

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE PARA ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL – UM EXEMPLO DE APLICAÇÃO EM ÁREA DO BAIXO CURSO DOS RIOS MARANGUAPINHO E CEARÁ-CE

Caroline Vitor Loureiro

Doutoranda da Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC) -
Campus do Pici, Bloco 911 - CEP 60.455-760 - Fortaleza (CE), Brasil
E-mail: carolinevitor@hotmail.com

Antonio Jeovah de Andrade Meireles

Prof. Dr. do Departamento de Geografia da UFC - Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFC -
Pesquisador do CNPq - Campus do Pici, Bloco 911 - CEP 60.455-760 - Fortaleza (CE), Brasil
E-mail: meireles@ufc.br

Resumo

O baixo curso dos rios Maranguapinho e Ceará-CE se localiza no limite das cidades de Fortaleza e Caucaia, pertencentes à Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). É uma área acometida pelas crescentes demandas da população por moradia, o que tem desencadeado intensas alterações nos fluxos de matéria e energia desse ambiente. Nesse contexto, as atividades humanas têm alterado de forma significativa o meio, criando ou agravando a vulnerabilidade da área. Portanto propõe-se neste estudo, uma análise da vulnerabilidade dos componentes ambientais a fim de avaliar a qualidade ambiental, por meio de técnicas de geoprocessamento. Através de uma análise integrada da vulnerabilidade, utilizando indicadores pré-estabelecidos, foram mapeadas as áreas de Vulnerabilidade Natural e Ambiental, gerando subsídios para o gerenciamento da área, onde se identificou que o fator antrópico interfere nas condições de vulnerabilidade, tornando ambientes considerados estáveis em áreas com alta vulnerabilidade.

Palavras-chave: Vulnerabilidade natural, Vulnerabilidade ambiental, Qualidade ambiental.

Abstract

The lower course of the rivers Maranguapinho and Ceará-CE is located on the edge of the cities of Fortaleza and Caucaia, belonging to the Metropolitan Region of Fortaleza (RMF). It is an area affected by the growing demands of the population for housing, which has triggered intense changes in the flows of matter and energy of that environment. In this context, human activities have significantly altered the environment, creating or aggravating the vulnerability of the area. This study proposes an analysis of the vulnerability of environmental elements in order to assess the environmental quality by means of GIS techniques. Areas of natural and environmental Vulnerability were mapped through an integrated analysis of the vulnerability using pre-established indicators, generating subsidies for the management of the area where it was identified that the anthropic factor interferes with the conditions of vulnerability, turning environments considered stable into areas with high vulnerability.

Keywords: Natural vulnerability, Environmental vulnerability, Environmental Quality.

Introdução

A alteração da dinâmica dos ambientes causa desequilíbrios no funcionamento dos sistemas ambientais, modificando suas potencialidades e limitações ao uso e ocupação, que desencadeia, nas cidades, perdas humanas e econômicas às populações.

O maior problema está nas grandes cidades, pois elas concentram a maior parte do processo produtivo. Lampis (2010) ressalta esta questão no dossiê *Ciudad y Riesgo*, em que destaca que as grandes cidades, em geral, a partir de meados dos anos 1990, encaram problemas relacionados à poluição do ar, consumo de recursos ambientais e impacto sobre os ecossistemas próximos ou, até mesmo, à distância, como no caso de grandes ou megacidades.

As cidades, também, têm experimentado, nos últimos séculos, em nível global, um crescimento acelerado de suas populações, fato representado em grande parte pelo intenso fluxo de migrantes vindos das áreas rurais, que instalam-se nos centros urbanos, áreas periféricas e regiões metropolitanas.

Na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), o processo não foi diferente. Ocupada de forma desordenada, foi seriamente afetada pelo processo de urbanização que aterrou rios e lagoas, desencadeando a ocupação de planícies fluviolacustres, poluição e desmatamento das matas ciliares gerando alterações nos fluxos dos sistemas ambientais. Para um melhor gerenciamento desses sistemas consideramos o estado em que se encontram, avaliados pela qualidade da água, situação da vegetação, formas de uso e ocupação, análise das potencialidades e limitações dos ambientes, e os perigos aos quais as comunidades envolvidas estão expostas.

