

# VULNERABILIDADE GEOAMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA: ANÁLISE COMPARATIVA DE DOIS MÉTODOS COM ENFOQUE A PROCESSOS EROSIVOS

Clístenes Teixeira BATISTA & César Ulisses Vieira VERÍSSIMO

Departamento de Geologia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará / Campus do Pici, Blocos 912 e 913.  
CEP 60455-780. Fortaleza – CE. Endereços eletrônicos: clisbat@hotmail.com; verissimo@ufc.br

Introdução  
Materiais, Métodos e Técnicas  
Unidades Geoambientais da Região Metropolitana de Fortaleza  
Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental da Região Metropolitana de Fortaleza  
Conclusões  
Agradecimentos  
Referências Bibliográficas

**RESUMO** – A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) vem apresentando um aumento substancial da ocupação e uso do solo nas últimas décadas, notadamente pela expansão da ocupação urbana e mineração. A grande diversidade geoambiental da RMF implica em níveis diferenciados de potencialidades e limitações de exploração dessas áreas para as atividades humanas. Dessa forma, o conhecimento da vulnerabilidade ambiental da RMF é importante para se determinar as atividades compatíveis com as características naturais de cada área objetivando promover ações no sentido do ordenamento ambiental. Este trabalho se utilizou de duas metodologias distintas para criar um quadro comparativo. Uma delas é baseada na relação ecodinâmica de balanço morfogenético de Tricart (1977), enquanto a outra é fundamentada no modelo de vulnerabilidade proposto por Crepani et. al. (2001). Os dois modelos focam a avaliação da vulnerabilidade ambiental nos processos erosivos ao enfatizar a relação entre morfogênese e pedogênese e, ao considerar critérios diretamente relacionados à erosão, como a litologia, a declividade, o grau de desenvolvimento dos solos, o volume e a intensidade das precipitações e o tipo de cobertura vegetal e uso do solo. A adoção de um modelo de zoneamento geoambiental único, baseado na análise geossistêmica de Bertrand (1977) e adaptada por Souza (1988) para o Ceará em trabalho de Brandão (1995a) permitiu observar as diferenças e semelhanças existentes no resultado dos dois métodos e avaliar a correlação do método proposto com a realidade.

**Palavras-chave:** zoneamento geoambiental, vulnerabilidade ambiental, geossistemas.

**ABSTRACT** – *C.T. Batista, & C.U.V. Verissimo - Proposal of Methodology for Vulnerability Environmental Analysis. Case Study: Region Metropolitan de Fortaleza.* The Metropolitan Region of Fortaleza has a great diversity of environmental components and a substantial increase in recent decades of occupation and land use and exploitation of natural resources by human activities, notably the expansion of urban settlement and mining. This diversity implies environmental different levels of capabilities and limitations of exploiting these areas to human activities. Knowledge of the environmental vulnerability of this region is important to determine the activities compatible with the natural characteristics of each area and promote action towards environmental planning. This work used two different methodologies to create a comparison chart. One is based on the relative balance ecodynamics morphogenetic Tricart (1977), and the other is based on the model proposed by Crepani et al. (2001). Both models focus the relationship between morphogenesis and pedogenesis when considering criteria directly related to erosion, such as lithology, slope, soils, the rainfall and the vegetation cover and land use. The adoption of a single model geoenvironmental zoning, based on analysis geosystems Bertrand (1977) and adapted by Souza (1988) in Ceará for the work of Brandão (1995a) allowed us to observe the differences and similarities in the results of two methods and to assess the correlation of the method proposed with reality.

**Keywords:** geoenvironmental zoning, environmental vulnerability, geosystems.

## INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) situa-se na porção nordeste do Estado do Ceará e limita-se a norte com o Oceano Atlântico; a sul com os municípios de Palmácia, Acarape e Redenção; a leste com Pindoretama e Cascavel; e a oeste com Paracuru e Pentecoste (Figura 1).

Treze municípios formam a RMF: Fortaleza, Caucaia, Aquiraz, Maracanaú, Maranguape, Itaitinga, Eusébio, Pacatuba, Guaiúba, Horizonte, Pacajús,

Chorozinho e São Gonçalo do Amarante. Possui uma área de 4.875 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 3.435.458 habitantes (IPECE, 2008).

O zoneamento geoambiental existente para o Ceará elaborado por Souza (1988) e adaptado por Brandão (1995a) para a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) foi fundamentado na abordagem sistêmica de Bertrand (1977) e na classificação ecodinâmica de Tricart (1977), apresentando como



**FIGURA 1.** Localização da área de estudo.

temas prioritários a compartimentação geomorfológica e geológica da região.

Essa compartimentação incluiu a delimitação das unidades geoambientais e para cada uma delas foi descrita suas características dominantes, suas potencialidades e limitações, as condições ecodinâmicas e seus usos compatíveis.

Brandão (1995a), pressupõe que cada compartimentação geomorfológica e geológica é resultante de uma evolução geoambiental com seus próprios padrões climáticos e hídricos, e suas particularidades pedológicas e fito-ecológicas, justificando assim, o zoneamento geoambiental baseado na geomorfologia e na geologia.

