

## APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE AVALIAÇÃO DO TERRENO E ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ALMADA

**Gilson Santos Silva**

Mestre em Meio Ambiente  
Universidade Estadual de Santa Cruz  
[girogeo@yahoo.com.br](mailto:girogeo@yahoo.com.br)

**Ronaldo Lima Gomes**

Professor Titular Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais  
Universidade Estadual de Santa Cruz  
[rlgomes.uesc@gmail.com](mailto:rlgomes.uesc@gmail.com)

### RESUMO

Este trabalho objetiva a aplicação da técnica de avaliação do terreno e análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Almada (BHRA), localizada na Região Sul do Estado da Bahia. Para tanto, o método adotado inicialmente se utiliza da aplicação da técnica de avaliação do terreno, tendo em vista a compartimentação da bacia em sistemas e unidades de relevo. Em seguida, dados de declividade, solos e uso e ocupação do solo são avaliados no sentido do conhecimento de suas fragilidades ambientais. Por fim, para cada um dos sistemas e unidades de relevos mapeados foi delineado o seu quadro de fragilidade ambiental, contextualizando, dessa forma, as potencialidades e limitações de diferentes unidades territoriais da BHRA. Os resultados encontrados apresentam um cenário em que a classe de fragilidade ambiental baixa representa 15,34% da bacia e possui maior representatividade nos sistemas de terreno Planície Litorânea e Rio Paraíso. A classe de média fragilidade é a de maior expressão na BHRA (69,14%) e em todos os sistemas de terreno da BHRA, representando mais de 60% de cobertura dos mesmos. Já as classes de alta a muito alta fragilidade, quando somadas, englobam aproximadamente 15,52% de toda a área da BHRA, e distribuem-se, com maior representatividade, em áreas do sistema Almadina-Coaraci, em virtude do atual processo de ocupação por pastagens.

**Palavras-chave:** Técnica de Avaliação do Terreno, Fragilidade Ambiental, Bacia Hidrográfica do Rio Almada.

### LANDFORM MAPPING AND ENVIRONMENTAL FRAGILITY ASSESSMENT IN ALMADA RIVER HYDROGRAPHICAL BASIN

#### ABSTRACT

This paper aims at applying the landforms assessment technique and environmental fragility analysis of the Almada river Hydrographical basin (ARHB), located in southern region of Bahia State - Brazil. Thus, the method adopted initially using the application of landforms assessment technique in order to partition the ARHB in systems and relief units. Next, data from landforms, soils and land use cover are assessed in order to know their fragilities. Finally, for each systems and units of relief was outlined mapped its staff of environmental fragility, contextualizing, thus, the potential and limitations of different ARHB territorial units. The results delineate a scenario in which the class of low environmental fragility represents 15.34% of the basin and have greater representation in the coastal plain system. The middle fragility class is the highest expression in ARHB (69.14%) and all of BHRA Land Systems, representing more than 60% coverage of them. Since the classes of high to very high fragility, combined, comprises approximately 15.52% of the entire area of BHRA, and distributed, with greater representation in the areas of Almadina-Coaraci System, under the current process of occupation pasture.

**Keywords:** Landforms mapping, Environment assessment, Almada River hydrographical Basin.

---

Recebido em 11/11/2010

Aprovado para publicação em 10/03/2010

## INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BHRA) localiza-se na Região Sul do Estado da Bahia, em áreas dos municípios de Almadina, Coaraci, Ibicaraí, Lomanto Júnior, Itajuípe, Itabuna, Ilhéus e Uruçuca, entre as coordenadas 14°26'/14°50' Sul e 39°03'/39°44' Oeste, recobrando 1572,46Km<sup>2</sup> (Figura 1). Destaca-se como um dos principais sistemas naturais da região em função da extensa cobertura vegetal da Cabruca (mata atlântica raleada por plantio de cacau), bolsões de mata atlântica preservados, restingas e manguezais, além da imponente presença de um lago natural de 6,6Km<sup>2</sup> denominado de Lagoa Encantada. Tais atributos contribuem para que a área da BHRA seja atualmente considerada uma unidade de conservação do tipo Área de Proteção Ambiental (APA).

Atualmente, as características físico-ambientais da BHRA são particularmente conhecidas em função da execução de trabalhos desenvolvidos, principalmente, por pesquisadores da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e da Comissão Executiva do Plano de Desenvolvimento da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), instituições localizadas nas proximidades e contexto regional da bacia.

Nesse sentido, com o conhecimento dos dados de diagnóstico ambiental, mais precisamente os disponíveis nos trabalhos de SRH (2001) e Gomes *et al.* (2010), torna-se possível ampliar o conhecimento a cerca das relações entre os atributos ambientais com o objetivo de delinear o quadro das potencialidades e limitações destes, frente as solicitações impostas pelo processo de uso e ocupação da BHRA. Para tanto, este trabalho propõe duas ações metodológicas distintas que visam contribuir com o pré-zoneamento da bacia e com o conhecimento das fragilidades ambientais de seus atributos. Inicialmente, a metodologia adotada se utiliza da aplicação da Técnica de Avaliação do Terreno, tendo em vista a compartimentação da BHRA em sistemas e unidades de relevo.

Esta técnica foi difundida no Brasil, principalmente, pela execução do trabalho de Lollo (1995). Em seguida, utilizando a metodologia de Ross (1994), foi realizada a análise das fragilidades natural e ambiental, a partir do conhecimento e ponderação dos atributos de solos, declividade e características de uso e ocupação. Por fim, para cada um dos sistemas e unidades de relevos mapeados foi delineado o seu quadro de fragilidade natural e ambiental, contextualizando, dessa forma, as potencialidades e limitações de diferentes unidades territoriais da BHRA.

Do exposto, considera-se que o zoneamento da bacia em unidades de relevo, aliado ao conhecimento de suas fragilidades ambientais, possa ser utilizado como instrumento de suporte ao planejamento de ocupação do espaço geográfico, levando-se em conta a relação existente entre a dinâmica natural do meio ambiente e as pressões exercidas pelas atividades antrópicas.

## O CONHECIMENTO DO PROBLEMA

De acordo com Lollo (1995) a Técnica de Avaliação do Terreno fundamenta-se na identificação, interpretação e análise de feições do terreno (*landforms*) que podem ser vistos como reflexo da atuação dos processos naturais sobre os materiais da superfície da Terra, devendo refletir as condições dos mesmos.

Este autor argumenta que para o melhor entendimento da aplicação desta técnica no Brasil tem-se que remeter à discussão sobre a evolução das formas em clima tropical e suas diferenças em relação ao que ocorre em clima temperado. Em linhas gerais, o autor advoga que diversos fatores contribuem para a evolução das formas de relevo, a exemplo da erosividade, lixiviação, mobilidade de fluidos, variabilidade vertical e lateral do fluxo de água, dentre outros, sendo influenciado, de maneira marcante, pelo clima local, o que condiciona a evolução das formas e dos perfis de alteração.

A aplicação desta técnica permite a divisão do terreno em parcelas cada vez menores, respeitando-se o grau de homogeneidade refletida pelas formas de relevo (LOLLO & ZUQUETTE, 1998).

A delimitação das feições pode ser realizada por fotografias aéreas, imagens de satélite ou modelo digital do terreno (MDT), complementadas por meio de trabalhos de campo.

Zuquette e Gandolfi (2004) comentam que são três os níveis hierárquicos utilizados para se

realizar a avaliação do terreno (Figura 2), a saber: Sistema de Terreno - associação de feições que representam grandes expressões do relevo; Unidade de Terreno - forma individual componente do Sistema de Terreno, distinguível por fazer parte de um subconjunto do mesmo. Sua classificação é realizada a partir de características morfológicas como inclinação do relevo, amplitude, forma topográfica e característica da estrutura de drenagem; Elemento de Terreno - porção que compõe a Unidade de Terreno, a exemplo de topos, encostas e vales, o qual é reconhecido pela coleta de informações e o conhecimento do intérprete sobre o terreno.

Lollo (1998) aplica a Técnica de Avaliação do Terreno no município de Ilha Solteira (SP), até o nível hierárquico de elemento do terreno, em função da escala de trabalho de 1:10.000. Para trabalhos em escala regional, o autor argumenta que as pesquisas ficam restritas ao nível hierárquico de unidade de terreno, em função das grandes dimensões das formas e dos sensores utilizados, que normalmente possuem escala superior a 1:60.000.

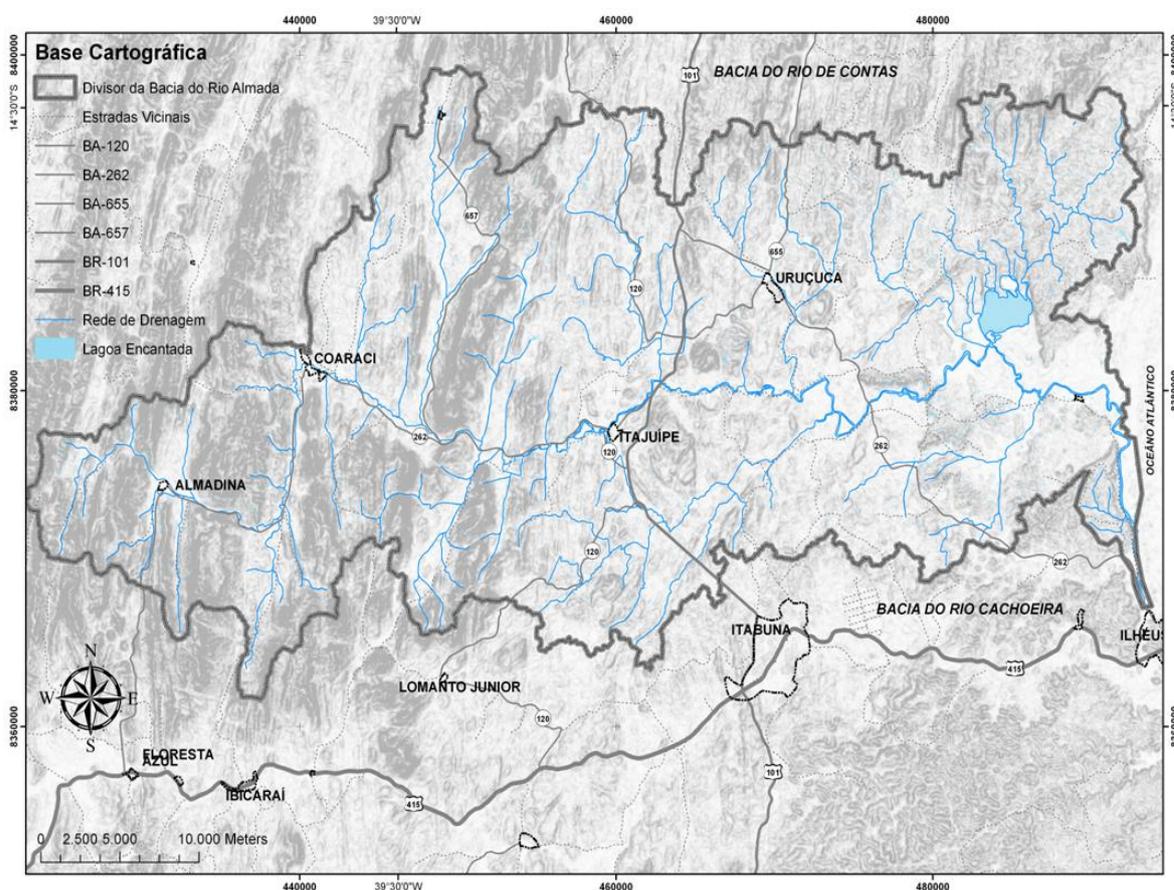


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Almada.

