

BASES TEÓRICO-CONCEITUAIS DAS PROPOSTAS METODOLÓGICAS DE MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE E FRAGILIDADE AMBIENTAL

THEORETICAL AND CONCEPTUAL BASES OF METHODOLOGICAL PROPOSALS FOR MAPPING ENVIRONMENTAL FRAGILITY AND VULNERABILITY

Kássio Samay Ribeiro Tavares¹
Ivanilton José de Oliveira²

1 Mestre em Geografia pelo Instituto de Estudos Socioambientais - IESA Universidade Federal de Goiás - UFG. E-mail: kassiosamayribeiro@gmail.com

2 Professor Doutor do Instituto de Estudos Socioambientais - IESA da Universidade Federal de Goiás - UFG. E-mail: oliveira@ufg.br

RESUMO: A paisagem geográfica é concebida como um conceito síntese resultante da integração de componentes naturais e sociais. No contexto geomorfológico, o estudo das paisagens resultou em propostas cartográficas avaliativas, como mapeamentos de fragilidade e vulnerabilidade. Compreender as bases teóricas e conceituais dessas propostas é o objetivo deste artigo. Assim, foram selecionadas as mais utilizadas e citadas no Brasil: a fragilidade ambiental e vulnerabilidade natural à erosão do solo. Metodologicamente houve pesquisa bibliográfica. Como resultados, destaca-se: emprego dos conceitos de paisagem e de sistema, mas sem vínculo à Teoria Geral dos Sistemas, além de clara relação de ambas com a Ecodinâmica.

Palavras-chave: Teoria Geral dos Sistemas. Paisagem. Sistemas. Ecodinâmica. Erosão.

ABSTRACT: The geographical landscape is conceived as a synthesis concept resulting from the integration of natural and social components. In the geomorphological context, the study of landscapes resulted in evaluative cartographic proposals, such as fragility and vulnerability mappings. Understanding the theoretical and conceptual bases of these proposals is the objective of this article. Thus, the most used and cited in Brazil were selected: environmental fragility and natural vulnerability to soil erosion. Methodologically, there was bibliographic research. As results, we highlight use of landscape and system concepts, but without connection to the General Theory of Systems, besides the clear relationship of both with ecodynamics.

Keywords: General Theory of Systems. Landscape. Systems. Ecodynamics. Erosion.

Sumário: Introdução - 1 Metodologia - 2 Resultados - 2.1 Teoria Geral dos Sistemas - 2.2 Os Sistemas e a Paisagem - 2.3 Mapeamento da fragilidade e vulnerabilidade ambiental - 2.3.1 Fragilidade ambiental - 2.3.2 Vulnerabilidade ambiental - 2.4 Métodos de Ross e Crepani - proximidades e diferenças - Considerações Finais - Referências.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes objetivos da ciência geográfica é compreender as relações entre sociedade e natureza, a partir de suas materializações no espaço geográfico. E isso envolve analisar e interpretar não apenas a fisionomia, ou seja, o aspecto visível das feições, formas e estruturas, mas, sua dinâmica, isto é, os processos que podem explicar o comportamento atual ou, ainda, sua gênese ou sua evolução espaço-temporal.

Embora, o espaço seja o objeto por excelência da Geografia, sua investigação também se dá por meio de outras categorias analíticas, entre as quais se destacam a paisagem, o território, a região e o lugar. Destas, sem dúvida a que se sobressai no campo da chamada Geografia Física, ao longo da história da ciência geográfica, é a categoria paisagem.

A Geografia, que se sistematizou como campo de estudos nas universidades apenas no século XIX, apresenta trajetória interessante e singular entre as ciências. A Geografia nasce sob a égide das ciências naturais, o que explica, as primeiras concepções de paisagem geográfica estreitamente associadas aos estudos sobre a natureza.

Contudo, especialmente ao longo do século XX, com a primazia do papel das sociedades na compreensão dos espaços geográficos, a Geografia migra para o campo das chamadas ciências humanas ou sociais. E nesse percurso histórico, as diversas correntes epistemológicas que se desenvolveram elegeram seus respectivos objetos de investigação e suas categorias científicas principais, muitas vezes ressignificando até mesmo os conceitos de cada uma.

A incorporação da paisagem como conceito fundamental e categoria científica nos trabalhos da Geografia é uma das mais antigas e fruto das investigações sobre a natureza e da tentativa de compreender as leis naturais que regem seus processos e modelam suas formas, a exemplo dos estudos de Humboldt. Convém ressaltar que, desde o princípio, tanto Humboldt quanto outros pensadores, enxergaram a paisagem não apenas como resultado de uma evolução natural, mas, como elemento essencial da interação das sociedades com a natureza. A partir da apropriação desta última, de seu usufruto e transformação, é que se modelam e se compreendem as paisagens.

