

**PKS**

**PUBLIC  
KNOWLEDGE  
PROJECT**

**REVISTA DE GEOGRAFIA  
(UFPE)**

[www.ufpe.br/revistageografia](http://www.ufpe.br/revistageografia)

**OJS**

**OPEN  
JOURNAL  
SYSTEMS**

## **FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALMADA – BAHIA**

*Gustavo Barreto Franco<sup>1</sup>, Eduardo Antonio Gomes Marques<sup>2</sup>, Ronaldo Lima Gomes<sup>3</sup>, César da Silva Chagas,  
Cristiano Marcelo Pereira de Souza, Luiza Silva Betim*

<sup>1</sup>*Pós-doutor em Engenharia Agrícola. Email: [gustavopraia@yahoo.com.br](mailto:gustavopraia@yahoo.com.br)*

<sup>2</sup>*Professor do Departamento de Engenharia Civil - UFV. Email: [emarques@ufv.br](mailto:emarques@ufv.br)*

<sup>3</sup>*Professor do Departamento de Ciências Agrárias e Ambiental - UESC. Email: [rlgomes@uesc.br](mailto:rlgomes@uesc.br)*

*Artigo recebido em 04/08/2011 e aceito em 15/08/2011*

### **RESUMO**

Esta pesquisa teve como objetivo a realização de um diagnóstico da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Almada, Bahia, Brasil. Para tanto, foi realizada a caracterização da área de estudo, com base em dados primários e pré-existentes; elaboração do mapa de solo - a partir da interpretação da paisagem e de sessenta perfis de solo distribuídos na bacia, além de análises físicas e químicas em trinta perfis e análises mineralógicas em amostras representativas; determinação do grau de fragilidade ambiental. O mapa de fragilidade ambiental foi obtido a partir da integração das características climática, substrato rochoso, declividade, solo e uso e ocupação do solo, por meio de álgebra de mapas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) na escala de 1:100.000, sendo classificado em cinco graus de fragilidade, assim identificadas: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. As maiores fragilidade incluem as áreas urbanas, os sedimentos arenosos expostos na zona de praia, manguezais e bolsões degradados da planície costeira localizados na porção leste e as áreas de pastagem e solo exposto nas porções oeste da bacia. Nas classes que apresentaram fragilidade baixa estão incluídos as rochas do embasamento cristalino, recobertas pela floresta de mata atlântica e da cabruca.

**Palavras-chave:** diagnóstico ambiental, uso e ocupação do solo, planejamento ambiental.

## **ENVIRONMENTAL FRAGILITY OF ALMADA RIVER WATERSHED – BAHIA**

### **ABSTRACT**

This work presents the results of a diagnosis of the environmental fragility of Almada River Watershed, Bahia, Brazil. The methodology was divided into four steps: a) a detailed physical characterization of the study area, based on both primary and previous data; subsequently, b) preparation of a soil map – mainly based on landscape interpretation and on sixty soil profiles distributed all over the watershed; c) physical and chemical analysis of thirty profiles and mineralogical analysis in representative samples; d) determination of the environmental fragility degree. The environmental fragility map was generated from the integration of climate characteristics, geology, slope, soil, soil use and occupation through map algebra manipulated in a Geographical Information System (GIS). Fragility was divided into five degrees, identified as: very low, low, medium, high and very high. Major fragilities include urban areas, sandy sediments areas exposed at coastline, mangrove, degraded coastal areas located at east portion study area; pasture areas and soil-exposed areas at west portion of Almada river watershed. Low fragility classes includes crystalline basement rocks covered by rainforest and Cocoa Agroecosystems.

**Keywords:** environmental diagnosis, soil use and occupation, environment planning.

## INTRODUÇÃO

As interferências antrópicas no meio físico tem sido motivo de apreensão nas últimas décadas, sendo crescente a preocupação com o sistema ambiental. Logo, as alterações nos diferentes componentes do ambiente (ex.: relevo, solo e da cobertura vegetal) podem resultar no comprometimento da funcionalidade do sistema, alterando o seu estado de equilíbrio dinâmico, sendo esta intervenção maior ou menor em função das características intrínsecas do ambiente, ou seja, da fragilidade ambiental.

O estudo integrado do meio físico, aliado a sua característica de uso e ocupação, permite obter um diagnóstico de diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes, tendo como produto sintetizador o mapa de fragilidade ambiental, que permite avaliar as potencialidades dos ambientes de forma integrada, compatibilizando suas características naturais com suas restrições. Além de ser uma ferramenta que pode contribuir com os órgãos públicos e privados na elaboração do planejamento ambiental.

As bacias hidrográficas fazem parte de um complexo sistema ambiental, sendo necessário um planejamento criterioso para equacionar as relações de causa-efeito geradas pelo seu uso, já que é dentro de

sua área que se manifestam os conflitos decorrentes das interações dos aspectos naturais e humanos, e que irão refletir, por exemplo, na qualidade da água, dada pela sua sensibilidade aos impactos. Deste modo, as bacias conferem um excelente campo para estudos de fragilidade ambiental, uma vez que seu estado de equilíbrio pode ser facilmente modificado, resultando em conseqüências que podem ser irreversíveis, dependendo do grau do impacto e da susceptibilidade da área.

A Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA), como qualquer outra bacia que sofre interferência antrópica, apresenta alterações das suas condições naturais, dentre as quais se destacam: poluição dos mananciais hídricos; degradação dos solos e da cobertura vegetal; execução de obras de engenharia, e de atividades agropecuárias. Estes impactos merecem atenção, em função do comprometimento da qualidade ambiental da BHRA, uma vez que esta bacia é a principal fonte hídrica para o abastecimento público das cidades de Almadina, Barro Preto, Coaraci, Itabuna, Itajuípe e Uruçuca; considerada uma área de especulação para implantação de várias obras de engenharia (ex.: porto, aeroporto e ferrovia) e, constituída de belezas cênicas naturais (ex.: Lagoa Encantada), remanescentes florestais de mata atlântica, sítios arqueológicos e paleontológicos.

