

## A VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE FORTALEZA/CE

THE NATURAL AND ENVIRONMENTAL VULNERABILITY OF THE CITY OF FORTALEZA/CE

LA VULNERABILIDAD NATURAL Y AMBIENTAL DE LO MUNICIPIO DE FORTALEZA/CE

Maria Elisa Zanella - Universidade Federal do Ceará - Fortaleza - Ceará - Brasil  
[elisazv@terra.com.br](mailto:elisazv@terra.com.br)

Eustógio Wanderley Correia Dantas - Universidade Federal do Ceará - Fortaleza - Ceará - Brasil  
[edantas@ufc.br](mailto:edantas@ufc.br)

João Luís Sampaio Olímpio - Universidade Federal do Ceará - Fortaleza - Ceará - Brasil  
[joao.luisce@hotmail.com.br](mailto:joao.luisce@hotmail.com.br)

### Resumo

As limitações impostas pelos sistemas ambientais não foram plenamente consideradas no processo de formação e ocupação das cidades em escala global. Na atualidade, tal reflexão se impõe associada à necessidade de garantia da qualidade ambiental aos habitantes desta parcela do território, bem como no sentido de se evitar situações de riscos ambientais futuros. Nesta perspectiva, o presente trabalho se propõe analisar a vulnerabilidade natural e ambiental associada ao município de Fortaleza, Ceará/Brasil. Objetivando auxiliar no planejamento urbano-ambiental da cidade, serão indicadas, de um lado, as áreas mais vulneráveis às intervenções antropogênicas e, de outro lado, as potencialidades dos sistemas ambientais. Pautada na abordagem ecodinâmica (fundada nos conceitos de estabilidade/instabilidade dos ambientes), integrada à reflexão em torno da qualidade da infraestrutura urbana, construiu-se metodologia a se utilizar dos Sistemas de Informações Geográficas na elaboração e integração dos mapas de geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal e qualidade da infraestrutura urbana. Tendo como produto os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental de Fortaleza, constata-se concentração das áreas de maior vulnerabilidade nas proximidades de rios, lagoas e campos de dunas, locais nos quais a infraestrutura urbana é qualificada como precária e, conseqüentemente, propiciadora de maiores riscos.

Palavras-chave: vulnerabilidade natural, vulnerabilidade ambiental, SIG, Fortaleza.

### Abstract

The limitations imposed by environmental systems have rarely been taken fully into account during the occupation and development of cities anywhere in the World. In the present day, there is a growing need to consider these limitations in order to guarantee environmental quality for the inhabitants of this territorial space, as well as to ensure the avoidance of future environmental risks. In this context, the present study focused on the natural and environmental vulnerability of the municipality of Fortaleza, in the Brazilian state of Ceará, with the primary aim of contributing to the urban-environmental planning of the city. To this end, the areas of the municipality most vulnerable to anthropogenic impacts will be identified, as will the potential of its environmental systems. Based on the ecodynamic approach (founded on the concepts of the stability/instability of environments), integrated with considerations on the quality of the urban infrastructure, a Geographic Information System approach was developed for the production and integration of maps covering the geology, geomorphology, pedology, vegetation cover, and quality of the urban infrastructure. These analyses provided maps of the natural and environmental

vulnerability of Fortaleza, which indicate that the most vulnerable areas are located in the proximity of rivers, lakes, and dune fields, where the urban infrastructure is precarious, and thus subject to greater risks.

Key words: natural vulnerability, environmental vulnerability, GIS, Fortaleza.

## Resumen

Las limitaciones impuestas por los sistemas ambientales no fueron plenamente consideradas en el proceso de formación y ocupación de las ciudades a escala global. En la actualidad tal reflexión se impone, asociada con la necesidad de garantizar la calidad ambiental a los habitantes de esta parcela de territorio, así como en el sentido de evitar situaciones de riesgos ambientales futuros. En esta perspectiva, el presente trabajo se propone analizar la vulnerabilidad natural y ambiental asociada al municipio, de Fortaleza, Ceará/Brasil. Tiene como objetivo auxiliar en la planificación urbano-ambiental de la ciudad, serán indicadas, de un lado, las áreas más vulnerables a las intervenciones antropogénicas y, de otro lado, las potencialidades de los sistemas ambientales. Pactado en el abordaje ecodinámica (fundado en los conceptos de estabilidad/inestabilidad de los ambientes), integrada a la reflexión en torno de la calidad de la infraestructura urbana, se construyó una metodología a utilizarse de los Sistemas de Informaciones Geográficas en la elaboración e integración de mapas de Geología, Geomorfología, Pedología, cobertura vegetal y calidad de la infra-estructura urbana. Teniendo como producto los mapas de vulnerabilidad natural y ambiental de Fortaleza, se consta la concentración de las áreas de mayor vulnerabilidad en las proximidades de ríos, lagos y campos de dunas, locales en los cuales la infraestructura urbana es calificada como precaria y, consecuentemente propensas a los mayores riesgos.

