

## AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DAS TERRAS DA MICROBACIA DO CÓRREGO FONSECA, REGIÃO SERRANA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Braz Calderano Filho<sup>1</sup>, Silvio Bargeng Bering<sup>2</sup>, Sebastião Barreiros Calderano<sup>3</sup>, Antônio José Teixeira Guerra<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Geógrafo, Analista Ambiental, Embrapa, Rio de Janeiro-RJ, braz.calderano@embrapa.br

<sup>2</sup>Engº Agrônomo, Pesquisador, Embrapa, Rio de Janeiro-RJ, silvio.bhering@embrapa.br

<sup>3</sup>Geólogo, pesquisador, Embrapa, Rio de Janeiro-RJ, sebastião.calderano@embrapa.br

<sup>4</sup>Geógrafo, Professor Assistente do Depto. Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, antonioguerra@gmail.com.br

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a vulnerabilidade ambiental das terras na área da microbacia do córrego Fonseca, visando fornecer subsídios para o planejamento de uso das terras em pequenas propriedades rurais. Os procedimentos utilizados envolveram a aquisição, conversão e armazenamento de dados básicos em meio digital, construção de um banco de dados digitais, superposição de mapas temáticos em SIG, com atribuição de valores específicos a cada um deles, segundo a importância dos fatores em relação à vulnerabilidade ambiental. O mapa final, produzido na escala 1:10.000, estratifica a área de estudo em 6 classes de vulnerabilidade ambiental, sendo elas: baixa, moderada, alta, alta a muito alta, muito alta e extremamente alta. Os resultados produzidos contribuem para o planejamento ambiental da área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoprocessamento, superposição temática, fragilidade ambiental.

**INTRODUÇÃO:** A vulnerabilidade ambiental pode ser entendida como o “status” de condições específicas dos ecossistemas ou segmento da paisagem, em análise. Onde, os graus de tolerância do meio físico natural (vulnerável ou estável) podem ter suas condições específicas de equilíbrio alteradas, ou por fatores de ordem natural ou provocada pela interferência da ação humana. A região serrana do Estado do Rio de Janeiro é considerada de elevada vulnerabilidade natural aos processos erosivos, movimentos de massas e escorregamentos, devido as características geoambientais peculiares da serra do Mar. A pressão de uso das terras nestas áreas, aliada à ausência de planejamento das atividades produtivas, contribuem para o avanço da degradação ambiental.

De acordo com Kruijff & Schouten (1987), a vulnerabilidade pode ser definida como a incapacidade de lidar com fatores que causam stress, incluindo fatores naturais, baseando-se nas forças internas necessárias para que se mantenham as características essenciais do ecossistema, considerando-se os limites do mesmo.

A vulnerabilidade das terras varia em função dos solos, do clima, tipos de uso, uso de produtos químicos, etc, sua avaliação abrange a análise do potencial e riscos (BATJES & BRIDGES, 1997). Ela fornece um “status” da situação atual, difere da avaliação de riscos que são previsões futuras (ISRIC & FAO, 2000).

A análise empírica da fragilidade envolve estudos básicos do relevo, da litologia, da estrutura do solo, do uso da terra e do clima (ROSS, 1994). Segundo Donha et. al. (2006), na análise da fragilidade, os componentes que dão suporte à vida (solos, relevo, geologia, água, clima e vegetação) devem ser avaliados de maneira integrada, considerando-se sempre as intervenções antrópicas modificadoras dos ambientes naturais.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar a avaliação da vulnerabilidade ambiental das terras na área da microbacia do córrego Fonseca, região serrana do estado do Rio de Janeiro, visando fornecer subsídios para o planejamento e a gestão sustentável das terras, em áreas rurais montanhosas na serra dos Órgãos.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Localizada na divisa dos municípios de Nova Friburgo e Sumidouro, região serrana do estado do Rio de Janeiro, a área de estudo insere-se no domínio das escarpas de blocos falhados, com segmentos da serra do mar localmente conhecidos como serra dos Órgãos. O tipo climático predominante é o tropical mesotérmico brando super úmido (NIMER, 1977). A temperatura média anual é de 18°C, com total pluviométrico de 1947 mm em média, sendo dezembro o mês de maior índice e julho o mês mais seco (ANA, 2007). A vegetação natural é representada pela