Dessa forma, as unidades geoambientais foram delimitadas em geossistemas e geofácies em “função das combinações mútuas entre fatores do potencial

geocológico (condições geológicas, geomorfológicas, climáticas e hidrológicas/hidrogeológicas) e os fatores da exploração biológica, com ênfase para os solos e vegetação.” (Brandão, 1995a).

A partir da delimitação das unidades geoambientais da RMF, Brandão (1995a) definiu para cada uma, suas características e vulnerabilidades ambientais, baseado em adaptação de Souza (1988) aos critérios propostos por Tricart (1977) para a classificação ecodinâmica da área.

Neste trabalho é proposta uma revisão do zoneamento geoambiental e da avaliação de vulnerabilidade ambiental existente para a RMF, com ênfase na vulnerabilidade ligada a processos erosivos, aplicando o modelo de vulnerabilidade ambiental proposto por Crepani et al. (2001). Esse modelo foi adotado inicialmente pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais) para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia Legal.

O referido modelo consiste na elaboração de um mapa de Unidades Territoriais Básicas (UTB's) gerado a partir da interpretação de imagens do sensor TM-LANDSAT, em seguida esse produto é associado às informações preexistentes de vários temas ambientais e a eles é atribuído valores empíricos que vão definir a vulnerabilidade ambiental de uma região.

As UTB's são células elementares de um zoneamento ecológico-econômico, as quais constituem uma entidade geográfica com atributos ambientais que permitem diferenciá-las de suas vizinhas ao mesmo

tempo em possui vínculo dinâmico que a articula a uma complexa rede integrada por outras unidades territoriais (Becker e Egler, 1997). Elas são divididas em duas categorias: as *unidades de paisagem natural* e os *polígonos de ação antrópica*.

Neste trabalho, substituímos as UTB's obtidas de imagens LANDSAT pelas unidades geoambientais do mapeamento de Souza (1988) para o Ceará. Com isso, pôde-se traçar um quadro comparativo mais adequado com a classificação ecodinâmica do trabalho de Brandão (1995a) para a região e avaliar as vantagens de uma nova proposta metodológica observando a correspondência das informações obtidas com a realidade.

## MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS

A classificação das unidades geossistêmicas da RMF tomou como base as propostas de Souza (1988) de compartimentação topográfica e geoambiental do estado do Ceará, e de Brandão (1995a), de zoneamento geoambiental da RMF baseado na compartimentação topográfica adotada por Souza (1988). Este autor propôs uma classificação ecodinâmica para o Estado do Ceará baseado nos critérios de Tricart (1977), definindo as características e vulnerabilidades ambientais de cada unidade geoambiental. Essa classificação foi adotada por Brandão em seu trabalho na RMF.

As classes de vulnerabilidade ambiental foram definidas em cada geossistema ou geofácia. Para cada uma delas, foram descritas suas condições naturais dominantes, as potencialidades e limitações, as condições ecodinâmicas, a vulnerabilidade ambiental e propostas de uso compatível. Paralelamente, as unidades geoambientais definidas por Souza (1988) foram associadas com os temas preexistentes adotados na metodologia de Crepani et al. (2001). Os temas utilizados nessa metodologia foram: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima da área. Para cada um desses temas é atribuído valores empíricos de 1 a 3, onde o valor mais alto corresponde às áreas de maior vulnerabilidade ambiental.

Como resultado final, é apresentada a vulnerabilidade ambiental de cada unidade ambiental em função da média aritmética dos valores individuais de cada um dos cinco temas preexistentes para aquela unidade:

$$\text{Vulnerabilidade} = \frac{(G + R + S + V + C)}{5}$$

onde:

- G = vulnerabilidade para o tema Geologia;
- R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia;
- S = vulnerabilidade para o tema Solos;
- V = vulnerabilidade para o tema Vegetação;

C = vulnerabilidade para o tema Clima.

Para cada tema, os principais critérios a serem observados na forma de variáveis, de acordo com Crepani et al. (2001) são:

- Geologia: grau de coesão dos minerais.
- Geomorfologia: morfografia, ou seja, análise das formas de relevo, particularmente, dos topos e; a morfometria relacionada à dimensão interfluvial, amplitude altimétrica e declividade.
- Pedologia: a característica elementar considerada para estabelecer as classes de vulnerabilidades relativas ao tema solos é o seu grau de desenvolvimento.
- Vegetação: quanto a esse tema, é observada a proteção que a cobertura vegetal oferece ao solo, a qual é resultante de sua exuberância e massa foliar (Becker & Egler, 1997).
- Clima: quanto às informações climáticas, a de maior interesse é a pluviosidade, destacando-se a intensidade e duração das precipitações.

O método de confecção do mapa de Vulnerabilidade Ambiental feito a partir do método de Crepani et al. (2001) consistiu na criação de uma coluna com o nome Vulnerabilidade com as classes de vulnerabilidade variando de 1 a 3 na tabela de atributos de cada tema preexistente num Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo 3 a área mais vulnerável à perda de solo.

No Quadro 1 observa-se as classes existentes em cada tema (Geologia, Pedologia, Vegetação, Clima e Geomorfologia) e os pesos que foram atribuídos a cada um desses temas. Dada a grande extensão da RMF e à escassez de dados morfométricos sobre a mesma, optou-se no caso do tema "Geomorfologia", por utilizar apenas os dados de declividade, obtidos através de tratamento de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*).

