3 – Geomorfologia da área de estudo.

A bacia apresenta sua rede de drenagem dividida entre os terrenos cristalinos, associadas a morros e serras baixas, e colinas de topos arredondados e/ou alongados, e entre os terrenos sedimentares de interflúvios tabulares. As unidades proterozóicas do embasamento cristalino aparecem na parte oeste da bacia e nos vales encaixados. No médio e baixo curso predominam os depósitos do Grupo Barreiras associados à depósitos quaternários continentais e marinhos.

A bacia apresenta cinco classes principais de solos: os Latossolos, Argissolos, Neossolos,

Gleissolos, e Espodossolos (Figura 4). A condição climática úmida e o material de origem, refletiu, sobretudo, na constituição dos solos da área que possibilitou o desenvolvimento de solos profundos, ácidos e distróficos recobertos pela Mata Atlântica e suas fitofisionomias associadas. Tal característica indica que a maioria dos solos encontrados são altamente intemperizados e com pedogênese avançada, com características físicas adequadas ao uso agrícola, mas com fortes limitações nutricionais.

Figura 4 – Tipos de Solos da área de estudo.

A bacia está inserida no Corredor Central do Descobrimento, que liga a Baía de Todos os Santos ao Espírito Santo, uma área prioritária para a conservação desse bioma. A vegetação apresenta-se diferenciada e com relação direta com os índices pluviométricos, características topográficas e a densa rede de drenagem. Originalmente, apresenta tipos vegetacionais como a: Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual, e as Formações Pioneiras, as quais apresentam fitofisionomias e características específicas, dadas as condições climatológicas, geológicas e geomorfológicas dos ambientes nos quais se desenvolvem.

Esse complexo vegetacional já foi praticamente eliminado pelas atividades antrópicas, restando apenas 15% da vegetação original na bacia (Figura 5). A ocupação da área baseada na exploração de recursos florestais promoveu a devastação e descaracterização da vegetação natural com exploração de espécies

nobres. Este processo foi intensificado com a construção da BR 101 que acelerou a apropriação do espaço de forma predatória e a substituição da vegetação natural por diversos usos da terra, especialmente a pecuária, e mais tarde a eucaliptocultura. A Floresta primária é raramente encontrada na área, e o maior fragmento remanescente é a RPPN Estação Veracel, o restante está misturando a Floresta Secundária, formando verdadeiros mosaicos. A maior parte dos remanescentes florestais existentes apresenta vegetação secundária em vários estágios de regeneração e recuperação da mata. Em 2011, a bacia possuía 34.899,13 ha ocupados pela silvicultura, ou seja, 19,60% de sua área, distribuindo-se em sua maior parte em antigas áreas de uso com pastagens/agricultura e áreas desmatadas que representavam 62% da bacia (Almeida, 2014).

Figura 5 – Usos da terra da área de estudo.

Fragilidade ambiental

A avaliação da fragilidade apresenta as relações entre a interconectividade dos fatores ambientais e sociedade, permitindo a análise integrada do ambiente. Dessa forma, considera as transformações na paisagem causadas pelas diversas atividades antrópicas e a capacidade de suporte de cada unidade geoambiental, com o intuito de compreender as relações processuais e o comportamento da estrutura superficial. Nesse aspecto, o relevo assume papel de destaque, onde são analisadas suas relações com os demais

componentes ambientais na definição da fragilidade ambiental da área. Estudos dessa natureza identificam fragilidades e potencialidades dos ambientes naturais e antropizados (Abrão e Bacani, 2018; Araújo e Prates, 2018; Bueno, Cunha e Bortoluzzi, 2018; França et al. 2019; Leite e Rodrigues, 2018; Oliveira B. et al. 2019; Pereira et al., 2019; Degrande e Bortoluzzi, 2020; Sales e Nascimento, 2020; Silva G. et al., 2020)