A BHRA está inserida na região cacauzeira do Estado da Bahia, local em que as formações florestais de mata atlântica foram mais conservadas, devido ao modelo agrícola utilizado (cabruca). A adoção deste modelo fez com que, ao longo de mais de duzentos anos, se conservasse importantes fragmentos de floresta, fauna, solo, além dos recursos hídricos. Porém, desde a década de 90, o cultivo do cacau sofre uma crise, que tem como causa a baixa dos preços no mercado internacional e o intenso ataque de uma praga conhecida como “vassoura de bruxa”, que devastou grande parte da lavoura cacauzeira. Devido à essa crise, houve o abandono da monocultura e uma intensa derrubada de árvores, seja para a exploração comercial da madeira, seja para a implantação de pecuária extensiva.

Tendo em vista a utilização dos recursos naturais e a necessidade de preservá-los, torna-se importante estabelecer diretrizes para o uso e ocupação da BHRA, mas antes se faz necessário identificar as áreas de menor e maior fragilidade ambiental, a fim de subsidiar o seu planejamento.

## **METODOLOGIA**

### **Objeto de Estudo**

A área de estudo compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA) (Figura 1), parte integrante da Bacia do

Atlântico Leste (SRH, 1996). A BHRA é uma bacia marginal, abrangendo uma área de 1.575 km<sup>2</sup> e está localizada na região Sul do Estado da Bahia, limitada a norte e a oeste com a Bacia do rio de Contas, a sul com a Bacia do rio Cachoeira e a leste com o Oceano Atlântico. Engloba áreas dos municípios de Almadina, Coaraci, Ibicaraí, Barro Preto, Itajuípe, Itabuna, Ilhéus e Uruçuca.

### **Levantamento e Tratamento da Base Cartográfica**

Inicialmente, realizou-se o levantamento dos mapas de clima, substrato rochoso, solo e de uso e ocupação do solo, em ambiente SIG, por meio da utilização do software ArcGis Desktop 9.3.

O mapa de clima, na escala de 1:100.000, foi digitalizado do trabalho de Roeder (1975).

O mapa de substrato rochoso da BHRA foi obtido do trabalho de Gomes et al. (2010) na escala de 1:100.000. Este trabalho baseou-se, inicialmente, no levantamento da documentação existente referente à geologia da região, através do Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Folha SD.24-Y-B-VI (ARCANJO et al., 1997) e do Mapa Geológico do Estado da Bahia (BARBOSA; DOMINGUEZ, 1996), observações em imagens de satélite, principalmente, para consolidação das áreas de fundo de vales e

baixadas litorâneas, e trabalhos de campo realizados com o objetivo de checagem das unidades mapeadas.

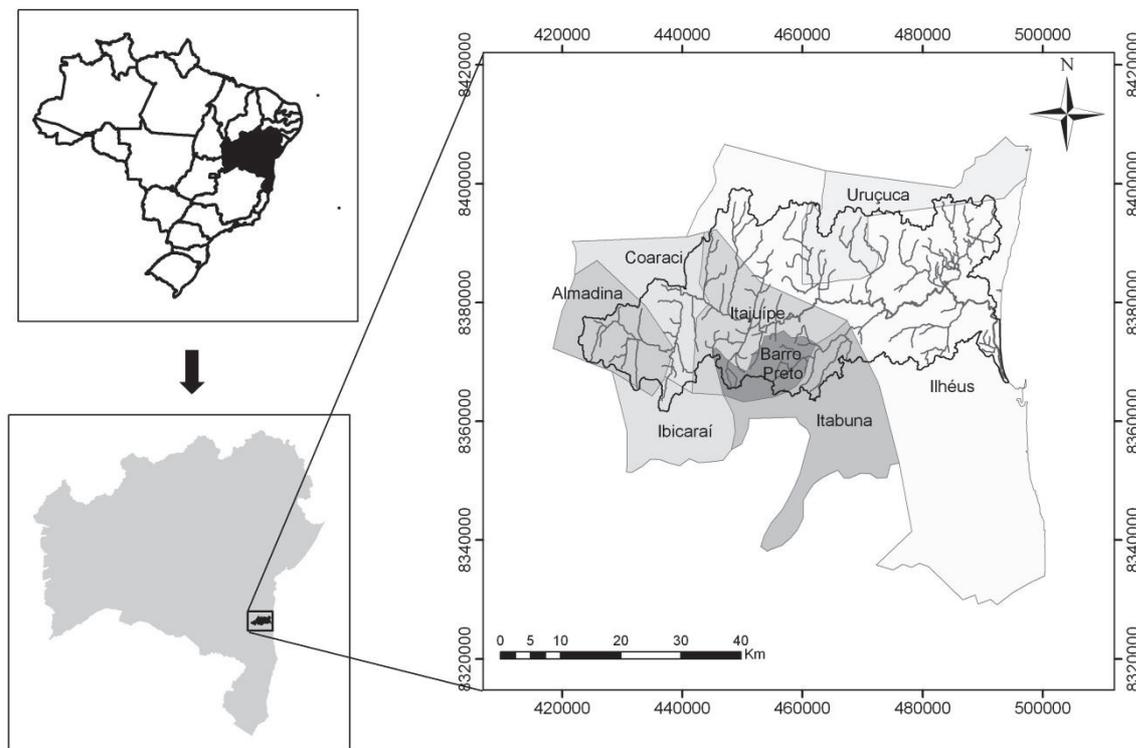


Figura 1. Localização da área de estudo.