Mais recentemente, com a evolução da cartografia geoambiental no Brasil, vários estudos, a exemplo de Amorim & Pejon (2007), Trentin & Robaina (2005), Silva (2003), Rodrigues (2003) e Ribeiro (2002), começam a privilegiar as bacias hidrográficas vendo nelas uma oportunidade de se aplicar a Técnica de Avaliação do Terreno em caráter regional, envolvendo análises de ordenação de uso e ocupação do solo, análise morfométrica do relevo, análise de processos erosivos, etc.

Apesar disso, ainda existe uma predominância de trabalhos em escalas de detalhe e com temas relacionados às características eminentemente geotécnicas aplicadas em áreas urbanas e rurais, a exemplo de análises de risco a escorregamentos, escavabilidade do substrato

rochoso, susceptibilidade à erosão, análises geotécnicas em áreas urbanas, etc., desenvolvidos em trabalhos de autores como Kopezinsk & Zuquete (1998), Rodrigues & Pejon (1998) e Almeida & Rodrigues (1998).

Já o conceito de fragilidade ambiental, segundo Tamanini (2008), diz respeito à vulnerabilidade do ambiente em sofrer qualquer tipo de dano e está relacionada com fatores de desequilíbrio de ordem tanto natural, expresso pela própria dinâmica do ambiente, como em situações de elevadas declividades e alta susceptibilidades erosiva dos solos, quanto antropogênica, a exemplo do mau uso do solo e de intervenções em regimes fluviais.

Dentre os estudos de fragilidade ambiental destacam-se os realizados por Ross (1990, 1994) onde se propõe uma metodologia para avaliar as fragilidades dos ambientes naturais e antropizados. Ross (1990) se baseia nos estudos de Estabilidade/Instabilidade Ecodinâmica desenvolvidos por Tricart (1977), os quais definiram as denominadas Unidades Ecodinâmicas Básicas, a saber: Unidade Ecodinâmica Estável, Unidade Ecodinâmica Intergrades e Unidade Ecodinâmica Instável. Para Tricart (1977) um ambiente estável é aquele que foi poupado da ação direta do homem, estando suas relações de troca de energia e matéria ligadas à dinâmica natural, enquanto que um ambiente instável se configura a partir da intervenção do fazer humano, modificando a paisagem para atendimento de suas necessidades. Ross (1994) aprimora esses conceitos em seus estudos classificando as Unidades Ecodinâmicas em unidades de Fragilidade Potencial e de Fragilidade Emergente ou Ambiental.

Kawakubo *et al.* (2005) afirmam que a fragilidade potencial está ligada a vulnerabilidade natural do ambiente e que a fragilidade emergente ou ambiental se relaciona com a vulnerabilidade natural dos ambientes associada ao grau de proteção que os diferentes tipos de uso e de cobertura vegetal exercem. Para obtenção da fragilidade potencial e emergente ou ambiental, Ross (1994) utiliza atributos físico-ambientais derivados de características de relevo, solo e de uso e ocupação. As declividades do terreno, por exemplo, foram agrupadas em classes de fragilidade que vão de muito fraca até muito forte, de modo a representar tanto áreas planas, quanto áreas mais íngremes do relevo.

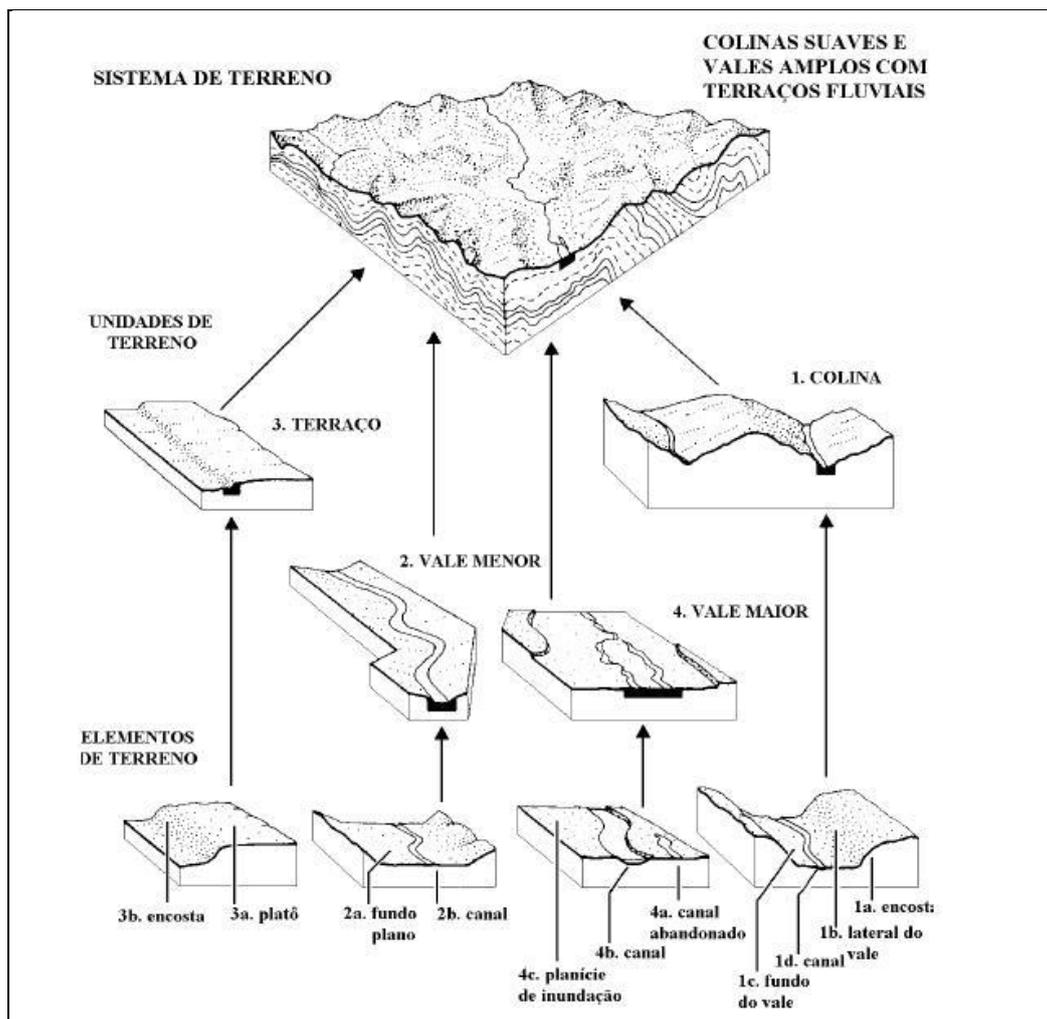
Os tipos de solos foram classificados segundo suas características de fragilidade frente ao desenvolvimento de processos erosivos. Já para as características de uso e ocupação, o autor relaciona os graus de proteção que as mesmas exercem com os índices de fragilidade, em uma relação inversamente proporcional, de modo que as áreas mais preservadas são detentoras de graus de proteção mais altos e, conseqüentemente, menores índices de fragilidade. Por outro lado, as áreas intensamente antropizadas, por proporcionarem um menor grau de proteção, possuem um maior índice de fragilidade.

Segundo Ross (1994), do cruzamento de informações de relevo e de solos gera-se a fragilidade potencial ou natural, sendo este, em seguida, processado juntamente com os dados de uso e ocupação do solo, para a produção da fragilidade emergente ou ambiental.

Trabalhos recentes como os de Spörl & Ross (2004), Cereda Junior (2006), Silveira & Oka-Fiori (2007), Donha *et al.* (2006) adaptaram e aplicaram a metodologia proposta por Ross (1994), os quais concentraram-se, principalmente, na avaliação das fragilidades ambientais em bacias hidrográficas.

## MÉTODO ADOTADO

A Figura 3 exemplifica os procedimentos adotados para a aplicação da Técnica de Avaliação do Terreno e análise das fragilidades ambientais da BHRA. Conforme exposto, em princípio foram realizadas atividades no sentido de organização da base cartografia e de dados temáticos digitais já existentes na área da BHRA, a partir da manipulação de planos de informação em ambiente de SIG. Dessa forma, em função da área da bacia e dos trabalhos de cobertura plani-altimétrica existentes, os trabalhos de cartografia foram desenvolvidos na escala 1:100.000 com a utilização e adaptação dos dados da folha topográfica SD.24-Y-B-VI do IBGE, a qual contém informações plani-altimétricas representadas por curvas de nível com equidistância de 40 m.



Fonte: modificado de Lollo (1995).

Figura 2 - Níveis hierárquicos para aplicação da Técnica de Avaliação do Terreno.

Desta base de dados foram extraídas informações de rede de drenagem, localidades, rodovias e acessos. Para as informações de relevo (hipsometria e declividade), optou-se pela utilização de dados provenientes do MDT adquirido do projeto TOPODATA (VALERIANO, 2008), com resolução espacial de 30m. As informações geradas pelo MDT, utilizando-se o programa ArcGis 9.3, serviram para a posterior análise das características de formas do relevo da BHRA, além de auxílio ao estudo das fragilidades ambientais.

A organização da base de dados georeferenciada sobre os atributos ambientais da área, a exemplo dos dados vetoriais poligonais referentes ao substrato rochoso, solos e domínios geomorfológicos, foram obtidos a partir dos estudos elaborados por Gomes *et al.* (2010). A Figura 4 sintetiza os dados temáticos utilizados.