A legenda para definição das classes de fragilidade seguiu uma combinação numérica que levou em consideração informações sobre o relevo,

tipo de solo e uso e ocupação, respectivamente, seguindo a numeração da fragilidade estabelecida na metodologia da pesquisa de Santos e Ross (2012). Essa combinação vem acompanhada de letras que representam formas ou padrões de relevo. Por exemplo, a correlação dos dígitos Dt124, representa as características de cada variável presente na área, que significa um ambiente de Denudação tabular (Tabuleiros Costeiros), com declividade entre 0 a 3%, com solos latossólicos, que se caracterizam pelo baixo grau de fragilidade e uso da terra com baixa cobertura como a pastagem. Por outro lado, a combinação Dve534, significa um ambiente de Denudação dos vales encaixados com declividade acima de 20%, solos como os Argissolos e uso com pastagens. A fragilidade ambiental da bacia está dividida em Unidades de Fragilidade Potencial, aquelas que apresentam equilíbrio morfodinâmico e prevalece a estabilidade em diferentes níveis de fragilidade, que podem apresentar instabilidade potencial, de acordo com as atividades humanas praticadas e, nas Unidades de Fragilidade Emergente, onde há uma instabilidade morfodinâmica, podendo ser agravada em decorrência do uso e ocupação.

Foram encontradas 32 unidades de fragilidade ambiental, nos 236 polígonos individualizados. Dessas, 17 unidades são de fragilidade potencial e 15 de fragilidade emergente (Tabela 6; Figura 6).

Segundo Ross (1994, p. 64), o homem “ao apropriar-se do território e de seus recursos naturais causa grandes alterações na paisagem natural com um ritmo mais intenso que aquele que a natureza imprime”. Da mesma forma, Christofolletti (1994), afirma que na implantação das atividades humanas, o homem insere-se no ambiente como um agente transformador da natureza, dos fluxos de matéria e energia, modificando o equilíbrio dos sistemas ambientais físicos, os geossistemas. A paisagem na BHRSJT tem sido totalmente transformada pelas atividades econômicas, que expandiram-se comprometendo os recursos naturais, o que tem alterado os fluxos de matéria e energia, potencializando a ocorrência de processos morfogenéticos.

Tabela 6 – Síntese da Fragilidade Ambiental na BHRSJT*.

Categorias de Fragilidade Ambiental		Sistemas Ambientais	Indicadores de Fragilidade	Códigos de Fragilidade
FRAGILIDADE POTENCIAL	BAIXA	Tabuleiros Costeiros	121, 221	Dt121, Dt221
	MÉDIA	Coberturas Arenosas	151	Dt151
		Superfície Aplainada	123, 124	Dp123 Dp124
		Tabuleiros Costeiros	123, 124, 223, 224, 321	Dt123, Dt124, Dt22, Dt224, Dt321
	ALTA	Coberturas Arenosas	153, 154	Dt153, Dt154
		Tabuleiros Costeiros	323, 324	Dt323, Dt324
	MUITO ALTA	Tabuleiros Costeiros	125, 135, 235	Dt125, Dt135, Dt235
	MUITO BAIXA	Colinas e Morrotes	323	Dc323
	BAIXA	Colinas e Morrotes	324	Dc324
		Morros e Serras	331	Dcr331
FRAGILIDADE EMERGENTE	MÉDIA	Vales Íngremes e Escarpados	431	Dve431
	ALTA	Morros e Serras	431, 434, 433	Dcr431, Dcr434, Dcr433
		Vales Íngremes e Escarpados	434	Dve434
		Planície Costeira	151, 155	Apm151, Apm155
		Planície Estuarina	151	Apfm151
	MUITO ALTA	Planície Fluvial	154, 151	Apf154, Apf151
		Vales Íngremes e Escarpados	531, 534	Dve531, Dve534

*Os indicadores numéricos para a classificação das fragilidades seguem a ordem: relevo/declividade, solo e uso e cobertura do solo.

Figura 6 – Mapa de Fragilidade Ambiental da BHRSJT.

As unidades morfológicas dos Tabuleiros Costeiros de alta permoporosidade e as Superfícies Aplainadas apresentam fragilidade potencial baixa à alta, devido à topografia plana, baixa declividade e solos evoluídos (Figura 7). São os sistemas ambientais de mais alta estabilidade da bacia. Essas unidades, com poucas limitações, apresentam maiores opções de uso e ocupação, que são intensamente explorados pelas atividades humanas, que praticamente eliminaram a cobertura original da Floresta Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual.

A fragilidade aumenta quando essas unidades apresentam baixa cobertura e uso intensivo do solo. A vulnerabilidade à erosão é baixa à moderada, com predomínio da pedogênese latossólica, o que beneficia a infiltração em detrimento do escoamento superficial, favorecendo a pecuária e agricultura mecanizada em larga escala. Os Tabuleiros Costeiros são ambientes de denudação da paisagem. Sua gênese está relacionada aos processos deposicionais do Grupo Barreiras, e contribuem para a emissão de matéria e energia para os compartimentos dos sistemas

adjacentes, principalmente as calhas fluviais. Os processos morfogenéticos nos tabuleiros vão ocorrer com maior intensidade nas vertentes mais declivosas, o que pode desencadear movimentos de massa, e processos erosivos como ravinamento e voçorocamento, associados a maior pluviosidade e condições de uso do solo.