Para geração do mapa de declividade utilizou-se os dados do TOPODATA com resolução de 30 m da folha 14\_405\_SN. Para tanto, utilizou-se a opção *slope* do *Spatial Analyst* do ArcGis Desktop 9.3. Com base nessa imagem foram extraídas as classes de declividade (em porcentagem).

O mapa de solo foi elaborado por meio de levantamento de campo, na escala 1:50.000, por meio do método do caminhamento livre (EMBRAPA, 1995), a partir do qual as áreas foram intensamente percorridas de modo a correlacionar pontos

de observação em locais representativos, nos quais foram coletadas o máximo de informações para a caracterização dos solos no campo. A distribuição regional dos solos foi interpretada no contexto da paisagem, buscando correlacionar os diferentes solos com os demais componentes do meio físico, principalmente com o substrato rochoso e o relevo.

Neste estudo foram utilizadas informações de levantamentos de solos pré-existent, realizados pela CEPLAC em municípios inseridos na BHRA, conforme apresentado

a seguir: 12 perfis de solo do trabalho de Melo (1985), 7 perfis de Santana et al. (1986), 2 perfis de Santana et al. (1987), 6 perfis de Carvalho Filho et al. (1987), 2 perfis de Gomes (2002) e 1 perfil do projeto RADAM (BRASIL, 1981) que foram reclassificados para o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006).

Além desses dados foram descritos e coletados 30 perfis de solos de acordo com os critérios estabelecidos por Santos et al. (2005). Os perfis de solos amostrados foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), seguindo critérios morfológicos, químicos, físicos e mineralógicos. Assim, foram utilizados ao todo 60 perfis de solos e 125 observações com informações do tipo de classe de solo e descrição da paisagem.

O mapa de uso e ocupação do solo da BHRA foi elaborado a partir de uma imagem do sensor TM do LANDSAT 5, 2006, utilizando as cenas 215/70 e 216/70. Aplicou-se o melhoramento do aspecto visual da imagem através da metodologia proposta por Richter (2000), com a remoção dos efeitos da atmosfera devido à absorção e dispersão da luz (correção atmosférica), no *software* Erdas 9.2. A correção atmosférica possibilitou melhor classificação da imagem e diferenciação dos alvos presentes, assim, tornou-se

possível diferenciar áreas de mata, cabruca, pastagem/cultivo de subsistência, restinga, solo exposto, área úmida, área urbana e corpos hídricos, devido às diferenças de espectros e reflectâncias.

O processo de classificação foi realizado a partir da composição das sete bandas espectrais atmosféricamente corrigidas, utilizando o nível de cores RGB 3,4,5. Foi utilizado o método de classificação supervisionada a partir da retirada de amostras espectrais da imagem. No ambiente do *software* Erdas 9.2, utilizaram-se os módulos, *Signature Editor* e *Aol Tool* do ERDAS *imagine* 9.2. A diferenciação das classes de uso e ocupação foi autenticada pelas diferenças do nível de reflectância.

Vale ressaltar que o reconhecimento das amostras espectrais da imagem contou ainda com o conhecimento das áreas nas visitas a campo, bem como das características levantadas na caracterização da área de estudo, e, por fim, da sua validação em campo.

### **Geração do Mapa de Fragilidade Ambiental**

Na avaliação da fragilidade ambiental da BHRA foram utilizadas informações provenientes das características do clima, do substrato rochoso, da declividade, do solo e do uso e ocupação do solo,

considerando o grau de sensibilidade de cada um destes atributos.

Inicialmente, estabeleceu-se a hierarquização das classes dos atributos de cada plano de informação de acordo com o seu grau de fragilidade. A cada classe foi atribuído um índice numérico de 1 a 5

(Tabela 1), sendo este valor diretamente proporcional ao nível de influência, ou seja, quanto maior o índice menor o grau de proteção, conforme proposta do trabalho de Ross (1994). Vale ressaltar que foi verificada a coerência dos resultados com as observações de campo (validação).

Tabela 1 – Graus de Fragilidade.

<b>Classe</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Muito Baixo	1
Baixo	2
Médio	3
Alto	4
Muito Alto	5

O mapa de fragilidade ambiental (Equação 3) foi obtido pelo cruzamento entre o mapa de fragilidade natural e o de uso e ocupação do solo, como sendo:

$$FA = ([FN]+[FUO])/2 \quad (1)$$

Em que:

FA: fragilidade ambiental

FN: fragilidade natural

FUO: fragilidade de uso e ocupação do solo

Enquanto o mapa de fragilidade natural foi obtido a partir de cruzamento dos atributos: clima, substrato rochoso,

declividade e solo, definida pela seguinte equação:

$$FN = ([C]+[SR]+ [D]+[S])/4 \quad (2)$$

Em que:

FN: fragilidade natural

C: clima

SR: substrato rochoso

D: declividade

S: solo

Tendo em vista, que os graus de fragilidade natural e ambiental foram calculados pelo somatório dos valores atribuídos a cada grau de fragilidade de um

determinado atributo selecionado, e que valores dos atributos hierarquizados não serem necessariamente números inteiros, tornou-se necessário agrupar os valores

obtidos em intervalos de cinco graus de fragilidade, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Intervalos dos Graus de Fragilidade Natural e Ambiental.

<b>Classe</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Muito Baixo	1 – $\leq 1,5$
Baixo	1,5 – $\leq 2,5$
Médio	2,5 – $\leq 3,5$
Alto	3,5 – $\leq 4,5$
Muito Alto	4,5 – 5

Para a geração dos mapas procedeu-se o desenvolvimento de rotinas para a conversão de dados vetoriais em formato matricial (*raster*), com tamanho de célula de 30m, e posteriormente foi utilizada a opção *raster calculator* do ArcGis Desktop 9.3 para o desenvolvimento das operações de álgebra de mapas. A escala cartográfica adotada foi de 1:100.000.

