

---

## ANÁLISE DOS CONCEITOS E VARIÁVEIS NA APLICAÇÃO DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS

**Mariana Correia Aquino**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências.  
[m203566@gmail.com](mailto:m203566@gmail.com)

**Regina Célia de Oliveira**

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências.  
[regina5@unicamp.br](mailto:regina5@unicamp.br)

### RESUMO

O presente trabalho remete revisão literária do conceito de Fragilidades Ambientais, cujo foi identificado variáveis semelhantes e distintos na construção de cada autor sob o termo. Destaca-se neste trabalho a evolução cronológica e a identificação das variáveis usadas para cada autor, identificando a interface comum, levando a um consenso do conceito abordado. Assim, como resultados, a variável comum observada é geomorfologia, no qual contribui como maior desempenho que perpassa como um ambiente frágil aos processos seja de forma natural ou antropogênico, dando formas de faces dentro da nossa superfície terrestre.

**Palavras-chave:** Fragilidades Ambientais; Variáveis; Conceitos.

### ANALYSIS OF CONCEPTS AND VARIABLES IN THE APPLICATION OF ENVIRONMENTAL FRAGILITIES.

### ABSTRACT

The present work refers to a literary review of the concept of Environmental Fragilities, which identified similar and distinct variables in the construction of each author under the term. This work highlights the chronological evolution and identification of the variables used for each author, identifying the common interface, leading to a consensus on the addressed concept. Thus, as a result, the common variable observed is geomorphology, which contributes to greater performance that permeates as a fragile environment for processes, whether natural or anthropogenic, giving shapes to faces within our earth's surface.

**Keywords:** Environmental Weaknesses; Variables; Concepts; Brazil.

## INTRODUÇÃO

O Aumento das impressões antrópicas diante das paisagens naturais exige um olhar mais atento, considerando não apenas as potencialidades dos recursos ambientais, mas principalmente as fragilidades ambientais.

É importante ressaltar que uma possibilidade de interpretação dos conceitos de fragilidades ambientais é incorporar as obras de Tricart (1977) com teoria do equilíbrio dinâmico, que por sua vez contribui como suporte teórico a partir dos conceitos de Unidades Ecodinâmica, sendo exemplificados a partir de meios morfodinâmicos, como aqueles que sofreram intervenções antrópicas e modificaram intensamente os ambientes naturais e aqueles representados pelas características naturais do ambiente e que os deixam frágeis diante dos processos morfogenéticos.

Entender o conceito de fragilidades ambientais em seu real significado é compreender o funcionamento dos processos naturais e antropogênicos, levando ao entendimento da capacidade de estabilidade, resiliência e (des) equilíbrio no ambiente observado. Assim entende-se como um ambiente frágil de fácil quebra da sua dinâmica de processos, seja de forma antrópica ou natural. “A palavra fragilidade provém do latim *fragilitatis* e é definida como caráter daquilo que é frágil, sendo frágil o que se pode danificar ou deteriorar facilmente...”(Larousse Cultural, 1998). Goldsmith (1983) define uma área frágil como uma área com elevada sensibilidade inerente, como uma área alagada, uma duna costeira e regiões montanhosas, que apresentam potencial para ser fisicamente instáveis.

Discutir o termo fragilidades ambientais traz expede um levantamento de conceitos e metodologias, haja vista que o mesmo contribui como arcabouço teórico e metodológico para formar novos conceitos como: suscetibilidade, sensibilidade, vulnerabilidade, resiliência e dentre outros. Observa-se que este termo vem sendo utilizado no Brasil nos últimos anos em estudos dos processos geológicos naturais e antrópicos. Entretanto, este conceito muitas vezes se confunde e ou são usados como ferramentas para outros conceitos já citados aqui.

Porém, neste trabalho, observa-se a construção do termo fragilidades ambientais como foco principal, desvendando o vetor comum em distintas metodologias e áreas. Logo, o objetivo deste trabalho é abordar os conceitos de fragilidades ambientais, estabelecendo compatibilidades e distinções, através de suas variáveis suas aplicações em sistemas ambientais no âmbito da ciência geográfica, a partir da análise das obras de alguns autores.

