



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Mapeamento dos Sistemas Ambientais do Município de Caucaia (CE) Utilizando Sistema de Informação Geográfica: Subsídios para o Planejamento Territorial

Cleyber Nascimento de Medeiros¹, Marcos José Nogueira de Souza²

¹Analista de Políticas Públicas do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE; Doutor em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - UECE. Av. General Afonso Albuquerque Lima, s/n, Cambéa, Fortaleza, Ceará.

²Prof. Dr. do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE; E-mail: mestgeo@uece.br.

Artigo recebido em 24/06/2014 e aceito em 25/03/2015

RESUMO

Este trabalho objetivou analisar aspectos geoambientais do município de Caucaia, localizado no Estado do Ceará, Brasil. O município vem apresentado nos últimos anos um elevado crescimento populacional, suscitando uma forte pressão antrópica sobre os recursos naturais, justificando assim a necessidade de se identificar as áreas mais e menos vulneráveis ambientalmente ao adensamento populacional, gerando com isto elementos para o planejamento territorial. Desse modo, procedeu-se a caracterização geoambiental criando os mapas de sistemas ambientais e de vulnerabilidade ambiental de Caucaia, na escala 1:50.000, recorrendo-se, para tanto, ao emprego da teoria geossistêmica e do uso de produtos de sensoriamento remoto, dados cartográficos e trabalho de campo. Constatou-se que 21% do território têm alta vulnerabilidade à ocupação, sendo de 58% e 17%, respectivamente, os percentuais para os locais com média e baixa vulnerabilidade. Menciona-se que o planejamento territorial com base na compartimentação geoambiental surge como um importante delineador das condições organizacionais e da funcionalidade dos ambientes, tendo em vista que considera sempre suas características ambientais e sua dinâmica sócio-espacial de maneira integralizada.

Palavras-chave: Mapeamento de sistemas ambientais, Planejamento territorial, Caucaia.

Mapping of the Environmental Systems of the Municipality of Caucaia (CE) using Geographic Information System: Subsidies for Territorial Planning

ABSTRACT

This study aimed to analyze geoenvironmental aspects of the city of Caucaia, located in the state of Ceará, Brazil. The municipality has presented in recent years a high population growth, raising a strong human pressure on natural resources, thus justifying the need to identify the most and least environmentally vulnerable areas to population density, generating elements for territorial planning. Thus, we proceeded to environmental characterization creating maps of environmental systems and environmental vulnerability Caucaia, scale 1:50,000, using, for both, the geosystemic theory and the use of remote sensing products, cartographic data and fieldwork. It was verified that 21% of the territory have high vulnerability to occupation, being 58% and 17%, respectively, the percentages for areas with medium and low vulnerability. It is mentioned that the territorial planning based on geoenvironmental compartmentation emerges as important eyeliner of the organizational conditions and functionality of environments, considering their environmental characteristics and socio-spatial dynamics in the integrated form.

Keywords: Mapping of environmental systems, Territorial planning, Caucaia.

Introdução

Caucaia localiza-se na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Estado do Ceará, Brasil, possuindo aproximadamente uma extensão territorial de 1.228 km² (IBGE, 2012).

O município tem apresentado nos derradeiros decênios um exacerbado aumento populacional, desencadeando significativa expansão urbana.

A população correspondia a 54.754 habitantes em

* E-mail para correspondência: cleyber.medeiros@ipece.ce.gov.br (Medeiros, C.N.).

1970, 94.106 em 1980, 165.099 em 1991, 250.479 no ano 2000 e 325.441 habitantes em 2010, alcançando um crescimento relativo de 30% na última década (IBGE, 2010).

Vale citar que a configuração geoambiental de Caucaia é bastante diversificada, possuindo terrenos cristalinos encravados na depressão sertaneja, que bordejam as serras úmidas e secas, tendo contato com a Formação Barreiras (Medeiros et al., 2012).

Por sua vez, o litoral apresenta os campos de dunas móveis e fixas, a planície flúvio-marinha, e em menor dimensão a faixa de praia e os terraços marinhos.

Desse modo, dá-se ênfase que o elevado crescimento demográfico que vem ocorrendo no município nos últimos anos, bem como a concepção de grandes projetos econômicos que estão sendo implementados no território municipal e no seu entorno, a exemplo do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), justifica a necessidade de se traçar o perfil geoambiental de Caucaia, com vistas a identificar os locais de maior incidência de vulnerabilidade ambiental, auxiliando desta forma no planejamento territorial com foco na conservação ambiental.

Para Rodriguez et al. (2010), o planejamento ambiental do território converte-se como elemento tanto básico como complementar para a elaboração dos programas de desenvolvimento social e econômico e para a otimização de planos de gestão de qualquer unidade territorial.

De acordo com Tricart (1977), a detecção do grau de vulnerabilidade de um território resulta da análise geossistêmica dos componentes do meio físico considerando a ecodinâmica, ou seja, a relação entre os processos morfoгенéticos e pedogenéticos, assim como das ações antrópicas.

O autor trabalha na perspectiva do tratamento do meio ambiente de maneira integrada, salientando as relações complexas que há nos sistemas, introduzindo uma avaliação dos ambientes sob a ótica dinâmica que leva em conta a intensidade dos processos atuais e seus reflexos nos sistemas ambientais.

No modelo de classificação das condições de ecodinâmica do ambiente, existem as categorias dos meios estáveis, de transição e fortemente instáveis, definidas a partir da inter-relação presente nas relações entre os elementos da paisagem e as intervenções humanas.

Conforme Souza (2005), a proposta do método geossistêmico é analisar não apenas os componentes da natureza, mas, principalmente, as conexões entre eles e também com as ações humanas, sendo um método eficaz para estudar e explicar a estrutura dinâmica das relações antrópico-naturais.

O autor comenta que ao se conhecer como funciona a dinâmica dos sistemas ambientais possibilita-se o planejamento para o uso racional dos recursos naturais, constituindo-se em um caminho adequado para a promoção do desenvolvimento integrado e sustentado em longo prazo.

Neste contexto, esta pesquisa dá ênfase à caracterização dos diversos componentes naturais por meio da teoria geossistêmica, almejando conhecer, através de suas relações recíprocas, a compartimentação geoambiental de Caucaia, gerando subsídios necessários para o planejamento ambiental e a ocupação racional do território municipal.

Nessa perspectiva, a partir da análise e caracterização dos aspectos geoambientais do município de Caucaia elaborou-se os mapas de sistemas ambientais e de vulnerabilidade ambiental, objetivando gerar informações úteis para o planejamento territorial.

Portanto, visa-se neste estudo estabelecer o grau de vulnerabilidade dos sistemas ambientais presentes no município de Caucaia para poder-se avaliar a sua capacidade de suporte ao uso e ocupação da terra.

Nesse sentido, a análise geoambiental e o mapeamento empreendido foram conduzidos com base em trabalhos de campo e na avaliação do material cartográfico e de sensoriamento remoto, integrando as bases de dados georreferenciadas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Vulnerabilidade ambiental

Para planejar o uso e ocupação de um território de forma sustentável necessita-se conhecer como os sistemas ambientais reagem às atividades humanas, assim como a sua capacidade de suporte a essas pressões (Medeiros et al., 2005).

Diversos autores apresentam esses parâmetros em índices e, principalmente, em representações cartográficas, através de mapas de suscetibilidades, vulnerabilidades e de fragilidades. Porém, os termos vulnerabilidades, assim como fragilidades e suscetibilidades, são abordados, muitas vezes, como sinônimos.

De acordo com Costa et al. (2006), a vulnerabilidade ambiental refere-se ao conjunto integrado de fatores ambientais que diante de atividades humanas, ocorrentes ou que venham se manifestar, poderá sofrer alterações afetando, total ou parcialmente, a estabilidade ecológica de um local.

Para Santos & Vitte (1998), o termo fragilidade está ligado às causas dos desequilíbrios ambientais, que podem ter origens diversas, mas que frequentemente relacionam-se com ações de interação entre os fatores biótico e abiótico.

Conforme Pereira & Silva (2005), a suscetibilidade expressa à fragilidade de uma região aos processos morfodinâmicos, enquanto a vulnerabilidade exprime o grau de risco dos sistemas ambientais às atividades antrópicas.