Em seguida a organização da base cartográfica e consolidação dos dados temáticos iniciou-se o procedimento de escolha e manipulação do sensor remoto que melhor se adaptasse as características da escala de trabalho e cobertura da BHRA. Nesse sentido, optou-se pela utilização de imagem-cena do satélite LANDSAT 5 sensor *Thematic Mapper - TM* gerada junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), datada do dia 20 de maio de 2006, tendo como referência a órbita 216/070, sendo uma única imagem representativa de toda a área em estudo (Figura 5). A escolha da imagem foi feita com base na disponibilidade de áreas que contivessem a menor quantidade de nuvens possível (20% na área de interesse).

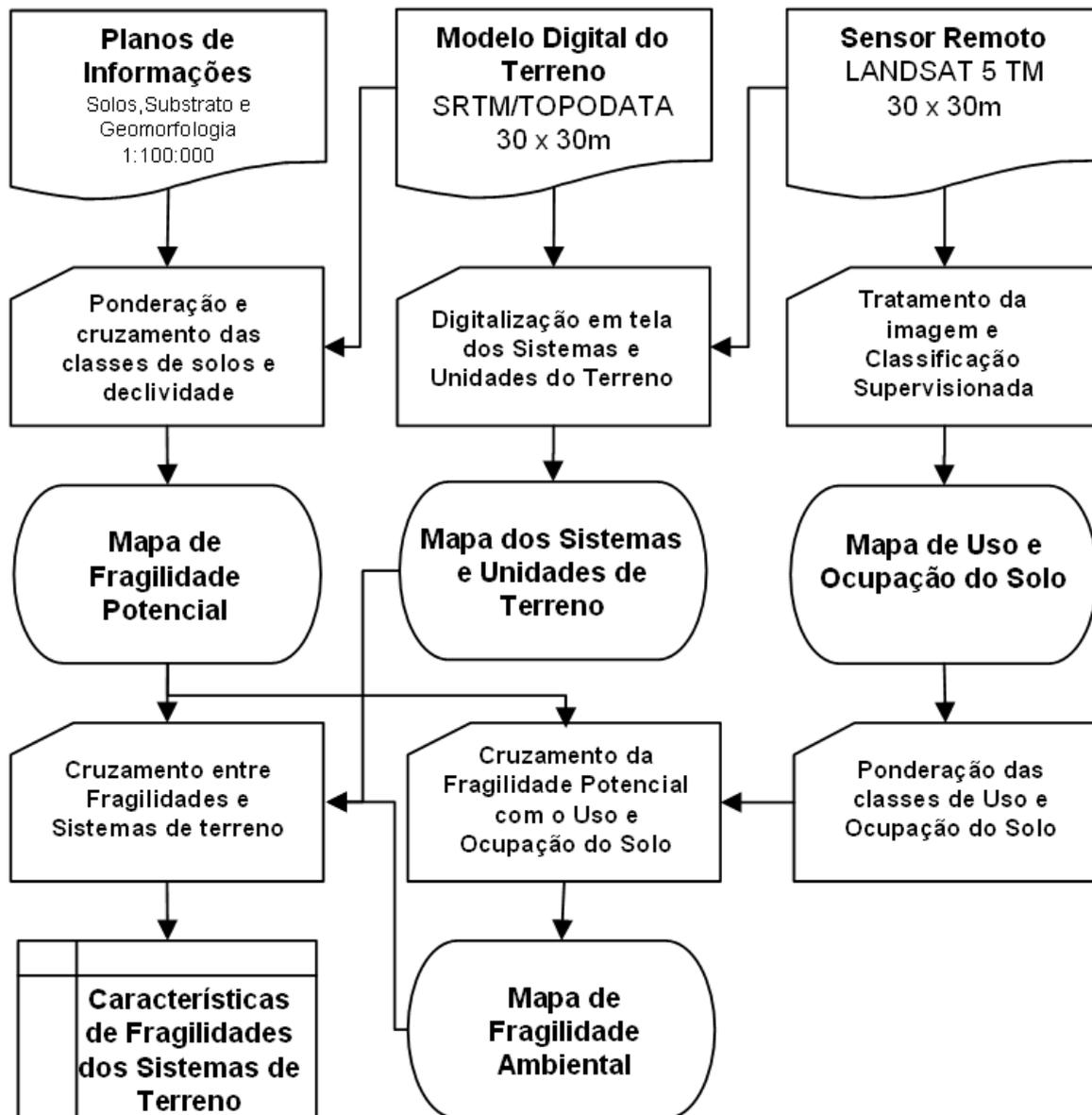
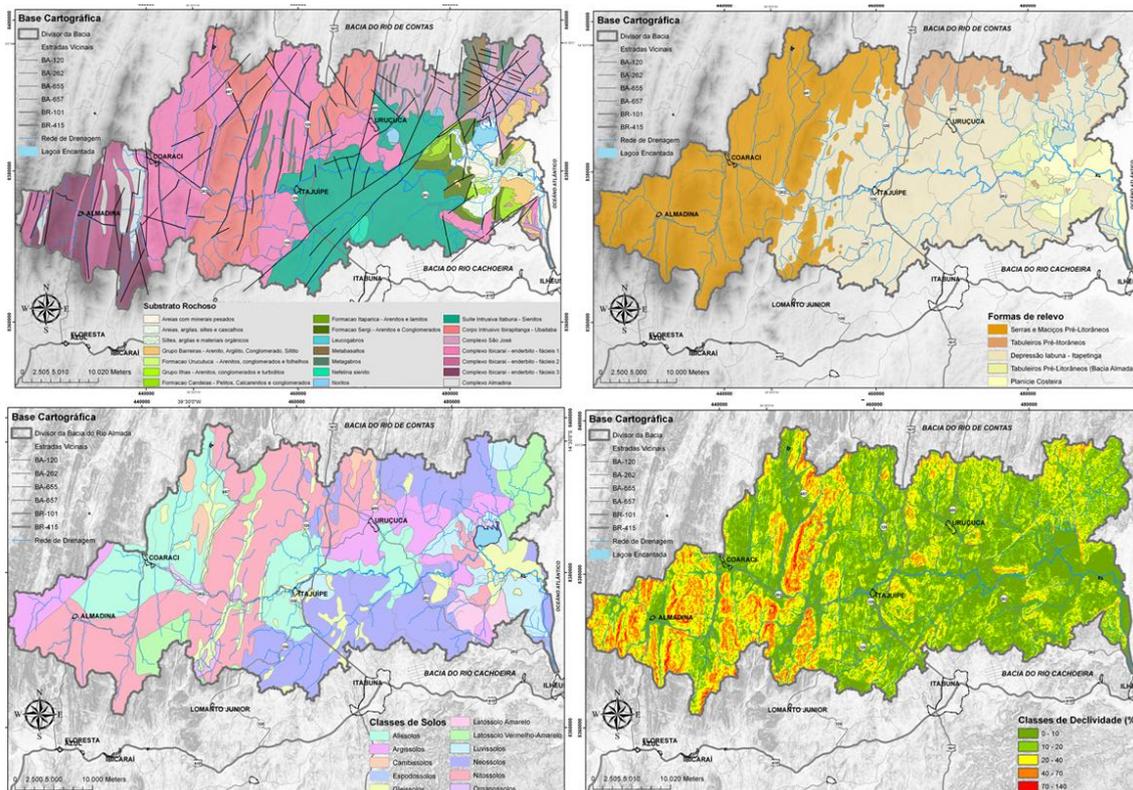


Figura 3 - Fluxograma de atividades do método adotado.

Após o tratamento da imagem de satélite com correções atmosféricas e geométricas, iniciou-se o processo de classificação supervisionada da mesma, tendo em vista a caracterização do uso e ocupação do solo da BHRA. Para tanto, foram utilizados os módulos *Signature Editor* e *Aoi Tool* do programa *ERDAS Imagine 9.2*. O *Signature Editor* é o ambiente no qual são organizadas as amostras de treinamento a serem coletadas na imagem enquanto que o *Aoi Tool* é a caixa de ferramenta utilizada para delimitação e coleta dos polígonos representantes dos pontos de amostragem na imagem, os quais somaram um valor igual a 44.

A amostra representativa de cada uma das diferentes tipologias de uso e ocupação refere-se a uma determinada quantidade de *pixels* coletada na imagem e serve de parâmetro para classificação. Dessa forma é possível captar a informação existente na amostra e expandir a sua ocorrência por toda a imagem. No intuito de suavizar os ruídos encontrados na imagem de saída pós-

classificação, foi aplicado um filtro que considerou uma área mínima mapeável, dentre as tipologias de uso e ocupação dos solo, sendo a mesma com valor igual a 1 hectare (. Para tanto, foi utilizado o programa ArcGis 9.3 o qual considerou por meio de comandos que todos os grupamentos de *pixels* que contivessem áreas inferiores a 1 hectare (0,1 Km<sup>2</sup>), fossem agrupadas na área adjacente de maior representatividade. Com este procedimento foram classificados os principais tipos de uso e formas de ocupação da BHRA do ano de 2006, sendo as classes adaptadas da proposta de Ross (1994), a fim de se manter um padrão de classificação que facilitasse a avaliação das fragilidades potenciais e ambientais da área em estudo.



(Adaptada de Gomes *et al.*, 2010).

Figura 4 - Distribuição dos tipos de substrato rochoso, formas de relevo e solos da BHRA

O Mapa de Uso e Ocupação do Solo produzido contém as seguintes classes: Área Urbana (onde se localizam os adensamentos urbanos ou ainda os povoados e distritos pertencentes à área em estudo), Cabruca (sistema de cultivo de cacau sob a mata raleada), Floresta (vegetação secundária de Mata Atlântica relacionada com as áreas de mata ciliar, de floresta ombrófila e de floresta estacional semidecidual), Pastagens (área de vegetação rasteira destinada à produção pecuária com criação de gado ou outros animais), Gramíneas (tipo de vegetação rasteira recobrendo solos arenosos das planícies litorâneas), Áreas Úmidas e Manguezais (Áreas úmidas associadas a várzeas, planícies de inundação e ambientes costeiros de planície de maré), Solo exposto (áreas onde os processos erosivos ou de exploração dos recursos minerais são visíveis) e, Superfície Aquática (áreas representativas do sistema de drenagem da bacia e Lagoa Encantada).

A utilização da imagem de satélite, em conjunto com o MDT, foi útil no processo de mapeamento dos sistemas e unidades do terreno na área da BHRA. A composição das bandas na imagem foi feita de acordo com a configuração que privilegiasse, com maior grau de nitidez, as características

do relevo, sendo a composição selecionada a de seqüência 4(R), 5(G) e 3(B).