O presente trabalho tem como objetivos: identificar e avaliar a vulnerabilidade ambiental da área de baixo curso dos rios Maranguapinho e Ceará, através de elementos indicadores pré-estabelecidos de qualidade ambiental, bem como realizar uma breve reflexão sobre como a avaliação da vulnerabilidade dos ambientes permite uma análise integrada da qualidade ambiental e auxilia na gestão dessas áreas.

A alteração da Qualidade Ambiental

A qualidade ambiental tem sido destacada como elemento fundamental para a avaliação das condições

de vida de uma população. Ela resulta dos componentes físicos do ambiente frente ao uso humano, gerando uma condição ao uso e ocupação. Pode ser descrita como o próprio sistema ambiental em funcionamento, em que os elementos se inter-relacionam com o homem, ou seja, o estado do ar, da água, do solo e dos ecossistemas, em relação aos efeitos da ação humana (HORBERRY, 1984, *apud* BOTELHO E SILVA, 2004).

Ao ser introduzido o fator antrópico, os elementos que compõem o sistema ambiental sofrem alterações de fluxos de energia e matéria. São as condições em que se encontram os elementos solo, ar, água e cobertura vegetal que nos servem como indicadores da qualidade do ambiente, mais precisamente, o estado que apresentam após se relacionarem com o homem. Estado este que pode ser alterado, criando ou agravando a estabilidade do meio, desencadeando, assim, situações de vulnerabilidade.

Na Ciência Geográfica, o estudo da vulnerabilidade é associado aos ambientes e às populações, podendo ser social, natural, ambiental e socioambiental. A vulnerabilidade é o fenômeno que combina a susceptibilidade das pessoas e comunidades expostas com suas habilidades sociais, econômicas e culturais para lidar com os danos que poderiam ocorrer (BIRKMANN, 2006). Ainda segundo este autor, a vulnerabilidade que lida com a susceptibilidade dos seres humanos e as condições necessárias de sua sobrevivência e adaptações é denominada vulnerabilidade social.

O estudo da vulnerabilidade social deve ser composto por todos os elementos econômicos e sociais que influenciam na vida das populações, resultantes de fenômenos diversos. São considerados como variáveis que influenciam ou limitam as condições de vida de determinada população os aspectos sociais, culturais, étnicos, políticos, econômicos, educacionais e de saúde, podendo tornar as pessoas e os grupos, mais ou menos vulneráveis, ou seja, com capacidade de superar ou minimizar as dificuldades e riscos, e de aproveitar as oportunidades para melhorar sua situação de bem-estar (ZANELLA *et al*, 2009, p. 192).

Aos ambientes em sua forma natural, o termo aplicado é o de vulnerabilidade natural, por serem analisadas as características naturais do meio.

A vulnerabilidade natural visa mostrar a intensidade da susceptibilidade do ambiente, levando-se em consideração, para os fatores geomorfologia, geologia e solos, a estabilidade em relação à morfogênese e à pedogênese e, para o fator vegetação, a estrutura das redes e teias alimentares, o estágio de fitossucessão e a biodiversidade (TAGLIANI, 2003).

Nas análises e planejamentos ambientais, o estudo da vulnerabilidade natural proporciona o reconhecimento das áreas susceptíveis a algum tipo de intervenção humana, auxiliando na determinação das aptidões ao uso e ocupação. Quando esse ambiente é apropriado pelo homem através de suas diversas formas de uso e ocupação, sem a concordância com as limitações e potencialidades desse meio, ocorrem alterações nas conexões e fluxos que movimentam esse sistema, podendo trazer riscos à população ocupante ou à atividade vigente.

Nessa situação, na qual se inclui no ambiente um novo elemento à sua dinâmica, o fator antrópico, é caracterizada como vulnerabilidade ambiental, que, para Tagliani (2003), é uma maior ou menor susceptibilidade que um ambiente qualquer apresenta a um potencial impacto negativo provocado por ações antrópicas. A definição da vulnerabilidade ambiental parte, inicialmente, das características naturais como geologia, geomorfologia, solo e vegetação, que somados definem a estabilidade do meio. Quando o uso e a ocupação desse ambiente não são condizentes com a aptidão do mesmo, há um desrespeito às limitações naturais, provocando impactos negativos que acometem a própria população responsável por este desrespeito, bem como as áreas limítrofes.