Salienta-se que esta pesquisa não pretende examinar, muito menos determinar, essa questão semântica - conceitual, mas, para fins de entendimento sobre o sentido do termo vulnerabilidade aqui utilizado, adota-se o conceito de vulnerabilidade ambiental definido por Tagliani (2002): significa a maior ou menor suscetibilidade de um ambiente a um impacto potencial provocado por uma ação humana. O sentido dado ao termo suscetibilidade refere-se à possibilidade de receber impressões, modificações ou adquirir qualidades diferentes das que já tinha.

Santos & Caldeyro (2007) corroboram afirmando que a vulnerabilidade ambiental corresponde à resposta do meio às ações humanas agressivas, variando conforme suas características naturais e antropogênicas, atingindo diretamente a estabilidade do meio ambiente, bem como sua qualidade ambiental.

Segundo Souza (2000), é fundamental considerar a ecodinâmica da paisagem associada ao uso e ocupação da terra como critério básico para definição da vulnerabilidade ambiental existente nos sistemas ambientais.

Nesse sentido, o referido autor associa, em suas pesquisas na região do semiárido nordestino, a vulnerabilidade ambiental dos sistemas ambientais às condições de balanço entre morfogênese e pedogênese.

No método desenvolvido por Souza (2000, 2005), parte-se do pressuposto básico de que os sistemas ambientais são integrados por variados elementos que mantêm relações mútuas e são continuamente submetidos aos fluxos de matéria e energia.

Assim, cada sistema representa uma unidade de organização do ambiente natural, verificando-se, comumente, um relacionamento funcional entre seus componentes, sendo estes dotados de potencialidades e limitações próprias sob o ponto de vista de recursos ambientais.

Como tal, reagem também de forma singular no que tange as ações humanas e as condições de uso e ocupação da terra.

Tendo em vista à possibilidade da avaliação da vulnerabilidade a partir dos sistemas ambientais destaca-se que a proposta de Souza (2000) constitui-se em uma metodologia adequada para este estudo.

Isto ocorre notadamente por não se incidir em erros cartográficos a partir da análise de mapas do meio físico em diferentes escalas cartográficas, assim como a ponderação equivocada dos elementos geoambientais (desconsiderando a correlação entre eles) que contribuem para a determinação da vulnerabilidade ambiental.

Dessa forma, o mapa de sistemas ambientais deriva o mapa de vulnerabilidade ambiental, com fins de verificar a aplicabilidade destes no planejamento e no ordenamento territorial.

Material e Métodos

Os procedimentos adotados consistiram na aquisição de dados por meio de levantamentos de campo usando

GPS (*Global Positioning System*), consultas a fontes bibliográficas e dados cartográficos, operacionalizando os mesmos por meio de um SIG.

Rodríguez et al. (2010) comentam que o objetivo fundamental do SIG é a manifestação territorial da informação, a qual é alcançada graças ao uso dos materiais cartográficos como fonte de dados e objeto de formalização dos trabalhos.

Desta forma, uma exigência básica na elaboração de um SIG é a unificação territorial dos dados e informações, utilizando-se como fundamento metodológico geral o enfoque geossistêmico, tanto para a obtenção da informação, como para a interpretação de seu conteúdo.

O principal material cartográfico utilizado correspondeu as ortofotocartas na escala 1:20.000 do Projeto do Pólo Ceará Costa do Sol (IPECE, 2008).

Esta base cartográfica (Figura 1) possui restituição planialtimétrica de rios, lagoas, açudes, cidades, localidades, estradas pavimentadas, caminhos e curvas de nível com equidistância vertical de 5 metros, detendo as imagens (ortofotos) uma resolução espacial de 2 metros (Figura 2).

Salienta-se também que foi empregado o mapa de unidades geoambientais da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), constante do Macrozoneamento Ambiental do Ceará (Ceará, 1998) na escala 1:100.000.

Todo o material cartográfico foi inserido em ambiente SIG, utilizando o programa ArcGis 9.3®, estando os mesmos no sistema de projeção UTM, zona 24 Sul, datum SAD-1969.

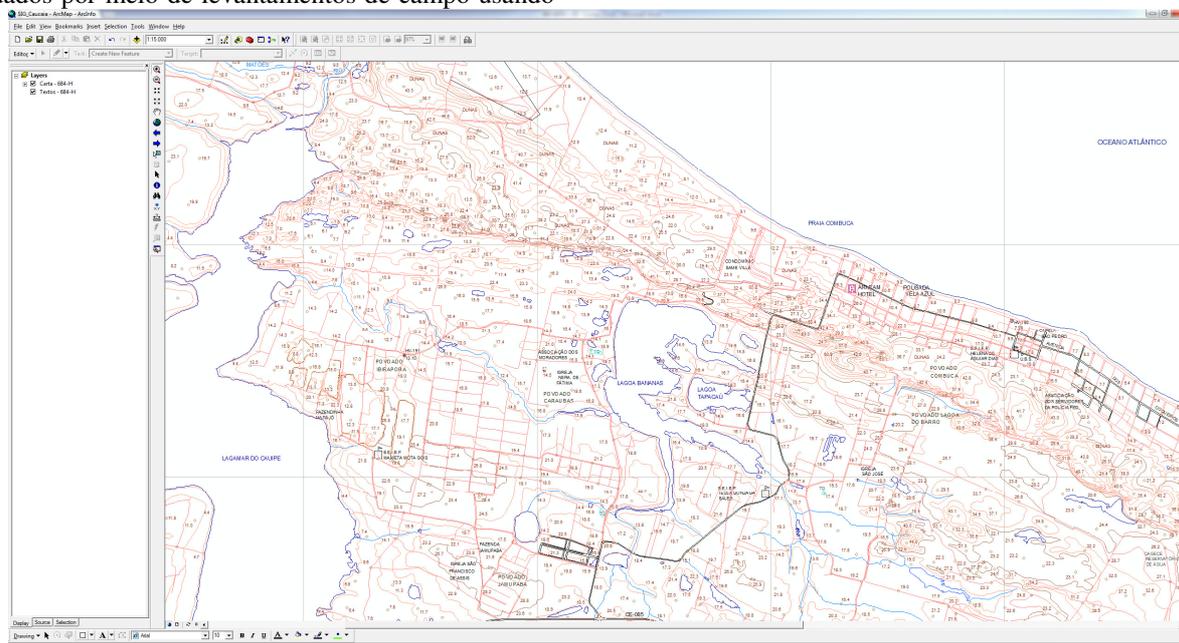


Figura 1. Exemplo da base cartográfica utilizada em ambiente SIG. Elaboração dos autores.

Enfatiza-se que os sistemas ambientais foram definidos a partir da avaliação conjunta das variáveis do suporte (geologia, geomorfologia e hidrogeologia), do envoltório (clima e hidrologia de superfície) e da cobertura (solos e condições de biodiversidade),

levando-se em consideração também as atividades humanas, as quais podem interferir no processo de morfogênese e pedogênese, e conseqüentemente, na dinâmica natural dos sistemas ambientais.

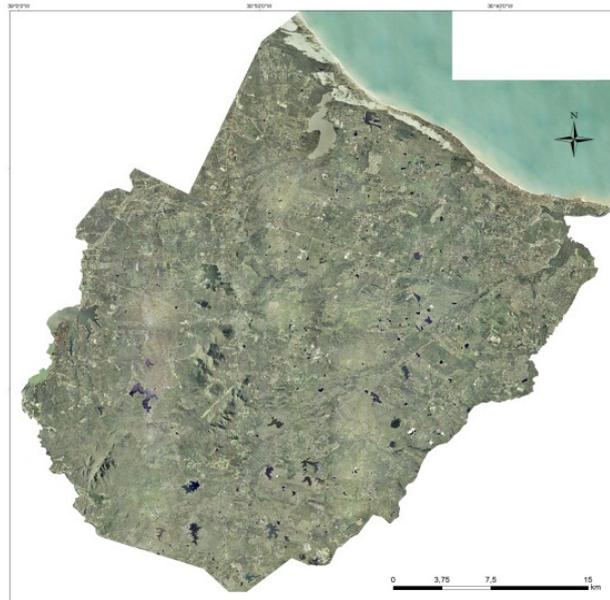


Figura 2. Mosaico de Ortofotos. Elaboração dos autores.

Para o mapeamento dos sistemas ambientais considerou-se a análise geomorfológica como elemento de importância fundamental.