Desde o princípio, a paisagem geográfica foi concebida a partir de uma ideia de síntese, resultante da integração dos componentes naturais e sociais. Sua investigação perpassa várias subáreas da Geografia, como a Geomorfologia, a Climatologia, a Pedologia e a Biogeografia. E redundou em diversas propostas analíticas, como os mapeamentos de unidades de paisagem (ou unidades ambientais), cujos resultados comumente apresentam como marcadores das descontinuidades o elemento-chave da área de atuação do pesquisador, isto é, relevo, clima, solo e vegetação.

No caso da Geomorfologia, os estudos sobre paisagens redundaram, também, em propostas diagnósticas e avaliativas, como os mapeamentos de fragilidade ou vulnerabilidade das paisagens. Apresentar e compreender as bases teórico-conceituais dessas propostas é o objetivo do presente artigo, no intuito de traçar as contribuições advindas da evolução da ciência geográfica. Para tanto, foram escolhidas duas das propostas mais conhecidas e citadas no Brasil: a de Jurandy Ross, sobre a fragilidade dos ambientes, proposta em 1994 (ROSS, 1994), mas desenvolvida posteriormente em outras publicações, às vezes com mudanças significativas e a de Crepani et al. (2001), sobre a vulnerabilidade natural e perda de solos.

Em um primeiro momento será apresentada um contexto geral das bases conceituais das duas metodologias, tais abarcam a Teoria Geral dos Sistemas, Sistemas e Paisagem, prosseguindo-se à pela elucidação das metodologias de fragilidade ambiental e Vulnerabilidade ambiental. Em seguida estas metodologias serão comparadas e confrontadas conceitualmente e metodologicamente a fim de estabelecer quais relações que as aproximam e diferenciam.

1 METODOLOGIA

A metodologia está estruturada na forma de uma pesquisa bibliográfica exploratória, amparada principalmente na revisão de publicações em formato de artigos de referência extraídos de bases de dados como *Google scholar* e *Scopus*, além de livros, e secundariamente em trabalhos acadê-

micos. Convém esclarecer que se trata de uma seleção de obras, definidas a partir de uma linha de raciocínio que privilegiou a perspectiva do desenvolvimento teórico-conceitual dos estudos sobre fragilidade e vulnerabilidade no âmbito da Geografia Física, em especial da Geomorfologia.

Portanto, não se objetivou analisar os trabalhos subsequentes às obras de referência, que em sua maioria demonstram as aplicações das metodologias, ainda que alguns avancem nas proposições, sugerindo mudanças nas variáveis e nos parâmetros empregados. Uma etapa inicial do trabalho consistiu na busca das referências citadas por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), a partir do emprego da técnica de investigação retrospectiva, de leitura das obras que embasaram os conceitos apropriados pelos autores, no intuito de compreender a influência daqueles trabalhos na concepção final apresentada, sobre as propostas de mapeamento de fragilidade e vulnerabilidade.

Outra etapa envolveu a compreensão do contexto de desenvolvimento das propostas teórico-metodológicas aqui investigadas, que têm como pano de fundo a apropriação da teoria dos sistemas por parte da Geografia Física, mas também, a influência de outras concepções teóricas ou metodológicas.

2 RESULTADOS

2.1 Teoria geral dos sistemas

Desde 1950 a Teoria Geral dos Sistemas (TGS) começou a ser estruturada como uma teoria científica pelo biólogo alemão Ludwing Von Bertalanffy, o qual buscava entendimento por meio, de um modelo explicativo do comportamento de um organismo vivo, abrange questões de cunho científico e empíricas ou pragmáticas dos sistemas. Os objetivos de seus estudos estavam na produção de conceitos que permitiriam elaborar condições aplicáveis à realidade de maneira aprofundada, contemplando a ótica das questões científicas dos sistemas.

Bertalanffy (1977, p. 57) tornou-se uma das referências mais conhecidas quanto se trata da discussão sobre sistemas, em função de sua proposição da TGS, na qual ele conceitua o sistema como um “conjunto de unidades em inter-relações mútuas”. Para Chiavenato (1993, p. 515), sistema é um “conjunto de elementos unidos por alguma forma de interação ou interdependência”. Neste contexto, Stair e Reynolds (2011) indicam que sistema é um conjunto de elementos ou componentes que interagem entre si para alcançar um determinado objetivo.

Reunindo estas e outras conceituações sobre sistemas, pode-se dizer que um sistema se caracteriza por um conjunto de elementos relacionados dinamicamente com interação entre si, desempenhando cada qual um papel para atingir um determinado objetivo em comum. Para Morin (1977), o sistema é composto por partes e os elementos que unidos os compõem.

A partir dos anos de 1960 vários autores de diferentes escolas contribuíram para a formação de conceitos e pesquisas sobre o geossistema, dentre eles: Sotchava (1977) e Tricart (1977). Desta forma, os geossistemas são tidos como a representação da organização espacial resultante da interação dos componentes físicos da natureza, incluindo clima, topografia, vegetação, rochas, águas e solos (RODRIGUÉZ, 2015).