A vulnerabilidade ambiental também expressa a susceptibilidade de um sistema à degradação ambiental, considerando-se a exposição do sistema às pressões ambientais, a sensibilidade do sistema às pressões exercidas e a capacidade de resposta do meio (ADGER, 2006). Os grupos sociais, envolvidos no processo de uso-ocupação dos meios, são diversos, no entanto, destacam-se como o grupo mais incapaz de responder de maneira positiva às situações adversas do meio – resultado de sua instabilidade natural ou consequências de sua alteração por ações antrópicas – àqueles vulneráveis socialmente.

Nos grupos em que não se detêm os mecanismos necessários para absorver ou adaptar-se às oportunidades proporcionadas pelo Estado ou pela sociedade em geral, identificam-se as populações vulneráveis. Esses grupos, devido ao baixo poder aquisitivo, apropriam-se das áreas esquecidas pelo poder público, geralmente acometidas por riscos ambientais urbanos gerando situações de vulnerabilidade socioambiental, que, de acordo com Deschamps (2004), resulta da coexistência de riscos ambientais e uma população em situação de vulnerabilidade social, ou seja, uma população em desvantagem social.

Os espaços ocupados pelas cidades têm sua vulnerabilidade alterada e/ou intensificada quando

desrespeitadas (ocupações irregulares de encostas íngremes caracterizadas como de alto risco) as potencialidades e limitações ambientais. A implantação de vias, por exemplo, altera o potencial de absorção de água do solo ou mesmo modifica o leito dos rios, fazendo com que o escoamento superficial aumente e a bacia hidrográfica receba uma quantidade de água superior a que poderia suportar nos canais fluviais, o que acarreta inundações e alagamentos em eventos chuvosos (não necessariamente extremos).

A gestão urbana, portanto, não deve se dissociar-se das condições naturais, mas considerar seus elementos isoladamente e em conjunto com a ação antrópica.

Quanto ao conceito de vulnerabilidade que se pretende utilizar, é o aprofundamento da análise a ser feita que o define, como se percebe na discussão realizada pelos diferentes autores supracitados, que, de acordo com a proposta de pesquisa que seguem, buscam uma discussão mais centrada em um ou mais conceitos de vulnerabilidade. Na análise aqui realizada, fez-se necessária uma verificação dos elementos naturais de cada ambiente e de sua resposta frente à intervenção humana, sendo, portanto, um estudo pautado na vulnerabilidade natural e ambiental.

Avaliação da vulnerabilidade na área de estudo

No estudo realizado em área do baixo curso dos rios Maranguapinho e Ceará-CE, localizados entre os municípios de Fortaleza e Caucaia, nas porções norte e nordeste do estado (Figura 1) respectivamente, estipulou-se o grau de vulnerabilidade de cada unidade ambiental, utilizando como base o estudo Ecodinâmico de Tricart (1977) para a estabilidade dos ambientes (Tabela 1).

Foram identificadas as unidades geoambientais do baixo curso dos rios Maranguapinho e Ceará. Os tipos de solo, vegetação, geologia e geomorfologia, presentes em cada ambiente, receberam um número que varia de 1,0 - 3,0 de acordo com o grau de vulnerabilidade (Tabela 2).

Foi elaborado um mapa geomorfológico da bacia com a construção de perfis topográficos de setores dos rios Ceará e Maranguapinho e a sobreposição da carta altimétrica digitalizada do estado do Ceará com imagens SRTM da área, somado às informações coletadas em campo. O Geoprocessamento foi feito através do *software* ArcGIS, versão 9.3.1.