Palabras clave: vulnerabilidad natural, vulnerabilidad ambiental, SIG, Fortaleza.

## Introdução

A fé cega nos atributos tecnológicos, balizada por uma postura a fazer tábua rasa da dinâmica natural, foi responsável pela implementação de política de ordenamento do território, expondo os grupos humanos a situações de risco. Nesta perspectiva, percebe-se claramente como as sociedades urbanoindustriais foram responsáveis pela criação das vulnerabilidades ambientais do meio. Na lógica de planejamento adotada, não houve respeito às limitações impostas pela natureza, expondo, consequentemente, grupos humanos às situações de risco. Tal fenômeno se percebe, com mais força, nas áreas urbanas, cujas pressões demográficas sobre a ocupação dos espaços geográficos afetam diretamente os fluxos de matéria e energia destes ambientes e, por conseguinte, as condições de habitação das populações que neles residem.

As maiores e mais significativas modificações que o homem impõe ao ambiente natural encontram-se nas grandes cidades. Embora muitos estudos sejam a elas dedicados, são raros os direcionados ao entendimento dos impactos das políticas de urbanização nos sistemas ambientais. A poluição do ar, o desconforto térmico, as chuvas intensas, as inundações periódicas, os escorregamentos de encostas, dentre outros problemas, vêm atingindo um número crescente de cidadãos, transformando as cidades,

com muita frequência, em cenários caóticos a suscitarem problemas ambientais com incidência direta no bem-estar e qualidade de vida dos cidadãos.

Os citados problemas ambientais incidem de forma desigual na vida dos cidadãos e em virtude de sua capacidade de adaptação às intempéries associam-se diretamente às suas condições socioeconômicas. Apresenta-se, nestes termos, grau de vulnerabilidade diferenciado das populações e relacionado diretamente aos ambientes nos quais elas se instalam.

Nas últimas décadas, a discussão em torno do conceito de vulnerabilidade toma força nas mais diferentes áreas do conhecimento, incorporando adjetivos a lhe qualificar, uma vez que a vulnerabilidade pode ser natural, ambiental, social e socioambiental. No presente estudo, tratar-se-á com propriedade das duas primeiras dimensões. Para os pesquisadores das geociências, o termo vulnerabilidade natural caracteriza o maior ou menor estágio de estabilidade/instabilidade dos elementos físicos e bióticos, frente à intensidade, dinâmica e magnitude da ação dos processos morfogênicos, pedogenéticos e de fitossucessão, atuantes em cada unidade ecodinâmica (TRICART, 1977; GRIGIO, 2003). Já a vulnerabilidade ambiental corresponde à capacidade de resposta do meio aos efeitos adversos provocados por ações antrópicas, variando conforme suas características naturais e humanas e afetando diretamente a estabilidade do meio, bem como sua qualidade ambiental (TAGLIANI, 2003; SANTOS e CALDEYRO, 2007).

Nestes termos, o estudo da vulnerabilidade, e sua espacialização em determinado território, possibilita a identificação das áreas a apresentar possíveis impactos ambientais, constituindo-se em ferramenta importante ao planejamento ambiental e ordenamento territorial. A partir dos seus resultados, podem-se elaborar propostas voltadas ao melhor aproveitamento das potencialidades de cada sistema ambiental (GRIGIO, 2003).

Fortaleza, área objeto do presente estudo, situa-se na porção norte do estado do Ceará, ocupando 314 Km<sup>2</sup> (Figura 1). É o quinto município mais populoso do Brasil, com 2.447.409 habitantes, o que representa 28,97% da população total do estado. Trata-se de área totalmente urbanizada, cujo rápido crescimento populacional e espraiamento espacial acontecem sem considerar o sistema ambiental sobre o qual se estrutura, gerando, conseqüentemente, diversos problemas sociais e ambientais. Parcela substancial destes problemas urbanos decorre da ocupação de espaços de elevada

dinamicidade ambiental por populações de alta vulnerabilidade social (escassez de recursos humanos, sejam eles tecnológicos, financeiros, educacionais, sanitários, profissionais), resultando na evidenciação de áreas de risco ambiental na cidade (ZANELLA et al., 2009).