O termo geossistema foi utilizado por Sotchava (1977) para descrever a esfera físico-geográfica, que apresenta características de um sistema de base em que as geosferas terrestres estariam interrelacionadas, o autor elucida que embora os geossistemas seja fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciam sua estrutura espacial, sendo tomados em consideração em seu estudo, com isso o autor enfatiza que os geossistemas são formações naturais, experimen-

tando, sob certa forma o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico.

Convém ressaltar que Tricart (1977) afirma que o conceito de sistema é o melhor e mais coerente conceito disponível para estudos na área da Geografia Física, tendo como ponto de partida uma atitude dialética frente à complexidade dos estudos sobre processos naturais e suas relações com a apropriação e transformação pelas sociedades.

Para o autor, o componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre é o morfogênico, que do ponto de vista ecológico constitui uma limitação. Assim, um dos objetivos da administração e ordenamento do meio ambiente é, necessariamente, diminuir a instabilidade morfodinâmica. Disso decorre da necessidade de estabelecer uma taxonomia dos tipos de ambientes fundada no seu grau de estabilidade-instabilidade morfodinâmica.

2.2 Os sistemas e a paisagem

No campo da Geomorfologia, o conceito de paisagem sempre foi um dos mais importantes, refletindo a incorporação das propostas teóricas e metodológicas que acompanharam o desenvolvimento dos estudos geomorfológicos, a exemplo da TGS e da análise integrada, atualmente baseada no uso das geotecnologias.

A análise integrada da paisagem está relacionada à identificação e consignação de fenômenos variáveis de caráter biofísico e socioeconômico em um determinado local, sendo uma maneira de diagnosticar as ações e os impactos causados pelas práticas sociais no meio ambiente. Destaca-se nesta abordagem a definição sustentada pelo modelo de Geossistema-Território-Paisagem (GTP), tendo como base a análise integrada de parâmetros do meio ambiente, levando em consideração especial os fatores socioeconômicos (BERTRAND e BERTRAND, 2007).

A busca por uma proposta de análise e mapeamento das paisagens permeia a história da Geomorfologia, com vários autores apresentando suas concepções sobre o assunto. As reflexões teóricas de Bertrand (1972) apresentam uma perspectiva de estudo sobre como a paisagem pode ser transformada por meio das relações humanas com a natureza, buscando-se identificar os aspectos que compõem a dinâmica das diferentes unidades de paisagem e compreender a área em estudo considerando o contexto atual das relações entre desigualdade social, economia e meio ambiente.

Na proposta de Bertrand (1972), embora as delimitações geográficas sejam arbitrarias, pode-se vislumbrar uma taxonomia das paisagens. Trata-se de pesquisar as discontinuidades objetivas, buscando delimitar a paisagem global tal qual ela se apresenta, permitindo tornar claras as combinações e as relações entre os elementos, assim como os fenômenos de convergência. O sistema de classificação comporta seis níveis tempo-espaciais, agrupadas em unidades superiores (zona, domínio, região natural) e unidades inferiores (geossistema, geofácies e geótopo).

Para Bertrand (1972), os elementos que constituem a paisagem participam de uma dinâmica comum que não corresponde obrigatoriamente à evolução de cada um dentre eles tomados separadamente. Cada geossistema possui um sistema de evolução diferente, que reúne todas as formas de energia (sistema geomorfogenético, dinâmica biológica e exploração antrópica) que, reagindo dialeticamente umas em relação às outras, determinam a evolução geral da paisagem. O sistema de evolução se define, ainda, por uma série de agentes, como os naturais (climáticos e biológicos) que determinam processos naturais e os agentes antrópicos, que determinam processos antrópicos (desmatamento e incêndio).

Bertrand (1972) apresenta uma tipologia dinâmica, em que classifica os geossistemas em função de sua evolução, distinguindo sete tipos, reagrupados em dois conjuntos dinâmicos diferentes:

1) os geossistemas em biostasia: paisagens onde a atividade geomorfológica é fraca ou nula, o sistema de evolução é dominado pelos agentes e processos bioquímicos (pedogênese, concorrência entre as espécies vegetais) e a intervenção antrópica nunca compromete o equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica, e 2) os geossistemas em resistasia: a geomorfogênese domina a dinâmica global das paisagens e há uma modificação mais ou menos possante do potencial ecológico.

Distingue-se a resistasia verdadeira, onde a erosão geomorfológica é capaz de modificar o modelado ou mesmo a destruição pedológica e da vegetação. Esse fenômeno ocorre frequentemente nas margens de regiões ariadas, acelerada pela relação sociedade-natureza. A resistasia limitada está ligada a cobertura viva da vertente, provocando alterações na parte superficial das vertentes, não instituindo novos modelos do relevo.