Os tabuleiros com baixa declividade e ainda recobertos pela mata, em que foram poupadas pelas atividades antrópicas apresentam fragilidade potencial baixa (Dt121 e Dt221). A maior parte dos tabuleiros que se distribui por toda a área, do alto ao baixo curso, apresentam fragilidade média dada às condições de uso da terra, que potencializam a degradação e aumento de fragilidade (Figura 6).

As Coberturas Arenosas foram avaliadas do ponto de vista morfodinâmico de fragilidade potencial média se mantida com a vegetação natural. Essa fragilidade aumenta quando as mussunungas são substituídas por pastagens ou eucalipto, o que vem ocorrendo com frequência na área (Figura 8).

Figura 7 – Usos da terra em relevos estáveis da BHRSJT: (a) Uso com pasto e eucalipto nos Tabuleiros Costeiros e cicatrizes erosivas nas encostas mais íngremes onde o solo está exposto; (b) Plantios de café em área das Superfícies Aplainadas.

Fonte: Trabalho de campo.

Figura 8 – Área de mussunungas antropizadas.

Fonte: Trabalho de campo.

As áreas de fragilidade emergente estão atreladas às planícies quaternárias e aos modelados de dissecação da paisagem na forma de colinas, serras e vales encaixados que são ambientes de média à alta energia dos processos naturais que podem ser potencializados pelas atividades humanas.

As áreas que comportam os ambientes costeiros, estuarinos e fluviais apresentam, naturalmente fragilidade emergente muito alta. São ambientes onde predominam processos agradacionais, situados nas áreas mais baixas da bacia, e o escoamento superficial, juntamente à dinâmica do sistema fluvial, transportam material ao longo desses sistemas, envolvendo processos marinhos, fluviais e flúvio-marinhos. Na Planície Fluvial, a fragilidade está associada a erosão/deposição de material causada pela dinâmica fluvial no médio e baixo curso da bacia, associados a solos hidromórficos (Neossolos

Flúvicos e Gleissolos), que apresentam maior fragilidade do ponto de vista ambiental.

O Sistema das Colinas e morrotes com declividades médias, foram considerados de fragilidade potencial quando apresenta vegetação natural, mas na bacia essa situação já não existe e, por isso, o modelado de colinas com eucalipto foram considerados de fragilidade emergente muito baixa, e com a pastagem de fragilidade baixa.

Os vales escarpados e os morros residuais são modelados declivosos de instabilidade morfodinâmica, onde predomina a morfogênese (Figura 9). A cobertura vegetal desempenha papel fundamental, na proteção do solo e na estabilidade desses ambientes. O que se observa é substituição desta para a implantação de pastagens em vertentes abruptas, acelerando processos erosivos.

Figura 9 – Formas de relevo com tendência a instabilidade emergente na BHRSJT: (a) Vertente íngreme de vale fluvial, utilizada com pastagem e com o solo exposto a erosividade da chuva e; (b) Morros residuais desmatados.

Fonte: Trabalho de campo.

As áreas de maior fragilidade na bacia correspondem ao modelado da dissecação do cristalino em relevo ondulado. É possível que se desenvolva atividades agropecuárias dentro das áreas de fragilidade emergente, sem muitos impactos ambientais, desde que utilizem técnicas adequadas e respeitem as áreas protegidas pelo Código Florestal de 2012.

A área das Colinas e Morrotes apresentaram fragilidade emergente muito baixa e baixa. Nessas áreas, a mata nativa foi substituída por diversas formas de antropismo, principalmente a pastagem, o que tem alterado os fluxos de matéria e energia, contribuindo para uma maior vulnerabilidade à erosão e aumento da fragilidade ambiental.