### **Clima**

Face à variação pluviométrica apresentada na área de estudo por três domínios

climáticos, levou-se em consideração esta variável para análise da fragilidade natural. Foram estabelecidos níveis hierárquicos (Tabela 3) referentes às características climatológicas, de acordo com a maior ou menor intensidade do efeito pluviométrico sobre os processos morfodinâmicos (CREPANI et al., 2004). Sendo assim, os comportamentos pluviométricos obedeceram a uma hierarquização de ordem crescente quanto à capacidade de interferência na estabilidade do ambiente.

Tabela 3 - Graus de Fragilidade para o atributo clima.

<b>Classes Climáticas</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Aw	2
Am	2,3
Af	2,5

### Substrato Rochoso

A resistência à erosão das rochas que compõem uma unidade de paisagem natural é consequência de seu grau de coesão. Segundo Crepani et al. (2001), grau de coesão das rochas significa a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem. Nesse sentido, considerou-se na análise o grau de

fragilidade representado pelo grau de coesão dos minerais da rocha em cada unidade mapeada. Desta maneira, as litologias mais antigas do embasamento cristalino receberam valor entre 2,2 e 2,7. Os sedimentos do Grupo Barreiras, representam uma situação intermediária, valor 3. As formações de idade Cretácea receberam valores entre 4,2 e 4,7. E aos sedimentos inconsolidados Quaternários foi atribuído valor 5 (Tabela 4).

Tabela 4 - Graus de Fragilidade para o atributo substrato rochoso.

<b>Classes de Substrato Rochoso</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Complexo Ibicaraí – Gnaisses granulitizados	2,2
Complexo Almadina – granulitos, quartzitos e bandas metabásicas intercaladas	2,2
Granitóides Ibirapitanga-Ubaitaba - Granitóides	2,2
Suíte Intrusiva Itabuna - Sienito	2,3
Complexo São José - Rochas magmáticas granulitizadas	2,5
Rochas Metabásicas	2,7
Grupo Barreiras	3
Formação Sergi – siltitos, arenitos e conglomerados	4,2
Formação Itaparica – folhelhos, siltitos e arenitos	4,5
Grupo Ilhas – arenitos, folhelhos e siltitos	4,5
Formação Urucutuca - folhelhos e siltitos	4,7
Formação Candeias - folhelhos e siltitos	4,7
Depósitos Aluvionares – areias, siltes, argilas e cascalhos	5
Depósitos Flúvio-Lagunares – siltes, argilas e materiais orgânicos	5
Terraços Marinhos – areias com minerais pesados	5

### Declividade

Para se estabelecer as classes de declividade foram utilizados intervalos

(Tabela 5) já consagrados nos estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola associados aos valores já conhecidos de limites críticos da Embrapa (2006). A declividade do terreno apresenta-se como um importante fator a ser analisado no mapeamento da

fragilidade ambiental, pois os processos erosivos podem ser acelerados a partir do grau de inclinação de uma vertente, fornecendo uma boa aproximação para as questões referentes à erosão que ocorre em uma bacia hidrográfica.

Tabela 5 - Graus de Fragilidade para o atributo declividade.

<b>Classes de Declividade (%)</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
<3	1
3 – 8	2
6 – 20	3
20 - 45	4
>45	5

### **Solo**

A resistência dos solos aos processos erosivos é consequência das suas características, tais como textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, consistência e profundidade. As características do solo é que definem sua maior ou menor susceptibilidade aos processos erosivos, daí a importância desta variável para estabelecer a fragilidade do ambiente.

Nas áreas onde ocorrem solos estáveis foi atribuído o valor de fragilidade igual a 1 (Tabela 6). Esta classe de fragilidade é representada pelos LATOSSOLOS, os

quais são solos maduros, bem desenvolvidos, profundos; possuem boas propriedades físicas (permeáveis, porosos, friáveis e de baixa plasticidade).

Já nas áreas onde ocorre a classe dos ARGISSOLOS atribuiu-se valor igual a 2. Estes solos, quando comparados com os LATOSSOLOS, apresentam profundidade menor, são menos estáveis e menos intemperizados. Ocorrem em topografia um pouco mais dissecada e a diferença de textura entre os horizontes A e B dificulta a infiltração de água no perfil destes solos, favorecendo o processo erosivo.

Tabela 6 - Graus de Fragilidade para o atributo pedológico\*.

<b>Classes Pedológicas</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
LATOSSOLO AMARELO/ LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	1
ARGISSOLO AMARELO/ ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO/ ARGISSOLO VERMELHO	2
CAMBISSOLO HÁPLICO	3
LUVISSOLO CRÔMICO	3,5
ESPODOSSOLO FERRIHUMILÚVICO/NEOSSOLO QUARTZARÊNICO	4
GLEISSOLO TIOMÓRFICO/GLEISSOLO MELÂNICO/GLEISSOLO HÁPLICO/ ORGANOSSOLO HÁPLICO	5

\*Para cálculo da média ponderada dos casos que possuem 2 associações de solos foi adotado o seguinte critério: 60% grau de fragilidade + 40% grau de fragilidade = grau de fragilidade final; para casos com 3 associações: 50% grau de fragilidade + 30% grau de fragilidade + 20% grau de fragilidade = grau de fragilidade final.

Os cambissolos e luvisolos foram caracterizados como solos intermediários, sendo atribuídos valores de fragilidade de 3 e 3,5, respectivamente.

Nas áreas onde ocorrem solos mais frágeis, a exemplo dos ESPODOSSOLOS, NEOSSOLOS, GLEISSOLOS e ORGANOSSOLOS foram atribuídos valores de fragilidade entre 4 e 5. De forma geral, esses são solos jovens e pouco desenvolvidos com horizonte A assentado diretamente sobre o horizonte C ou diretamente sobre a rocha mãe (não possuem horizonte B), com lençol freático superficial.