É o tratamento desta dinamicidade ambiental o foco principal deste estudo, centrando a análise na identificação das áreas de maior vulnerabilidade natural e ambiental de Fortaleza, a partir do estabelecimento de uma análise integrada dos elementos físicos e bióticos e das suas ecodinâmicas a definirem limitações ambientais às intervenções humanas. Neste sentido, as informações produzidas se constituirão em importante fonte de dados para um ordenamento territorial urbano pautado nas premissas do desenvolvimento sustentável.

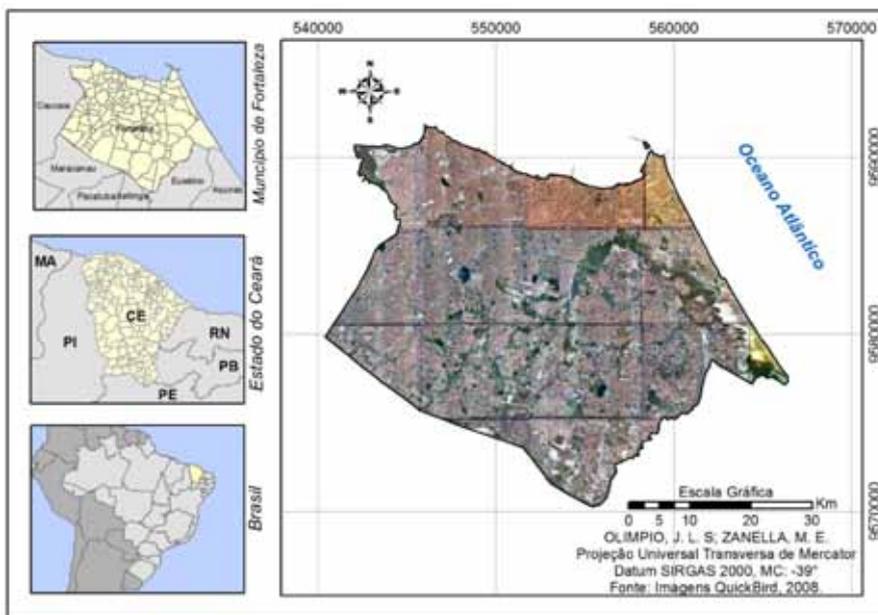


Figura 1 - Localização do município de Fortaleza/CE.

No tocante às características físicas, Fortaleza é formada predominantemente por substrato geológico da Formação Barreiras, sobre o qual se desenvolveram formas de Tabuleiros Pré-Litorâneos, com a presença de Argissolos Vermelho-Amarelos e Mata de Tabuleiros, hoje completamente

descaracterizadas pelo uso urbano. Os sedimentos mais recentes originaram formas aqui representadas pelas praias, campos de dunas, planícies fluviomarinhas e planícies fluviais e lacustres, cuja dinâmica natural é intensa. O clima é caracterizado por chuvas concentradas no primeiro semestre do ano, condicionado principalmente pela atuação da Zona de Convergência Intertropical. O período seco ocorre no segundo semestre, quando atuam ventos mais fortes oriundos do anticiclone do Atlântico Sul, trazendo estabilidade ao tempo. A temperatura mantém-se elevada durante todos os meses do ano. Durante o período chuvoso, são frequentes chuvas diárias intensas, capazes de causar problemas sérios à cidade, principalmente nas áreas de ambientes mais instáveis e ocupadas por populações mais vulneráveis.

### **Materiais e métodos**

Como referencial teórico, optou-se pelo emprego da análise ecodinâmica, fundamentada no conceito de estabilidade/instabilidade ambiental (TRICART, 1977). Nesta perspectiva, definem-se unidades ecodinâmicas por meio da análise dos processos de pedogênese e morfogênese. Estas unidades correspondem a um espaço territorial natural, a funcionar com um sistema e, deste modo, manter relações mútuas entre os diversos componentes em um fluxo de energia e matéria que o distingue.

Para Tricart e Kiewietdejonge (1992), a análise morfodinâmica é essencial à compreensão do comportamento do ambiente, possibilitando assim o uso racional dos recursos naturais e a avaliação da suscetibilidade aos riscos ambientais, face às intervenções antropogênicas e à degradação ambiental. A análise ecodinâmica é basilar na organização territorial, prevendo como determinadas ações humanas inserem-se em determinado sistema ambiental, marcado por uma dinamicidade própria e, por consequência, gerando uma resposta específica a esta ação. Deste modo, esta abordagem permite que as intervenções humanas sobre os sistemas ambientais naturais sejam ambientalmente planejadas, visando otimizar o uso dos recursos naturais e restringir os processos socioeconômicos e culturais das sociedades modernas (ROSS, 2009).