Os Sistemas de Terreno foram digitalizados em tela, utilizando-se o programa ArcGis 9.3, levando-se em consideração fatores como descontinuidades geológicas, substrato rochoso e formas de relevo. Foram mapeados 9 Sistemas de Terreno na BHRA, sendo os mesmos representados por nomes associados a localidades, substrato rochoso ou domínio geomorfológico. Já as áreas homogêneas representativas das Unidades de Terreno, foram reconhecidas partindo-se das características de declividade, hipsometria, amplitude de relevo e curvatura das vertentes.

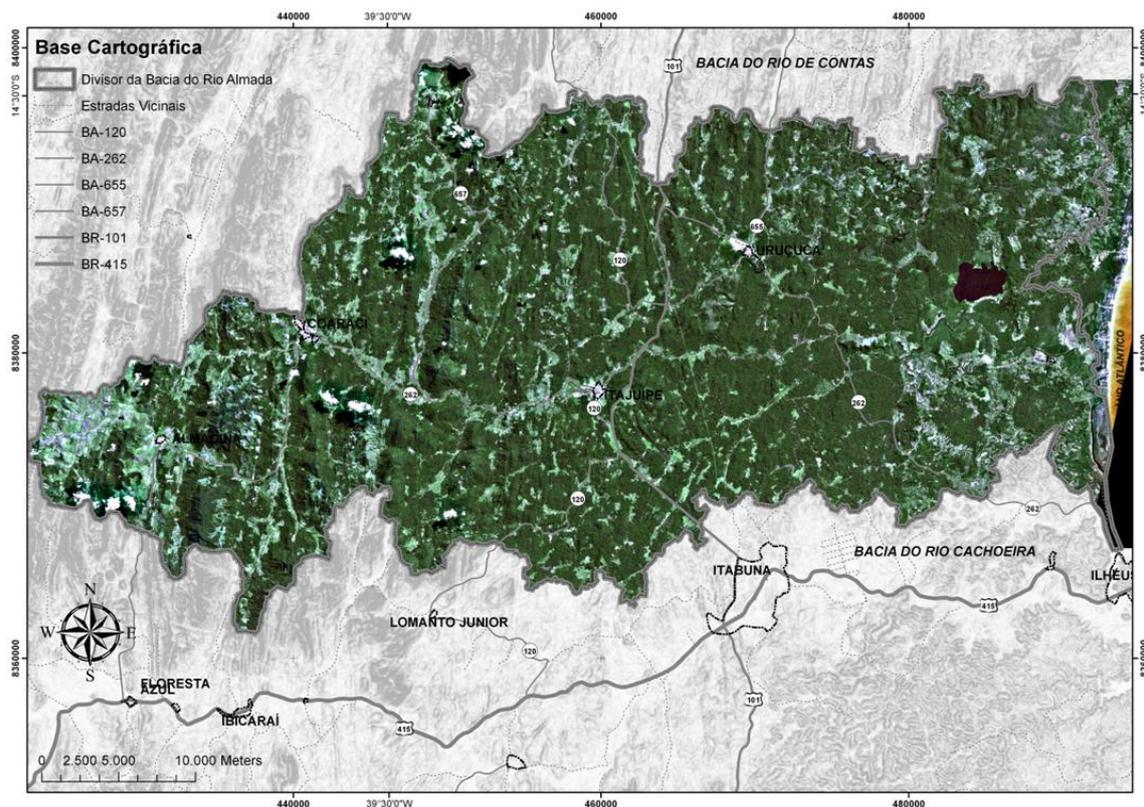


Figura 5 - Imagem LANDSAT 5TM, datada de maio de 2006, nas bandas 1(R), 2(G) e 3(B) da área da BHRA

Para a delimitação das Unidades de Terreno considerou-se como informação de referência declividades de valor de 20% e amplitude de relevo de 100 metros. Com a adoção deste critério foi possível digitalizar em tela, por meio do programa ArcGis 9.3, as unidades de relevo presentes na BHRA, a saber: Planície - Vertentes côncavas ou convexas nas formas associadas, topos ondulados a aplainados, declividades inferiores a 10% e amplitude de relevo menor que 100 m, textura lisa; Colina - Vertentes côncavas ou convexas, topos ondulados a aplainados, declividade entre 10% e 20% e amplitude do relevo menor que 100m, textura rugosa; Vales - Vertentes convexas ou côncavas, declividades variadas e amplitude de terreno variada, textura lisa com algumas rugosidades nas formas associadas; Morrote - Vertentes comumente convexas, topos arredondados, declividades maiores que 20% e amplitude de relevo menor que 100 m, textura rugosa e, Morro - Vertentes convexas a retilíneas, topos ondulados e/ou angulosos, declividades maiores que 20% e amplitude de relevo maior que 100m, textura bastante rugosa.

Tendo sido aplicada a técnica de avaliação do terreno na área iniciou-se os procedimentos de avaliação das fragilidades. A pesquisa aplicada à análise da fragilidade ambiental da BHRA

seguiu a classificação de fragilidades conforme metodologia descrita por Ross (1990; 1994) e Kawakubo *et al* (2005). Para a avaliação da fragilidade potencial foi realizada uma reclassificação das declividades e tipos de solos da BHRA a fim de se enquadrarem na proposta de Ross (1994) (Tabela 1).

Esses dois mapas cruzados geraram o Mapa de Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Rio Almada, utilizando-se a média aritmética proveniente do processamento das informações (índices de fragilidade) contidas nos mesmos. Já a fragilidade emergente ou ambiental resulta da combinação entre as informações da fragilidade potencial com as de cunho antrópico, representadas pelos dados de uso e ocupação do Solo.

Para sua obtenção foi realizado o cruzamento entre o Mapa de Fragilidade Potencial e o Mapa de Uso e ocupação Solo da BHRA. Este último foi reclassificado, no intuito de enquadrá-lo na proposta de Ross (1994), onde se estabelece graus de proteção que a cobertura vegetal oferece (Tabela 1). Por fim, para o conhecimento das fragilidades pertencentes a cada um dos Sistemas de Terreno foi realizada a extração das fragilidades potencial e ambiental em formato *raster*, utilizando-se uma máscara representativa de cada sistema em formato *shapefile*, ou seja, os mapas de fragilidade potencial e de fragilidade ambiental foram setorizados em cada Sistema de Terreno mapeado. Em seguida, com a utilização da ferramenta *Conversion Tools* do programa ArcGis 9.3, as fragilidades potenciais e ambientais, compartimentadas em sistemas de terreno, foram convertidas em formato *shapefile* para o cálculo dos quantitativos em área e representatividade de cada classe de fragilidade nos Sistemas de Terreno.

Tabela 1  
Índices de fragilidade dos atributos avaliados da BHRA

<b>Atributo</b>	<b>Classe</b>	<b>Fragilidade</b>
Declividade	Até 6%	1 – Muito Baixa
	De 6-12%	2 – Baixa
	De 12-20%	3 – Média
	De 20-30%	4 – Alta
	Acima de 30%	5 – Muito Alta
Solos	Latossolo Amarelo	2 – Baixa
	Alissolos, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Amarelo, Espodossolos, Nitossolos, Argissolo Vermelho-Amarelo, Luvisolos	3 – Média
	Cambissolos, Nitossolos	4 – Alta
	Área de Mata	1 – Muito Baixa
Uso e Ocupação	Cabruca	2 – Baixa
	Pastagens	3 – Média
	Manguezais e Áreas Urbanas	4 – Alta
	Solo Exposto	5 – Muito Alta

### Características de uso e ocupação do solo da BHRA

O Mapa da Figura 6 apresenta a distribuição das classes de uso e ocupação do solo na BHRA, enquanto que a Tabela 2 os dados quantitativos. De forma geral, depreende-se que, as áreas antropizadas, representadas pelas classes de pastagens, solo exposto e áreas urbanas correspondem a 22,9% da área total da BHRA, enquanto que o somatório das áreas de Floresta, Cabruca, Gramíneas e Áreas úmidas e Manguezais correspondem a 73,7%, o restante, refere-se a áreas de superfície aquática associadas à rede de drenagem da bacia e a da Lagoa Encantada e a áreas não classificadas pela ocorrência de nuvens.

Observa-se na Figura 6 que os maiores fragmentos de Floresta estão distribuídos, principalmente, a nordeste da bacia, na porção próxima à Lagoa Encantada, e em áreas a oeste da bacia, em regiões associadas às zonas de altas declividades do domínio geomorfológico das Serras e Maciços Pré-Litorâneos. As áreas de Cabruca estão distribuídas por toda a bacia, porém se concentram majoritariamente na parte central da área em estudo.

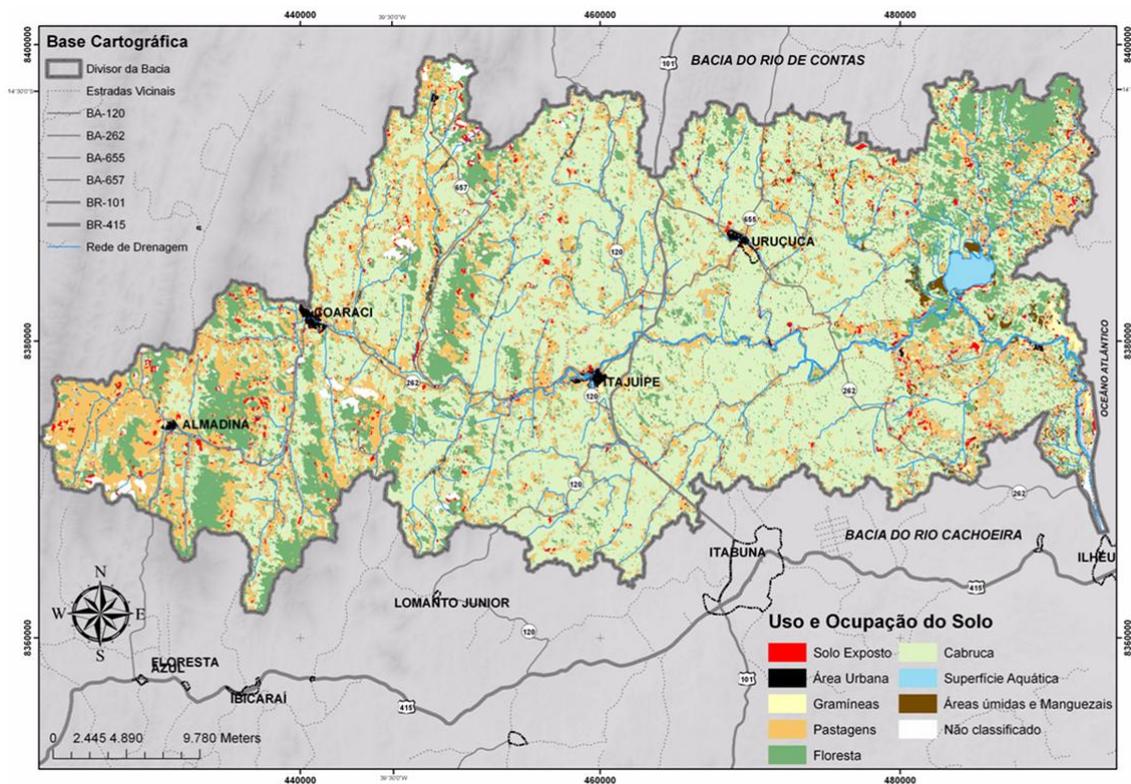


Figura 6 - Uso e Ocupação do solo da BHRA

Tabela 2

Classes de Uso e Ocupação do solo na área da BHRA

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Área (km <sup>2</sup> )	Área da BHRA (%)
Nuvens e outros	19,70	1,25
Áreas úmidas	26,54	1,69
Superfície Aquática	34,48	2,19
Manguezais	11,40	0,72
Cabruca	846,74	53,85
Floresta	256,64	16,32
Pastagens	322,27	20,49
Gramíneas	17,33	1,10
Áreas Urbanizadas	5,35	0,34
Áreas de Solo Exposto	32,03	2,04
<b>TOTAL</b>	<b>1572,46</b>	<b>100,00</b>