### **Uso e Ocupação do Solo**

Para estabelecer as classes de fragilidade para os diferentes tipos de uso e ocupação do solo levou-se em consideração o papel da vegetação como manto protetor da paisagem (NASCIMENTO; DOMINGUEZ, 2009). A cobertura vegetal responde pela estabilidade dos processos morfodinâmicos. Desta forma quanto mais densa é a cobertura vegetal maior é a capacidade de frear o desencadeamento de processos mecânicos da morfogênese. A baixa energia para a remoção de material e transporte favorece os processos pedogenéticos enquanto restringe os processos morfogenéticos. Por outro lado, a falta de cobertura florestal densa contribui para a instabilidade ambiental, com o

desenvolvimento da morfogênese (TRICART, 1977).

Na Tabela 7 apresentam-se os valores de fragilidade atribuídos a cada tipo de uso e ocupação do solo.

Tabela 7 - Graus de Fragilidade para o atributo uso e ocupação.

<b>Classes de Uso e Ocupação</b>	<b>Grau de Fragilidade</b>
Floresta de Mata Atlântica	1
Cabruca	2
Restinga	3
Pastagem e Cultivo de Subsistência	4
Áreas Úmidas / Área Urbana / Solo Exposto	5

Desta maneira, de acordo com os critérios estabelecidos por Tricart (1977) e Nascimento e Dominguez (2009), foram adotados os valores mais baixos, entre 1 e 2 para os terrenos protegidos que apresentam maior densidade da cobertura vegetal, enquanto as classes Restinga e Pastagem/Cultivo de Subsistência receberam valores elevados entre de 3 e 4, respectivamente, considerando a baixa densidade de cobertura. As classes Área Úmida, Área Urbana e Solo Exposto foram consideradas como de alto grau de fragilidade ambiental, justificando a atribuição do valor máximo de 5.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Fragilidade Natural

A análise da fragilidade natural estabeleceu-se a partir do cruzamento dos mapas de fragilidade dos atributos: clima, substrato rochoso, declividade e solo. Os

atributos solo e declividade apresentam grau de fragilidade que variam de muito baixo a muito alto, enquanto que o substrato rochoso fragilidade baixa a muito alta e o clima apenas a fragilidade baixa.

A Figura 2 apresenta o Mapa de Fragilidade Natural, as classes de fragilidade natural encontradas para a área de estudo foram: baixa, média e alta, sendo que 63,3% da área foi classificada como baixa, enquanto 36,7% da área foi classificada como média e alta (Tabela 8).

De acordo com a Figura 6 e com os dados da Tabela 8, as áreas de fragilidade natural baixa são as mais expressivas na BHRA, correspondendo a uma extensão de 996,5 Km<sup>2</sup>. Esta classe de fragilidade localiza-se, preferencialmente, na parte central e nordeste da bacia, principalmente nas áreas de declividades inferiores a 20%, rochas do embasamento cristalino e solos da classe

dos LATOSSOLOS e ARGISSOLOS (Tabela 8).

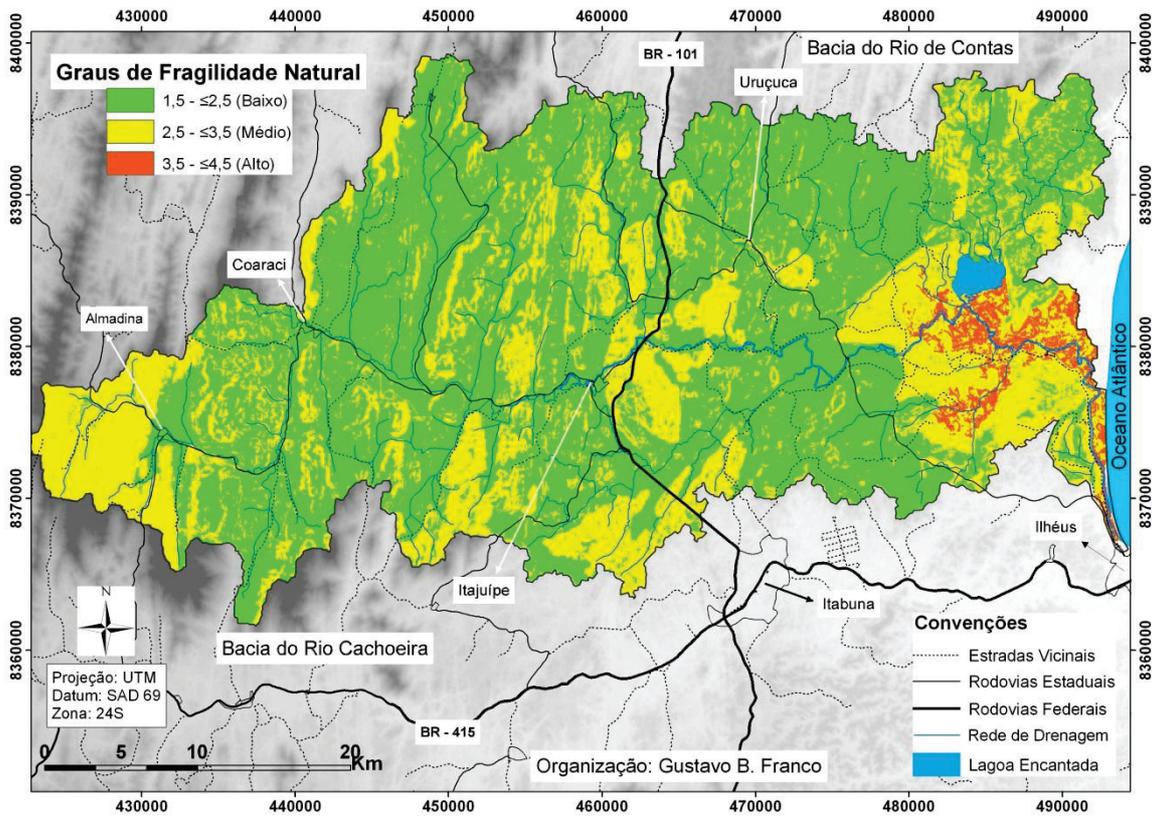


Figura 2. Distribuição dos graus de fragilidade natural da BHRA.