Verifica-se que apesar da composição integrada dos elementos do meio físico para

compor o mapa final, as informações referentes geomorfologia possui estreita relação com os ambientes mais frágeis, principalmente nas áreas dos vales fluviais escarpados, superfície colinosa e planícies fluviais. O processo de ocupação dessas áreas deve ser planejado, para evitar a ocorrência de erosão, assoreamento, inundações, entre outros. A proteção da cobertura vegetal é de extrema importância, pois naturalmente são de fragilidade média à alta. Nesses ambientes, o uso inadequado do solo pode desencadear a erosão, intensificada pelos efeitos climáticos, como a pluviosidade. As pastagens ocupam a maior extensão e apresentam o maior número de focos erosivos e ravinas, evidenciando diversos processos de degradação, principalmente nos sistemas ambientais mais declivosos (Figura 10).

Figura 10 – Área de fragilidade ambiental alta de escarpa de tabuleiro em contato com planície fluvial ocupada por pastagens na BHRSJT.

Fonte: Trabalho de campo.

Nesses ambientes, os declives estão entre 8 à 30% no relevo colinoso até acima dos 45% nos vales encaixados e bordas de tabuleiros e com o uso por pastagens mal manejadas tendem a acentuar os processos morfogênicos nas vertentes, onde é comum encontrar trilhas do gado, chamada de terracetes. Essas cicatrizes de escorregamento do solo formam ravinas e, a remoção acelerada das partículas nesses sistemas pelo processo erosivo geram sedimentos que são depositados nos fundos de vale, provocando assoreamento dos rios e diminuindo a produtividade das pastagens da bacia (Figura 10).

A unidade de fragilidade potencial muito baixa aponta para o uso conservacionista da terra, mantido com a vegetação natural, estando restrita em sua maioria, a ocorrência de pequenos remanescentes em áreas de tabuleiros, evidenciando a importância da cobertura vegetal e seu papel na manutenção do grau de fragilidade muito baixo e baixo.

Conclusões

A análise integrada da bacia permitiu a obtenção de produtos síntese da dinâmica ambiental que apresentam diferentes graus de fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, que se constituiu numa avaliação qualitativa, produzida a partir das informações ambientais vinculadas aos padrões de uso da terra, informando sobre a capacidade de uso dos sistemas ambientais, e produzindo subsídios para o planejamento ambiental e territorial.

As características ambientais foram atrativas para a implantação de extensas pastagens, a instalação e consolidação da produção florestal integrada.

Os resultados sobre a fragilidade apontam para a complexidade dos estudos sistêmicos, sendo um grande desafio para os pesquisadores da área. As atividades antrópicas acentuaram os níveis de fragilidade ambiental em áreas propensas a movimentos de encosta, com maior ocorrência de processos erosivos devido à maior susceptibilidade erosiva. Esses problemas são agravados pelo uso do solo. A paisagem da bacia tem sido sistematicamente transformados pelas atividades antrópicas, o que modificou os fluxos de matéria e energia, fazendo com que estes funcionem, buscando novas formas de equilíbrio e estabilidade.

Essas informações são imprescindíveis para auxiliar ações que possam minorar danos ambientais, o que se constitui num importante subsídio ao planejamento da paisagem, orientando

políticas públicas para o ordenamento territorial com vistas à gestão democrática e sustentável dos recursos naturais.

A bacia possui áreas com restrições ambientais que apresentam usos da terra incompatíveis com suas características naturais, gerando condições de degradação da paisagem nos sistemas ambientais em que se encontram, o que tem contribuído para o aumento da fragilidade ambiental.

Agradecimentos

Ao professor Dr. Jader de Oliveira Santos pelas importantes contribuições para esta pesquisa.

Referências

- Abrão, C. M. R.; Bacani, V. M., 2018. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. Boletim Goiano de Geografia, 3, 619-645.
- Almeida, J. L.; Silva, V. A. R.; Santos, J. S.; Santos, J. R. N.; Araújo, M. L. S.; Pyles, M. V.; Silva, F. B., 2020. O cenário de fragilidade ambiental do baixo curso do Rio Mearim. Revista Brasileira de Geografia Física, 13, 102-120.
- Almeida, T. M. de, 2014. Análise Geossistêmica aplicada ao estudo da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio São João de Tiba, Bahia. 267f. Tese (Doutorado em Geografia) – UFC, Fortaleza, 2014.
- Amaral, R.; Ross, J. L. S., 2009. As Unidades Ecodinâmicas na Análise da Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e Entorno, Teodoro Sampaio-SP. GEOUSP, n. 26, 59-78.
- Alves, W.; Martins, A.; Scopel, I., 2018. Fragilidade ambiental: subsídio ao planejamento e à gestão da bacia do ribeirão da Laje (GO), Brazil. Geografia Ensino & Pesquisa, 22, 01-17.
- Araújo, A. N.; Prates, W. P., 2018. Modelagem matemático-espacial na identificação de fragilidades ambientais da microbacia do Rio Jarucu, município de Brasil Novo-PA. InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade, 4, 207-226.
- Belato, L. S.; Serrão, S. L. C.; Dias, R. P., 2019. Diagnostico da fragilidade ambiental na Bacia do Submédio Tocantins: UHE Tucuruí. Natural Resources, 9, 28-37.
- Bólos, M. de I. C., 1981. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. Revista de Geografia, Barcelona, 15, 45-68.
- Bueno, K.; Cunha, J. E. da; Bortoluzzi, L. N., 2018. O entendimento da fragilidade ambiental do