**QUADRO 1.** Temas e respectivos pesos atribuídos à Vulnerabilidade Ambiental da RMF.

<b>GEOLOGIA</b>	
LITOLOGIAS	PESOS
Areias	3,0
Arenitos e conglomerados	2,0
Argilas, areias argilosas e cascalhos	3,0
Granitóides diversos	1,0
Metacalcários	1,0
Metaultramáficas	1,0
Micaxistos, paragnaisses e quartzitos	1,0
Paragnaisses e granitóides	1,0
Paragnaisses, micaxistos e metacalcários	1,0
Paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcários	1,0
Quartzitos	1,0
Rochas calcissilicíticas	2,0
Sedimentos argilo-arenosos	2,0
Tefritos, fonolitos, traquitos	1,0
<b>PEDOLOGIA</b>	
TIPOS DE SOLOS	PESOS
Argissolos	2,0
Gleissolos	3,0
Luvissolos	1,0
Neossolos	3,0
Planossolos	3,0
Plintossolos	1,0
Vertissolos	3,0
<b>VEGETAÇÃO</b>	
CLASSES	PESOS
Caatinga Arbustiva Aberta	3,0
Cerrado	2,0
Complexo Vegetacional da Zona Litoranea	2,0
Floresta Mista Dicotilo-Palmacea (Mata Ciliar)	2,0
Floresta Perenifolia Paludosa Marítima	2,0
Floresta Subcaducifolia Tropical Pluvial	1,0
Floresta Subperenifolia Tropical Pluvio-Nebular	1,0
Mancha Urbana	3,0
<b>CLIMA</b>	
PRECIPITAÇÕES (MÉDIAS ANUAIS)	PESOS
1100 mm	1,0
1350 mm	2,0
1550 mm	3,0
<b>GEOMORFOLOGIA</b>	
DECLIVIDADES (%)	PESOS
1 - 5	1,0
5,1 - 10	1,0
10,1 - 15	2,0
15,1 - 30	2,0
30,1 - 40	3,0
>40	3,0

O mapeamento da vulnerabilidade ambiental foi obtido fazendo a união dos temas em um único *shapefile*. Com esse novo *shapefile* unida todas as classes, pôde-se gerar a vulnerabilidade total da

seguinte forma: na tabela de atributos criamos mais um campo com o nome Vulnerabilidade Total. Com a ferramenta para a realização da álgebra de mapas, foi feito o somatório de todos os campos de vulnerabilidade



para o tema desse novo campo e calculamos a média aritmética dividindo o valor obtido por 5 (cinco), número

total de classes. O resultado correspondeu à vulnerabilidade ambiental da RMF.

## UNIDADES GEOAMBIENTAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Na RMF, de acordo com a classificação de Souza (1988), foram identificados cinco geossistemas e seis geofácies:

- Geossistemas: Planícies Fluviais, Planícies Litorâneas, Maciços Residuais, Tabuleiros Pré-Litorâneos e Depressão Sertaneja.
- Geofácies: Campos de Dunas e Faixa Praial, Planícies Flúvio-Marinhas (das Planícies Litorâneas), Vertentes e Platôs Úmidos e Vertentes Secas (dos Maciços Residuais), e os Pedimentos Conservados com *Inselbergs* e Pedimentos Dissecados em Colinas (da Depressão Sertaneja).

O Quadro 2 apresenta os cinco geossistemas

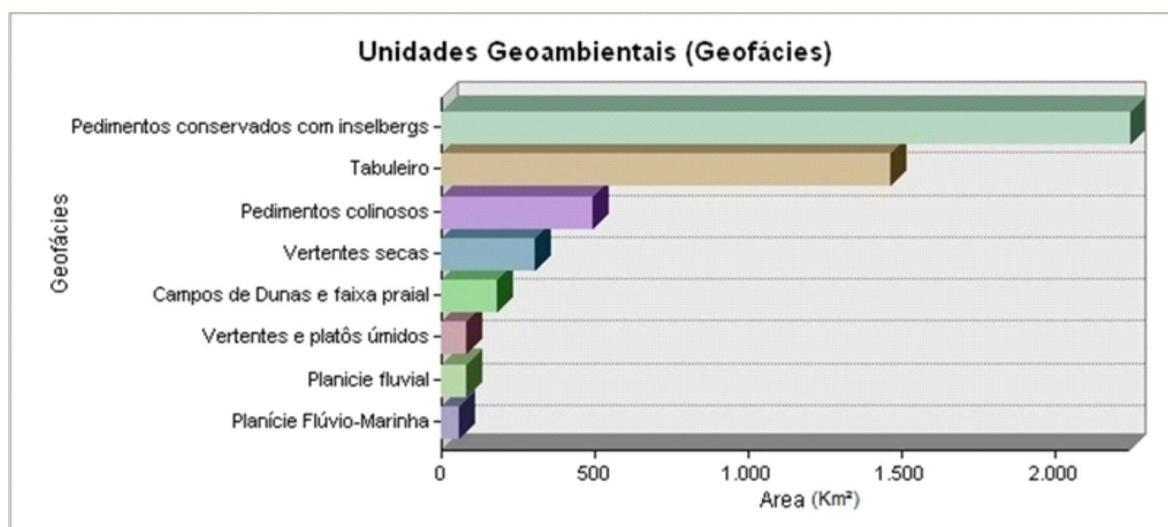
encontrados na RMF e suas subdivisões em seis geofácies com suas respectivas abrangências em valores absolutos e em relação à área total da RMF.