Tabela 8 - Distribuição espacial em Km<sup>2</sup> das classes de Fragilidade Natural e suas respectivas porcentagens.

Graus de Fragilidade Natural	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentagem (%)
Baixa	996,5	63,3
Média	543,5	34,5
Alta	35	2,2
<b>Total</b>	<b>1575</b>	<b>100</b>

A classe de fragilidade natural média abrange 34,5% da área da bacia, estendendo-se por 543,5 Km<sup>2</sup>, sendo a segunda classe predominante. A sua distribuição na parte central está relacionada às áreas de relevo movimentado; na porção oeste aos domínios das serras e dos LUVISSOLOS;

e na porção leste associados à bacia sedimentar e aos depósitos quaternários da planície costeira, bem como à presença de solos de maior fragilidade.

A classe de fragilidade natural alta representa um percentual de 2,2% na BHRA, o que corresponde a 34,65 Km<sup>2</sup>, sendo a de menor ocorrência. Concentra-se

na porção leste da bacia, próximo da foz do rio Almada. Apesar desta classe estar localizado numa área de baixas declividades, o substrato rochoso (Formações do Cretáceo e Depósitos Quaternários) e o solo (ESPODOSSOLOS, NEOSSOLOS, GLEISSOLOS e ORGANOSSOLOS) foram determinantes para a classificação de fragilidade natural como alta, já que estas variáveis apresentam maior fragilidade.

### Fragilidade Ambiental

Para a análise da fragilidade ambiental de estudo, além de considerar os elementos naturais constantes na fragilidade natural, acrescenta-se nesta análise o grau de fragilidade do atributo uso e ocupação do solo. Este caracteriza-se pelo grau de proteção dado ao solo pela vegetação atual e pela interferência da atividade antrópica

(agrícola e urbana) sobre o meio natural e suas conseqüências.

A Tabela 9 apresenta a quantificação das áreas de diferentes classes de fragilidade ambiental do mapa ilustrado na Figura 3. Nota-se que 75,3% da área de estudo insere-se nas classes de fragilidade ambiental muito baixa e baixa, o que corresponde a 1193,75 Km<sup>2</sup>. Já a fragilidade ambiental média abrange 18,8% da área total, o que corresponde a 294 Km<sup>2</sup>. O restante da área, equivalente a 5,9%, se enquadra na classe de fragilidade ambiental alta. É possível perceber que os percentuais das classes de fragilidade natural sofreram alterações em função do grau de proteção atribuído ao uso e ocupação do solo, ou seja, houve a formação de um novo cenário de fragilidade.

Tabela 9 – Distribuição espacial em Km<sup>2</sup> das classes de Fragilidade Ambiental e suas respectivas porcentagens.

<b>Graus de Fragilidade Ambiental</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Muito Baixa	15,75	0,1
Baixa	1178	75,2
Média	294	18,8
Alta	87,25	5,9
<b>Total</b>	<b>1575</b>	<b>100</b>