## **METODOLOGIA**

Para atingir o objetivo proposto foi necessário seguir quatro etapas: 1) levantamento de obras que tratassem estritamente o termo fragilidades ambientais; 2) organização das variáveis e objeto de estudo, traçando as compatibilidades e distinções; 3) balanço das variáveis, estabelecendo a quantificação entre semelhanças e diferenças; por fim, 4) discussão, fazendo a interface para melhor conceito e definição do termo fragilidade ambiental.

Uma analogia literária foi feita para melhor esclarecer o conceito, através do levantamento de obras de forma cronológica, desenvolvendo análise de requisitos como: evolução do conceito, coerência e semântica.

Em seguida, organizou-se as variáveis e áreas propostas por autor de acordo com suas respectivas metodologias. Com isso, tem-se um melhor entendimento da construção de cada conceito exposto.

Para balanço das variáveis foi estabelecido no quadro 01, a quantificação como requisito básico no intuito de determinar as obras que possuem conceitos na mesma construção do termo estudado. Dentro disso, espera-se determinar as maiores semelhanças de variáveis, no intuito de ratificar método teórico de fragilidades ambientais.

Por fim, dar-se a discussão dos conceitos, concomitantemente, analisando as variáveis em suas áreas de estudo, trazendo a interface e desenhando um consenso comum. Ressalta-se que as obras estão organizadas de forma cronológicas e embasadas no arcabouço teórico de forma crescente, cujo a obra de Tricart (1977), como pioneira no tocante da temática. A metodologia de fragilidade

ambiental de Ross (1994), ampliou os conceitos de Tricart (1977), considerando as Unidades Ecodinâmicas Estáveis referentes à fragilidade potencial e as Unidades Ecodinâmicas Instáveis no caso da fragilidade ambiental emergente.

## RESULTADOS

Nas definições do termo fragilidades encontradas na literatura científica, verifica-se um consenso em que a fragilidade de um ambiente se traduz pela desestabilização de um equilíbrio dinâmico preexistente (GIMENES e FILHO, 2013). Porém, é encontrado em certos trabalhos o conceito de fragilidades e vulnerabilidades de forma fundida ou separadas. Neste sentido, no quadro 01, verifica-se algumas obras levantadas sob a ótica dos autores, sendo considerados a metodologia e evolução.

Quadro 01 – Definições de Fragilidades Ambientais, em estudos ambientais, encontradas na literatura científica.

<b>Autores</b>	<b>Conceito</b>
Tricart (1977)	As potencialidades e fragilidades dos ambientes estão relacionadas com a interrelação das variáveis em uma escala temporal.
Ross (1994)	Recomenda dois conceitos a fragilidade potencial e a fragilidade emergente. O primeiro relaciona os fatores naturais da paisagem como a geomorfologia, tipos de solo, declividade, geologia entre outros; e o segundo relaciona a fragilidade potencial com a cobertura do solo e as intervenções antrópicas.
Crepani et al (2001)	Desenvolvem o termo fragilidades atrelados ao termo vulnerabilidade natural, para subsidiar o zoneamento.
Spörl e Ross (2004)	Termo fragilidade ambiental está ligado à susceptibilidade do sistema de sofrer intervenções ou de ser alterado. Quando é quebrado o estado de equilíbrio dinâmico o sistema pode entrar em colapso, passando para uma situação de risco.
Tamanini (2008)	Refere-se à suscetibilidade do meio ambiente a qualquer tipo de dano, inclusive à poluição.
Fierz (2008)	Concebe o termo a partir dos conceitos

	relacionados aos preceitos da teoria geral dos sistemas, nos quais os elementos naturais são considerados em interação mútua, identificando o caráter sistêmico pelo sentido de “o todo é mais que a soma das partes” .
Pecci (2009)	É correlacionada ao correspondente grau de pressão humana atuante no habitat. A pressão antrópica (perturbação) é considerada como o conjunto de pressões (poluição, transformações) que atuam na unidade ambiental, sendo internas ou externas.
Gimenes e Augusto Filho (2013)	Está relacionada a “desestabilização do equilíbrio dinâmico existente no ambiente, e que esta é uma característica intrínseca do meio ambiente”.
Miyazaki (2014)	A autora compreende fragilidades como algo passível a quebra e ou ruptura, tornando o meio em desequilíbrio.