As áreas de pastagens também se estendem por toda a bacia, porém reúnem-se, expressivamente, na parte oeste. Os manguezais ocorrem apenas nas proximidades da foz do Rio Almada, visto que são ecossistemas de ambiente de transição terrestre-marinho. Já os solos expostos estão representados, principalmente, por áreas degradadas por desmatamentos, estradas vicinais e onde existem processos de exploração de materiais de construção como areias e cascalhos. Os núcleos urbanos identificados na área da bacia correspondem a área urbana de cidades como Itajuípe, Coaraci, Almadina, Barro Preto e Uruçuca e do distrito de União Queimada. Essas cidades são de pequeno porte com áreas urbanizadas totais

que não ultrapassam os 10 km<sup>2</sup>.

### Caracterização dos sistemas e unidades do terreno da BHRA

A Figura 7 apresenta os 9 sistemas e as 71 unidades de Terreno mapeados na BHRA. O Sistema Almadina-Coaraci, localizado no extremo oeste da bacia, possui 173,8km<sup>2</sup> de área e nele foram reconhecidas um total de 6 unidades de terreno. Esse sistema é caracterizado pela presença de substrato rochoso composto por gnaisses do Complexo Ibicaraí-Buerarema e de quartzitos e metabásicas granulizados do Complexo Almadina, que suportam solos do tipo Argissolo Vermelho-Amarelo, Alissolos e Nitossolos. Esse sistema é marcado por relevo movimentado, com presença de morros alongados e alta frequência de canais em vales encaixados. Nas unidades A2 e A3 encontram-se as maiores áreas de pastagens, onde o relevo plano a suave ondulado permite a prática da pecuária sem maiores empecilhos. Além disso, identificam-se neste sistema áreas significativas de mata associadas, principalmente, as aos topos e encostas dos morros, onde as altas declividades ( $\geq 70\%$ ) sugerem dificuldades na atuação da pecuária e do plantio em sistema Cabruca. Esta, se desenvolve em áreas de declividades inferiores a 20%, associadas aos fundos de vale e a áreas mais baixas das encostas dos morros e morrotes, notadamente nas unidades A2 e A5.

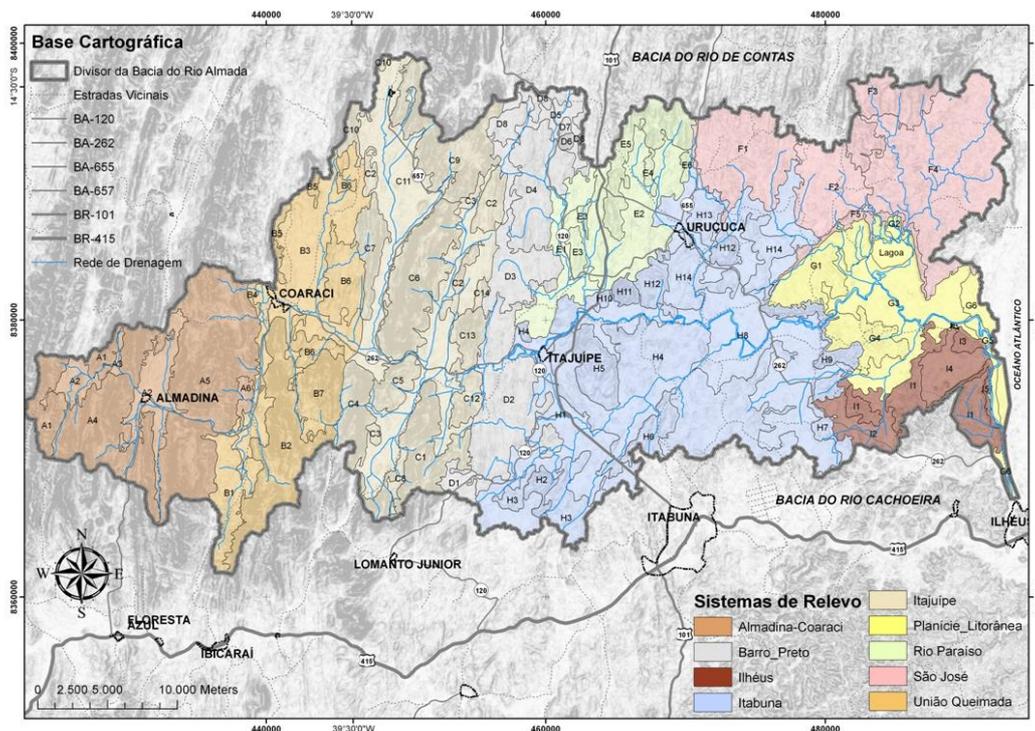


Figura 7 - Mapa de Distribuição dos Sistemas e Unidades de Terreno da BHRA.

O Sistema União Queimada possui uma área de 174,1km<sup>2</sup>, onde se localizam 7 Unidades de Terreno. Esse sistema é composto por solos do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, Nitossolos, Latossolo Amarelo, Alissolos, Gleissolos e Cambissolos, os quais são suportados majoritariamente pelos gnaisses granulizados do Complexo Ibicaraí-Buerarema. Esse sistema possui relevo movimentado em sua porção sul, com morros alongados de topos angulosos que possuem declividades superiores a 70%, e que chegam a alcançar 800 metros de altitude. Essa parcela é representada, principalmente, pelas unidades B2 e B7 onde se encontram áreas consideráveis de mata associadas as altas declividades das encostas e as zonas de topo. Já os morrotes alongados são representados pelas unidades B1, B4 e B6, onde as declividades ultrapassam os 20% e a amplitude de relevo é inferior a 100m.

O principal uso do solo associado a essas unidades são as pastagens e a Cabruca. A

cobertura da Cabruca também tem presença marcante nas áreas de cotas mais baixas dos morros, porém se apresenta em maior expressão nas áreas de baixada com declividades suaves, associadas ao vale amplo que cruza o sistema na direção norte-sul, notadamente ao da unidade B3. As pastagens têm grande expressão nas zonas próximas aos aluviões dos rios, seguindo um curso significativo em extensão retilínea na unidade B3. As unidades B4 e B5 são marcadas pela presença da cobertura de Cabruca, estando ainda algumas áreas de pastagens associadas a essas unidades. Os núcleos urbanos ligados a esse sistema são os do distrito de União Queimada e a sede municipal de Coaraci.

O Sistema Itajuípe possui uma distribuição areal de 273,21km<sup>2</sup>, dividido por 14 unidades de terreno. Este é composto por diferentes tipos de substrato rochoso, a saber: monzonitos e sienitos granulizados do Corpo Intrusivo Ubaitaba-Ibirapitanga, gnaisses do Complexo Ibicaraí e, em menor expressão, corpos tabulares de metagabros e meta-basaltos. Os solos encontrados são do tipo Nitossolos, Alissolos, Cambissolos, Organossolos, Latossolo Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo. As áreas mais movimentadas do relevo correspondem aos morros das unidades C1, C4, C5, C6, C7, C9, C10, C12 e C13 onde a amplitude predomina acima dos 100 metros. A maior representatividade de uso do solo associa-se a classe da Cabruca, presente em trechos de declividade suavizada. Acima dos 40% de declividade predomina a cobertura de Floresta, concentrada nas unidades C4, C6 e C9. Quanto às áreas de pastagens, estas seguem preferencialmente às margens dos cursos d'água, a exemplo dos presentes na unidade C11, bem como às margens da rodovia que interliga a cidade de Itajuípe a Coaraci.

O sistema Barro Preto possui 128,58km<sup>2</sup> de área divididos entre 8 Unidades de Terreno. Apresenta solos do tipo Nitossolos, Neossolos, Alissolos e Gleissolos, os quais são suportados por substratos rochosos do Complexo Ibicaraí-Buerarema, e por faixas longitudinais de metagabros. As declividades desse sistema, em sua maioria, superam os 20% e as amplitudes de relevo, de modo geral, são inferiores a 100 metros. As áreas mais baixas do relevo se concentram na região central onde se desenvolveu o sistema viário. A cobertura de Cabruca é o principal tipo de uso e ocupação do solo, ocorrendo, também, em áreas de declividade superior a 70%. Já as pastagens ocupam principalmente as regiões centrais, nas proximidades de Itajuípe, às margens da rodovia que cruza a cidade, e nas áreas de baixada representada por fundos de vale.

O sistema Rio Paraíso possui um total de 6 unidades de terreno, distribuídas em uma área de 98,27km<sup>2</sup>. É formado majoritariamente por rochas sieníticas do Corpo Intrusivo Ubaitaba-Ibirapitanga e pelos gnaisses do Complexo Ibicaraí-Buerarema que suportam solos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelo, Nitossolos, Alissolos, Cambissolos e Neossolos Quartzarênico. O relevo, predominantemente ondulado, é movimentado em função da presença de morrotes e colinas de vertentes côncavas e topos arredondados. As declividades superam os 70% e a amplitude do relevo ultrapassa os 100 metros, principalmente, nos morros concentrados ao norte desse sistema (Unidade E5). Na região central do sistema identifica-se a presença de colinas (Unidade E2). Esse sistema apresenta grandes áreas cobertas pela Cabruca, além de parcelas significativas de Floresta, principalmente as localizadas na parte norte.