floresta tropical perenifólia nas partes altas e a floresta tropical perenifólia de várzea nas partes baixas. A execução do trabalho envolveu a construção de um banco de dados digitais em SIG, aquisição, conversão e armazenamento de dados básicos em meio digital, operacionalização de mapas temáticos com suporte de geoprocessamento e interpretação da vulnerabilidade ambiental. A avaliação da vulnerabilidade ambiental foi feita com base nos trabalhos de Batjes & Bridges (1997), ISRIC & FAO (2000) e Ross (1994), com adaptações, e envolveu a integração dos principais fatores indicadores de fragilidades e vulnerabilidade das terras, através da superposição temática em SIG e atribuição de pesos de importância a cada um dos fatores da análise, com valores específicos para cada parâmetro, segundo o grau de importância dos fatores em relação à vulnerabilidade ambiental.

A partir das feições digitalizadas, curvas de nível, pontos cotados, limite e hidrografia extraídas de uma restituição planialtimétrica, adquirida em meio analógico, na escala 1:10.000, com curvas de nível equidistantes de 5m, elaborou-se o modelo digital de elevação da área, com resolução espacial de 10m, utilizando-se a ferramenta Topo to Raster (ESRI, 2006). Para a geração do MDE efetuou-se ajustes topológicos e direcionais da hidrografia, das curvas de nível e dos pontos cotados. A partir do MDE foram produzidos o mapa de declividade e extraídas outras variáveis morfométricas de interesse como direção do fluxo, fluxo acumulado, orientação das vertentes, perfil de curvatura e plano de curvatura das vertentes. Esses grids juntamente com os mapas de solos, estrutura geológica, declividade, uso e cobertura das terras, rede de drenagem, vegetação, precipitação local e distribuição de áreas inundáveis, armazenados no banco de dados, auxiliaram na interpretação da vulnerabilidade ambiental da área. Os mapas temáticos de solos, geologia, geomorfologia, relevo e declividade, uso e cobertura das terras e susceptibilidade das terras à erosão, necessários à interpretação foram extraídos do estudo realizado por Calderano Filho (2003). A precipitação é um índice pouco variável para a área de estudo, e se baseou nos totais das estações pluviométricas de Nova Friburgo e Sumidouro (ANA, 2007).