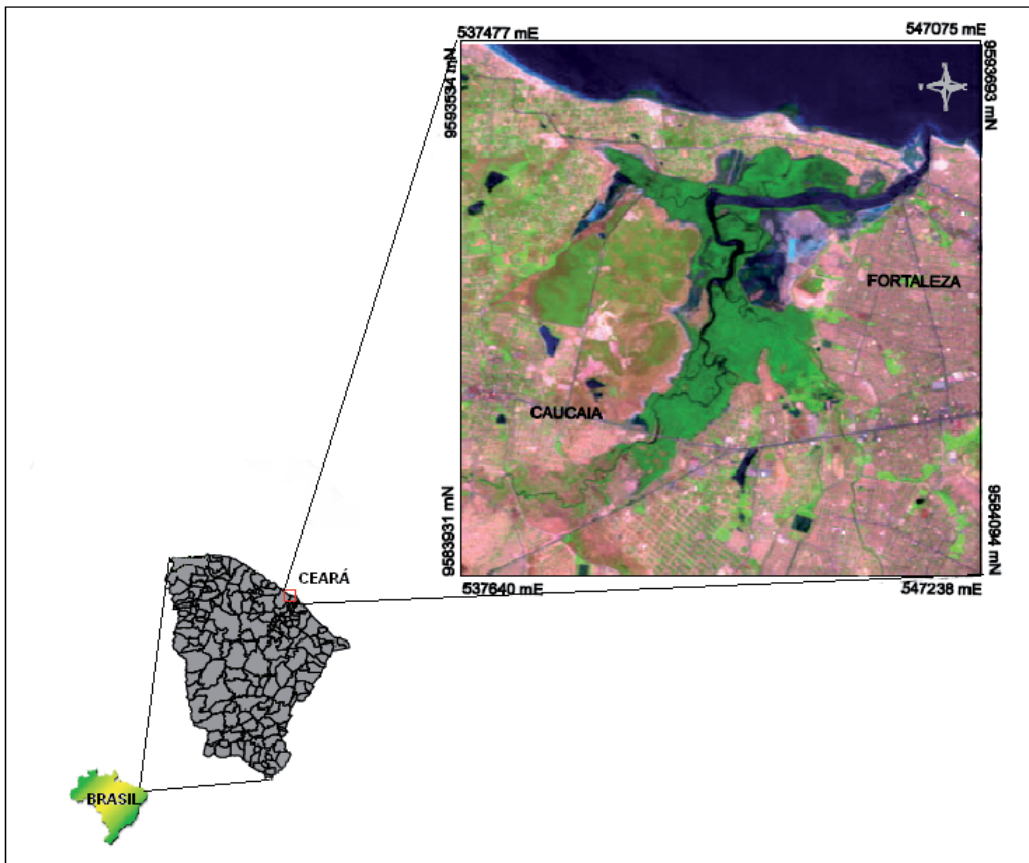


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Fonte imagem: Landsat 7. Elaborado por Loureiro, 2011.

Tabela 1 – Estabilidade das unidades

Meios	Processos predominantes	Valor
Estáveis	Pedogênese	1,0
Intergrades	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Fortemente Instáveis	Morfogênese	3,0

Fonte: Adaptado de Tricart (1977).

Após a identificação dos elementos em campo, as imagens de satélite passaram por um processo de vetorização, alimentando um SIG.

Posteriormente, foi feita a integração desses elementos, aplicando um modelo proposto por Barbosa (1997), Crepani *et al.* (1996) e Grigio (2003), adaptado de Tricart (1977), de classificação dos ambientes e identificação do grau de vulnerabilidade destes, ajustando-os à área de estudo.

O referido método analisa e classifica as unidades, em que o grau de vulnerabilidade, estipulado a cada classe, é distribuído em uma escala de 1,0 a 3,0 que, por sua vez, é distribuída entre as situações de predomínio dos processos de pedogênese (às quais se atribuem valores próximos de 1,0), passando por situações intermediárias (às quais se atribuem valores ao redor de 2,0) e situações de predomínio dos processos erosivos modificadores das formas de relevo, morfogênese (às quais se atribuem valores próximos de 3,0).