Pode-se observar que a unidade geoambiental de maior expressão geográfica na RMF é a Depressão Sertaneja, que corresponde a algo em torno de 55% da área total da RMF. Os Tabuleiros Pré-Litorâneos ocupam 30% da totalidade da RMF, enquanto as Planícies Fluviais e Flúvio-Marinhas correspondem às unidades de menor área, com menos de 2% cada.

A Figura 2 mostra um quadro comparativo da área de cada geofácia da RMF em quilômetros quadrados e a Figura 3, mostra sua distribuição geográfica como mapa de Unidades Geoambientais da RMF.

**QUADRO 2.** Unidades Geoambientais da RMF - Adaptado de Brandão (1995a).

Unidades Geoambientais		km <sup>2</sup>	%
Geossistemas	Geofácies		
Planícies Fluviais	—	74,15	1,52
Planícies Litorâneas	Campos de Dunas e Faixa Praial	174,2	3,57
	Planícies Flúvio-Marinhas	53,65	1,1
Maciços Residuais	Vertentes e Platôs Úmidos	77,2	1,58
	Vertentes Secas	299,9	6,15
Tabuleiros Pré-Litorâneos	----	1.462,4	30
Depressão Sertaneja	Pedimentos Conservados com <i>Inselbergs</i>	2.242,5	46,04
	Pedimentos Dissecados em Colinas	485,8	9,95



**FIGURA 2.** Áreas em km<sup>2</sup> das geofácies da RMF.

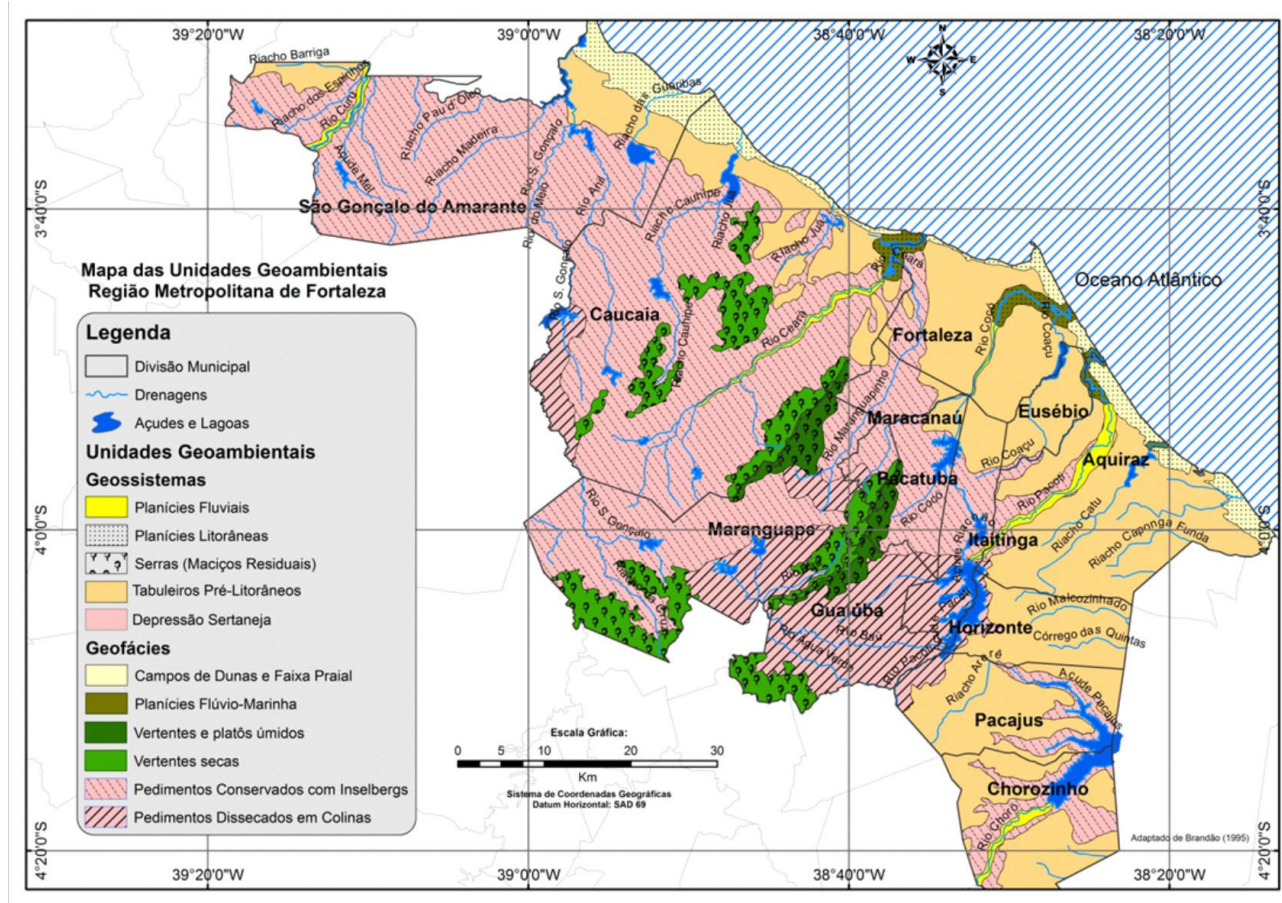


FIGURA 3. Mapa das Unidades Geoambientais da RMF.