A metodologia utilizada na confecção dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental de Fortaleza consistiu na integração dos índices de vulnerabilidade de cada atributo dos meios físico, biótico e das formas

de uso e ocupação do espaço geográfico. Deste modo, foram gerados, em um primeiro momento, os mapas de geologia, geomorfologia, pedologia e cobertura vegetal, voltados à confecção do mapa de vulnerabilidade natural, e, em um segundo momento, o mapa de uso do espaço geográfico, a considerar a qualidade da infraestrutura urbana (consolidada, mediana e precária). Do cruzamento deste com o mapa de vulnerabilidade natural obteve-se o mapa de vulnerabilidade ambiental (Figura 2).

A definição dos valores do grau de vulnerabilidade de cada atributo foi adaptada da metodologia empregada por Costa et al. (2006) e Grigio (2003). Utilizou-se na determinação do grau de vulnerabilidade de cada atributo a relação de predomínio entre os processos erosivos e pedogenéticos.

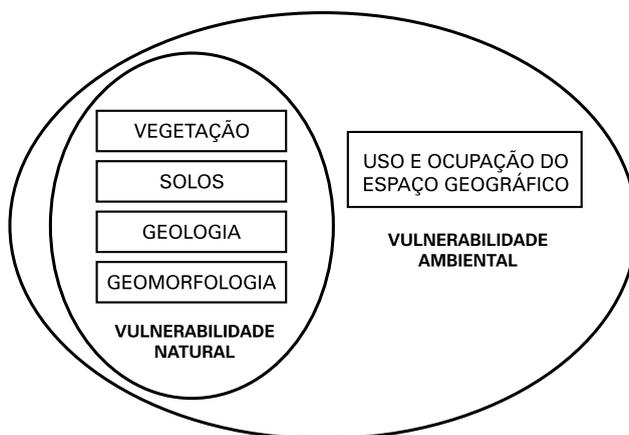


Figura 2 - Roteiro para elaboração dos mapas de vulnerabilidade natural e ambiental.

Adaptado de Costa et al. (2006).

Assim, em cada classe, o grau de vulnerabilidade foi distribuído em uma escala de 1 a 3, com intervalos de 0,5. Nos ambientes onde há o predomínio da pedogênese, apresentando vulnerabilidade muito baixa, atribuiu-se o valor 1. Com o aumento da influência dos processos erosivos, o grau de vulnerabilidade aumenta até atingir o valor máximo, ou seja, 3, representando ambientes de vulnerabilidade muito alta. A Tabela 1 apresenta o índice de vulnerabilidade de cada atributo ambiental.

Tabela 1 - Índice de vulnerabilidade natural e ambiental dos elementos da paisagem.

<b>Atributos Ambientais</b>	<b>Índice de Vulnerabilidade Natural e Ambiental</b>
<b>Geologia</b>	
Sedimentos Lacustres	3
Sedimentos Fluvio-marinhos	3
Sedimentos Aluviais	3
Depósito Eólico-Litorâneo	3
Depósito Eólico-Litorâneo (Dunas)	3
Formação Barreiras	1
Magmatismo Messejana	2
Complexo Ceará – unidade Canindé	1
<b>Geomorfologia</b>	
Tabuleiros Pré-Litorâneos	1
Transição Tabuleiro Pré-Litorâneo/ Depressão Sertaneja	1,5
Cristas e Morros Residuais	2
Dunas Fixas	2
Área de Inundação Sazonal	2,5
Planície Fluvio-marinha com Mangue	3
Planície Fluvial	3
Planície Lacustre	3
Dunas Móveis	3
Terraços Marinhos	3
Faixa de Praia	3
<b>Pedologia</b>	
Gleissolos	3
Neossolos Flúvicos	2,5
Neossolos Quartzarênicos	2,5
Planossolos	2,5
Neossolos Regolíticos	2
Argissolos Vermelho-Amarelos	1
<b>Cobertura Vegetal</b>	
Sem Cobertura Vegetal	3
Sem Cobertura Vegetal (Dunas Móveis)	3
Vegetação de Mangue	2,5
Vegetação Ribeirinha/Lacustre	1,5
Vegetação Subperenifólia de Tabuleiro	1
<b>Uso (Qualidade da Infraestrutura Urbana)</b>	
Áreas com Infraestrutura Precária	3
Áreas com Infraestrutura Mediana	2
Áreas com Infraestrutura Consolidada	1

Fonte: adaptado de Costa et al., 2006.