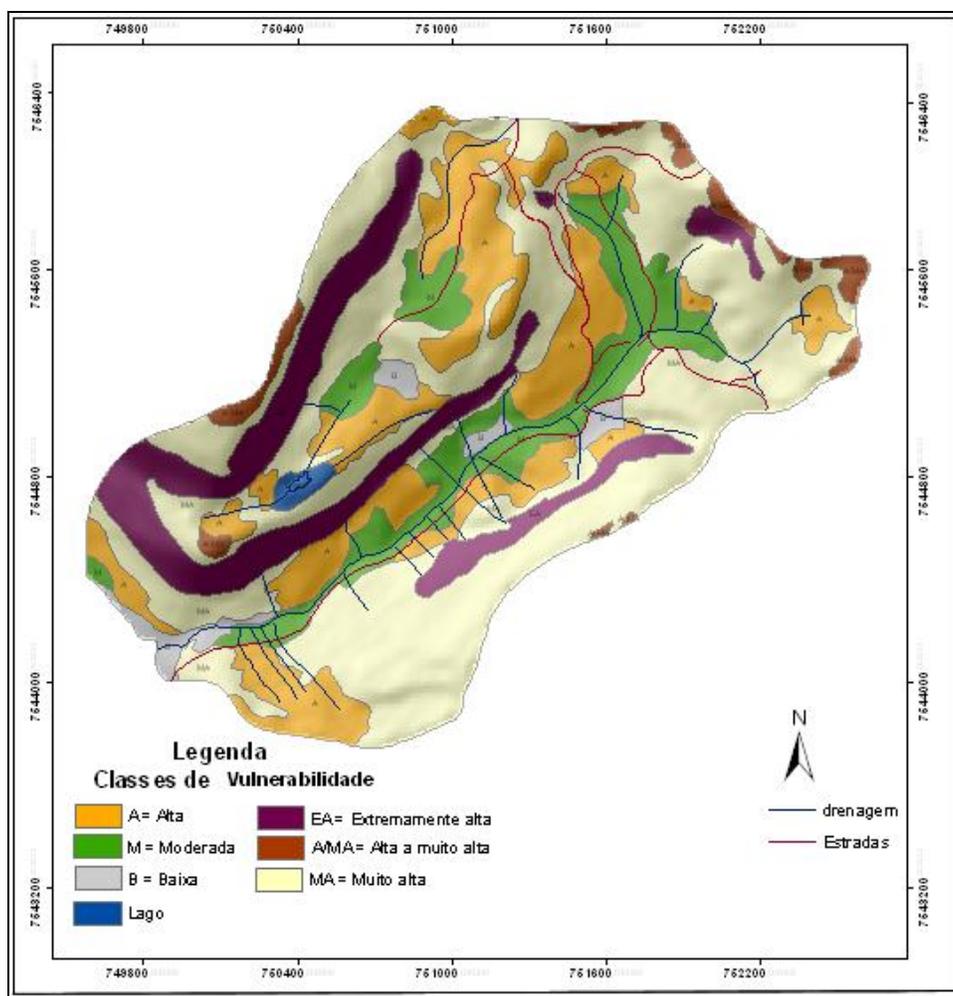
A avaliação da vulnerabilidade das terras é uma função dependente da análise integrada das condições geológicas, pedológicas, geomorfológicas, geotécnicas, climáticas, hidrogeológicas e de outros atributos inerentes aos fatores indicadores da vulnerabilidade mais específicos à área em estudo, tais como, condições topográficas do relevo, profundidade do solo, substratos, susceptibilidade a erosão, permeabilidade, drenabilidade, hidromorfismo, índices pluviométricos, entre outros.

Os fatores preponderantes de maior peso, como condicionantes da vulnerabilidade na área de estudo, foram a declividade, tipos de solos, tipos de rochas e índices pluviométricos, estando os condicionantes uso e cobertura atual em segundo plano, como fatores que podem induzir ou amenizar a degradação. Onde ocorrem situações de relacionamentos entre extremos de vulnerabilidade segundo a declividade, com extremos de vulnerabilidade segundo fatores pedológicos, o uso e a cobertura atual aliado às características do solo, como drenagem, rochiosidade, pedregosidade e vegetação original funciona como mecanismo de compensação. Os totais pluviométricos podem elevar ou diminuir o grau de vulnerabilidade, enquanto a vegetação pode funcionar como efeito protetor e capacidade de amortizar ou amenizar a ação das águas. Encontra-se inserido na avaliação da vulnerabilidade das terras, o estudo da susceptibilidade dos solos à erosão, sabe-se que as áreas mais propensas à erosão são mais vulneráveis que outras áreas mais estáveis do ponto de vista pedológico. Para hierarquizar os fatores de importância em relação a susceptibilidade à erosão, seguiu a tabela de atributos disponível em Calderano Filho (2012).

Nesse sentido, quanto mais baixa a classe de vulnerabilidade assinalada no mapa, mais alta será a estabilidade do ambiente onde se insere. Por outro lado, isso não isenta tais áreas de outros riscos ambientais, como é o caso das áreas planas e suavizadas, que estão sujeitas a inundações ocasionais e são áreas de acumulação de clásticos.