Org.: Aquino, 2022.

Tricart (1977) para chegar ao seu conceito propôs um estudo da dinâmica dos ecótopos, que denominou de *Ecodinâmica*, que se caracteriza por apresentar uma certa dinâmica do meio ambiente com repercussões imperativas sobre as biocenoses. Neste sentido, a morfodinâmica é determinante na análise, uma vez que depende do clima, da topografia e do material rochoso.

Em seguida, tivemos Ross (1994), cujas Fragilidades Ambientais, atribui critérios para classificar as Unidades Ecodinâmicas utilizando o conceito de Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial e de Instabilidade Emergentes classificadas em distintos graus de fragilidade. A partir da hierarquização em classes é possível determinar as áreas consideradas com maior criticidade de fragilidades potencial e emergente.

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.

Na definição de Crepani et al (2001), avalia a perda do solo, incluindo a variável geológica, determinando a vulnerabilidade. Os critérios desenvolvidos por Crepani et al. (op.cit), fundamentados nas categorias morfodinâmicas do meio estável, meios intergrades e meios fortemente instáveis, permitiram a criação de um modelo no qual se buscou a avaliação, de forma empírica, do estágio da morfodinâmica da unidade de paisagem, denominada Unidade Territorial Básica (UTB). Um exemplo claro citado por Spörl (2001) é aglomerado de rochas resistentes associadas a relevo dissecado e solo com alta vulnerabilidade à erosão pode apresentar, pela média das variáveis, resultados de graus de fragilidade semelhantes a uma área de rochas frágeis em relevo plano (CAMPOS, 2021).

Destaca-se Spörl e Ross (2004) em sua definição está relacionado a risco, onde os ambientes naturais podem desestabilizarem, provindos dos processos naturais quanto antrópicas. Porém Soares (2021), o risco vem a ser uma percepção humana, assim, uma pessoa, ou um grupo podem sentir-se vulneráveis as ocorrências de um evento que possa gerar danos, sejam eles a integridade humana ou de bens materiais. A fragilidade dos sistemas ambientais pode ser maior ou menor às ações antrópicas dependendo de suas características genéticas. Se ocorre alguma alteração nos componentes da natureza (relevo, vegetação, solo, clima e recursos hídricos), a funcionalidade do sistema é comprometida, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico. Com a avaliação conjunta dessas variáveis, é possível a obtenção do diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais (SPORL e ROSS, 2004).

Tamanini (2008) justifica que em sua definição de ecossistemas ou áreas frágeis como àqueles que, por suas características, são particularmente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação.

Fierz (2008) explicita a fragilidade ambiental pelas possíveis quebras na interação entre os elementos do sistema natural. Esta definição remete à de Ross (1994) na medida em que considera a desestabilização do equilíbrio dinâmico como fragilidade.

---

Pecci (2009) está relacionada a definição de fragilidade ecológica como sendo correspondente ao grau de pressão atuante no habitat. A pressão antrópica é considerada como conjunto de pressões que atuam na unidade ambiental, sendo internas ou externas.

Gimenes e Augusto Filho (2013), em sua concepção mais atual, transcende a todos esses conceitos e define que fragilidades ambientais reflete ao grau de desestabilização do equilíbrio dinâmico causada fatores naturais e antrópicos, considerando a variável antrópica como vetor interno dentro do sistema.

Porém, Miyazaki (2014), entende este conceito como algo que seja passível de quebrar, romper, de partir, de se tornar instável e relacionando-o com os estudos geográficos geomorfológicos é possível perceber que a fragilidade está diretamente ligada aos ambientes naturais e ao estado em que se encontra a dinâmica dos processos naturais, por isso, apresentam características particulares dos componentes que os compõem (relevo, a rocha, o clima e os solos), e que os classificam como frágeis.