Deste modo, foram formadas cinco classes de vulnerabilidade com intervalos iguais. A Tabela 2 representa as classes de vulnerabilidades natural e ambiental, formadas pelos cruzamentos dos diversos atributos analisados.

Tabela 2 - Classes de vulnerabilidades natural e ambiental.

<b>Classes</b>	<b>Média</b>
Muito Baixa	1,00 – 1,17
Baixa	1,18 – 1,67
Média	1,68 – 2,00
Alta	2,01 – 2,50
Muito Alta	2,51 – 3,00

Para a confecção dos mapas foi empregado o *software* Arcgis 9.3. Este programa apresenta uma plataforma SIG (Sistema de Informações Geográficas), possibilitando a manipulação de feições espaciais georreferenciadas associadas a um banco de dados com as informações analíticas, além de permitir o cruzamento entre os mapas produzidos. Para a efetivação do mapeamento, foram empregadas imagens *QuickBird*, datadas de 2008, fornecidas pelo Laboratório de Cartografia Digital do Departamento de Geografia da UFC. Utilizou-se o senso MS (multiespectral) apresentando resolução espectral de 0,45  $\mu\text{m}$  a 0,90  $\mu\text{m}$  e resolução espacial de 2,44 a 2,88 metros. Também foram utilizadas bases cartográficas disponibilizadas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza.

## Resultados obtidos

Os elementos físicos e bióticos formadores da paisagem são importantes para o estudo da vulnerabilidade natural e ambiental. Para o presente estudo, os atributos utilizados foram: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso do solo, este último considerando-se a qualidade da infraestrutura urbana (consolidada, mediana ou precária). A integração dos mapas dos atributos físicos resultou no mapa de vulnerabilidade natural e este, associado à qualidade da infraestrutura urbana, o mapa de vulnerabilidade ambiental.

## Vulnerabilidade natural

Ao indicar espacialmente os ambientes mais vulneráveis, possibilitando vislumbrar as repostas do meio às intervenções antrópicas, o mapa de vulnerabilidade natural representa uma importante ferramenta para a tomada de decisões dos gestores públicos. A Tabela 3 mostra a distribuição das classes de vulnerabilidade natural em termos de área e porcentagem.

Tabela 3 - Vulnerabilidade natural do município de Fortaleza.

Vulnerabilidade Natural		
Classes	Área (Km <sup>2</sup> )	(%)
Muito Baixa	16,81	05,35
Baixa	171,90	54,68
Média	56,41	17,95
Alta	19,43	06,18
Muito Alta	49,80	15,84

A descrição dos graus de vulnerabilidade natural pode ser visualizada na análise da Figura 3. Nela, as unidades mapeadas variam, a exemplo da Tabela 3, da classe muito baixa a muito alta.

A **vulnerabilidade muito baixa** é a menor unidade mapeada, abrangendo aproximadamente 5% do território do município considerado. Corresponde a porções isoladas em Tabuleiros Pré-Litorâneos da Formação Barreiras ou sobrepostos ao Embasamento Cristalino, com Argissolos vermelho-amarelos, recobertos por resquícios de vegetação nativa ou por manchas de vegetação antrópica mais significativas. Representam ambientes com elevada estabilidade, decorrente das características dos elementos da paisagem. Nesta unidade, devem-se priorizar as atividades de conservação, tendo em vista que são ambientes de relevante interesse para a qualidade ambiental de Fortaleza.

A **vulnerabilidade baixa** envolve a maior área da cidade de Fortaleza, com mais de 54% do total. É formada pela mesma geologia e geomorfologia da unidade anterior, mas contendo apenas um fator mais vulnerável. Pode decorrer da ausência de vegetação, que foi substituída pela urbanização ou estar relacionada a solos com fatores limitantes como o mau desenvolvimento físico e baixa fertilidade natural (Neossolos

Quartzarênicos, Regolíticos ou Flúvicos). As unidades de baixa e média vulnerabilidade são as melhores áreas para ocupação e intervenção ambiental, desde que sejam respeitados os preceitos das legislações ambientais e urbanísticas e se adotem práticas conservacionistas.