São utilizados intervalos de 0,5, que proporcionam uma menor generalização dos ambientes. Os elementos que compõem os ambientes (vegetação, solo, geologia, geomorfologia) recebem valores numéricos de acordo com seu grau de vulnerabilidade, baseando-se na proposta seguida e adaptada de Barbosa (1997), Crepani *et al.* (1996) e Grigio (2003), adaptada de Tricart (1977). É feito um cálculo da média aritmética dos valores de vulnerabilidade de cada classe, a fim de obter-se o grau de vulnerabilidade em que cada unidade do ambiente se encontra.

Neste estudo, para a construção do mapa de Vulnerabilidade natural, foram utilizados os mapas de geologia, geomorfologia, solos e vegetação. Fez-se o cruzamento dos mapas de vegetação e solos e dos mapas de geologia e geomorfologia através da ferramenta *Analysis Tools* no *software* ArcGIS 9.3.1, que possibilita o cruzamento entre dois mapas. Um segundo cruzamento foi feito com os resultados dos anteriores e, assim, obteve-se o mapa de Vulnerabilidade natural.

Para a obtenção do mapa de Vulnerabilidade ambiental, o mapa de Vulnerabilidade natural foi cruzado com o mapa de uso e ocupação do solo.

Na presente análise, as unidades foram classificadas em cinco categorias de vulnerabilidade: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa, conforme modelo seguido.

O grau de vulnerabilidade foi estipulado de 1 – 3 com intervalos de 0,5: havendo o predomínio dos processos de pedogênese foram atribuídos valores próximos ou iguais a 1,0; nas situações intermediárias, aplicaram-se valores próximos ou iguais a 2,0 e quando havia situações de predomínio dos processos de morfogênese, atribuiu-se valor 3,0. Foi estabelecida como critério para a definição dos intervalos a escala de diferenciação dos ambientes e a quantidade de unidades geológicas, geomorfológicas, classes de solos e tipos de vegetação identificados.

Tabela 2 - Grau de vulnerabilidade das classes identificadas

MAPA TEMÁTICO / CLASSE	GRAU DE VULNERABILIDADE
Geologia	
Formação Barreiras	1,0
Depósitos Eólicos	3,0
Depósitos Fluviais	2,5
Depósitos Fluviomarinhos	3,0
Depósitos de sedimentos de praia	3,0
Geomorfologia	
Tabuleiro Costeiro	1,0
Planície Fluvial	2,0
Planície Fluviomarina	3,0
Planície Litorânea	3,0
Associação de solos	
Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos	1,5

Gleissolos	3,0
Neossolos Flúvicos	2,5
Neossolos Quartzarênicos	3,0

Vegetação	
Vegetação de mangue	3,0
Vegetação Tabuleiro	2,0
Vegetação de Tabuleiro/Mata ciliar	2,5
Outro tipo	1,5
Sem vegetação	1,0

Adaptado de Grigio, 2003.

Os mapas resultantes foram cruzados e se calculou a média aritmética dos valores de vulnerabilidade para distribuí-los em classes (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 3 – Média das classes de Vulnerabilidade natural

CLASSIFICAÇÃO	MÉDIA
Baixa	0-1
Média	1 - 2,5
Alta	2,5 - 3

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4 - Média das classes de Vulnerabilidade ambiental

CLASSIFICAÇÃO	MÉDIA
Muito baixa	0-1
Baixa	1 – 1,5
Média	1,5 - 2
Alta	2 - 2,5
Muito alta	2,5 - 3

Fonte: Elaborado pelos autores.

O objetivo principal deste estudo foi alcançado com a construção e a análise dos mapas de Vulnerabilidade natural (Figura 2) e Vulnerabilidade ambiental (Figura 3). Com a construção do mapa de Vulnerabilidade natural, resultado do cruzamento das variáveis geologia, geomorfologia, solos e vegetação, foram obtidas três classes de vulnerabilidade (Tabela 5).

A divisão em três classes de vulnerabilidade foi resultado do grau de diferenciação dos ambientes encontrados pelo software utilizado. As classes avaliadas com alta vulnerabilidade natural são as que apresentam

maior instabilidade, enquanto que as áreas identificadas como de baixa vulnerabilidade natural demonstram as condições, principalmente, geomorfológicas e de solo próximas à estabilidade.