Por fim, ressalta-se em análise de estudos atuais o conceito de fragilidades detêm-se como conjunto de elementos e ou variáveis que resulta numa paisagem com maior ou menor nível de colapso e quebra em seu equilíbrio dinâmico. Observa-se nas paisagens litorâneas, onde o sistema dunas móveis, geralmente encontra-se em alto nível de fragilidades ambientais, devido alto nível de pressões de vetores naturais e antrópicos que ajudam o sistema entrar em desequilíbrio e entrar num novo equilíbrio que formará um novo tipo de paisagem.

## **DISCUSSÃO**

No quadro 02, visualiza-se as variáveis utilizadas pelos autores na aplicação de fragilidades ambientais. Nas obras expostas e trabalhadas denota que em 100% das obras, a variável principal é a geomorfológica.

Quadro 02 – Balanço das variáveis usadas pelos autores.

AUTORES	VARIÁVEIS						
	Pedologia	Vegetação	Geomorfologia	Uso e Ocupação	Clima	Geologia	Tempo Geológico
Tricart (1977)	X	X	X		X	X	X
Ross (1994)	X	X	X	X	X	X	
Crepani et al (2001)	X	X	X	X	X	X	
Spörl e Ross (2004)	X	X	X	X	X	X	
Tamanini (2008)	X		X	X			
Fierz (2008)	X	X	X	X	X	X	
Pecci (2009)			X				
Gimenes e Augusto Filho (2013)	X	X	X	X	X	X	
Miyazaki (2014)	X		X		X	X	
<b>BALANÇO</b>	08	06	09	06	05	04	01

Org.: Aquino, 2022.

Ainda no quadro 02, remete ao trabalho de Tricart (op cit.), a partir das variáveis, definiu-se três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função das intensidades dos processos atuantes: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis.

Segundo Ross (1994), em sua obra, a análise de fragilidades a partir de suas variáveis no quadro 03, adotou-se os seguintes procedimentos: a carta geomorfológica, logo pedológica e uso da terra/cobertura vegetal, atrelados aos níveis de pluviosidade e distribuição de chuvas.

Crepani et al. (2001) basearam-se na relação morfogênese/pedogênese, cuja a combinação das variáveis (relevo, solo, rocha, clima e cobertura vegetal/uso da terra), caracterizando as unidades de paisagem e classificação do grau de vulnerabilidade e estabilidade, sendo atribuídas a valores de 1 a 3.

O ponto em comum entre os modelos apresentados por Ross (1994) e Crepani et al. (2001) é a utilização da inter-relação dos elementos do meio físico. Entretanto apesar de utilizarem as mesmas variáveis apresentam diferentes formas de calcular a fragilidade por notas e pesos distintos, sendo que Ross (1994) agrupa as demais variáveis adotando o relevo como componente principal. Crepani por outro lado incorpora a variável geologia em sua análise e define a vulnerabilidade no final e faz uma média aritmética de pesos, igualando em todas as variáveis.

Os demais autores ressaltam-se usufruindo das variáveis, seja de forma natural e antrópicas com exceção da autora Miyazaki (2014), que definirá fragilidades focando ao seu potencial, de forma que quando a mesma inclui o vetor antrópico ela leva ao conceito de vulnerabilidade.

*Os componentes naturais (sejam eles as morfologias do relevo, a declividade das vertentes, os tipos de solos, os tipos de cursos d'água, a profundidade do lençol ou aquífero freático, as rochas e os minerais), podem apresentar certa fragilidade "natural", como por exemplo, um relevo que é facilmente esculpido, devido as suas características estruturais e as condições naturais (solo, clima, vegetação). E esse mesmo relevo ao sofrer determinadas intervenções da sociedade ao ser apropriado e ocupado podem acelerar os processos morfodinâmicos e deixar a população ocupantes vulneráveis... (MIYAZAKI, 2014, p.105)*

Salienta-se que existem estudos sobre fragilidade ambiental, dentre os autores que trabalham nesta perspectiva destaca-se Ross (1994) sendo exemplificadas a partir de meios morfodinâmicos, como aqueles que sofreram intervenções antrópicas e modificaram intensamente os ambientes naturais e aqueles representados pelas características naturais do ambiente e que os deixam frágeis diante dos processos morfogenéticos (SOARES, 2021).