## AValiação DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

No zoneamento geoambiental da RMF o enquadramento dos geossistemas e geofácies em categorias ecodinâmicas permitiu a definição da vulnerabilidade de cada unidade geoambiental e de suas respectivas potencialidades e limitações.

Para Lehueur & Marino (2007), as potencialidades dizem respeito às “riquezas presentes no espaço geográfico, ou seja, recursos hídricos, potencialidades edáficas, características geomorfológicas e fitogeográficas, condições climáticas e patrimônio paisagístico” enquanto as limitações estão relacionadas “às restrições e fragilidades das unidades e subunidades quanto à capacidade de suporte (uso e ocupação) do solo, características pluviométricas, balanço hídrico, susceptibilidade à erosão e estado de conservação.”

As condições ecodinâmicas dos ambientes foram definidas segundo Tricart (1977), em função de suas características dominantes, capacidade de suporte, condições ecodinâmicas e vulnerabilidade ambiental em ambientes estáveis, de transição, instáveis e fortemente instáveis, onde o balanço entre morfogênese e pedogênese é o critério fundamental para sua

classificação, como exposto no Quadro 3. Assim, é possível também determinar os níveis de vulnerabilidade ambiental ligada a processos erosivos divididos em nula ou muito baixa, moderada a forte, forte e muito forte.

A classificação das categorias de vulnerabilidade ambiental das unidades geoambientais da RMF, feita por Souza et al. (1988) segundo Brandão (1995a), proporcionou um mapeamento das áreas ambientalmente mais frágeis na RMF e daquelas mais tolerantes à atividade antrópica.

No mapa de vulnerabilidade ambiental da RMF baseado na classificação de Brandão (1995a) (Figura 4) pode-se observar que a Planície Litorânea, por se tratar de um ambiente extremamente delicado, é o geossistema de maior vulnerabilidade, particularmente nos Campos de Dunas e Faixa Praial, geofácies classificadas como de vulnerabilidade Forte a Muito Forte, enquanto as Planícies Flúvio-Marinhas são tidas como áreas de Forte vulnerabilidade.

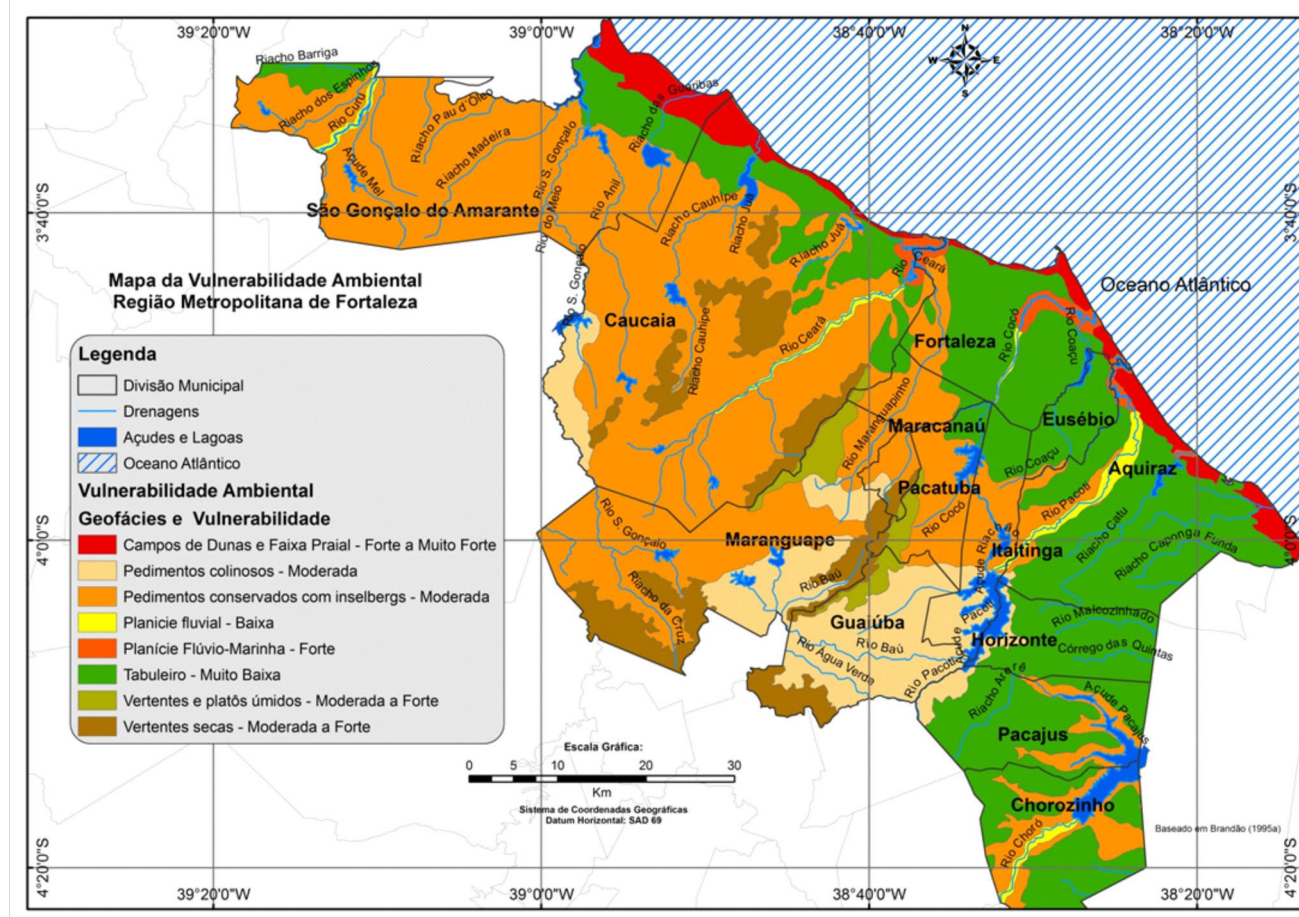
Os Maciços Residuais, áreas de declividades consideráveis, apresentam-se em suas duas geofácies