Para a geração do mapa de vulnerabilidade das terras foi feita a sobreposição das informações temáticas, utilizando a álgebra de mapas, o que permitiu agrupar e classificar as áreas que apresentaram potencial de vulnerabilidade ambiental semelhante. O método de álgebra de mapas consiste na aplicação de operações matemáticas para associar várias camadas de modo a obter como resultado, classificações que permitem análises diversas. Para isso, foram utilizadas as ferramentas calculadora do raster e reclassificação para atribuição dos valores das classes de suscetibilidade e vulnerabilidade. O mapa gerado com valores entre 0 e 255, foi estratificado em 6 intervalos, cada um representando uma classe de vulnerabilidade ambiental, sendo elas: Baixa (B), Moderada (M), Alta (A), Alta a Muito Alta (A/AM), Muito Alta (MA) e Extremamente Alta (EA).

**RESULTADOS: Classe 1** - Vulnerabilidade baixa, condicionada por risco ocasional de inundação e presença do lençol freático próximo a superfície. Compreende parte das terras baixas suavizadas, onde se inclui áreas de alvéolos intermontanos, entulhadas por material deposicional, de natureza argilo-arenosa, com maior umidade e sujeitas a menores riscos de inundações que as áreas planas de várzeas. São áreas que ocorrem ora margeando a planície de inundação do córrego Fonseca, ora constricta entre as elevações coluviais, com relevo suave ondulado, declives entre 3 a 8% e vegetação de floresta tropical subperenifólia de várzea, onde se desenvolvem solos com profundidade variada e drenagem imperfeita. Os solos predominantes são Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Gleissolos Háplicos que ocorrem associados à Neossolos Flúvicos, desenvolvidos de material sedimentar diverso e com melhores condições de fertilidade natural. São terras pouco suscetíveis à erosão, ocupadas com plantio de olerícolas diversas, fruticultura e capoeiras. Os alvéolos, por serem áreas de baixo gradiente, possibilitam a formação de terraços fluviais deposicionais, caracterizados como áreas de parada temporária dos clásticos. Os riscos de inundação é a principal limitação. No manejo desse compartimento, cuidados devem ser tomados no que diz respeito ao encharcamento do solo, durante as chuvas, devido à pequena inclinação do terreno e com relação aos riscos de contaminação de corpos d'água, por agrotóxicos ou por dejetos humanos e de animais.



**Figura 1** - Distribuição espacial das classes de vulnerabilidade ambiental.

**Classe 2** - Vulnerabilidade Moderada, condicionada por textura errática, presença de camadas orgânicas, risco de inundação e nível do lençol freático elevado em algumas épocas do ano. Compreende parte das terras baixas, planas, com maior umidade e risco de inundação, são superfícies encaixadas no fundo achatado do vale, que ocorrem margeando o canal de drenagem do córrego Fonseca. São áreas de relevo praticamente plano, declives de até 3%, sob vegetação original de

floresta subperenifólia de várzea, onde predominam Gleissolos Melânicos e Háplicos que ocorrem associados a Neossolos Flúvicos, desenvolvidos de sedimentos provenientes de deposição orgânica e aluvial. São terras de suscetibilidade à erosão nula, com limitações por excesso de água e deficiência de aeração, propícias a sofrer inundações periódicas. Encontram-se ocupadas com plantios de olerícolas, capineiras e áreas em pousio. No manejo desse compartimento, cuidados devem ser tomados no que diz respeito ao encharcamento do solo, durante as chuvas, devido à pequena inclinação do terreno e com relação aos riscos de contaminação de corpos d'água, por agrotóxicos ou por dejetos humanos e de animais.