De acordo com Tricart (1977), estudar a organização do espaço é determinar como uma ação se insere na dinâmica natural, para corrigir certos aspectos desfavoráveis e para facilitar a exploração dos recursos ecológicos que o meio oferece. A ótica dinâmica deve ser o ponto de partida da avaliação e deve distinguir três meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Nos meios estáveis, a ideia de estabilidade se aplica ao modelado, à interface atmosfera-litofera, cuja evolução é lenta, quase imperceptível e constante, aproximando-se da condição do clímax fitoecológico. Essas regiões apresentam as seguintes condições: 1) cobertura suficientemente fechada para opor um freio eficaz ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese; 2) dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamentos vigorosos dos rios e vertentes de lenta evolução; e 3) ausência de manifestações vulcânicas suscetíveis de desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos mais ou menos catastróficos (TRICART, 1977).

O autor reconhece a importância da cobertura vegetal no conceito de biostasia, demonstrando o efeito estabilizador das plantas pela função de anteparo aos fluxos de radiação e às gotas de chuva, e pelo efeito frenador sobre o vento, mas indica que o termo mais adequado seria fitoestasia, já que a vida animal não contribui para a estabilidade, ao contrário, atua como elemento ativo na morfogênese.

Os meios intergrades, para Tricart (1977), indica uma transição, uma passagem gradual entre os meios estáveis e os meios instáveis, como um contínuo. Os meios intergrade caracterizam-se por uma interferência de morfogênese e pedogênese, variando de acordo com critérios qualitativos e quantitativos.

E, por fim, nos meios fortemente instáveis, de acordo com Tricart (1977), a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural e fator determinante do sistema natural. Diferentes origens, às vezes combinadas, explicam tal situação, como:

- a) Geodinâmica interna - como nos casos de vulcanismo; a cobertura vegetal introduz uma influência indireta do clima, pois quando mal adaptada às irregularidades climáticas permite que as manifestações meteorológicas extremas ganhem um potencial energético considerável;
- b) condições climáticas de semi-aridez - apresentam um intenso trabalho morfodinâmico;
- c) Degradação antrópica - se acrescentam as causas naturais, em especial nas regiões acidentadas onde o clima opõe fatores limitantes severos à reconstituição da vegetação;
- d) Oscilações climáticas naturais - não provocam, senão excepcionalmente, fenômenos semelhantes, pois são menos brutais e seus efeitos menos radicais;
- e) Ravinamentos generalizados (*bad-lands*) - demonstram um processo de escoamento superficial difuso que elimina os detritos mobilizáveis desde que são formados.

Nesse sentido, aliada a esses pressupostos naturais, é cada vez mais significativa a ação humana, que, ao se apropriar do território e de seus recursos naturais, causa grandes alterações na paisagem natural com um ritmo muito mais intenso que aquele que normalmente a natureza imprime no meio. De modo geral, a TGS, em seus conceitos e concepções propostos por Tricart (1977) embasaram o zoneamento ecológico-econômico (ZEE) no Brasil.

Ressalta-se que nos anos de 1990, pós-crise econômica mundial, com o Brasil tendo incisiva influência externa no modelo de desenvolvimento tecnológico aplicado ao ZEE, ocorre, o acirramento dos problemas sociais e culturais, com emprego de posturas econômicas predatórias por parte do governo (GUIRRA; SANTOS e NOGUEIRA, 2016).

Com a necessidade urgente de novos mecanismos de ação governamental para solucionar esses problemas, o planejamento físico-territorial surge não só do ponto de vista econômico-social, mas também ambiental. Nesse contexto, análises e pesquisas relacionadas à fragilidade e vulnerabilidade ambiental expressas em mapas e textos têm se tornado uma importante ferramenta para a tomada de decisões dos gestores, para que projetos que se enquadrem no modelo de desenvolvimento sustentável possam ser executados. (GUIRRA, SANTOS e NOGUEIRA, 2016).

2.3 Mapeamento da fragilidade e vulnerabilidade ambiental

2.3.1 Fragilidade ambiental

A proposta de Ross (1994), enfatiza e avalia as fragilidades ambientais naturais aplicadas ao planejamento territorial no âmbito ambiental, utilizando os conceitos de Ecodinâmicas proposto por Tricart (1977). Este conceito estabelece uma análise de interação mútua entre os diversos componentes dos fluxos de energia no meio ambiente. Para o autor as unidades ecodinâmicas estáveis são de alguma forma originais, ou seja, foram poupadas da ação humana, encontradas em estado natural. As unidades instáveis são as que tiveram a modificação intensificada pela ação antrópica com os desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas.