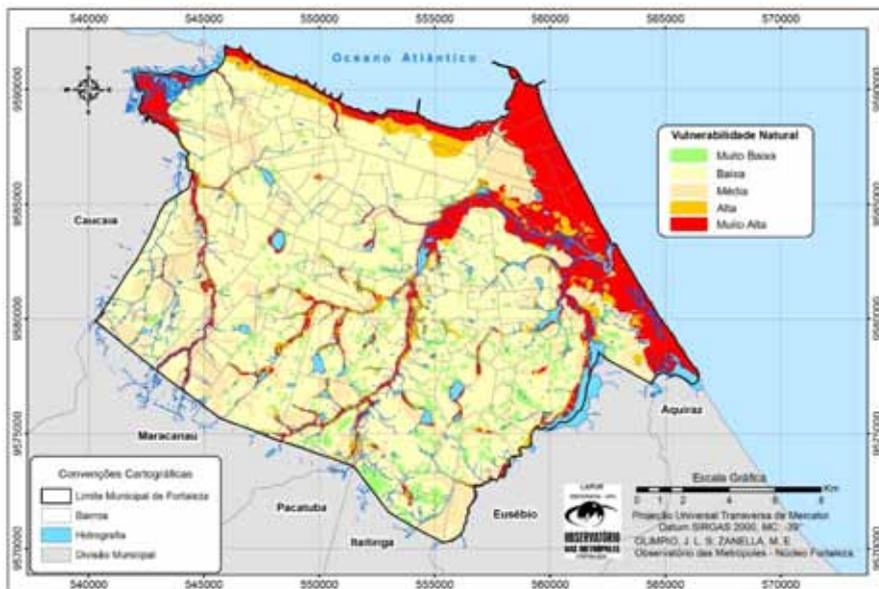


Figura 3 - Mapa de vulnerabilidade natural do município de Fortaleza/CE.

A **vulnerabilidade média**, com mais de 17% de área, também é constituída pelos Tabuleiros da Formação Barreiras, mas apresenta solos e vegetação mais limitantes. Assim, foram identificados Neossolos Quartzarênicos, Flúvicos, Regolíticos e Planossolos associados à vegetação antrópica aberta ou mesmo à ausência de vegetação.

A **vulnerabilidade alta**, com pouco mais de 6% de área, encontra-se em unidades onde a ecodinâmica é de alta dinamicidade natural, devido à ação constante dos processos morfogenéticos. Tais áreas localizam-se principalmente sobre as dunas fixas urbanizadas com Neossolos Quartzarênicos. Também é encontrada próxima aos cursos d'água e lagoas costeiras, onde há solos mais vulneráveis ou ausência de vegetação.

A **vulnerabilidade muito alta**, com uma porcentagem bem representativa (15%), encontra-se nos setores onde os processos morfogênicos atuam mais intensamente. São representados pela planície litorânea urbanizada e planícies fluviais, lacustre e fluviomarinhas degradadas. Observa-se que mesmo em estado natural esta unidade apresentaria vulnerabilidade natural muito alta, contudo, devido aos processos de degradação, este fator é ampliado, colocando em situação vulnerável a população usuária deste ambiente. Devido às características naturais, de relevância ambiental, e ao elevado estágio de degradação nesta unidade, bem como na anterior, devem prevalecer medidas de conservação e recuperação ambiental dessas áreas, havendo inclusive a necessidade de intervenções antropogênicas. Deve-se respeitar a legislação ambiental pertinente, incentivar o emprego de tecnologias menos impactantes, promover a aplicação dos planos de controle e monitoramento ambiental e a adoção de medidas compensatórias e de práticas ambientalmente corretas.

### Vulnerabilidade ambiental

Elaborou-se o mapa de vulnerabilidade ambiental, com sobreposição do mapa de vulnerabilidade natural, descrito anteriormente, ao mapa de uso do espaço (2008) conforme qualidade da infraestrutura urbana (Figura 4). Neste mapa, vislumbra-se o grau de suscetibilidade a situações de risco ambiental, prevendo-se, nestes termos, os impactos ambientais possíveis e as respostas do meio às intervenções antropogênicas, a variarem conforme as características naturais e o uso do espaço no sítio urbano de Fortaleza. A Tabela 4 apresenta a distribuição percentual e em área da vulnerabilidade ambiental.

Tabela 4 - Vulnerabilidade ambiental do município de Fortaleza.