O Sistema São José possui uma área de 184,3 km<sup>2</sup> e é composto por 5 unidades de terreno. Os solos que mais ocorrem nesse sistema são Neossolos Quartzarênico e Latossolos Vermelho-Amarelo. O substrato rochoso que compõem esse sistema é formado pelas rochas do Complexo São José (metagabros, metabasaltos granulizados), pelos sedimentos inconsolidados do Grupo Barreiras (arenitos e argilitos), além de faixas orientadas de metabasaltos e metagabros.

O relevo apresenta morrotes predominantemente arredondados com declividades superiores a 20% em altitudes que não passam dos 300 metros. A cobertura de cabruca possui forte presença nas unidades F1, F2 e F4. As pastagens estão presentes em todas as unidades, porém tem maior representatividade na unidade F4, seguindo preferencialmente áreas à margem dos rios. Os morrotes da unidade F5 agem como uma fronteira entre o Domínio Geomorfológico dos Tabuleiros Costeiros Pré-Litorâneos e o Domínio de Planícies Litorâneas, tendo ali uma área significativa de Floresta, além de pequenos fragmentos de pastagens.

O Sistema Planície Litorânea possui 104,03km<sup>2</sup> e é composto por 6 Unidades de Terreno. Estas unidades possuem uma gama de associações de sedimentos inconsolidados,

merecendo destaque por sua dimensão e distribuição, as areias, argilas, siltes e cascalhos. O tipo de solo de maior ocorrência nesse sistema é o Gleissolo, o qual se distribui desde o centro do sistema até áreas próximas as praias. Na região mais próxima ao cordão litorâneo existe a forte ocorrência de solos do tipo Neossolo Quartzarênico, mais precisamente nas localidades onde se encontram as unidades G5 e G6. O relevo desse sistema é predominantemente plano com presença de colinas (unidades G1 e G4) associadas a regiões mais interioranas, próximas do limite com o sistema Itabuna.

Nesse sistema são encontradas áreas de acumulação marinha e fluvio-marinhas, onde se localizam as praias e mangues atuais. As unidades G5 e G6 são as que se posicionam mais próximas ao oceano, sofrendo ação direta do solapamento das águas marinhas. Nesse sistema está localizada a Lagoa Encantada, mais precisamente na Unidade G3, onde se observa a ocorrência dos mais variados tipos de sedimentos. Na zona próxima à Lagoa Encantada percebe-se, também, a existência de meandros de rios abandonados compostos de areias, argilas, siltes e cascalhos.

O uso e ocupação do solo predominante nesse sistema é o cultivo de cacau em cabruças, sendo produzido em toda sua extensão. As pastagens ocupam a área central no sentido latitudinal, com presença de solos expostos em áreas próximas a sua ocorrência. Já as maiores áreas com Floresta se apresentam ao norte do sistema, nas proximidades da Lagoa Encantada.

O Sistema Itabuna é o maior entre os que foram mapeados na BHRA, totalizando uma área de 367,24km<sup>2</sup>, sendo distribuídas 14 unidades nesse espaço territorial. Esse sistema é composto, majoritariamente, por substrato rochoso da Suíte Intrusiva Itabuna (sienitos), possuindo ainda porções de litologias do Complexo Ibicaí-Buerarema (gnaiesses), noritos (unidade H12), nefelina sienito (unidade H6), e por sedimentos arenosos e conglomeráticos da Formação Sergi, a leste.

Os solos presentes no sistema são os do tipo Neossolos Quartzarênico e Alissolos, ocorrendo ainda presença de Argissolos Vermelho-Amarelos nas unidades H14 e H13. De modo geral, o relevo desse sistema é do tipo ondulado, com presença maciça de morrotes alongados. Ocorre ainda a presença de colinas na região central (unidade H8), bem como em uma faixa de transição para o Sistema Barro Preto (unidade H1). Os morros existentes se encontram isolados e coincidem com as áreas de Serras e Maciços Pré-Litorâneos e com solos do tipo Luvisolos e Argissolos Vermelho-Amarelos.

Quanto ao uso e ocupação do solo percebe-se o predomínio de áreas de Cabruca, as quais se estendem por todo o sistema. As pastagens se localizam, principalmente, ao longo das margens dos rios. Os núcleos urbanos encontrados são os representados pelas cidades de Itajuípe e Uruçuca, localizadas nas unidades H1 e H8, respectivamente.

O Sistema Ilhéus é composto por 5 unidades de terreno que perfazem uma área de 58,56km<sup>2</sup>. Nesse sistema encontram-se solos do tipo Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolo Amarelo e Luvisolos, os quais são suportados, preferencialmente, por substratos rochosos gnaiessicos (Complexo Ibicaí-Buerarema), folhelhos e siltitos (Formação Candeias), arenitos e argilitos (Grupo Barreiras). As formas de relevo predominantes são os morrotes.

Quanto às formas de uso de ocupação do solo, destaca-se a cobertura de Cabruca, principalmente na unidade I4. As pastagens se concentram, em sua maioria, na unidade I1.

## **Análise da fragilidade potencial e ambiental da bacia hidrográfica do Rio Almada**

### **Fragilidade Potencial**

Aplicando-se a metodologia descrita por Ross (1994) foi possível identificar as diferentes classes de fragilidade potencial na área da BHRA. A Figura 8 e a Tabela 3 apresentam a distribuição e os quantitativos de cada classe mapeada.

De acordo com a Figura 8 e Tabela 3, a classe de fragilidade potencial baixa possui área de 174,84km<sup>2</sup>, a qual representa 11,19% da área total da BHRA, estando fortemente presente onde as declividades são inferiores a 6% (fundos de vale).

A fragilidade potencial média está presente em 39% da BHRA, contida em uma área de aproximadamente 610km<sup>2</sup>. Na porção oeste da BHRA associa-se a áreas de sopé de morros e

serras e aos vales amplos e colinosos, com solos de fragilidade baixa e média. Na região central da bacia, essa classe associa-se a porções do terreno onde as declividades não ultrapassam os 20% e a solos que possuem índice de fragilidade média. Nas áreas da planície litorânea ocorre quando o índice de fragilidade dos solos é médio em associação a relevo suave ondulado com declividades que variam de 6 a 12%.

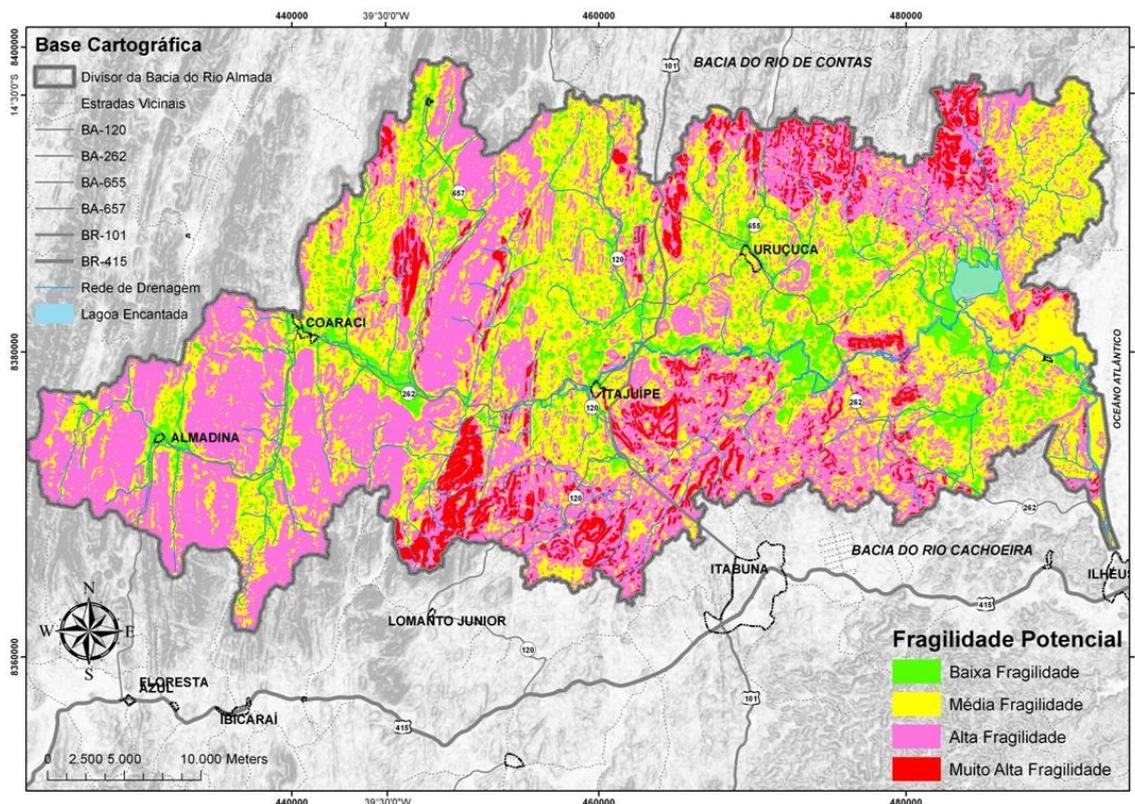


Figura 8 - Mapa de Fragilidade Potencial da BHRA.

Tabela 3

Classes de Fragilidade Potencial da BHRA.

<b>Classe</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>BHRA (%)</b>
Baixa	174,84	11,19
Média	609,14	39
Alta	666,12	42,64
Muito Alta	111,94	7,17

A fragilidade potencial alta é a classe de maior representatividade na área da bacia, com área de 666,12km<sup>2</sup>, o equivalente há 43% da BHRA. Esta classe ocorre em áreas associadas a declividades acima de 30% associadas a solos que possuem índice de fragilidade médio. Já a Fragilidade Potencial Muito Alta ocorre em áreas onde a declividade é superior aos 30% e os solos são classificados com índice de fragilidade muito alto, pois a única maneira para que essa classe se configure é satisfazendo essa condição. Essa classe ocupa 7,17% da área da BHRA, sendo correspondente a 111,94 km<sup>2</sup>. Na porção oeste da bacia, onde predominam morros com altas declividades, essa classe de fragilidade associa-se a solos do tipo Cambissolos e Nitossolos. Ao norte da BHRA, ocorre associada à presença de solos do tipo Neossolos Quartzarênicos, Cambissolos e Gleissolos. Ao sul da bacia, a presença da

fragilidade potencial muito alta se dá por conta da presença de solos do tipo Neossolos Quartzarênicos, enquanto que a leste, ocorre na presença de morros isolados com presença de solos do tipo Gleissolos e Neossolos Quartzarênicos.