Segundo Souza et al. (2002), os limites do relevo e as feições do modelado são mais facilmente identificados em produtos de sensoriamento remoto, bem como em campo, sendo passíveis de uma delimitação mais rigorosa e precisa.

Deve-se reconhecer, além disso, que a compartimentação geomorfológica deriva de herança da evolução geoambiental.

Organizou-se o mapa de sistemas ambientais por meio da análise das ortofotos, do Modelo Digital do Terreno (MDT), de trabalhos de campo e da avaliação do acervo cartográfico temático, oriundo de levantamentos sistemáticos dos recursos naturais anteriormente procedidos.

Como tal, cada compartimento tende a ter padrões de drenagem superficial, arranjos típicos de solos e

características singulares quanto aos aspectos fitofisionômicos e, por consequência, os padrões de ocupação humana são também influenciados.

Nesta conjuntura, para a delimitação dos sistemas ambientais do município de Caucaia, as ortofotos foram avaliadas a partir da geração de chaves de interpretação utilizando os seguintes elementos: tonalidade (cor), textura (impressão de rugosidade), tamanho, forma, padrão (arranjo espacial dos objetos), sombra, altura e localização (Florenzano, 2007).

Na Figura 3 pode-se visualizar o MDT, o qual foi construído a partir das curvas de nível com equidistância vertical de 5 metros e pontos cotados na escala 1:20.000, oriundos da base cartográfica do Pólo Ceará Costa do Sol, utilizando-se a técnica de interpolação de grade irregular triangular (TIN), disponível no programa ArcGIS 9.3®.

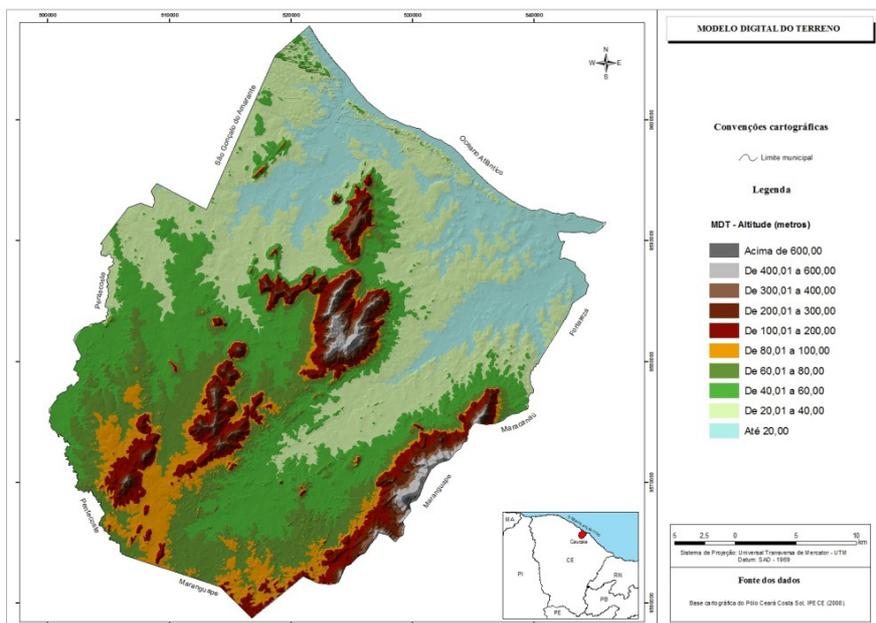


Figura 3. Modelo Digital do Terreno (MDT). Elaboração dos autores.

Esses dados foram inseridos no programa ArcGIS 9.3[®], realizando o processo de vetorização via-tela (*heads-up digitizing*) no intuito de se obter uma base vetorial digital de dados, gerando assim o mapa de sistemas ambientais.

Aqui vale mencionar, conforme Florenzano (2008), que os insumos de sensoriamento remoto têm a característica de destacar o relevo da superfície terrestre, sendo bastante utilizados em estudos e mapeamentos de sistemas ambientais.

Destaca-se que a escala cartográfica adotada (1:50.000) para geração do mencionado mapa foi determinada como a mais indicada para dar respaldo à análise desejada, em virtude da representação dos detalhes mapeados nos sistemas ambientais, permitindo o planejamento territorial almejando a otimização do uso dos recursos naturais, minimizando os impactos e maximizando as potencialidades.

Conforme o MMA (2006), o planejamento territorial em nível municipal deve gerar mapas entre as escalas cartográficas 1:100.000 e 1:50.000, consentindo um maior detalhamento das informações e atingindo uma melhor compreensão dos sistemas ambientais.

Visando avaliar a vulnerabilidade dos sistemas ambientais, recorreu-se à análise ecodinâmica com base em critérios de Tricart (1977), os quais foram adaptados por Souza (2000) para a região semiárida do nordeste brasileiro, onde se encontra inserida a maior parte do município de Caucaia.

Assim, foram definidas três categorias, representadas pelas classes de vulnerabilidade Alta, Média e Baixa, descritas a seguir:

Vulnerabilidade Alta: Correspondem aos sistemas ambientais com ecodinâmica instável e fortemente instável. A definição dessas áreas considera a capacidade de suporte dos sistemas associada aos

processos inadequados de uso e ocupação da terra e as limitações impostas pela legislação ambiental.

Vulnerabilidade Média: Consistem nos sistemas ambientais com ecodinâmica de ambientes de transição, onde há frágil equilíbrio entre as condições de morfogênese e pedogênese. Esses ambientes podem ser influenciados pelas atividades humanas e por isso requerem critérios específicos de uso e ocupação da terra para que a estabilidade ambiental não seja alterada.

Vulnerabilidade Baixa: São representadas pelos ambientes em equilíbrio, onde a estabilidade morfogenética prevalece. Essas áreas não apresentam maiores problemas para o desenvolvimento de atividades humanas, desde que estabelecidas normas e critérios de saneamento ambiental e manutenção da infiltração do solo, não favorecendo a ocorrência de inundações e alagamentos.

Com o enquadramento dos sistemas em determinada categoria de meio ecodinâmico, se viabiliza a possibilidade de destacar o grau de vulnerabilidade do ambiente, gerando elementos para o planejamento territorial, objetivando a sustentabilidade dos recursos naturais.

Resultados

Contextualização ambiental

Menciona-se que a estrutura geológica do município apresenta dois conjuntos bem distintos: Coberturas sedimentares de idade Tércio-Quartenárias e litologias do embasamento cristalino Pré-cambriano. Em termos de relevo, Caucaia é marcado por altitudes médias a baixas, geralmente inferiores a 100 metros, com exceção dos maciços residuais.

Nesta perspectiva, apresenta-se no Quadro 1, de forma sintética, a correlação entre as unidades litológicas e as feições geomorfológicas presentes no município.

Quadro 1. Síntese das unidades geológicas e geomorfológicas de Caucaia. Fonte: Elaboração dos autores.

Unidade geológica	Unidade geomorfológica
Complexo Gnáissico-Migmatítico	Depressão sertaneja de Caucaia
	Maciços residuais do Juá, Conceição e Camará
Complexo Granitóide-Migmatítico	Maciço residual da Serra de Maranguape
Formação Barreiras	Tabuleiro pré-litorâneo
Ultrabasitas	Cristas residuais e <i>Inselbergs</i>
Rochas vulcânicas alcalinas	Cristas residuais e <i>Inselbergs</i>
Depósitos aluviais e lacustres	Planície fluvial e lacustre
Paleodunas	Campo de dunas fixas
Dunas móveis, faixa de praia e terraço marinho	Campo de dunas móveis, faixa de praia e terraço marinho
Depósitos flúvio-marinhos	Planície flúvio-marinha

Caucaia pode ser caracterizado geologicamente pela ocorrência de terrenos cristalinos dos complexos gnáissico-migmatítico e granitóide-migmatítico, ultrabasitas do proterozóico, rochas vulcânicas alcalinas e as coberturas sedimentares cenozóicas, sendo estas representadas pela Formação Barreiras, depósitos flúvio-aluvionares, paleodunas, dunas móveis e depósitos flúvio-marinhos (Figura 4).

Na Figura 5 mostra-se o mapa das unidades geomorfológicas de Caucaia, as quais são distinguidas pela faixa de praia e terraços marinhos, campos de dunas

móveis e fixas, tabuleiros pré-litorâneos, planície fluvial e lacustre, planície flúvio-marinha, maciços residuais, cristas residuais e *inselbergs* e a depressão sertaneja.