<b>Vulnerabilidade Ambiental</b>		
<b>Classes</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>(%)</b>
Muito Baixa	36,18	11,51
Baixa	122,10	38,84
Média	87,51	27,84
Alta	53,72	17,09
Muito Alta	14,85	04,72

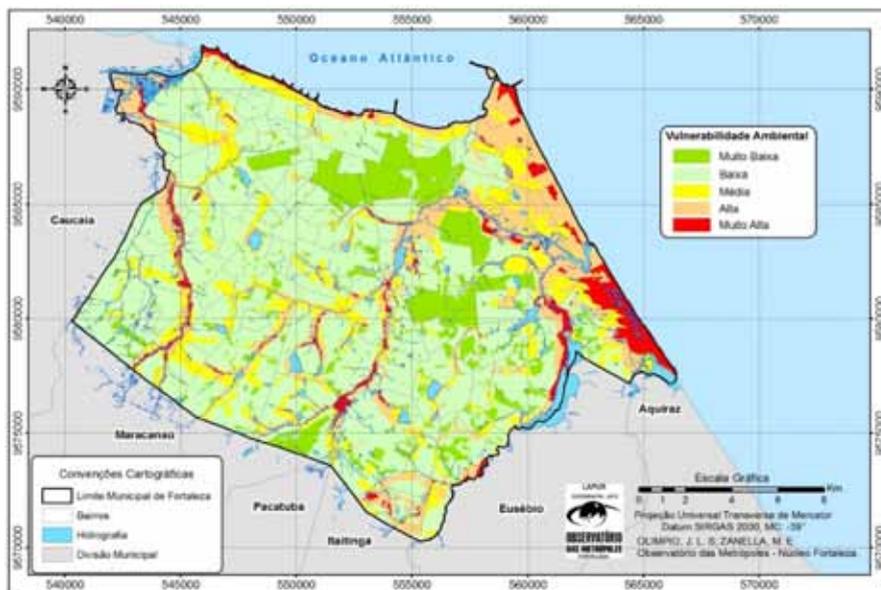


Figura 4 - Mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Fortaleza/CE.

A **vulnerabilidade muito baixa** abrange aproximadamente 11% da área total do município. Está presente em áreas de vulnerabilidade natural baixa e muito baixa, associadas a ambientes com infraestrutura urbana consolidada ou recobertas por vegetação, portanto são áreas de melhor qualidade ambiental da cidade e as mais promissoras para a intervenção antropogênica, uma vez que suas características proporcionam menores situações de risco ambiental, resguardadas as limitações e a legislação ambiental pertinente. Localizam-se principalmente nos bairros Aldeota, Parquelândia, Dionísio Torres, Joaquim Távora, Bairro de Fátima, Benfica e em pontos isolados pela cidade, representando áreas de vulnerabilidade natural muito baixa.

A **vulnerabilidade baixa** corresponde à maior unidade mapeada em Fortaleza. É formada por ambientes de vulnerabilidade natural baixa ou mediana associados às áreas com infraestrutura mediana. Apesar de apresentar vulnerabilidade baixa, esta unidade necessita de adoção de medidas de recuperação, controle e monitoramento ambiental, além da reurbanização das áreas com infraestrutura mediana e precária, visando à melhoria da qualidade ambiental destes setores.

A **vulnerabilidade média** encontra-se distribuída em manchas isoladas no interior do município, correspondendo a mosaicos, ora compostos por ambientes com vulnerabilidade natural muito alta associados a áreas com infraestrutura consolidada, ora constituindo ambientes de vulnerabilidade alta associados às áreas de infraestrutura precária, ou mesmo vulnerabilidade média com infraestrutura mediana. Devido às características diferenciadas entre os diversos setores desta unidade, a tomada de decisões deve ser realizada em escala mais detalhada e levando em consideração a especificidade ambiental de cada setor.

A **vulnerabilidade alta** localiza-se sobre a planície litorânea de vulnerabilidade natural muito alta, ocupando áreas com infraestrutura consolidada, como os bairros Meireles, Dunas, Papicu e Praia do Futuro I e II e as planícies lacustres, fluviais e fluviomarinhas vegetadas. Também foi identificada em áreas com infraestrutura precária, assentadas sobre ambientes de vulnerabilidade mediana, como Tabuleiros Pré-Litorâneos sobre solos limitantes.

A **vulnerabilidade muito alta** corresponde a todas as áreas que apresentam infraestrutura precária e ambiente de elevada vulnerabilidade natural, principalmente nas planícies fluviais dos rios Maranguapinho, Cocó, Coaçu e seus afluentes distribuídos pela planície litorânea, com destaque ao grande Pirambu e a Sabiaguaba, correspondendo a áreas de risco ambiental, de tal forma que a população habitante está muito suscetível à dinamicidade destes ambientes.

### Considerações finais

Os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental objetivam espacializar o comportamento do meio natural e analisar as respostas do meio às intervenções antropogênicas. A partir deles podem-se indicar os usos potenciais e os riscos ambientais inerentes a cada uma das unidades.