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos conceitos empíricos partirem do mesmo princípio, a Ecodinâmica apresenta como arcabouço teórico, seguido de Ross (1994) como método, onde a variável geomorfologia se define como vetor chave para análise da paisagem, definindo os processos de internos e externos, que por sua vez operacionalizando as variáveis e aplicando aos pesos, chegando às fragilidades ambientais e, por conseguinte ao estado ambiental da paisagem.

Várias pesquisas têm sido desenvolvidas no Brasil com o intuito de avaliar a fragilidade dos ambientes, baseados, principalmente nos estudos pioneiros de Ross (1994), combinados a Tricart (1977), e trabalhos posteriores do autor, em que a metodologia da carta de fragilidade ambiental é desenvolvida.

Em síntese, a fragilidades tem extrema relevância ao planejamento ambiental visto que a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades proporcionam uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico – territorial, servindo de base para o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e fornecendo subsídios à gestão do território, tornando-se, portanto, uma ferramenta importante para a estruturação do planejamento e gestão ambiental sustentável por meio do mapeamento das fragilidades ambientais (ANJINHO et al.).

## AGRADECIMENTOS

Fica aqui gratidão a agência de fomento CAPES, haja vista que este trabalho faz parte de uma pesquisa maior, sendo esta financiada. Agradecimento especial à professora Doutora Regina Célia de Oliveira que tem dom da orientação e docência ao ensino e pesquisa respectivamente. Aos familiares que apoiam de forma incondicional para um bem muito maior.

## REFERÊNCIAS

ANJINHO, P. S. et al. **Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study**. Land Use Policy, v. 100, p. 104946, 2021.

CAMPOS, J. A. et al. **Environmental fragility and land use capacity as instruments of environmental planning, Caratinga River basin, Brazil.** Environmental Earth Sciences, v. 80, n. 7, p. 1–13, 2021.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. de; HERNANDEZ FILHO, P.; 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.

FIERZ, M. S. M. **As abordagens sistêmica e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade ambiental do litoral do estado de São Paulo: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras. 2008.** Tese do Programa de Pós Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível no site: [https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-17032009-141618/publico/MARISA\\_DE\\_SOUTO\\_MATOS\\_FIERZ.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-17032009-141618/publico/MARISA_DE_SOUTO_MATOS_FIERZ.pdf).

GIMENES, F. B. Q.; AUGUSTO FILHO, O. **Mapas de fragilidade ambiental utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) e sistema de informação geográfica (SIG).** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR, Anais eletrônico [...]. São Paulo: INPE, 2013.

GOLDSMITH, F. B. **Evaluating nature.** In: Warren A. e Golsmith F. B. (eds.). **Conservation in Perspective.** John Wiley and Sons, Chichester. 1983.

LAROUSSE C. **Grande Enciclopédia.** Volume 11. Nova Cultural Ltda. 1998.

MIYAZAKI, L. C. **Dinâmicas de apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo: análise dos impactos e da vulnerabilidade nas cidades de Presidente Prudente/SP e Marília/SP. 2014.** Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

PECCI, A. **Geoinformatic Methodologies and Quantitative Tools for Detecting Hotspots and for Multicriteria Ranking and Prioritization: Application on Biodiversity Monitoring and Conservation.** Tese. Universidade de Estudos de Roma. Roma, Itália, 2009.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados.** Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 6, p. 63-74, 1994

SOARES, Idevan Gusmão. **Análise da vulnerabilidade ambiental ao processo erosivo como subsídio ao planejamento e à gestão ambiental na bacia hidrográfica do Rio Preto – MA.** São Luís, 2021.

SPORL, C; ROSS, J. L. S. **Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos.** GEOUSP – Espaço e Tempo. 2004.

SPÖRL, Christiane. **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.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: FFLCH - USP, 2001.

TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico Físico-Ambiental para a determinação da fragilidade potencial e emergente da bacia do baixo curso do Rio Passaúna em Araucária - Paraná.** 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

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