O complexo gnáissico-migmatítico possui posicionamento estratigráfico no Proterozóico Inferior, ocorrendo sotoposto à Formação Barreiras e ocupando grande parte do município de Caucaia.

Geomorfológicamente, este complexo situa-se no domínio da depressão sertaneja e dos maciços residuais na forma de corpos de migmatitos, como por exemplo, as serras do Juá, Conceição e Camará.

A depressão sertaneja detém acentuada diversificação litológica, amplamente submetida às condições semiáridas quentes, com forte irregularidade pluviométrica e com canais fluviais dotados de intermitência sazonal (Souza, 2000).

O Complexo Granitóide-Migmatítico ocorre em Caucaia na área concernente a Serra de Maranguape, o qual segundo Brandão (1995), exibe na periferia rochas foliadas desde gnaisses migmatizados até migmatitos metatexiticos. São ainda entendidos como relevos residuais formados a partir da erosão diferencial que desnudou as áreas gnáissicas circundantes.

Na porção centro-oeste do município, próximo à Serra de Maranguape, incide o ultrabásito do Serrote Manoel Gonçalves, que se trata de um piroxenito de coloração preto-esverdeada, maciço, e de granulação média, possuindo posicionamento crono-estratigráfico no final do Proterozóico Inferior.

As rochas vulcânicas alcalinas constituem uma província petrográfica geneticamente associada ao vulcanismo terciário do arquipélago de Fernando de Noronha, sendo classificadas, predominantemente como fonólitos e traquitos.

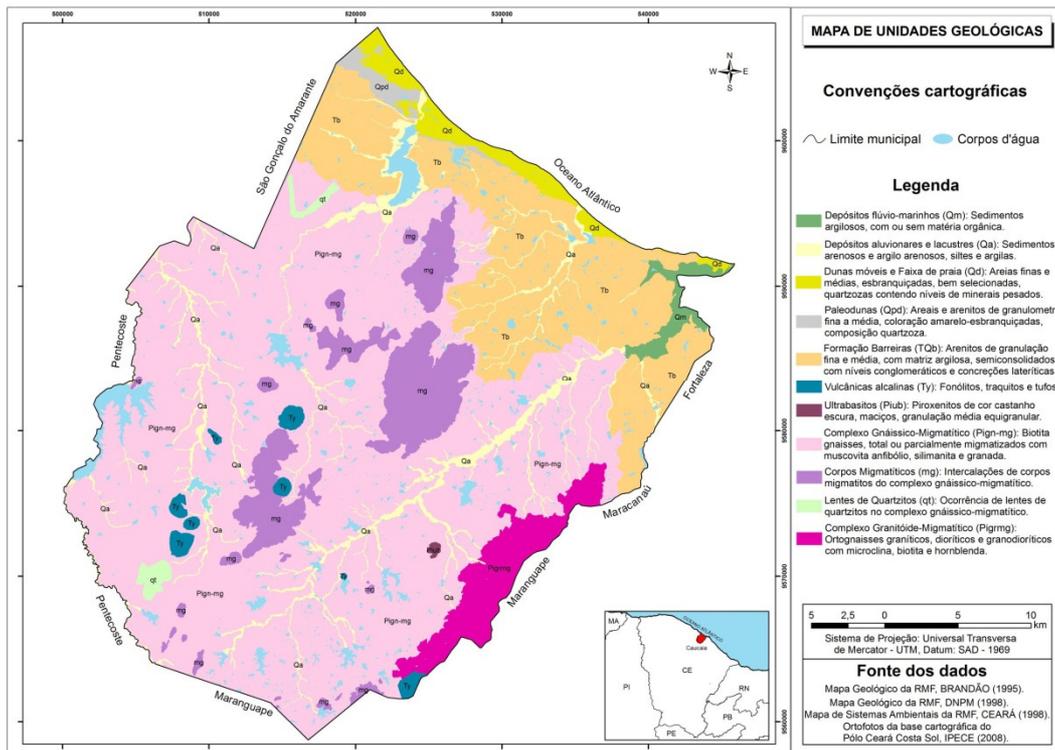


Figura 4. Mapa de unidades geológicas de Caucaia. Elaboração dos autores.

As principais ocorrências destas rochas vulcânicas, em Caucaia, correspondem aos serrotes Pão de Açúcar, Japapara, Preto e Salgadinho.

Souza (2000) cita que as cristas residuais e os *inselbergs* possuem áreas de dimensões menores que os maciços residuais, apresentando-se dispersas pela depressão sertaneja. Derivam do trabalho de erosão diferencial em setores de rochas muito resistentes, ocasionando a elaboração de relevos rochosos ou com solos muito rasos e declives íngremes.

A Formação Barreiras distribui-se de forma contínua em uma faixa de largura variável, acompanhando a linha de costa, situada a retaguarda dos sedimentos eólicos antigos e atuais, por vezes, aflorando na linha de praia representando falésias vivas. Geomorfologicamente, correspondem aos tabuleiros pré-litorâneos.

Litologicamente, a Formação Barreiras é constituída por sedimentos areno-argilosos de cor vermelho-amarelada, por vezes esbranquiçada, com granulação fina a média.

Os depósitos aluviais e lacustres são compostos essencialmente por areias, cascalhos e argilas, com ou

sem matéria orgânica, compreendendo os sedimentos fluviais e lacustres recentes (Souza, 2005).

As dunas fixas ocorrem, principalmente, na parte oeste do litoral de Caucaia, sendo uma geração de dunas mais antiga, possuindo o desenvolvimento de processos pedogenéticos e tendo, normalmente, uma cobertura vegetal de porte mais denso e arbóreo.

Brandão (1995) cita que as paleodunas são litologicamente compostas por areias bem selecionadas, de granulação fina a média, por vezes siltosas, quartzosas e/ou quartzo-feldspáticas, com tons amarelos, alaranjados ou aczentados. Segundo Souza (2000), as dunas móveis são litologicamente compostas por areias esbranquiçadas, de granulação fina a média, quartzosas, com grãos de quartzo foscas e arredondados. Caracterizam-se pela ausência de vegetação ou pela presença de vegetação herbácea, a qual atenua os efeitos da dinâmica eólica, responsável pela migração das dunas.

As praias se dispõem de modo alongado pelo litoral de Caucaia, desde a área de estirâncio até a base das dunas móveis. Por sua vez, os terraços marinhos são superfícies formadas a partir do recuo da linha de costa,

e se encontram entre a zona de alta praia e a base do campo de dunas (Souza, 2005).

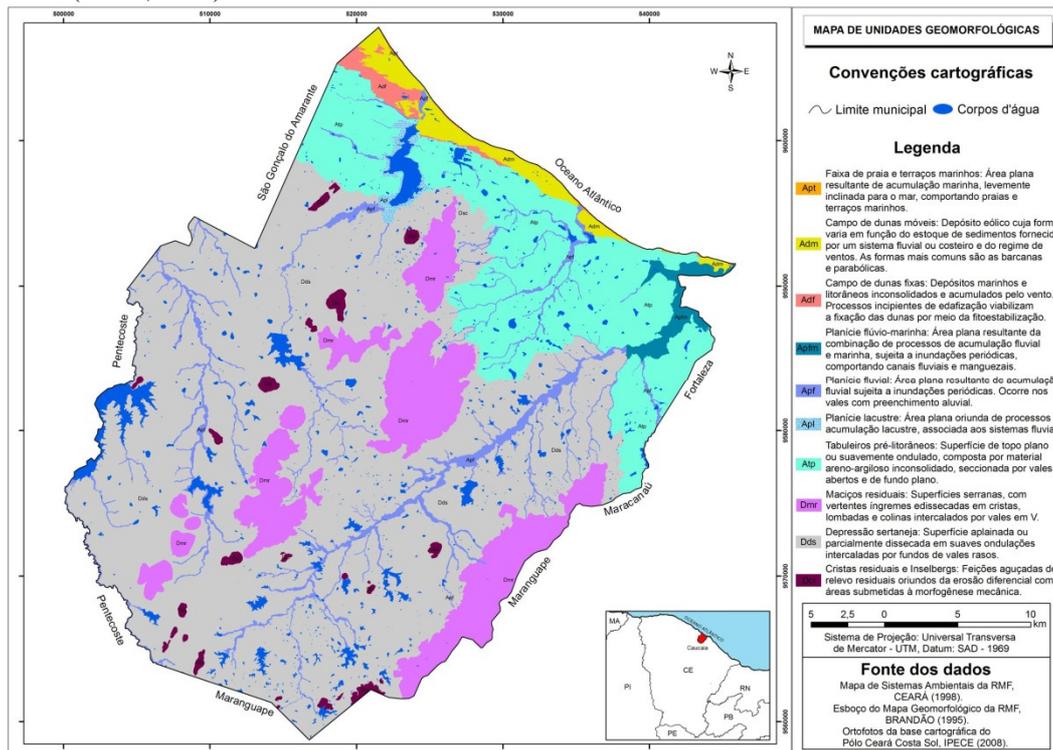


Figura 5. Mapa de unidades geomorfológicas de Caucaia. Elaboração dos autores.