**Classe 3** - Vulnerabilidade alta, condicionada por declividade, textura do solo, ligeira rochosidade e pedregosidade. Compreende parte das terras altas, onde se inclui pequenas áreas de depósito de tálus. Corresponde às áreas de colinas e morros baixos, de relevo ondulado, com declividades de 8 a 14% e 14 a 20%, sob vegetação original de floresta subperenifólia, atualmente com poucos remanescentes. Os solos predominantes são Cambissolos Háplicos e Húmicos, seguidos de Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A moderado. Em menor proporção ocorrem Latossolo Vermelho Amarelo com horizonte A húmico. Em posições localizadas ocorrem solos com drenagem imperfeita, fase rochosa e solos intermediários com a classe dos Latossolos. Nas áreas de solos menos profundos, podem ocorrer matações e afloramentos de rocha, verificando ainda, a presença de contato lítico no perfil de solo e áreas de depósito de tálus. Estas terras apresentam moderada a forte susceptibilidade à erosão.

**Classe 4** - Vulnerabilidade alta a muito alta, condicionada por relevo e declividade, espessura do solum, textura, moderada rochosidade e pedregosidade. Compreende parte das terras altas, onde ocorre áreas de colinas e morros de relevo ondulado e forte ondulado, com declives de 14 a 20% e de 20 a 30%, sob vegetação original de floresta subperenifólia. Os solos predominantes são Cambissolos Háplicos, Cambissolos Húmicos e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, que ocorrem intercalados com solos pouco profundos e áreas de relevo menos movimentado, com partes onduladas incluindo os topos aplanados. Esta classe é considerada área de equilíbrio frágil, devido a posição delicada que ocupa na paisagem, sobrepondo os declives abruptos.

Nas áreas de solos menos profundos, podem ocorrer matações e afloramentos de rocha, verificando-se ainda a presença de contato lítico no perfil de solo e depósito de tálus. A posição na paisagem, o relevo e a ocorrência de solos de textura média/argilosa, conferem um maior grau de fragilidade a essa unidade. Estas terras apresentam forte susceptibilidade à erosão, devido principalmente ao relevo declivoso e às elevadas precipitações pluviométricas que incidem nessas áreas. A retirada da cobertura vegetal aliado às precipitações concentradas e abundantes no período chuvoso, pode provocar ravinamentos e até movimentos de massa de certa amplitude e inundações no restante da bacia. Embora apresentem condições de solos favoráveis ao uso agrícola, essas atividades não devem ser incentivadas. Práticas conservacionistas devem ser adotadas para controle da erosão e preservação dessa unidade, estimulando a revegetação ou reflorestamento.

**Classe 5** - Vulnerabilidade muito alta, condicionada por relevo e declividade, espessura do solum, textura e áreas com depósito de tálus. Compreende parte das terras altas, onde ocorrem áreas com relevo forte ondulado, áreas de depósito de tálus e poucas ocorrências de afloramentos de rochas. São elevações com menor altitude do que as serras e praticamente desprovidas de afloramentos de rochas, inseridas na unidade geomorfológica encostas íngremes do cristalino, de relevo forte ondulado, com declives de 20 a 45%, sob vegetação original de floresta subperenifólia. Os solos predominantes são Cambissolos Háplicos, Cambissolos Húmicos, seguidos de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico Húmico e ocorrências de afloramento de rocha associados a Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos. O relevo forte ondulado, predomínio de solos de textura média, a suscetibilidade muito forte dos solos à erosão e a baixa fertilidade natural, são os principais fatores restritivos da classe. O principal risco é com a erosão acelerada com perda de horizonte A. A concentração e os índices de precipitação podem provocar grandes ravinamentos e até movimentos de massa de certa amplitude, com inundações no restante da bacia, caso seja retirada a cobertura vegetal ou feitos desmatamentos generalizados nessa unidade. Os riscos são agravados pelas condições de textura média, presença de solos rasos com baixos conteúdos de matéria orgânica e baixa fertilidade natural. Com essas condições, as culturas anuais apresentariam, com certeza, baixa rentabilidade em pequenas áreas de plantio. As culturas anuais exigem tratamentos culturais que expõem mais o solo aos processos erosivos.