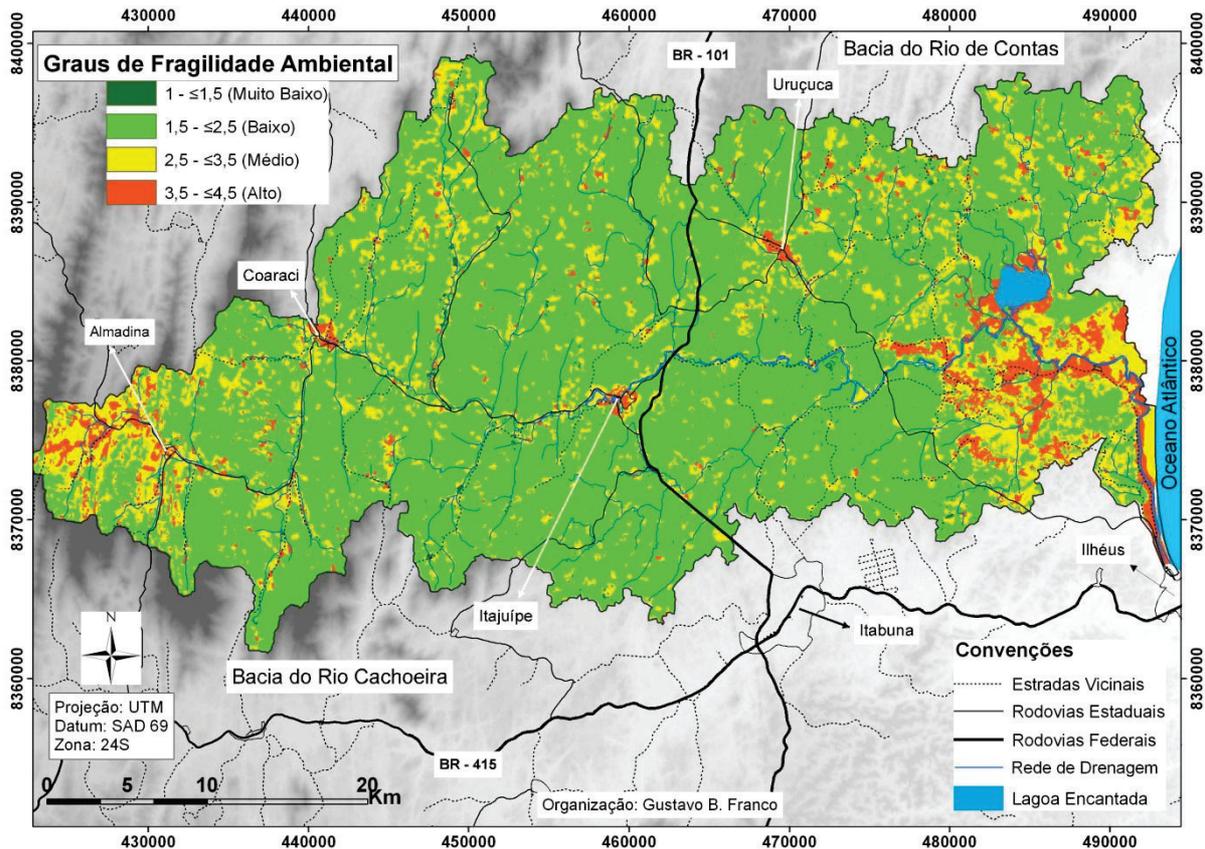


Figura 3. Distribuição dos graus de fragilidade ambiental da BHRA.

Ao comparar a representatividade das classes de fragilidade natural (Tabela 8) com as classes de fragilidade ambiental (Tabela 9) observa-se que o grau de fragilidade natural baixa (63,39% da área) passa a ter maior representatividade na fragilidade ambiental, com de 75,2% de cobertura. Por outro lado, a classe de fragilidade natural média, que representa 34,5% da área, diminuiu para 18,8% na fragilidade ambiental. Já a classe de fragilidade alta aumentou de 2,2% para 5,9%.

O aumento de áreas de classe de fragilidade baixa acompanhada da redução de áreas de classes de fragilidade média

deve-se a atuação da cobertura vegetal de mata e cabruca, demonstrando o quão importante é a preservação dos fragmentos de Mata Atlântica na Bahia e um dos mais significativos do país. Já o aumento da classe de alta fragilidade deve-se a influência da cobertura de áreas úmidas, pastagens, áreas de solos exposto e áreas urbanas.

A fragilidade ambiental muito baixa é a de menor representação na bacia (0,1%), localizada em fragmentos bem preservados de mata, baixas declividades, domínio dos ARGISSOLOS (fragilidade baixa) e sobre as rochas do embasamento cristalino (fragilidade baixa).

As áreas de grau de fragilidade ambiental baixa são as mais representativas (75,2%), correspondendo a 1178 Km<sup>2</sup>. O alto valor percentual desta classe deve-se ao fato de que: 66,1% da área da bacia está localizada em declives menores que 20%, considerados de baixa a média fragilidade; 86% da área da bacia é composta por rochas do embasamento cristalino, as quais apresentam menor fragilidade quando comparados com as das Bacia Sedimentar, Grupo Barreiras e os Depósitos Quaternários; a baixa diferenciação entre os índices pluviométricos que definem os três domínios a que a bacia está submetida, sendo estes domínios relacionados ao grau de fragilidade baixo; os solos de fragilidade muito baixa e baixa que cobrem cerca de 89,1%; e o uso e ocupação do solo de fragilidade muito baixa e baixa que representam 77,9% da BHRA.

As áreas de grau de fragilidade médio cobrem 294 Km<sup>2</sup>, ou seja, 18,8% da área total, sendo o segundo grau de fragilidade dominante na área. Esta classe distribui-se por toda a bacia ao longo das calhas de drenagem e estradas, concentrando-se na porção oeste e leste da bacia aos redores das áreas de fragilidade alta.

A fragilidade ambiental alta é a terceira classe mais representativa na BHRA, presente em 5,9% da área total da bacia, correspondendo a 87,3 Km<sup>2</sup>. Observa-se na Figura 8, que o grau de fragilidade

ambiental alto distribui-se nas áreas urbanas, no extremo oeste da bacia, em virtude do processo de ocupação por pastagens, maiores declividades, solos de fragilidade média (LUVISSOLOS) e na porção leste e litorânea, em função da baixa fragilidade do substrato rochoso, solo e uso e ocupação do solo. Destaca-se na zona costeira a presença dos ecossistemas mais sensíveis da região, sujeitos às inundações e onde os riscos de contaminação também são elevados.

De forma geral, a contribuição das características de uso e ocupação do solo se dá no sentido de diminuição das fragilidades ambientais em função da presença de bolsões de floresta preservados. Na porção central da bacia, onde ocorre o predomínio de fragilidade natural baixa, a ocorrência de pastagens, localizadas ao longo das calhas da rede de drenagem e das estradas, promove o aumento da fragilidade ambiental para a classe média, e para a classe de fragilidade ambiental alta nos núcleos urbanos. Enquanto na porção oeste da BHRA, a fragilidade que era média na natural passa a ser classificada, em função da presença de pastagem e de solo exposto, como de fragilidade alta, na porção leste as características do uso e ocupação do solo contribuem para a manutenção da fragilidade alta, em função do predomínio

de área úmida, pastagem, solo exposto e área urbana.

Evidencia-se, que o efeito da cobertura vegetal tem um papel muito importante na manutenção do grau de fragilidade ambiental baixo, uma vez que, mesmo apresentando um percentual de 69,3% de fragilidade natural baixa, a mata e a cabruca não só mantiveram o alto percentual deste grau, como houve um acréscimo de 5,9% de áreas com fragilidade baixa em relação à situação de fragilidade natural.