Tabela 5 – Vulnerabilidade natural por porcentagem da área de estudo

CLASSE	Área (ha)	% do total da área
Alta	1641,47	21,35
Média	430,18	5,60
Baixa	5618,64	73,07
Total	7689,67	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os componentes geomorfológico, geológico, de solos e de vegetação que apresentaram maior vulnerabilidade natural foram respectivamente: Planície fluvio-marinha e litorânea; Depósitos eólicos e fluvio-marinhos; Gleissolos e Neossolos quartzarênicos; e Vegetação de mangue.

Já o componente geomorfológico que apresentou menor vulnerabilidade natural foi o Tabuleiro Costeiro; o geológico, a Formação Barreiras; de solos, os Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos; e de vegetação, a do tipo Vegetação de Tabuleiro.

O mapa de Vulnerabilidade ambiental, resultante do cruzamento do mapa de Vulnerabilidade natural com o mapa de uso/ocupação, considerando o uso como maior peso de importância, apresentou cinco classes de vulnerabilidade e área de ocorrência (Tabela 6).

Diferente do mapa de Vulnerabilidade natural, este mapa apresentou cinco classes de vulnerabilidade, pois foi observada maior diferenciação entre os ambientes. Embora tenha sido identificado um pequeno percentual de área com alta e muito baixa vulnerabilidade ambiental, a subdivisão evita uma análise generalizada do ambiente e permite uma orientação consistente ao planejamento da área.

A área do Tabuleiro Litorâneo que apresenta menor vulnerabilidade natural, ou seja, é um ambiente onde predominam os processos pedogenéticos, foi evidenciada como a área de maior vulnerabilidade ambiental. Essa é a área em que está assentada a cidade de Fortaleza, portanto, em que há a maior pressão antrópica.

Tabela 6 – Vulnerabilidade ambiental por porcentagem da área de estudo

CLASSE	Área (ha)	% do total da área
Muito alta	2645,34	34,40
Alta	178,12	1,63
Média	2000,92	26,02
Baixa	2744,89	35,69
Muito Baixa	173,75	2,26
Total	7689,67	100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Já a região da Área de Proteção Ambiental (APA) do rio Ceará, que apresenta solos, geologia e geomorfologia com elevada instabilidade natural, foi percebido como um ambiente com baixa vulnerabilidade ambiental.

A análise dos mapas resultantes evidenciou como o fator antrópico interfere nas condições de vulnerabilidade, tornando ambientes considerados estáveis em áreas com alta vulnerabilidade. Questões como essa devem ser exaltadas e consideradas na gestão e planejamento da cidade, pois são condicionantes do processo de uso e ocupação dos ambientes no que diz respeito à prevenção do surgimento das áreas de risco.

Observa-se que a expansão de Fortaleza exerceu alta pressão e elevada exploração dos Tabuleiros, retirando a maior parte da vegetação, canalizando rios e aterrando lagoas, resultando em uma cidade com constantes problemas de alagamentos e inundações durante a quadra chuvosa, que tem acarretado perdas econômicas à população residente, fatos evidenciadas todos os anos nos noticiários locais.

Considerações finais

A ocupação dos sistemas ambientais pelo homem pode ocorrer com perdas mínimas às partes envolvidas. Para tanto, é necessário que sejam avaliadas e respeitadas pelo homem as potencialidades e as limitações de cada ambiente. Observar o comportamento do ambiente através da identificação de seus componentes e as relações com os processos morfogenéticos (fluxos de matéria e energia) significa perceber e avaliá-lo de forma integrada, criando subsídios para um gerenciamento que preserve a manutenção do meio, de modo a valorizar a qualidade ambiental e o bem-estar das comunidades.