- município de Guaíra-Paraná. *Caminhos de Geografia*, 19, 81-100.
- Carvalho, A. T. F., 2020. Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. *Caderno Prudentino de Geografia*, 1, 140-161.
- Christofolletti, A., 1994. Impactos no Meio Ambiente ocasionados pela urbanização no Mundo Tropical. In: Souza, M. A. A.; Santos, M.; Scarlato, F. C.; Arroyo, M. O novo mapa do mundo. *Natureza e sociedade de hoje: uma leitura geográfica*. 2. ed. São Paulo: Hucitec.
- Claudino-Sales, V.; Lima, E. C.; Diniz, S. F., 2020. Análise geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú, Ceará, Nordeste do Brasil. *Revista Geonorte*, 11, 90-109.
- Degrande, E. J. S.; Bortoluzzi, L. N., 2020. Análise da fragilidade ambiental potencial e emergente da bacia hidrográfica do Córrego da Onça em Presidente Prudente/SP. *Geografia em Questão*, 13, 33-50.
- Dias, F. G.; Cirilo, B. B., 2018. Diagnóstico da fragilidade ambiental da Bacia do Rio Caeté/PA como subsídio ao planejamento ambiental. *Geoambiente On-Line*, 74-95.
- França, L. C. de J.; Mucida, D. P.; MORAIS, M. S. de; Catuzzo, H.; Abegão, J. L. R.; Pereira, I. M., 2019. Zoneamento da fragilidade ambiental de ecossistemas naturais e antropizados por meio de avaliação multicritério. *Nativa*, 7 589-599.
- Franco, G. B.; Betim, L. S.; Marques, E. A. G.; Gomes, R. L.; Chagas, C. da S., 2012. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 114-127.
- Guerra, A. J. T.; Marçal, M. dos S., 2006. *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 192p.
- Gomes, R. L., 2013. Avaliação da fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural à perda de solo da bacia hidrográfica do rio Almada-Bahia. *Boletim Geográfico, Maringá*, v. 31, n. 3, p. 41-53.
- Kawakubo, F. S.; Morato, R. G.; Campos, K. C.; Luchiari, A.; Ross, J. L. S., 2005. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12., 2005, Goiania. *Anais... Goiania: INPE*, 2005. 2203-2210.
- Leite, V. A. W.; Rodrigues, L. P., 2018. Diagnóstico da fragilidade ambiental emergente do município de Anastácio, Mato Grosso do Sul. *Geopauta*, 2, 17-26.
- Nörnberg, S. O.; Rehbein, M. O., 2020. Avaliação da fragilidade ambiental no município de Pelotas/RS. *Geosul*, v. 35, n. 76, p. 210-231.
- Oliveira, B. A. S. de, Fantinel, R. A., Marchesan, J.; Pereira, R. S., 2019. Geotecnologias aplicadas à análise da fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do Arroio Pessegueiro-RS. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 15, 8-21.
- Oliveira, T. A. de, Viadana, A. G.; Pereira, A. A., 2019. Fragilidade ambiental e dinâmica geossistêmica: mapeamento da paisagem na Bacia Hidrográfica do Rio Lourenço Velho, Sul do estado de Minas Gerais-Brasil. *Caminhos de Geografia*, 20, 504-516.
- Pereira, P. R. M.; Costa, F. W. D.; Garcês Júnior, A. R. G., 2019. Geoprocessamento aplicado na análise da fragilidade ambiental do município de Brejo, Maranhão. *Revista Equador*, 8, 521-539.
- Rodrigues, C., 2001. A Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. *Revista do Departamento de Geografia, São Paulo*, 69-77.
- Ross, J. L. S., 1994. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*. 63-74.
- Ross, J. L. S., 1995. Análise e síntese da abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia. São Paulo*, 9.
- Ross, J. L. S., 2006. *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento Ambiental*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Ross, J. L. S., 1990. *Geomorfologia: Ambiente e Planejamento*. São Paulo: Contexto.
- Ross, J. L. S., 2010. *Geomorfologia Aplicada aos EIAs- RIMAs*. In: Guerra, A. T.; Cunha, S. B. da (Orgs.). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. Rio de Janeiro: Bertrand.
- Sales, L. B.; Nascimento, F. R., 2020. Geomorfologia e fragilidade ambiental na classificação de paisagens em bacias hidrográficas. *Revista Equador*, 9, 246-265.
- Santos, J. de O., 2011. *Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza-CE: contribuições ao ordenamento territorial*. 331 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – USP, São Paulo.
- Santos, J. de O.; Ross, J. L. S., 2012. Fragilidade ambiental urbana. *Revista da Anpege*, 8, 127-144.
- Santos, J. R. U. dos; Marchioro, E., 2020. Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo,