No tocante à litologia, as praias são formadas por areias de granulação média a grossa, apresentando ocasionalmente cascalhos (na desembocadura dos rios) com restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados.

Por fim, em relação à caracterização geológica e geomorfológica de Caucaia, cita-se que as planícies flúvio-marinhas são estabelecidas pela deposição de sedimentos predominantemente argilosos e com grandes concentrações de matéria orgânica, sendo a sua disposição resultante da mistura de águas doce e salgada que colmatam um material escuro e lamacento.

No tocante ao clima da área de estudo, menciona-se que o predominante em Caucaia é tropical quente semiárido brando, ocorrendo também os climas tropical quente sub-úmido e tropical quente úmido.

O período chuvoso ocorre nos meses de janeiro a maio, possuindo uma precipitação pluviométrica média anual de 1.243,2 mm (IPECE, 2012).

No que tange às unidades fitoecológicas são encontrados no município o complexo vegetacional litorâneo, composto pelos manguezais e a vegetação dos campos dunares, a mata ciliar e lacustre, a mata de tabuleiro, a mata seca, a mata plúvio-nebular, além da caatinga, que ocorre associada à depressão sertaneja (Souza, 2000).

As associações das classes de solos presentes em Caucaia foram consideradas segundo as unidades geomorfológicas, compondo um esboço morfopedológico. Dessa forma, foram identificados solos do tipo Neossolos Litólicos, Planossolos Háplicos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Vertissolos, Luvisolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos Flúvicos e Gleissolos Sállicos.

Cita-se que o município está inserido na Bacia hidrográfica Metropolitana, sendo seu território formado pelas sub-bacias hidrográficas do Ceará, São Gonçalo, Cauhípe e Juá (Figura 6).

A bacia do Rio Ceará possui a maior extensão territorial, com aproximadamente 496,8 km², sendo seus principais rios o Ceará, Maranguapinho, Urucujuba, e os riachos Ipuêira, Pinhões, Nambi, dos Patos, do Sabonete, do Tôco e Caruçanga.

Na mencionada bacia também estão localizados importantes açudes e lagoas, sendo os de maior abrangência territorial os açudes do Toque, Bom Princípio, dos Macacos, Massapê, e as lagoas do Tabapuã, Capuã e Pabussu.

Na parte oeste de Caucaia situa-se a bacia do Rio Cauhípe, que abrange 310,3 km², destacando-se os açudes do Cauhípe e dos Parentes, as lagoas do Mato, da Cosma e de Pedro Lopes, como também o Lagamar do Cauhípe, sendo este último uma área de proteção ambiental. Os principais rios e riachos são o Cauhípe, Coité, Davi e Matões. O Rio Cauhípe é do tipo intermitente, podendo ficar seco nos últimos meses do ano, têm nascente nas proximidades do Serrote Salgadinho e drena terrenos cristalinos, da Formação Barreiras e da planície litorânea.

A terceira bacia hidrográfica com maior extensão no município é a do Rio São Gonçalo, com área em torno de 258,5 km². O Rio São Gonçalo tem suas nascentes em terrenos de rochas cristalinas, exibindo um padrão de drenagem do tipo dendrítico, e servindo de limite político-administrativo com o município de Pentecoste. Além do mencionado rio, nesta bacia destacam-se os riachos Anil, Santa Luzia, Catuana e dos Brandões. Os corpos d'água de maior relevância são os açudes Sítios

Novos, do Ingira, do Umari, Serrote de Baixo e as lagoas do Umari e Caruru.

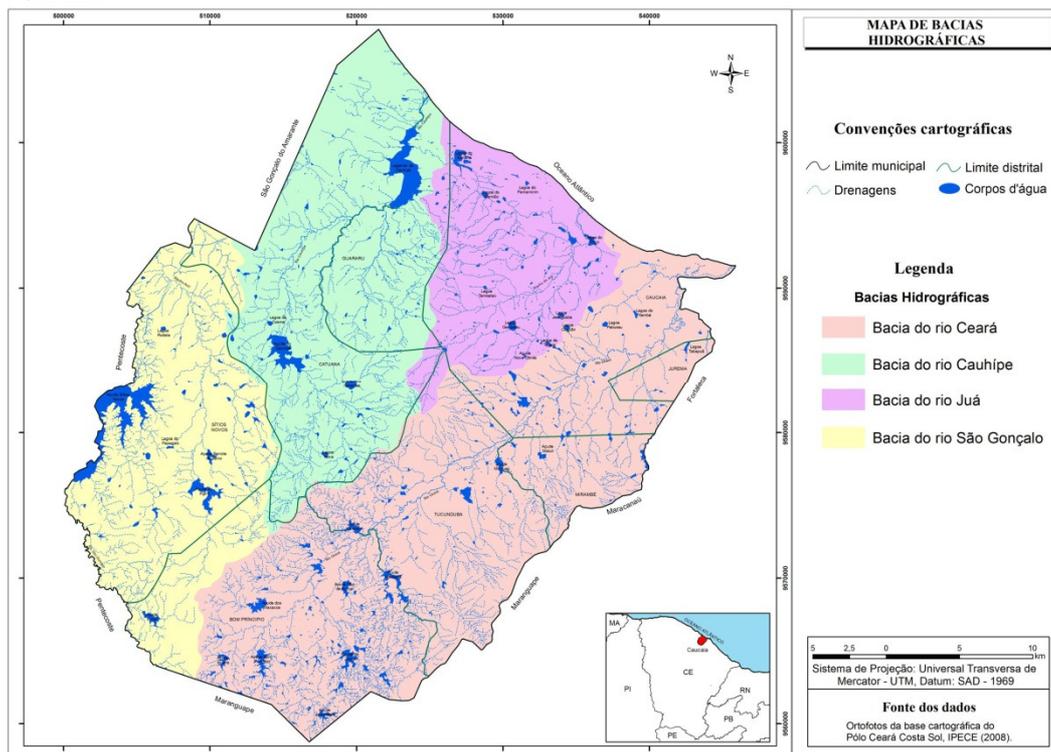


Figura 6. Mapa de bacias hidrográficas de Caucaia. Elaboração dos autores.

O Açude Sítios Novos foi construído no ano de 1999, com o objetivo de aumentar a capacidade hídrica do município de Caucaia para atender às demandas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) por meio do canal Sítios Novos-Pecém, abastecendo também a população do distrito de Sítios Novos, após tratamento da água realizado pela Companhia de Águas e Esgotos do Ceará (CAGECE).

A Bacia hidrográfica do Juá situa-se na parte norte do território de Caucaia, abrangendo uma área de 160,4 km². Os riachos de maior porte são o Juá, Santo Amaro, Barra Nova, Tabeba e Camará. Inseridas nesta bacia se encontram as lagoas do Banana, Genipapu, Damião, Jeneguaba, Parnamirim, entre outras.

As lagoas são utilizadas principalmente como áreas de lazer pelas comunidades, salvo raras exceções, como as Lagoas do Banana e do Parnamirim, que possuem infraestrutura e condições turísticas, permitindo o fluxo de turistas em restaurantes e balneários circunvizinhos.

Quanto à hidrogeologia, observam-se a presença de quatro aquíferos em Caucaia: Dunas/Paleodunas, Aluviões, Barreiras e Cristalino, sendo os três primeiros vinculados a terrenos sedimentares, enquanto que o último está ligado a terrenos cristalinos.