**Classe 6** - Vulnerabilidade extremamente alta, condicionada por relevo e declividade, espessura do solum e rochosidade abundante. Compreende parte das terras altas, inseridas na unidade geomorfológica afloramentos rochosos do pré-cambriano, são ecossistemas frágeis de relevo montanhoso e escarpado, declives maiores que 45%, com blocos rochosos salientes, escarpas ou encostas íngremes, intercalados com afloramentos de rocha, que ocorrem associados a solos Neossolos Litólicos e pequenas inclusões de Cambissolos Háplicos e Húmicos, nos quais predomina fragmentos florestais e vegetação rupestre. Estas terras apresentam muito forte a extremamente forte susceptibilidade à erosão. São áreas frágeis de relevo muito movimentado, susceptíveis a violentas processos erosivos, sujeitas a movimentos de massa, risco de desagregação e queda de blocos de rocha, devido a posição delicada que ocupam na paisagem. O principal risco é com a erosão acelerada, movimentos de massa e ocorrência de queda de blocos em função do deslocamento das rochas. A impermeabilidade do material rochoso, associado à vegetação rupestre pouco densa, incrementa os processos erosivos nestes locais. A concentração e os índices de precipitação pode provocar grandes ravinamentos, caso mantenha-se o solo descoberto ou seja retirada a cobertura vegetal nessa unidade. Devido ao relevo movimentado, rochosidade e solos rasos de pouca profundidade, este segmento não é propício ao uso agrícola, mas é de grande importância na captação das águas de chuvas e realimentação da bacia adjacente, assim como na manutenção de minadouros existentes no sopé da serra. Além de abranger ambientes que guardam características favoráveis para abrigar e preservar espécies animais e vegetais, particularmente devido à sua extensão.

**CONCLUSÕES:** A metodologia utilizada apresentou-se adequada ao estudo da vulnerabilidade ambiental, onde foram identificados a ocorrência de solos e compartimentos mais frágeis e problemáticos em função do relevo, gradiente textural, maior declividade e menor grau de cobertura vegetal, estes se encaixaram nas classes de vulnerabilidade alta, muito alta ou extremamente alta.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:**

- ANA 2007 Agencia Nacional de águas, superintendência de informações Hidrológicas – SIH - Hidro Sistema de informações Hidrológicas, [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br)
- BATJES, N.H. and E.M. BRIDGES. 1997, Implementation of a Soil Degradation and Vulnerability Database for Central and Eastern Europe. In: Proceedings of an international workshop (Wageningen, 1-3 October 1997), ISRIC, Wageningen, pp. iv + 81.
- CALDERANO FILHO, B. 2003, Visão Sistêmica como Subsídios para o Planejamento Ambiental da microbacia do Córrego Fonseca. 240p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CALDERANO FILHO, B. Análise geoambiental de paisagens rurais montanhosas da Serra do Mar utilizando redes neurais artificiais. Subsídios a sustentabilidade ambiental de ecossistemas frágeis e fragmentados sob interferência antrópica. Rio de Janeiro 2012. 332f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 2012.
- DONHA A. G.; SOUZA L. C. P.; SUGAMOSTO M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.10, n.1, p.175–181, 2006.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). ArcMap 9.2. Redlands, California, USA, 2006.
- ISRIC & FAO Mapping of Soil and Terrain Vulnerability in Central and Eastern Europe. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) assisted by the Land and Water Development Division (AGL) of FAO. CD of SOVEUR project (Versão.1.0). 2000.
- KRUIJF, H. A. M.; SCHOUTEN, A. J. On problem of measuring vulnerability of soil ecosystems. In: DUIJVENBOODEN, W. Van, ed. Vulnerability of soil and groundwater pollutants. The Hague: W. Van, 1987. p. 97-109.
- NIMER, E. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Departamento de Geografia, Rio de Janeiro. Geografia do Brasil Região Sudeste. Rio de Janeiro, IBGE, 1977. v.3., p.51- 89.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.8, p.3-74, 1994.