Analisando outras pesquisas que identificaram áreas de fragilidade ambiental em bacias hidrográficas nota-se que a BHRA apresenta baixas concentrações de áreas com grau de fragilidade ambiental alto (5,9%) e nenhuma área de grau muito alto, em comparação a outros somatórios de percentuais de fragilidade ambiental alta e muito alta. Pode-se citar como exemplo os estudos realizados por Spörl (2001) nas altas bacias do rio Jaguari-Mirim, ribeirão do Quartel e ribeirão da Prata (a nordeste do Estado de São Paulo e ao sul do Estado de Minas Gerais). Esta autora aplicou três metodologias na mesma área, tendo encontrado valores de 10,4%, 44,87% e 58,57% de áreas com fragilidade ambiental alta e muito alta. Kawakubo et al. (2005) no Córrego Onofre (São Paulo) definiram 40%; Mello (2008) na bacia hidrográfica

do Rio Verde (São Paulo) obteve valor de 22%; Padilha (2008) no rio Arroio Grande (Rio Grande do Sul) o valor determinado foi de 28,59%; Santos (2008) na Bacia do córrego Bebedouro (Minas Gerais) determinou 31,78% da área como de fragilidade ambiental alta e muito alta.

Mesmo considerando que as características ambientais de cada bacia hidrográfica são peculiares e as metodologias aplicadas serem diferentes, nota-se que a BHRA, diante das características já apresentadas, a exemplo das vastas áreas cobertas por floresta, apresenta valores baixos de fragilidade ambiental alta, fato que reforça a importância de preservação ambiental da bacia para que não haja aumento das áreas de grau alto e surgimento de áreas de grau de fragilidade ambiental muito alto.

## CONCLUSÕES

A identificação dos graus de fragilidade apresentadas neste estudo, permite estabelecer limitações de uso e ocupação do solo, principalmente, naquelas áreas que apresentaram fragilidade ambiental alta. Por outro lado, deve-se ter cautela com relação às áreas de menor fragilidade, pois apesar de apresentarem maior potencial de uso, muitas vezes tem sua baixa fragilidade relacionada à presença de bolsões de mata atlântica, que devem ser preservados. Logo, a implantação de empreendimentos

e os novos usos a que a BHRA possa ser submetida, deverão ser estudados de modo minucioso, uma vez que tal interferência irá refletir de modo diferenciado nos atributos ambientais.

Vale ressaltar que a fragilidade ambiental determinada reflete a fragilidade atual, pois, à medida que há mudança de uso e ocupação na bacia, altera-se o grau de fragilidade, em função da dinâmica de ocupação, requerendo, portanto, constantes atualizações dos dados, como condição necessária à utilização em anos consecutivos. Este processo de atualização deverá permitir o monitoramento das áreas frágeis, bem como, cadastrar e analisar outras que venham a surgir.

Conclui-se que as informações levantadas e analisadas constituem produtos que poderão subsidiar tomadas de decisões, priorizando ações que venham a minimizar os danos ambientais, orientar o manejo do solo e a recuperação ambiental da BHRA.

## REFERÊNCIAS

- ARCANJO, J. B., et al. **Programa de Levantamentos Geológicos do Básico do Brasil, Itabuna, Folha SD-24-Y-B-VI**. Estado da Bahia. Escala 1:100.000. Brasília: CPRM, 1997. vol. 1, 276p.
- BARBOSA, J. S. F.; DOMINGUEZ, J. M. L (Coords.). **Geologia da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo**. Salvador: SICM/SGM, 1996. 400 p.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL**. SD24 Salvador. Rio de Janeiro, 1981. 623p.
- CARVALHO FILHO, R.; MELO, A. A. O. de.; SANTANA, S. O. de.; LEÃO, A. C. **Levantamento semidetalhado dos solos do município de Ilhéus**. Boletim Técnico 147. CEPLAC: Ilhéus, 1987. 84p.
- CREPANI, E. et al. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. São José dos Campos: INPE, 2004. 92p.
- CREPANI, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. 124p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília: Embrapa, 1995. 116 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2º ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- GOMES, F. H. **Caracterização de solos de manguezais e de restinga no município de Ilhéus-Bahia**. 2002. 96p. Dissertação (Mestrado em Solos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- GOMES, R. L. **Implantação do laboratório de análise e planejamento ambiental da UESC: projeto piloto - avaliação da qualidade ambiental da bacia do Rio Almada e área costeira**

adjacente. **Relatório Final. Ilhéus: FAPESB, 2010. 104p.**

KAWAKUBO, M. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 12, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBSR, 2005. p. 2203-2210.

MELO, A. A. O. de. **Levantamento semidetalhado dos solos do município de Uruçuca.** Boletim Técnico 129. CEPLAC: Ilhéus, 1985. 52p.

MELLO, J. P. de. **Ensaio Cartográfico para a determinação da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Verde (SP).** 2008. 120p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas. 2008.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia.** *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 395-408, 2009.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Grande, RS.** Dissertação (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2008. 86p.

RICHTER, R. **Atmospheric correction algorithm for flat terrain: ATCOR2.** Geosystems, 2000. 208p.

ROEDER, M. **Reconhecimento Climatológico.** Rio de Janeiro: Cartografia Cruzeiro do Sul, 1975.

(Diagnóstico Sócio-Econômico da Região Cacaueira).

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia.** São Paulo: FFLCH-USP, n. 8, p. 3-74, 1994.

SANTANA, S. O.; MELO, A. A. O.; LEÃO, A. C. **Levantamento semidetalhado dos solos do município de Itajuípe.** Boletim Técnico 142. CEPLAC: Ilhéus, 1986. 48p.

SANTANA, S. O. de.; MELO, A. A. O. de.; LEÃO, A. C. **Levantamento semidetalhado dos solos do município de Lomanto Júnior, Bahia.** Boletim Técnico 153. CEPLAC: Ilhéus, 1987. 39p.

SANTOS, C. R. **Diagnóstico ambiental e uma proposta de uso da bacia hidrográfica do córrego Bebedouro – Uberlândia/ MG.** 2008. 117p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2008.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 5ª ed. revisada e ampliada. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS - SRH. **Plano diretor de recursos hídricos – Bacias do Leste.** Vol II. Salvador, Bahia. 1996.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-aolo com Aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.** 2001. 159 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977. 180p

---