- Brasil. Revista do Departamento de Geografia, 39, 72-87.
- Santos, J. R. U. dos; Marchioro, E., 2018. Fragilidade emergente da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo: uma análise integradora da paisagem. Revista GEOgrafias, 26, 8-30.
- Silva G. et al., 2020. Análise da fragilidade ambiental da paisagem da bacia do rio Sepotuba–Mato Grosso, Brasil. Revista de Geografia, 10, 186-203.
- Silva, T. A. da, Duarte, M. L., Gato, L. C., Guandique, M. E. G., 2020. Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Candeias, RO. Journal of Environmental Analysis and Progress, 5, 058-068.
- Silva, M. R. de S.; Farias, J. F., 2019. O uso do sensoriamento remoto nos estudos de geoecologia das paisagens: um estudo de caso sobre o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Potengi–RN, Revista Equador, 8, 276-289.
- Souza, D. S. L. de, Dellargine, F. L., Mira, Í. R. C. de, Silva, G. T., Silva, M. L. da, 2020. Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes–MG. Revista Brasileira de Geografia Física, 13, 2269-2292.
- Souza, J. C. de, Nunes, N. N. A., Herculano, R. M. D. C. S., 2021. Unidades de paisagem e dinâmica temporal do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, Goiás, Brasil. Revista Cerrados, 19, 03-22.
- Souza, M. J. N.; Oliveira, V. P. V., 2011. de. Análise Ambiental - Uma Prática da Interdisciplinaridade no ensino e na Pesquisa. Revista Eletrônica do Prodepa, 7, 42-59.
- Spörl, C., 2001. Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. 165f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo.
- Spörl, C., 2007. Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais. 185f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo.
- Sporl, C.; Ross, J. L. S., 2004. Análise da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. GEOUSP Espaço e Tempo. São Paulo, n. 15, 39-49, 2004.
- Storto, C.; Cocato, G. P., 2018. Análise de Fragilidade Ambiental a partir de Técnicas de Geoprocessamento: Área de Influência da Hidrelétrica de Mauá-PR. Revista Brasileira de Geografia Física, 11, 1694-1708.
- Teixeira, A. C. de O.; Almeida, T. M. de; Moreau, M. S.; Moreau, A. M. S. dos S.; Corrello, M. do N. C., 2012. Caracterização física e socioeconômica da bacia hidrográfica do rio Gongogi, Bahia. Caminhos de Geografia, 13, 293-306.
- Teixeira, A. C. de O.; Zanella, M. E.; Almeida, T. M. de; Moreau, M. S., 2019. Delimitação de unidades geoambientais da bacia hidrográfica do rio Subaúma-Ba (Bahia-Brazil). Revista Geoaraguaia, 9, 65-83.
- Tricart, J., 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: FIBGE, 91p.
- Veloso, M. F.; Souza, C. M. P. de; Rezende, B. N., 2020. Caracterização da fragilidade ambiental da sub-bacia do rio Congonhas, MG. Revista Brasileira de Geomática, v. 8, n. 2, p. 089-108.
- Vitte, A. C.; Mello, J. P., 2009. Determinação da fragilidade ambiental na bacia do rio Verde, região nordeste do Estado de São Paulo, Brasil. Territorium, 79-98.
- Vitte, A. C.; Santos, I., 1999. Proposta metodológica para determinação de "Unidades de Conservação" a partir do conceito de fragilidade ambiental. Revista Paranaense de Geografia. 4, 60-68.