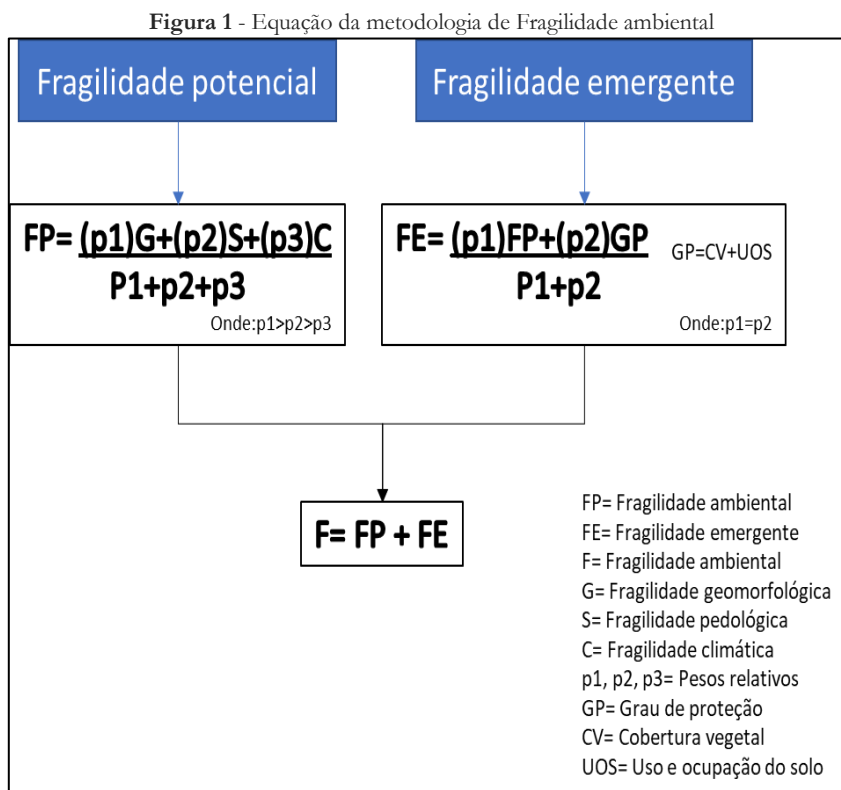
A metodologia de Fragilidade Ambiental elaborada por Ross (1994), integra o resultado da combinação dos mapas sínteses de fragilidade potencial e de fragilidade emergente. O estudo de Fragilidade Potencial é o resultado da análise espacial dos mapas temáticos de geomorfologia (índice de dissecação do relevo ou declividade), solos e clima, enquanto o mapa de fragilidade emergente é o produto da sobreposição dos mapas - Fragilidade Potencial e uso e ocupação do solo. A hierarquização das fragilidades resultantes é expressa em códigos alfanuméricos: muito fraca, fraca, média, forte e muito forte, que de acordo com Franco, Hernandez e Lima (2013) expressam especialmente a fragilidade do ambiente em relação aos processos ocasionados pelo escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais.

Para se diagnosticar as diferentes categorias das fragilidades ambientais e naturais é necessário analisar integralmente os produtos de uso e ocupação do solo, levantamento geológico, solos, índices de dissecação de relevo e informações climáticas. Para Ross, (1994), os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem intervenções humanas.

Assim, a elaboração do Zoneamento Ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão das características e da dinâmica do ambiente natural e do meio socioeconômico, visando buscar a integração das diversas disciplinas científicas específicas por meio de uma síntese do conhecimento acerca da realidade pesquisada. Nesta direção o mapeamento

das unidades de paisagens identificadas sob a perspectiva de suas fragilidades frente às condições materiais e possíveis intervenções humanas é de valiosa importância no meio científico e no gerenciamento territorial.

A operacionalização da metodologia ditada por meio de variáveis é subsidiada por equações matemáticas, utilizadas em conformidade com *softwares* de geoprocessamento, conforme sintetizado na Figura 1.



Fonte: Adaptado Ross (1994).

2.3.2 Vulnerabilidade ambiental

A proposta de Crepani et al. (2001) foi pensada para auxiliar e capacitar técnicos da região da Amazônia, para que por meio de cartas de vulnerabilidade a perda de solos se subsidiasse a primeira fase do Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia (ZEEA). Esta metodologia se baseou nos conceitos da Ecodinâmica de Tricart (1977) e do grande potencial ainda não explorado das imagens de satélite para estudos e análise da paisagem, a exemplo da visão sinótica, holística e repetitiva.

A adoção das imagens de satélite como 'âncora' para aplicação na metodologia de vulnerabilidade ambiental que subsidiaram o ZEE, possibilita a utilização de todo o potencial disponível no Sensoriamento Remoto e nos Sistemas de Informações Geográficas, além de ser aplicável a novos produtos orbitais que estarão disponíveis no futuro (CREPANI, et al. 2001).