De acordo com o resultado obtido, constatou-se que Fortaleza apresenta, predominantemente, vulnerabilidade natural baixa e mediana decorrente das formas de Tabuleiros Pré-Litorâneos urbanizados, que são mais estáveis. As áreas naturalmente mais vulneráveis são as planícies fluviais, lacustres, fluviomarinhas e litorâneas. Estes sistemas são fundamentais para a manutenção do equilíbrio ambiental da cidade, devendo prevalecer medidas de proteção e recuperação, associadas,

quando necessário, à implantação de infraestrutura urbana adaptada às vulnerabilidades naturais existentes. A vulnerabilidade muito baixa corresponde a pontos isolados no interior do município, devendo haver medidas de conservação ambiental, pois estas áreas são fundamentais para a qualidade ambiental da cidade.

Quanto à vulnerabilidade ambiental, conclui-se que a maior parte do município possui vulnerabilidades baixas e medianas. A classe alta representa ambientes de vulnerabilidade natural alta com infraestrutura consolidada ou áreas de infraestrutura precária sobre ambientes medianamente vulneráveis. A classe muito alta é constituída por ambientes de vulnerabilidade natural muito alta com infraestrutura precária, ocupadas por populações socialmente vulneráveis e suscetíveis aos riscos ambientais. As áreas de vulnerabilidade ambiental muito baixa correspondem aos setores de tabuleiros vegetados ou aqueles com infraestrutura urbana consolidada, habitados pelas populações de maior poder aquisitivo.

A realização deste trabalho somente foi possível devido ao uso dos sistemas de informações geográficas que possibilitaram a espacialização dos elementos ambientais analisados. Assim, espera-se que as informações produzidas possam dar sua contribuição ao planejamento urbano-ambiental do município de Fortaleza.

## Referências

- COSTA, F. H. dos S.; PETTA, R. A.; LIMA, R. F. de S.; MEDEIROS, C. N. de. Determinação da vulnerabilidade ambiental na bacia potiguar, região de Macau (RN), utilizando Sistemas de Informações Geográficas. *Revista Brasileira de Cartografia*. Rio de Janeiro, n. 58/02, ago. 2006.
- COSTA, Maria Clélia Lustosa; DANTAS, Eustógio Wanderley Correia. *Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana*. Fortaleza: Edições UFC, 2009.
- GRIGIO, A. M. *Aplicação de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré/RN*: simulação de risco das atividades da indústria petrolífera. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- MOURA-FÉ, M. M. de. *Evolução do sítio natural de Fortaleza/Ceará*. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- ROSS, J. *Ecogeografia do Brasil*: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Texto, 2009.

SANTOS, R. F. dos; CALDEYRO, V. S. *Vulnerabilidade Ambiental: desastres ambientais ou fenômenos induzidos?* In: SANTOS, R. F. dos. (Org.). Brasília: MMA, 2007. Disponível em: [www.inpe.br/crs/geodesastres/bibliografias/Vulnerabilidade\\_ambiental\\_desastres\\_naturais\\_ou\\_fenomenos\\_induzidos\\_MMA\\_2007.pdf](http://www.inpe.br/crs/geodesastres/bibliografias/Vulnerabilidade_ambiental_desastres_naturais_ou_fenomenos_induzidos_MMA_2007.pdf)> Acesso em: 15 nov. 2010.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. *Percepções de riscos ambientais: teorias e aplicações*. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

SOUZA, M. J. N. de. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L. C; MORAIS, J. O. de; SOUZA, M. J. N. de. *Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará*. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SOUZA, M. J. N. de. (Org.). *Diagnóstico geoambiental do município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do Plano Diretor Participativo – PDPFor*. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

TAGLIANI, C. R. A. Técnicas para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 11, Belo Horizonte. Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1657-1664.

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

ZANELLA, M. E; COSTA, M. C. D; PANIZZA A. de C; ROSA, M. V. Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza. In: DANTAS, E. W. C; COSTA, M. C. L. (Orgs.). *Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza*. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

---

**Maria Elisa Zanella** - Geógrafa, doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela UFPR. Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará.

---

**Eustógio Wanderley Correia Dantas** - Geógrafo, doutor em Geografia Humana pela Universidade da Sorbonne – Paris IV. Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará.

---

**João Luís Sampaio Olímpio** - Geógrafo, mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia pela Universidade Federal do Ceará.

---

Recebido para publicação em junho de 2011

Aceito para publicação em setembro de 2011