**QUADRO 3.** Classificação Ecodinâmica dos Ambientes.

Categoria dos Ambientes	Condições de Balanço entre Morfogênese e Pedogênese	Vulnerabilidade Ambiental
Ambientes Estáveis	Estabilidade morfogenética antiga, solos espessos e bem evoluídos, franca predominância da pedogênese sobre a morfogênese, cobertura vegetal em equilíbrio.	Nula ou Muito Baixa
Ambientes de Transição	Ação simultânea dos processos morfogenéticos e pedogenéticos, incidência moderada das ações areolares. Predominância de pedogênese indica tendência á estabilidade, predominância da morfogênese indica tendência á instabilidade.	Moderada a Forte
Ambientes Instáveis	Morfogênese intensificada, relevos dissecados e vertentes com declividades elevadas, condições climáticas agressivas e baixa capacidade protetora exercida pela vegetação, solos erodidos, nítida predominância da morfogênese sobre a pedogênese.	Forte
Ambientes Fortemente Instáveis	Pedogênese praticamente nula, ausência ou extrema rarefação da cobertura vegetal, incidência acentuada dos processos erosivos.	Muito Forte

Adaptado de Tricart (1977), segundo Brandão (1995a).



**FIGURA 4.** Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da RMF baseado em classificação ecodinâmica de Brandão (1995a).

(Vertentes e Platôs Úmidos e Vertentes Secas), como áreas de vulnerabilidade Moderada a Forte.

As duas geofácies da Depressão Sertaneja, os Pedimentos Colinosos e os Pedimentos Conservados em Inselbergs, devido às condições climáticas, pedológicas e fitológicas mais agressivas, proporcionam Moderada Vulnerabilidade em Ambientes de Transição, enquanto os Tabuleiros Pré-Litorâneos e as Planícies Fluviais, segundo Brandão (1995a), apresenta índices mais baixos de vulnerabilidade.

Já com o resultado da aplicação do modelo de Crepani et al. (2001) na RMF pode-se observar no mapa da Figura 5, nítidas diferenças com o mapa de vulnerabilidade obtido a partir da classificação ecodinâmica de Brandão (1995a).

Pode-se observar no mapa de vulnerabilidade ambiental baseado no modelo de Crepani et al. (2001) que as áreas correspondentes às planícies fluviais apresentam de Alta a Muito Alta vulnerabilidade, enquanto que no trabalho de Brandão (1995a), essas áreas apresentam baixa vulnerabilidade.

Outra diferença entre os dois mapas de vulnerabilidade, diz respeito aos Tabuleiros Pré-Litorâneos, onde no modelo baseado em Crepani et al. (2001), esse terrenos apresentam alta vulnerabilidade, ao contrário

do mapa da Figura 4.

Os dois modelos, no entanto, apresentam correlações de vulnerabilidade em relação às planícies litorâneas, com alta vulnerabilidade; às serras de vertentes úmidas e vertentes secas, também com alta vulnerabilidade e; à depressão sertaneja, com vulnerabilidade média.

Destaca-se o fato das Planícies Fluviais e dos Tabuleiros Pré-Litorâneos se enquadrarem acertadamente, a nosso ver, na categoria de alta a muito alta vulnerabilidade ambiental, discordando, portanto, da proposta de Brandão (1995a), que as classificou de áreas de baixa vulnerabilidade. Essas unidades possuem litologias friáveis, são relativamente ocupadas pela ação antrópica, e possuem solos rasos, o que justifica a classificação como e alta e muito alta vulnerabilidade a processos erosivos.

No Quadro 4 constam as Unidades Geoambientais da RMF, segundo Brandão (1995a), e na coluna à direita (Variáveis Ambientais de Vulnerabilidade) são enumeradas as variáveis ambientais consideradas, com base no modelo de Crepani (2001), que serviram para aferir os “pesos” das variáveis em cada tema do mapa de Vulnerabilidade Ambiental confeccionado segundo esse modelo (Figura 5).