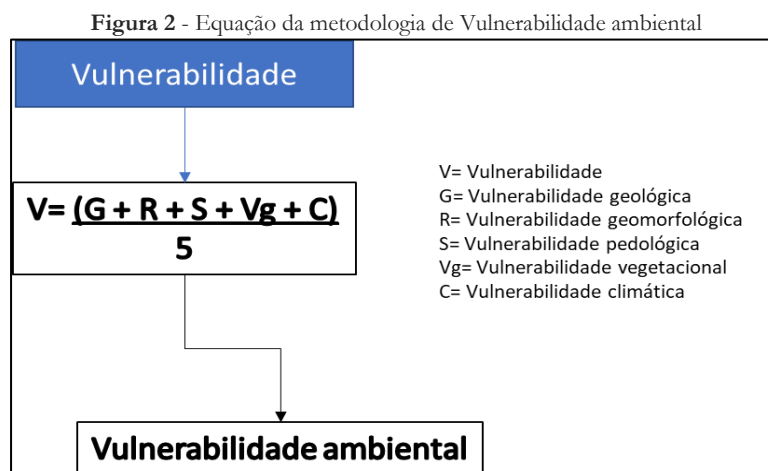
Os critérios desenvolvidos por Crepani et al. (2001), possibilitaram a criação de um modelo empírico no qual se buscou a avaliação, de forma relativa, o estágio de evolução morfodinâmica das unidades de paisagem voltadas para as dinâmicas pedogenéticas e morfogenéticas, denominadas de Unidades Territoriais Básicas (UTB). Uma UTB representa, em termos geocartográficos e operaci-

onais, por um polígono, representativo da integração e/ou interrelação de variáveis, ou seja, da junção dos fatores ambientais e antrópicos como: geologia, geomorfologia, tipo de solo, uso do solo e o clima.

Esta afirmação é corroborada por Becker e Egler (1996) que explicam que as UTB atuam como células essenciais para o desenvolvimento do ZEE, assim, cada célula contém um conjunto de informações fundamentais à manutenção e à reprodução da vida e compõe um tecido que desempenha determinadas funções em seu desenvolvimento. Em geral, as UTB são entidade geográfica que contém atributos ambientais que permitem diferenciá-la dos territórios adjacentes, ao mesmo tempo em que possui características que a vinculam e articulam à complexa rede constituída por outras unidades territoriais.

No campo metodológico operacional, o primeiro passo desse modelo é fazer uma nova interpretação de cada uma das informações temáticas, as quais são expostas como mapas geológico, climatológico, pedológico, cobertura vegetal e uso da terra. As imagens de satélite são utilizadas para a geração de mapas referentes a geomorfologia, uma vez que por meio das imagens é possível a elaboração da declividade, amplitude altimétrica e dissecação do relevo.

Como próximo passo, é feita a atribuição de valores de vulnerabilidade para cada classe temática de unidade da paisagem. Esses valores são correspondentes ao princípio dos processos pedogenéticos e morfogênicos. Esses valores são expressos de 1,0 a 3,0, sendo o menor valor correspondente à estabilidade, e o maior, à vulnerabilidade alta. Esse processo é subsidiado por *softwares* de tratamento de informações geográficas e seus resultados são oriundos da equação empregada na Figura 2.



Fonte: Adaptado Crepani et al. (2001).

2.4 Métodos de ross e crepani - proximidades e diferenças

Os estudos base dos métodos da fragilidade e a vulnerabilidade ambiental, no Brasil, foram desenvolvidos por Ross (1994) e Crepani et al. (2001) a partir dos critérios baseados na Ecodinâmica de Tricart (1977), que estabeleceu as categorias morfodinâmicas para meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis.

Segundo Ross (1994), as alterações dos atributos do meio natural causadas pelo homem afetam a dinâmica e funcionalidade desse sistema e com frequência levam a graves processos de degradação ao ambiente natural e à própria sociedade. Já Crepani et al. (2001) consideram que a

atuação do homem sobre o meio ambiente, sem o prévio conhecimento do equilíbrio dinâmico existente entre os diversos componentes que permitiram a construção das diferentes unidades de paisagem natural, pode levar a situações desastrosas do ponto de vista ecológico e econômico.

Portanto, antes de qualquer atividade antrópica e principalmente de ocupação, deve-se conhecer os componentes físicos - bióticos (geologia, geomorfologia, pedologia, fitogeografia e clima) que integram o meio e se interrelacionam a partir do estabelecimento das unidades de paisagem natural.

Do ponto de vista conceitual o termo fragilidade ambiental está relacionado ao grau de sensibilidade de uma variável (solo, clima e geomorfologia), a qualquer tipo de dano ocasionado naturalmente e/ou pela ação antrópica. Enquanto, o termo vulnerabilidade ambiental está relacionado ao grau de sensibilidade de uma variável (solo, clima, geologia e geomorfologia) que influencia na perda do solo (CREPANI et al. 2001).