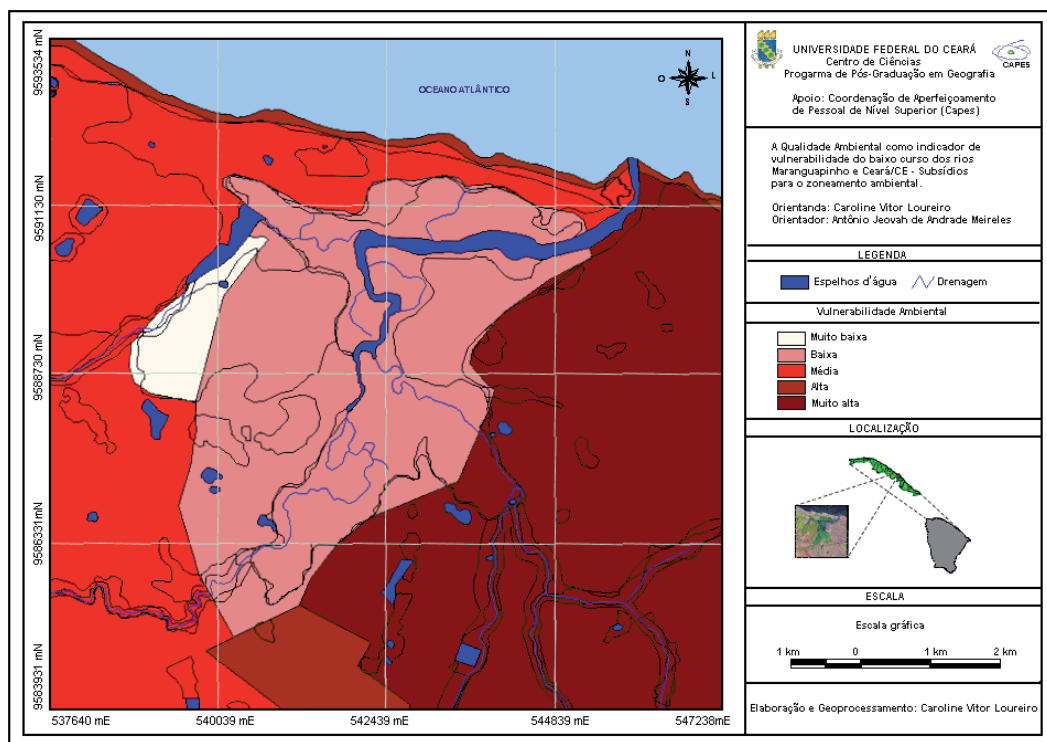


Figura 2 - Mapa de Vulnerabilidade natural da área de estudo. Elaborado por Loureiro, 2011