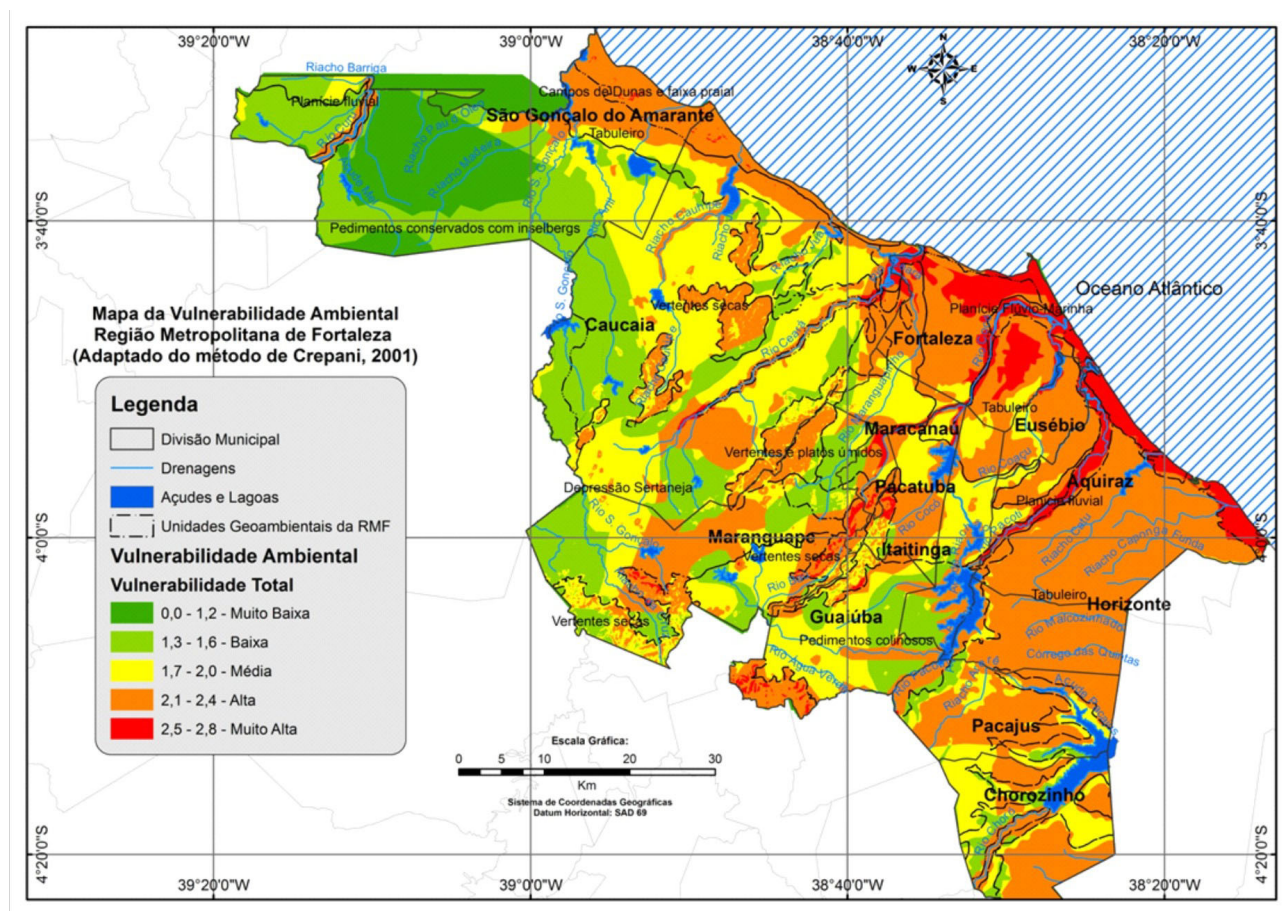


FIGURA 5. Mapa de Vulnerabilidade Ambiental da RMF (baseado no modelo de Crepani et al., 2001).