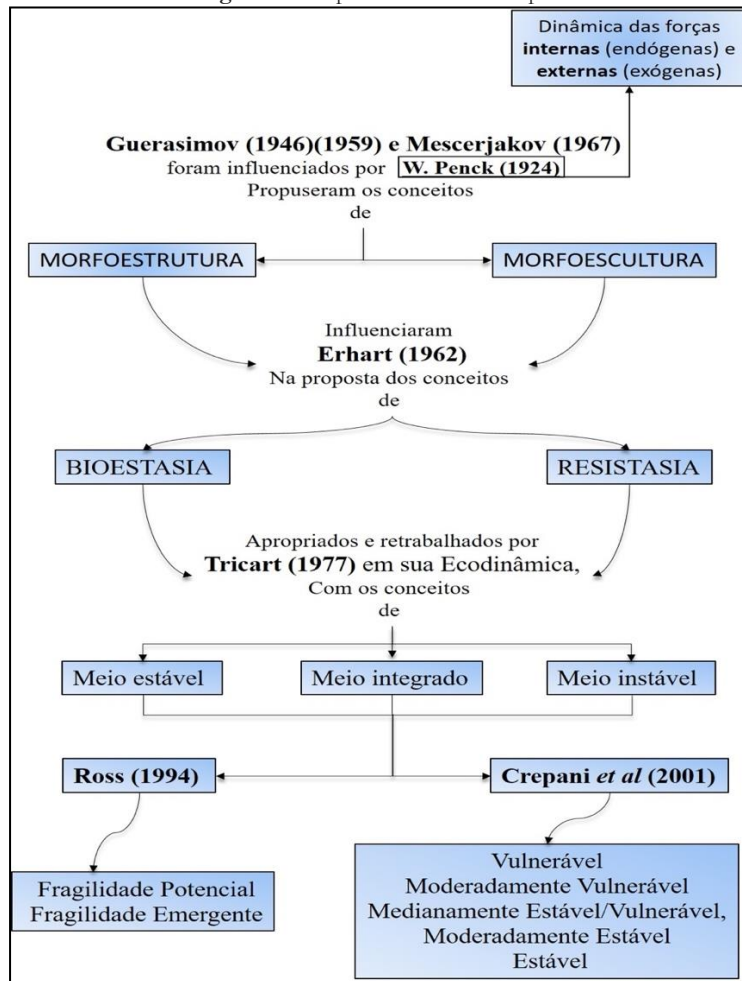
O conceito de vulnerabilidade, na literatura nacional, é apresentado por Crepani et al. (2001), ao desenvolver metodologias para o ZEE e se relaciona à obtenção da Carta de Vulnerabilidade e perda do solo, ou seja, a utilização do termo vulnerabilidade está vinculada a análise de perda do solo. O método de análise da fragilidade ambiental (ROSS, 1994) e o de vulnerabilidade ambiental (CREPANI et al. 2001), são em diversos estudos utilizados equivocadamente como sinônimos, o que revela a necessidade de demonstrar que apesar dos métodos apresentarem diversas semelhanças também apresentam várias diferenças. As semelhanças concernem principalmente por sua base conceitual e bibliográfica, as quais partem de certo modo, de um mesmo pensamento crítico e analítico. As diferenças se tornaram visíveis em aspectos metodológicos.

Outra fundamental diferença existente entre as metodologias, diz respeito a quantidade de categorias quali-quantitativas contidas nas classes de geomorfologia, solo, geologia, clima, uso e ocupação e vegetação, que determinam a compartimentação das unidades de fragilidade/vulnerabilidade. Ross (1994) estabeleceu primordialmente cinco categorias para cada classe avaliada, podendo oscilar entre muito fraca e muito forte. Enquanto em Crepani et al. (2001) essa análise pautou-se em 21 UTB derivadas do gradiente de saturação entre as cores vermelha, verde e azul detectadas em cada pixel da imagem de satélite previamente tratada, indicando cinco graus de vulnerabilidade com suas respectivas subdivisões que variam de estável a vulnerável (GUIRRA, SANTOS e NOGUEIRA, 2016).

Nesse sentido, a fragilidade ambiental e vulnerabilidade ambiental são dois métodos conceitualmente antônimos e que do ponto de vista metodológico perpassam por poucos pontos em comum, no entanto apresentam algumas semelhanças, sendo a principal delas a forma de diagnosticar níveis de impactos ambientais por meio de análise multicritério. Ou seja, levando em consideração diferentes aspectos de um ambiente, como solo, geologia, relevo e clima. A fragilidade ambiental e a vulnerabilidade ambiental auxiliam no desenvolvimento da sociedade, servindo de medidas mitigadoras para prevenir, evitar e minimizar alterações negativas em um ambiente (SANTOS, 2017).

De modo geral, pode ser observado no mapa conceitual (Figura 3) que ambas as propostas metodológicas, embora remetam a conceitos distintos (fragilidade, vulnerabilidade) tem suas bases teórico-conceituais nos mesmos autores, além das diferenças metodológicas.

Figura 3 - Propostas de Ross e Crepani



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Do ponto de vista do embasamento conceitual, pode-se verificar pelas propostas dos autores, que um dos melhores meios de se estabelecer a classificação geomorfológica está ligado ao emprego dos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, propostos por Guerassimov (1946, 1959), que permitem distinguir a diversidade das formas do relevo. Essa classificação é fundamentada sobre a ideia de que a formação do relevo resulta da interação das forças endógenas e exógenas – o que, por sua vez, havia sido apresentado por Penck (1924), cujo papel na elaboração das diferentes formas de relevo não é o mesmo.