Conforme Freitas (2009), a capacidade das rochas cristalinas de armazenarem água está intimamente conectada à intensidade, abertura e interconexão da rede de fraturas, detendo valores muito pequenos quando comparadas às rochas sedimentares.

O aquífero Barreiras caracteriza-se por expressiva variação de níveis clásticos com diferentes porosidades, traduzindo potencialidades diferenciadas quanto à produtividade de água subterrânea.

As profundidades dos poços que captam água do Barreiras oscilam predominantemente entre 10 e 50 metros, com média de 20 metros. As vazões são geralmente pequenas, oscilando predominantemente com média de 3 m³/h e máximas de 12 m³/h (Cavalcante, 1998).

O aquífero aluvião ocorre margeando as calhas dos principais rios e riachos do município de Caucaia. Segundo Brandão (1995), o aluvião é um aquífero livre, com espessuras de até 10 metros e nível estático sub-aflorante, normalmente inferior a 2 metros. São formados por sedimentos de granulometria muito fina, frequentemente, intercalados com níveis argilosos e orgânicos, provindos de uma ação erosiva sobre rochas sedimentares.

O sistema hidrogeológico Dunas/Paleodunas é composto por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, finas e médias, na área de abrangência das dunas móveis e fixas. A vazão média varia entre 5 e 10 m³/h, podendo chegar a máximas de 15 m³.h⁻¹.

Vale ressaltar que, conforme Souza (2000), os aquíferos Dunas/Paleodunas e Aluvião possuem alta vulnerabilidade a contaminação de seus mananciais hídricos, devido à pequena profundidade do nível freático, sendo necessário a conservação e o uso racional desses ambientes, principalmente, em áreas submetidas à ocupação humana intensa.

Compartimentação geoambiental e vulnerabilidade ambiental

A compartimentação geoambiental de Caucaia contemplou a caracterização dos diversos aspectos

naturais, almejando identificar, através de suas relações mútuas, os sistemas ambientais presentes no município.

Para tanto, os referidos sistemas foram delimitados considerando-se a inter-relação dos seus elementos no tocante à dimensão, características de origem e evolução.

Observando a importância da diversidade interna dos sistemas de relações, foram demarcados subsistemas ambientais.

Neste contexto, Souza et al. (2009) afirmam que a concepção de paisagem assume relevante significado para o mapeamento das subunidades, em virtude da exposição de padrões uniformes.

Ross (1995) complementa citando que os subsistemas ambientais constituem espaços territoriais

que detêm certo grau de homogeneidade fisionômica, que é dada pelos elementos que se mostram mais claramente na paisagem à visão humana, isto é, o relevo e a vegetação.

Neste contexto, mapearam-se os seguintes sistemas ambientais em Caucaia: Planície litorânea, tendo como subsistemas à planície flúvio-marinha, dunas móveis, dunas fixas, faixa de praia e terraços marinhos; Planície ribeirinha, subdividida nas planícies lacustres e fluviais; Tabuleiros pré-litorâneos; Depressão sertaneja; Maciços residuais, contendo os subsistemas das serras úmidas pré-litorâneas, das serras secas subúmidas e das cristas residuais e *inselbergs*, conforme delineado no Quadro 2.

Quadro 2. Sistemas Ambientais do município de Caucaia. Fonte: Elaboração dos autores.

Domínios Naturais	Sistemas Ambientais	Subsistemas Ambientais
Ambientes deposicionais do litoral e do interior; Superfícies pré-litorâneas interiores e Planícies de acumulação	Planície Litorânea	Faixa de praia e terraços marinhos
		Campo de dunas móveis
		Campo de dunas fixas
	Tabuleiro Pré-litorâneo	Planície flúvio-marinha
		Tabuleiro pré-litorâneo
		Planície fluvial
Maciços residuais	Maciços Residuais	Planície lacustre
		Serras úmidas pré-litorâneas
		Serras secas e subúmidas
Depressões sertanejas semiáridas	Sertões do Choró/Pacoti	Cristas residuais e <i>inselbergs</i>
		Depressão sertaneja de Caucaia

A planície litorânea, via de regra, recobre os sedimentos mais antigos da Formação Barreiras, sendo caracterizada por estreita faixa de terras com largura média de 1,0 a 4,0 km, composta por sedimentos holocênicos (neoformação), com granulometria e origem variadas.

Em Caucaia, observa-se forte relação entre as feições que compõem a planície litorânea, recebendo influência de natureza fluvial, marinha, eólica ou combinadas, gerando formas de acumulação e erosão.

Em razão dos condicionantes geológicos, fundamentalmente sedimentares, este sistema ambiental é favorecido pelo acúmulo hídrico no subsolo, configurando importantes aquíferos nos campos de dunas (móveis e fixas) e nos terraços marinhos, propiciando também a ocorrência de lagoas costeiras (Souza, 2000).

No tocante aos solos, há a predominância de Neossolos Quartzarênicos nos subsistemas ambientais das dunas móveis, dunas fixas, faixa de praia e terraços marinhos.

Por sua vez, na área da planície flúvio-marinha são observados os solos do tipo Gleissolos Sálícos. Revestem esses solos a vegetação do complexo vegetacional litorâneo composta por espécies pioneiras psamófilas, vegetação de dunas e os manguezais.

Os tabuleiros pré-litorâneos se dispõem de modo paralelo à linha de costa, à retaguarda da planície flúvio-marinha do Rio Ceará e dos campos de dunas móveis e fixas.

São constituídos por sedimentos mais antigos da Formação Barreiras, possuindo topografia plana, com

declividade variando entre 0% e 5%, sendo entalhados por rios e riachos no município de Caucaia.

Dessa forma, sob o aspecto litológico, há predominância de sedimentos areno-argilosos. Do ponto de vista pedológico, observa-se associação de Argissolos Vermelho-Amarelos e de Neossolos Quartzarênicos. O complexo vegetacional predominante neste sistema ambiental corresponde à mata de tabuleiro, atualmente bastante descaracterizada devido à expansão urbana (Souza, 2005).

As planícies fluviais são formadas a partir da deposição da ação fluvial, ocorrendo com maior ênfase no município de Caucaia nos rios Ceará, Cauhípe, Juá, São Gonçalo e Anil.

Por sua vez, as planícies lacustres são determinadas como locais de acumulação inundáveis que bordejam as lagoas perenes existentes na planície litorânea e nos tabuleiros pré-litorâneos, em áreas de baixa altitude, sendo que em algumas situações estas lagoas estão ligadas diretamente à rede de drenagem. Em Caucaia, destaca-se o Lagamar do Cauhípe.

O Lagamar do Cauhípe é uma Área de Proteção Ambiental (APA), gerenciada pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), criada no ano de 1998.

Localiza-se no litoral oeste, apresentando uma forma alongada e perpendicular à linha de costa, com 6 km de extensão e largura média de 1,10 km, possuindo uma área de 6,68 km² (Queiroz, 2003).

Os sedimentos das planícies fluviais e lacustres são formados em sua grande maioria por areias finas e médias, com inclusões de cascalhos inconsolidados,

siltes, argilas e eventuais ocorrências de matéria orgânica em decomposição (Souza, et al., 2009).

Nas planícies fluviais e lacustres verifica-se que os solos são mal drenados, profundos, com alta fertilidade natural, prevalecendo os Neossolos Flúvicos.

Estes sistemas ambientais detêm bom potencial hidrológico, onde está inserido o aquífero Aluvião. A vegetação predominante é a mata ciliar, com destaque para as carnaúbas (*Copernicia prunifera*).

Os maciços residuais representam uma expressão significativa do ambiente cristalino, compostos por rochas granítico-migmatíticas, sendo áreas serranas dispersas em um relevo plano a suavemente ondulado da depressão sertaneja.

No município de Caucaia verificam-se importantes serras, podendo-se citar, por exemplo, as serras de Maranguape, das Danças, da Conceição, Juá e Camará, além dos serrotes do Olho d' água, Jucurutu, das Cajazeiras, Caruru, Salgadinho, Pedreiras, Deserto, Japapara, Preto, Bico Fino, entre outros.

Souza (2000) cita que os maciços residuais consistem em superfícies elevadas, detendo relevos fortemente dissecados em formas de topo convexos e aguçados, com eventuais interflúvios dotados de declives mais suaves e vales mediana a fortemente profundos, possuindo condições climáticas úmidas e subúmidas.