**QUADRO 4.** Unidades Geoambientais da RMF e Variáveis de Vulnerabilidade Ambiental.

Geossistema	Geofácia	Variáveis Ambientais de Vulnerabilidade
Planície Litorânea	Campo de Dunas	Geologia: minerais pouco coesos representados por areias bem selecionadas. Geomorfologia: declividades médias (em torno de 30%) Pedologia: solos pouco desenvolvidos (Neossolos). Vegetação: cobertura vegetal ausente ou esparsa, no caso das dunas fixas, do tipo herbáceo. Clima: precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.
	Planície Flúvio-Marinha	Geologia: minerais pouco coesos representados por areias, siltes, argilas e cascalhos mal selecionados. Geomorfologia: declividades baixas (menores que 10%) Pedologia: solos medianamente desenvolvidos (Gleissolos). Vegetação: cobertura vegetal arbórea, relativamente fechada. Clima: precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.
Tabuleiros Pré-Litorâneos	—	Geologia: arenitos argilosos mal selecionados pouco consolidados. Geomorfologia: declividades baixas (menores que 10%) e relevo pouco dissecado. Pedologia: presença de solos medianamente desenvolvidos (Argissolos) e solos poucos desenvolvidos (Neossolos). Vegetação: cobertura vegetal de porte arbórea, grandes áreas desmatadas para ocupação antrópica. Clima: precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.
Depressão Sertaneja	Pedimentos Conservados com <i>Inselbergs</i>	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de paragneisses. (boa coesão) Geomorfologia: declividades baixas (menores que 15%) Pedologia: associação de solos de modo geral, rasos e pouco desenvolvidos (Luvissolos, Planossos, Vertissolos e Plintossolos). Vegetação: ocorrência predominante de caatinga arbustiva aberta, já bastante degradada pela ação antrópica. Clima: precipitações abaixo de 1350 mm anuais.
	Pedimentos Dissecados em Colinas	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de granitóides (boa coesão) Geomorfologia: declividades baixas (menores que 15%) Pedologia: solos de pouco a medianamente desenvolvidos (Luvissolos, e Argissolos). Vegetação: ocorrência predominante de caatinga arbustiva aberta, já bastante degradada pela ação antrópica. Clima: precipitações entre 1550 e 1350 mm anuais.
Maciços Residuais	Vertentes e Platôs Úmidos	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de granitóides (boa coesão) Geomorfologia: altas declividades (> de 30%) e relevo dissecado. Pedologia: predominância de solos medianamente desenvolvidos (Argissolos). Vegetação: cobertura vegetal de porte arboreo, (Mata seca e Mata úmida) com características decíduais (Mata úmida). Clima: precipitações entre 1550 e 1350 mm anuais.
	Vertentes Secas	Geologia: rochas cristalinas apresentando predominância de granitóides (boa coesão) Geomorfologia: altas declividades (> de 30%) e relevo dissecado. Pedologia: predominância de solos medianamente desenvolvidos (Argissolos) com ocorrências de afloramentos rochosos. Vegetação: cobertura vegetal arbórea e predominância da mata seca. Clima: precipitações entre 1550 e 1350 mm anuais.
Planícies Fluviais	—	Geologia: areias, argilas e conglomerados inconsolidados. Geomorfologia: declividades muito baixas (menores que 5%) Pedologia: solos pouco desenvolvidos (Neossolos Flúvicos). Vegetação: mata ciliar arbórea com representantes arbustivos. Clima: predominantemente precipitações entre 1350 e 1500 mm/ano.

## CONCLUSÕES

A nova proposta de zoneamento geoambiental na RMF redefinindo as classes de vulnerabilidade ambiental adotando pesos às variáveis associadas aos temas geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima, permitiu traçar um quadro comparativo com as abordagens até então utilizadas e analisar os aspectos que correspondem mais à realidade entre os métodos em questão.

Pelo que foi neste trabalho demonstrado, observa-se que a adaptação do modelo geossistêmico com o modelo de vulnerabilidade ambiental a partir do método das UTB's de Crepani et al. (2001) apresentou um resultado satisfatório e mais fiel à realidade ambiental da RMF que o modelo de vulnerabilidade ecodinâmica feito para o Ceará por Souza (1988) e adaptado por Brandão (1995a) para a RMF.

A definição e a atribuição dos “pesos” das variáveis é um fator determinante na classificação da vulnerabilidade, podendo assim, conduzir a resultados variados pelo fato dos “pesos” e variáveis serem definidas de forma subjetiva pelo pesquisador.

Dessa forma, podem ocorrer algumas divergências entre os modelos de vulnerabilidade ambiental adotados. No entanto, uma vez que o pesquisador atribua “pesos” às variáveis adequadamente, a tendência é que haja boa correspondência entre o modelo de vulnerabilidade e a realidade natural.

Salienta-se que o tipo de vulnerabilidade ambiental aqui estudado se refere mais diretamente aos processos erosivos, embora possa servir como referencial básico de tendências gerais para outros processos, como movimentos de massa e inundações.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BECKER, B.K. & EGLER, C.A.G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília, DF: MMA - Secretaria de Estudos Estratégicos da Presidência da República, 40 p., 1997.
2. BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo: Instituto de Geografia / USP, n. 13, 27 p., 1977.
3. BRANDÃO, R.L. Sistema de Informação para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza - Projeto Sinfor. **Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza – Texto Explicativo**. Fortaleza: CPRM, 1995.
4. CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S. DE; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos: INPE, 113 p., 2001.
5. ERHART, H. Biostasie et rhesistasie: esquisse d'une théorie sur le rôle de la pedogenése en tant que phénomène géologique. **Comptes Rendues Academie des Sciences Française**, n. 241, p. 1218-1220, 1955.
6. IPECE – INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Perfil Básico Regional – Região Metropolitana de Fortaleza. **Relatório Técnico**, 12 p., 2008.
7. LEHUGEUR, L.G. DE O. & MARINO, M.T.R.D. Zoneamento Geoambiental do município de Amontada – costa oeste do estado do Ceará. **Revista de Geologia**, UFC, v. 20, n. 1, p. 39-55, 2007.
8. SOTCHAVA, V.B. **O estudo dos geossistemas: método em questão**. 13ª ed. São Paulo: Editora Lunar, Instituto de Geografia / USP, 51 p., 1977.
9. SOUZA, M.J.N. Contribuição ao estudo das unidades morfo-estruturais do Estado do Ceará. Fortaleza: **Revista de Geologia**, Edições Universidade Federal do Ceará, v. 1, p. 73-91, 1988.
10. SOUZA, M.J.N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L.C. et al. (Coords.), **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, p. 05-102, 2000.
11. TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 91 p., 1977.

*Manuscrito Recebido em: 1 de março de 2011  
Revisado e Aceito em: 8 de setembro de 2011*