A partir da ação predominante dos fatores endógenos se formam os elementos morfoestruturais ou morfotectônicos do relevo da Terra. A morfotectura designa os elementos mais importantes (de ordem superior) do relevo da Terra, condicionados pelas forças tectônicas, ainda insuficientemente estudadas, em interação com todos os outros fatores de formação do relevo. Compõe-se das massas continentais em saliência, das depressões oceânicas, das grandes zonas montanhosas (orogênicas) e das de regiões de planície.

A morfoestrutura propriamente dita designa os elementos do relevo de ordem menor que parecem complicar a superfície das morfotecturas. De acordo com Guerassimov (1959) a morfoestrutura, compõe-se das formas do relevo particularmente grandes, resultado da interação contraditória dos fatores endógenos e exógenos, sendo predominante o papel ativo dos fatores endógenos

(os movimentos tectônicos). As morfoestruturas são representadas por certas cadeias de montanhas, maciços, platôs, colinas, depressões na superfície dos continentes e no fundo dos oceanos.

Sob a ação predominante dos fatores exógenos são formados os elementos morfoesculturais do relevo. A morfoescultura representa as formas do relevo de ordem inferior, como por exemplo as garupas morainicas, os ovrag, as barcanas e os funis cársticos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca pela compreensão é algo inerente à ciência, que se desenvolve a partir, não apenas das contribuições originais de homens e mulheres excepcionais capazes de revolucionar seus campos de conhecimento, mas sobretudo da disseminação do conhecimento sistematizado na forma de teorias e propostas metodológicas.

O domínio de uma técnica ou de um procedimento metodológico é importante no processo de fazer ciência, sobretudo atualmente. Mas experimentar a evolução do conhecimento que resultou nesses avanços significa ter domínio do esforço teórico empreendido e, além disso, a capacidade de compreender os limites e o alcance de tais proposições.

O texto aqui desenvolvido procurou contribuir nesse sentido. Embora possa ainda ser aprofundado, e novas relações possam ser estabelecidas, trata-se de uma tentativa de desvelar um caminho científico, cujo conhecimento é importante para aqueles que se aventuram na aplicação das metodologias propostas por Ross e Crepani et al. Constata-se que os métodos de fragilidade ambiental e vulnerabilidade ambiental são maneiras de orientar a sociedade no desenvolvimento de medidas de compensação a danos ambientais ocasionados principalmente por suas ações.

REFERÊNCIAS

- BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1977. 351p.
- BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá, 2007.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo: USP. 1972.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do ZEE pelos Estados da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ/SAEPR, 1996.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- CREPANI, E; MEDEIROS, J. S; FILHO, P. H; FLORENZANO, T. G; DUARTE, V; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 113p.
- FRANCO, R. A. M; HERNADEZ, F. B. T. LIMA, R. C. **Análise da fragilidade ambiental na microbacia do córrego do Coqueiro, no noroeste paulista**. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.
- GUERASSIMOV, I. P. **Essai d'interprétation geomorphologique du schéma general de la structure geologique de l'URSS**. Problèmes de Géographie Physique, v. 12, Tzd. Vo AN SSSR, Moscou. 1946.
- GUERASSIMOV, I. P. **Les traits structuraux du relief de la surface Terrestre sur le ter-**

- ritoire de U.R.S.S. et leur origine.** Moscou, Izd-vo AN S.S.S.R., 1959.
- GUIRRA, A. P. M; SANTOS, C. A.; NOGUEIRA, C. E. A evolução metodológica de fragilidade ambiental no Brasil e seu aspecto transdisciplinar. **IV Simpósio Nacional sobre Pequenas Cidades.** Cidades pequenas: dinâmicas, escalas e redes. Ituiutaba, Minas Gerais, Brasil, v. 1, p. 1-17, 2016.
- MORIN, E. **O Método 1: a natureza da natureza.** Publicações Europa-América Ltda. 1977.
- PENCK, W. **Die morphologische analyse.** Ein kapitel der physikalischen geologie. J. Engehorn's Nachf. Stuttgart, 1924.
- RODRIGUÉZ, J. M. M; SILVA, E. V; VICENS, R. S. O legado de Sotchava. **GEOgraphia.** v.17. n 33, 2015.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia.** n. 8, p. 63-73, 1994.
- SANTOS, A. K. F. **Análise multicritério entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade ambiental na bacia hidrográfica do Espora (GO).** Monografia, Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. 2017.
- SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em questão, 16. IG-USP. São Paulo, 1977.
- STAIR, R. M.; REYNOLDS, G. W. **Princípios de Sistemas de Informação.** Ed.: Cengage Learning. 2011.
- TRICART, J. **Ecodinâmica. Recursos Naturais e meio ambiente.** Rio de Janeiro. IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, n.1, 1977.