A Tabela 4 apresenta a representatividade das classes de fragilidade potencial segundo os Sistemas de Terreno delimitados e caracterizados na área em estudo. A análise da Tabela permite verificar que o valor representativo da classe de fragilidade potencial baixa supera os 30% apenas no sistema Planície Litorânea, enquanto que nos outros sistemas de terreno não ultrapassam os 20%.

A fragilidade potencial média é predominante nos sistemas Barro Preto, Planície Litorânea e Ilhéus, representando áreas que ultrapassam os 50% dos sistemas citados. Na maioria dos casos, esta fragilidade associa-se a áreas com solos de fragilidade baixa a média, com declividades que variam entre 6 e 20%.

A fragilidade potencial alta predomina nos sistemas Almadina-Coaraci e Itajuípe, onde seus valores ultrapassam os 50% de representatividade, chegando a alcançar os 73,4% no sistema Almadina-Coaraci. Esses sistemas estão inseridos em áreas do Domínio Geomorfológico das Serras e Maciços Pré-Litorâneos, as quais possuem morros e morrotes com declividades superiores aos 30% e solos com índice de fragilidade médio, o que corrobora a grande expressão dessa classe de fragilidade. Nesses sistemas, as áreas de fragilidade potencial alta não possuem maior representatividade por conta da presença de vales amplos incrustados nos sistemas em questão, os quais devido às características de baixas declividades contribuem para a diminuição da presença dessa classe de fragilidade potencial.

Tabela 4

Representatividade das classes de Fragilidade Potencial nos Sistemas de Relevo da BHRA

<i><b>Fragilidade / Sistemas de Terreno</b></i>	<i><b>Baixa</b></i>		<i><b>Média</b></i>		<i><b>Alta</b></i>		<i><b>Muito Alta</b></i>	
	<i><b>(km<sup>2</sup>)</b></i>	<i><b>(%)</b></i>	<i><b>(km<sup>2</sup>)</b></i>	<i><b>(%)</b></i>	<i><b>(km<sup>2</sup>)</b></i>	<i><b>(%)</b></i>	<i><b>(km<sup>2</sup>)</b></i>	<i><b>(%)</b></i>
Almadina/Coaraci	8,34	4,8	37,88	21,8	127,53	73,4	-	-
União Queimada	24,43	14,03	77,95	44,77	71,36	41	0,36	0,2
Itajuípe	20,82	7,62	82,87	30,33	137,21	50,22	32,31	11,83
Barro Preto	14,06	10,9	74,57	58	34,7	27	5,25	4,1
Rio Paraíso	17,11	17,41	47,87	48,71	23,69	24,11	9,6	9,77
São José	4,71	2,56	67,68	36,72	85,68	46,49	26,23	14,23
Planície Litorânea	31,9	30,66	58,79	56,51	12,87	12,38	0,47	0,45
Itabuna	45,05	12,27	129,65	35,3	156,17	42,53	36,37	9,9
<b>Ilhéus</b>	8,42	14,38	31,88	54,44	16,91	28,87	1,35	2,31

A fragilidade potencial muito alta representa valores inferiores a 15% dos sistemas de terreno, tendo valor expressivo de representatividade apenas no sistema São José, com 14,23%. Essa classe de fragilidade representa menos de 3% da área dos Sistemas União Queimada, Planície Litorânea e Ilhéus, chegando a estar ausente do Sistema Coaraci-Almadina.

As áreas de fragilidade potencial alta e muito alta são de extrema fragilidade potencial, onde se devem tomar precauções em relação às atividades antrópicas, levando em conta usos do solo que sirvam para amenizar os efeitos dessa fragilidade. Nesse sentido ao se realizar o somatório de representatividade das áreas de fragilidade potencial alta e muito alta, em cada um dos sistemas, tem-se que o sistema Almadina-Coaraci apresenta a pior situação, onde 73,4% de sua área apresentam fragilidade alta a muito alta, seguido pelo sistema Itajuípe com 62,1%, Sistema São José com 60,8%, Sistema Itabuna com 52,4%, Sistema União Queimada com 41,2%, Sistema Rio Paraíso com 33,9%, Sistema Ilhéus com 31,2%, Sistema Barro Preto com 31,1% e o Sistema Planície Litorânea com 12,8%.

### **Fragilidade Ambiental**

Com a aplicação da metodologia e dos critérios adotados para se obter a distribuição da fragilidade ambiental da BHRA (Figura 9 e Tabela 5), pode-se constatar que a classe de fragilidade ambiental baixa representa 15,34% da área e associa-se a zonas onde a fragilidade potencial é média e o índice de fragilidade do uso do solo é baixo, a exemplo de áreas de Floresta e Cabruca.

De forma geral, para que haja um incremento do percentual da fragilidade ambiental baixa na BHRA devem ser estimuladas ações de preservação de áreas de mata existentes, como também a regeneração da floresta em áreas de fragilidade potencial média.

A fragilidade ambiental média é dominante na BHRA, representando 69,14% de sua área. A sua ocorrência relaciona-se a áreas de fragilidade potencial baixa em áreas cobertas por pastagens, áreas úmidas/manguezais e áreas urbanas; fragilidade potencial média em áreas de Cabruca e pastagens; fragilidade potencial alta em áreas onde ocorre Floresta e Cabruca e, fragilidade potencial muito alta em áreas de Floresta. Essa multiplicidade de combinações explica a representatividade dessa classe de fragilidade ambiental na área em estudo.

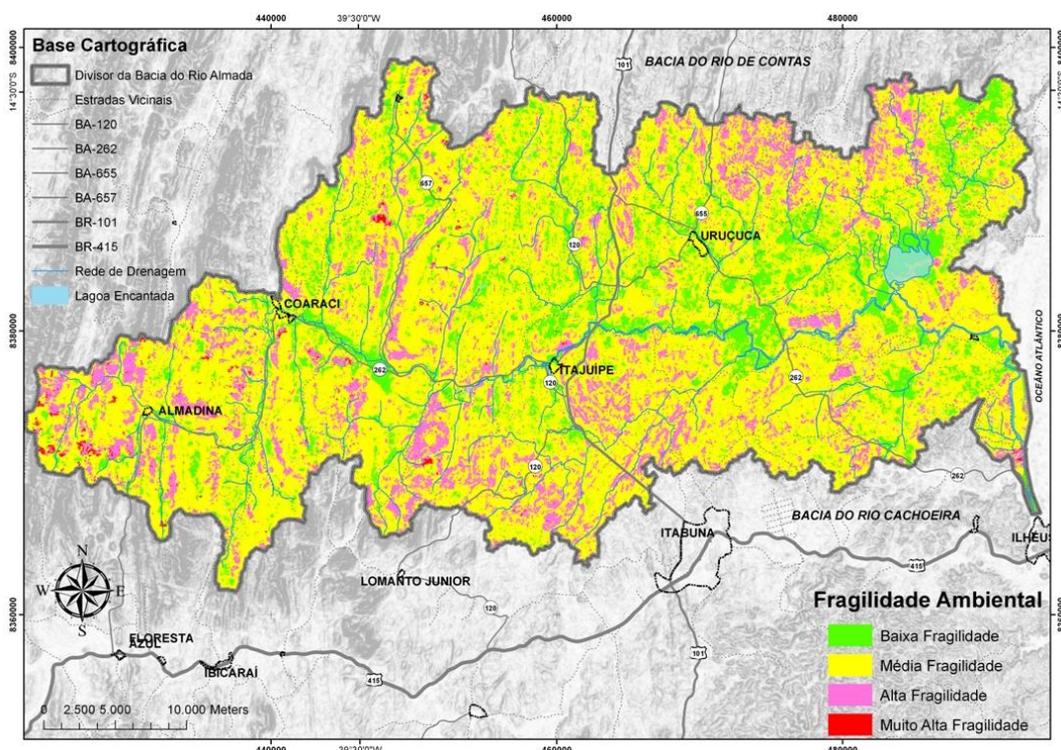


Figura 8 - Mapa de Fragilidade Ambiental da BHRA

A Fragilidade Ambiental Alta recobre uma área de 231,18km<sup>2</sup>, o que corresponde a 14,8% da área da bacia. Essa fragilidade se estende por toda a BHRA, em áreas onde a fragilidade potencial é alta, com presença de pastagens e áreas urbanas, ou muito alta, na presença de cabruca e/ou pastagens. A alteração dessa classe, segundo os critérios adotados, só pode ser efetiva se houver um acréscimo nas áreas de Floresta onde a fragilidade potencial é alta ou muito alta, sendo que as novas áreas terão índice de fragilidade ambiental médio.

A Fragilidade Ambiental Muito Alta ocorre em apenas 11,21km<sup>2</sup> da BHRA, espalhadas pontualmente nas porções leste e oeste. Geralmente, associa-se a áreas de fragilidade potencial que varia de alta a muito alta com presença de solo exposto. A leste, esta fragilidade tem presença em áreas onde existe ou existiu a extração de minerais para construção civil e para construção de rodovias. A oeste da BHRA, ocorre em áreas de supressão florestal que,

possivelmente, estão ligadas a áreas de expansão de pastagens. Essa classe de fragilidade se configura em porções do terreno onde o equilíbrio dinâmico da natureza favorece o aparecimento de processos erosivos.

Tabela 5  
Classes de fragilidade ambiental da BHRA

<b>Classes</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>BHRA (%)</b>
Baixa	239,58	15,34
Média	1080,07	69,14
Alta	231,18	14,8
Muito Alta	11,21	0,72

Tabela 6  
Representatividade das classes de Fragilidade Ambiental nos Sistemas de Relevo BHRA, em 2006

<b>Fragilidade / Sistemas de Terreno</b>	<b>Baixa</b>		<b>Média</b>		<b>Alta</b>		<b>Muito Alta</b>	
	<b>(km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>(km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>(km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>	<b>(km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Almadina/Coaraci	13,11	7,54	119,69	68,89	37,25	21,44	3,7	2,13
União Queimada	29,03	16,67	126,32	72,56	17,94	10,3	0,81	0,47
Itajuípe	33,07	12,1	191,88	70,23	45,95	16,82	2,31	0,85
Barro Preto	19,68	15,3	97,7	76	10,9	8,47	0,3	0,23
Rio Paraíso	21,04	21,41	65,24	66,39	11,23	11,43	0,76	0,77
São José	26,42	14,33	116,63	63,28	39,66	21,53	1,59	0,86
Planície Litorânea	30,89	29,7	64,3	61,81	8,53	8,2	0,31	0,29
Itabuna	57,9	15,77	255,03	69,45	53,18	14,48	1,13	0,3
<b>Ilhéus</b>	<b>8,44</b>	<b>14,42</b>	<b>43,28</b>	<b>73,9</b>	<b>6,54</b>	<b>11,17</b>	<b>0,3</b>	<b>0,51</b>

Com relação à análise do comportamento das fragilidades ambientais em relação aos sistemas e unidades de terreno (Tabela 6), depreende-se que a fragilidade ambiental baixa possui maior representatividade nos sistemas de terreno Planície Litorânea e Rio Paraíso e União Queimada, nos quais os percentuais são superiores a 15%. Nos demais sistemas mantêm valores de representatividade próximos dos 15%, excetuando-se o Sistema Almadina/Coaraci, onde essa classe de fragilidade representa menos de 10%.