Os maciços residuais são subdivididos por três subsistemas ambientais em Caucaia: Serras úmidas pré-litorâneas; Serras secas e subúmidas; e as Cristas residuais e *Inselbergs*, esta última de menor dimensão territorial.

As serras úmidas pré-litorâneas caracterizam-se por apresentar boas condições de umidade e precipitação nas vertentes voltadas para o Oceano Atlântico (barlavento), predominando o intemperismo químico, favorecendo o desenvolvimento de Argissolos Vermelho-Amarelos e da mata plúvio-nebular, notadamente nos setores mais elevados e expostos aos ventos úmidos do litoral.

Segundo Brandão (1995), os setores com maiores altitudes das serras de Maranguape, Juá e Conceição possuem a cobertura vegetal de mata plúvio-nebular, decorrente da elevada altimetria e dos ventos úmidos, condicionando, por vezes, chuvas orográficas.

Nas vertentes a sotavento as condições climáticas são menos favoráveis, sendo o intemperismo físico o principal processo modelador da paisagem. Nestas serras secas e sub-úmidas prevalecem solos litólicos,

com frequentes afloramentos rochosos, possibilitando a formação de uma vegetação intermediária, entre a caatinga e a mata plúvio-nebular, a chamada mata seca.

A drenagem dos maciços residuais em Caucaia possui padrão dendrítico com elevado poder de entalhe, contribuindo para intensificar a dissecação do relevo em feições de cristas e de colinas. Devido à litologia não permitir infiltração, se verifica um baixo potencial de águas subterrâneas, exceto nas áreas com fraturas.

Cabe destacar que no contexto da depressão sertaneja também ocorrem às cristas residuais e os *Inselbergs*, que se constituem em áreas de menores dimensões e relevo inferior quando comparadas aos maciços residuais.

Elas apresentam-se dispersas pelo sertão de Caucaia, sendo que geologicamente constituem corpos migmatíticos, assim como rochas vulcânicas alcalinas.

A depressão sertaneja corresponde ao sistema ambiental com maior área territorial em Caucaia, incidindo na parte sul do município, possuindo contato com os tabuleiros pré-litorâneos e os maciços residuais.

Souza (2000) cita que a depressão sertaneja tem acentuada diversificação litológica, relacionadas ao complexo gnáissico-migmatítico, com rochas indistintamente truncadas por superfície de erosão onde os processos de pediplanação deram origem a este sistema ambiental.

Os solos neste sistema ambiental apresentam predominância de Planossolos Háplicos, moderadamente rasos e com baixa permeabilidade, passando por processos de encharcamento durante os períodos chuvosos e de ressecamento nas épocas secas. Ressalta-se que ocorrem também solos do tipo Neossolos Litólicos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Vertissolos e Luvissolos.

As caatingas que recobrem a depressão sertaneja em Caucaia detêm variados padrões fisionômicos e florísticos, possuindo em sua maioria um caráter arbustivo.

A drenagem superficial neste sistema ambiental é densa, de padrão dendrítico e com pequena capacidade de entalhamento em face da intermitência sazonal dos cursos d'água, observando-se também baixo potencial de águas subterrâneas (Souza, 2005).

Nessa perspectiva, as figuras seguintes ilustram aspectos da paisagem presente nos sistemas ambientais mapeados no município de Caucaia.



Figura 7. Campo de dunas móveis e fixas, às margens de CE-090.



Figura 8. Visão de terraço marinho, próximo ao porto do Pecém.



Figura 9. Planície flúvio-marinha do Rio Ceará, com a presença de manguezais.



Figura 10. Área de loteamentos no sistema ambiental dos tabuleiros pré-litorâneos.



Figura 11. Vista de parte da planície lacustre do Lagamar do Cauhípe.



Figura 12. Planície fluvial do Rio Ceará apresentando a mata ciliar degradada.



Figura 13. Visão do maciço residual do Juá, com plantação de bananeiras.



Figura 14. Flagrante de casas na zona rural do município, no âmbito da depressão sertaneja.

A Figura 15 exibe o mapa de sistemas ambientais, possibilitando a localização deles no território municipal. Com base na delimitação dos mesmos, verifica-se que 705,79 km² abrangem a depressão sertaneja, o que equivale a cerca de 58% do território.

O segundo sistema, em termos de extensão territorial, corresponde aos tabuleiros pré-litorâneos com 209,46 km² ou 17,08%, vindo em seguida às serras secas e subúmidas possuindo 101,61 km² ou 8,29%, como pode ser visualizado no Quadro 3.

A partir desses resultados, foram delimitadas unidades de intervenção em virtude da vulnerabilidade ambiental e da capacidade de suporte dos sistemas ambientais aos diversos usos da terra.

Em essência, leva-se em consideração a ecodinâmica como critério para definição da vulnerabilidade ambiental existente nos sistemas ambientais.

Ressalta-se que o rápido processo de uso e ocupação de terra pode provocar o aceleração dos processos

morfogenéticos, que influem diretamente nas condições de estabilidade ambiental, acarretando em impactos e deteriorando a qualidade ambiental.

Com base nessas considerações, e de acordo com a diretriz metodológica do ZEE (MMA, 2006), foram estabelecidas às unidades de intervenção, as quais possuem forte relação com os sistemas ambientais.

Por meio dos critérios retromencionados, estabeleceram-se três categorias de unidades de intervenção, adaptadas de Souza et al. (2009), representadas pelas classes de vulnerabilidade Alta, Média e Baixa, estando as referidas categorias presentes na Figura 16.

Com esta delimitação, almeja-se contribuir com o planejamento territorial voltado para o uso sustentável dos recursos naturais.

O Quadro 4 mostra o quantitativo das três classes de vulnerabilidade definidas, observando-se que 17,08%

correspondem a locais com vulnerabilidade baixa, 58,05% à média e 21,01% à vulnerabilidade alta.

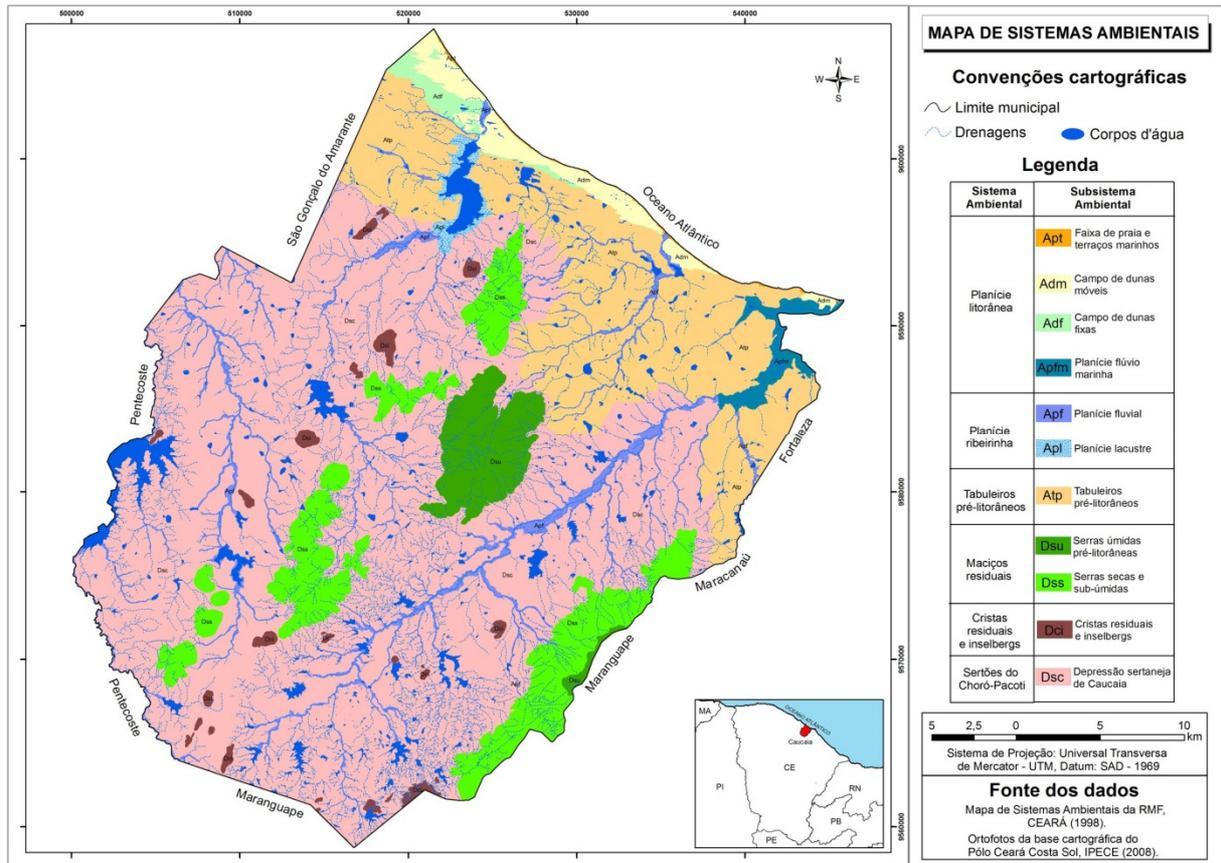


Figura 15. Sistemas ambientais do município de Caucaia. Elaboração dos autores.