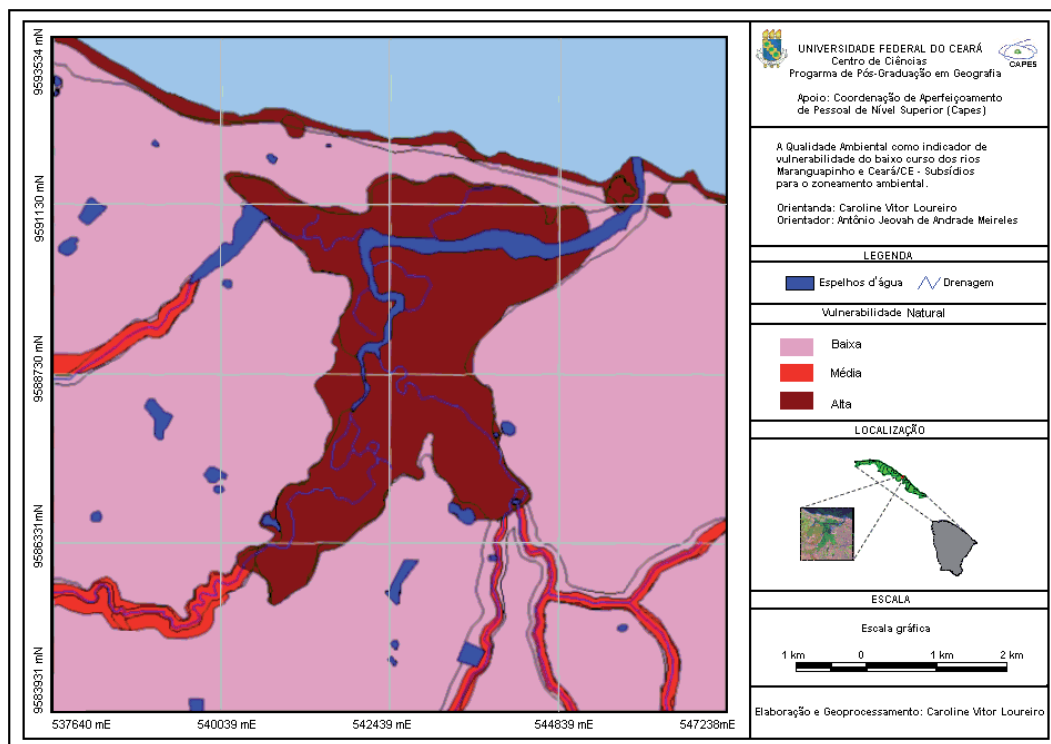


Figura 3 - Mapa de Vulnerabilidade ambiental da área de estudo. Elaborado por Loureiro, 2011

Os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental evidenciaram, através dos índices, que o fator uso/ocupação é responsável por acentuar as instabilidades de cada ambiente ou até criar situações antes inexistentes, de elevada vulnerabilidade. Isso é exemplificado no caso do Tabuleiro Costeiro da área de estudo. O Tabuleiro é uma área naturalmente estável, porém, quando incluído o fator antrópico em seu sistema, apresentou alta vulnerabilidade ambiental.

A planície litorânea, nas duas cidades drenadas pelo baixo curso dos rios Maranguapinho e Ceará (Fortaleza e Caucaia), foi intensamente ocupada no decorrer do processo de urbanização, tanto por agentes especuladores, como por um percentual da população menos abastada, potencializando a vulnerabilidade natural desse ambiente. As planícies fluviais desses dois rios passaram, também, por um processo de potencialização de sua vulnerabilidade, decorrente da urbanização desordenada em Fortaleza e Caucaia. Mesmo em ambientes como os descritos acima, pode-se lidar com reduzidas perdas tanto para os sistemas ambientais como para a comunidade envolvida.

A área da planície fluviomarina, considerada altamente instável, apresenta uma baixa vulnerabilidade ambiental, pois a nomeação como APA de grande parte desse ambiente impede, de certa forma, ações antrópicas que degradam o meio. Ainda se observa nos arredores da APA, no entanto, ações não compatíveis com a limitação de ambiente. Uma pequena faixa (não evidenciada no mapa devido ao seu reduzido tamanho) no limite da APA em seu setor leste sofre forte pressão para ocupação, resultando em ações de apropriações irregulares e perdas ambientais. Este fato alerta para a necessidade de constantes fiscalizações pelos órgãos ambientais responsáveis pelo gerenciamento da APA.

Com o desenvolvimento desse estudo, avaliando a vulnerabilidade natural e ambiental, através da discussão acerca da gestão integrada, demonstrouse a necessidade de preservação e conservação dos componentes geoambientais para proporcionar qualidade ambiental e de vida às populações ao longo das bacias hidrográficas. Evidenciou-se, portanto, o potencial de intervenção que a inserção humana pode gerar na dinâmica dos ambientes, ainda mais quando desarticulados os fluxos naturais de matéria e energia, chegando a tornar ambientes considerados estáveis em ambientes com alta vulnerabilidade.

Referências Bibliográficas

- BARBOSA, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 1997. 126f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São Paulo, 1997.
- BIRKMANN, J. **Measuring Vulnerability to Natural Hazards. Towards Disaster Resilient Societies**. Tokyo, New York, Paris: UNU-Press, 2006.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 155-191.
- CREPANI, E. et al. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.
- DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. 2004. 155f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento), - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- GRIGIO, A. M. **Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco as atividades da indústria petrolífera**. 2003. 222f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
- LAMPIS, A. Ciudad y riesgo: Un reto de seguridad ecológica urbana. **Revista de ingeniería**, Bogotá, v. 1, n. 31, p. 62-71, jun. 2010.
- TAGLIANI, C.R. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. In: SBSR, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1657-1664.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.
- VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007, 319p.
- ZANELLA, M. E.; COSTA, M. C. L.; PANIZZA, A.; ROSA, S. V. Vulnerabilidade socioambiental em Fortaleza. In: DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: Edições UFC, 2009. p. 191-215.