De modo geral, percebe-se que esses valores são baixos, considerando-se que essa é a classe de fragilidade ambiental ideal para as condições da bacia, quando se pensa no equilíbrio entre a dinâmica natural do ambiente e a aplicação das atividades antrópicas, representadas pelo uso e ocupação do solo.

A fragilidade ambiental média é a de maior expressão em todos os sistemas de terreno da BHRA, representando mais de 60% dos mesmos.

A fragilidade ambiental alta, de modo geral, apresenta valores inferiores a 15% de representatividade das áreas dos sistemas, com exceção dos Sistemas Almadina-Coaraci e São José em que essa classe de fragilidade é representativa de mais de 20%. Analisando-se a distribuição da fragilidade ambiental alta e os fatores para composição da mesma, percebe-se que nos sistemas de terreno o uso e a ocupação do solo predominante é o plantio em cabruças nas áreas de fragilidade potencial muito alta e pastagens em áreas de fragilidade Potencial Alta.

A fragilidade ambiental muito alta é a menos expressiva em todos os sistemas. Representa 2,13% do Sistema Almadina-Coaraci, enquanto que em todos os outros não alcança 1%. A presença dessa fragilidade nos sistemas indica a marca impressa pelas atividades antrópicas,

geralmente se revelando pela organização de espaços urbanos cada vez mais adensados e pela exploração econômica dos recursos minerais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, grande parte dos estudos de fragilidade ambiental apresentam uma visão geral sobre as fragilidades dos ambientes naturais e antropizados dentro de domínios geomorfológicos de grandes dimensões, ou ainda comparam metodologias para se chegar à essas fragilidades. Desse modo, os trabalhos de compartimentação do terreno e análise das fragilidades podem servir para estudos que considerem as fragilidades ambientais de parcelas específicas de determinada bacia hidrográfica, permitindo entender sua relação com as demais áreas, pois essas resguardam características peculiares.

Ressalta-se que a visão geral das fragilidades ambientais de qualquer que seja a bacia hidrográfica não deve ser deixada de lado, porém a compartimentação da área deve trazer detalhes sobre os atributos-físicos e ambientais que compõem determinada localidade, partindo-se sempre de um diagnóstico do meio físico da área. Esse diagnóstico se presta a entender as nuances que influenciam no delineamento dos compartimentos que formam a área em estudo.

A aplicação da técnica de avaliação do terreno possibilitou a compartimentação da área da BHRA em 9 sistemas de terreno, os quais divididos apresentaram 71 unidades de terreno. Essa divisão permitiu entender quais são os fatores que atuam diretamente na composição da fragilidade potencial e ambiental em áreas específicas da bacia, as quais trazem consigo certas características físico-ambientais além das utilizadas para obtenção das fragilidades. Essa técnica atendeu aos objetivos da pesquisa, na medida em que foram relacionados os fatores que compõem determinada fragilidade, bem como permitiu revelar outros atributos físico-ambientais que não atuam diretamente na obtenção das mesmas.

A divisão dos sistemas em unidades permitiu reconhecer quais são as feições do terreno componentes dos sistemas de terreno e revelou nuances de seus atributos a partir dos critérios empregados para se configurar determinada unidade.

A fragilidade potencial alta foi a de maior representatividade, atingido um percentual de 42,64% na área em estudo. Este percentual acentua a necessidade de atenção na implementação de atividades antrópicas, sendo que estas devem ser realizadas no sentido de amenizar essa fragilidade.

Nos sistemas de terreno a classe de fragilidade potencial alta não manteve a tendência de ser dominante em todos os sistemas, possuindo valores de área menor que a fragilidade potencial média nos sistemas União Queimada, Barro Preto, Rio Paraíso, Planície Litorânea e Ilhéus, inclusive, tendo área menor que a da Fragilidade Potencial Baixa no Sistema Planície Litorânea. A maior representatividade dessa classe de fragilidade em toda área da bacia apenas é confirmada pelo seu predomínio nas áreas de morros do Domínio Geomorfológico das Serras e Maciços Pré-Litorâneos (nos Sistemas Almadina -Coaraci e Itajuípe), o qual está associado a áreas de declividades altas e muito altas, e solos que auxiliam a manutenção de sua classificação. Além disso, tem maioria areal nos sistemas São José e Itabuna, sendo este último o maior entre os sistemas mapeados.

A fragilidade ambiental média foi a que predominou na BHRA, estendendo-se por uma área de 1080,07km<sup>2</sup>, o que representa 69,14% da área total. Esta fragilidade manteve o domínio areal em todos os sistemas de terreno mapeados, com representatividade maior que 60% em todos eles. Sua composição na BHRA pode ocorrer com diversas combinações entre a fragilidade potencial e a fragilidade ambiental, fato que explica a esmagadora superioridade em termos de representação dessa fragilidade tanto na área de toda a bacia quanto nos sistemas de terreno.

A supremacia da fragilidade ambiental média acentua a necessidade do incremento de usos do solo que amenizem ou estabilizem essa classe de fragilidade, considerando-se que ela representa o limite tênue entre uma situação favorável, de fragilidade ambiental baixa, e uma situação de grande instabilidade, representada pela fragilidade ambiental alta e muito alta.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESB – Fundação de Amparo À Pesquisa do Estado da Bahia pelo financiamento de bolsa de estudo para execução desta pesquisa.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. E. G.; RODRIGUES, J. E. Avaliação dos Terrenos Aplicada na definição de Susceptibilidades à Erosão. In: III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998, Florianópolis (SC). **Anais do III SBCG**. Florianópolis. Associação Brasileira Geologia de Engenharia, 1998. 10 p.

AMORIM, H. R.; PEJON, O. J. Uso da análise de agrupamento na definição das unidades em zoneamentos ambientais. In: VI Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 2007, Uberlândia (MG). **Anais do VI SBCGG**. Uberlândia. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 2007. p. 522-537.

CEREDA JUNIOR, A. **Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Ribeirão Monjolino – São Carlos – SP – utilizando ferramentas de geoprocessamento**. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e da Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), 2005.

DONHA, A. G. ; SOUZA, L. C. P. ; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **AGRIAMBI – Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. n. 1, v. 10, p. 175-181. 2006.

GOMES, R. L.; MORAES, M. E. B.; RANGEL, M. C.; MOREAU, A. M. S. S.; TEIXEIRA,

N. N.; VALADARES, J. O. & MARCELO, C. 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**. Ilhéus (BA): UESC. Relatório Final. FAPESB: 056/2006. 2010.

KAWAKUBO, F. S. et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia (GO). **Anais do XII SBSR**. Goiânia. Instituto de Pesquisas Espaciais, 2005. p. 16-21.

KOPEZINSK, I.; ZUQUETTE, L. V. Aplicação da técnica de Landforms como proposta de mapeamento geotécnico para avaliar áreas de degradação por mineração. In: III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998, Florianópolis (SC). **Anais do III SBCG**. Florianópolis. Associação Brasileira Geologia de Engenharia, 1998. 13 p.

LOLLO, J. A. **O uso da Técnica de Avaliação do Terreno no processo de elaboração de mapeamento geotécnico: sistematização para a quadrícula de Campinas (SP)**. 267 p. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos (SP), 1995.

LOLLO, J. A. Caracterização Geotécnica da Área Urbana de Ilha Solteira (SP) com uso das Formas de Relevô. In: III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998, Florianópolis (SC). **Anais do III SBCG**. Florianópolis. Associação Brasileira Geologia de Engenharia, 1998. 14 p.

LOLLO, J. A.; ZUQUETTE, L. V. Uso de redes neurais artificiais para identificação preliminar de unidades do meio físico. In: III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998, Florianópolis (SC). **Anais do III SBCG**. Florianópolis. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998. 14 p.

RIBEIRO, R. P. **Avaliação das Alterações na Rede de Drenagem das Sub-Bacias Hidrográficas da Porção Médio da Bacia do Rio Capivari: Escala 1:25.000 – subsídio para o planejamento integrado**. 203 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos (SP), 2002.

RODRIGUES, B. B.; PEJON, O. J. A importância dos Landforms na Elaboração das Cartas de Susceptibilidade aos Movimentos de Massa na Região de Águas de Lindóia/SP. In: III Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica, 1998, Florianópolis (SC). **Anais do III SBCG**. Florianópolis. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998. 11 p.

- RODRIGUES, S. F. S. **Avaliação das Alterações da Rede de Drenagem em Sub-Bacias e Microbacias do Alto e Baixo Rio Capivari (Louveira e Rafard/SP)**. 245 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos (SP), 2003.
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/USP**. São Paulo: Edusp, n. 8, p. 63-74. 1994.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.
- SILVA, A. F. **Mapeamento Geotécnico e análise dos processos erosivos na Bacia do Córrego Tuncum, São Pedro – SP, escala 1:10.000**. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos (SP), 2003.
- SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Análise Empírica da Fragilidade Potencial e Emergente da bacia do Rio Cubatãozinho, estado do Paraná. **Caminhos da Geografia**. Uberlândia (MG): Instituto de Geografia da UFU, n. 22 (8), p. 1-17. set./2007.
- SPÖRL, C; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **Geosp – Espaço e Tempo**. São Paulo: Edusp, n. 15, p. 39-49. 2004.
- SRH. Superintendência de Recursos Hídricos. **Programa de Recuperação dos Rios Cachoeira e Almada, vol. I – tomo I**. Salvador, Bahia. 2001a.
- TAMANINI, M. S. A. **Diagnóstico Físico-Ambiental para determinação da fragilidade potencial e emergente da Bacia do Baixo Curso do Rio Passaúna em Araucária – PR**. 105 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2008.
- TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. S. Metodologia para Mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo (USP). **Anais do XI SBGFA**. São Paulo. Associação Brasileira Geografia Física, 2005. p. 3606-3615.
- TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE. 1977. 91 p.
- VALERIANO, M. M. **Topodata: Guia para Utilização de Dados Geomorfométricos Locais**. São José dos Campos (INPE). 2008. 44 p.
- ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. SP: Oficina de Textos. 2004. 190p.