Quadro 3. Área (km² e %) dos Sistemas Ambientais no município de Caucaia. Fonte: Elaboração dos autores.

Subsistemas ambientais	Área	
	km ²	%
Depressão sertaneja de Caucaia	705,79	57,57
Tabuleiro pré-litorâneo	209,46	17,08
Serras secas e subúmidas	101,61	8,29
Planície fluvial	54,65	4,46
Serras úmidas pré-litorâneas	41,07	3,35
Campo de dunas móveis	24,68	2,01
Cristas residuais e <i>Inselbergs</i>	12,97	1,06
Planície flúvio-marinha	11,68	0,95
Campo de dunas fixas	8,89	0,73
Planície lacustre	5,84	0,48
Faixa de praia e terraços marinhos	2,00	0,16
Lagoas / Açudes	47,35	3,86

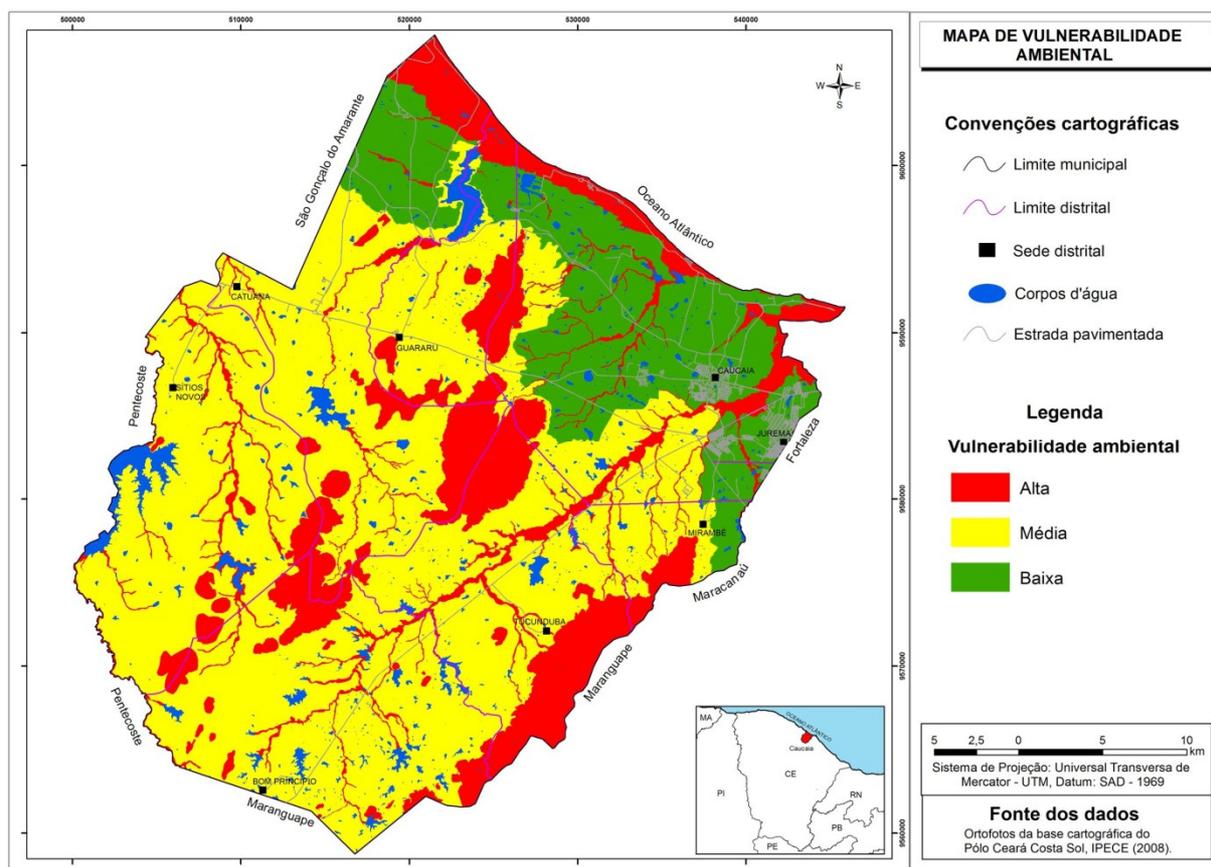


Figura 16. Mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Caucaia. Elaboração dos autores.

Quadro 4. Área (km² e %) das classes de vulnerabilidade no município de Caucaia. Fonte: Elaboração dos autores.

Vulnerabilidade	Meio ecodinâmico	Área (km ² / %)	Sistemas ambientais	Área	
				km ²	%
Alta	Ambientes instáveis e fortemente instáveis	257,55 / 21,01	Campo de dunas móveis	24,68	2,01
			Cristas residuais e <i>Inselbergs</i>	12,97	1,06
			Planície flúvio-marinha	11,68	0,95
			Campo de dunas fixas	8,89	0,73
			Planície fluvial	54,65	4,46
			Faixa de praia e terraços marinhos	2,00	0,16
			Serras secas e subúmidas	101,61	8,29
Média	Ambientes de transição	711,63 / 58,05	Depressão sertaneja de Caucaia	705,79	57,57
			Planície lacustre	5,84	0,48
Baixa	Ambientes estáveis	209,46 / 17,08	Tabuleiro pré-litorâneo	209,46	17,08
-	-	-	Lagoas / Açudes	47,35	3,86

Isto posto, menciona-se que a planície litorânea é um ambiente dinâmico devido à ação de processos erosivos

causados pela atuação eólica, fluvial e marinha, engendrando uma primazia da morfogênese sobre a

pedogênese, classificando-se, deste modo, à mesma na categoria de alta vulnerabilidade ambiental.

Souza (2000) afirma que a faixa de praia e os terraços marinhos são ambientes com forte atuação morfogenética, tendo pedogênese praticamente nula, o que facultaria alta vulnerabilidade ambiental para este subsistema com ecodinâmica desfavorável às atividades humanas, que devem ser cuidadosamente planejadas, onde o uso apropriado, por exemplo, é destinado ao lazer e à recreação de forma sustentável.

As dunas móveis são locais fortemente instáveis por causa dos processos eólicos, tendo predominância da morfogênese, implicando em áreas com alta vulnerabilidade ambiental ao processo de uso e ocupação da terra.

Para Souza et al. (2009), as dunas são locais com potencialidade para as atividades do turismo e lazer, desde que sejam levados em consideração preceitos conservacionistas e de sustentabilidade ambiental.

Quanto às dunas fixas, encontram-se neste subsistema ambiental consideráveis reservas de águas subterrâneas, além de deterem potencial paisagístico, constituindo-se em ambientes instáveis com alta vulnerabilidade à ocupação.

Por sua vez, a planície flúvio-marinha também corresponde a um ambiente fortemente instável e com alta vulnerabilidade à ocupação, uma vez que há a prevalência da morfogênese sobre a pedogênese, sendo um local marcado por sedimentos de fino calibre, com solos lodosos, parcial ou permanentemente submersos, onde se desenvolvem os manguezais, servindo também de criadouro de inumeráveis espécies de peixes e crustáceos.

Conforme Souza (2005), as planícies fluviais e lacustres são ambientes de transição com tendência à instabilidade e com alta vulnerabilidade, onde há uma maior atuação da morfogênese sobre a pedogênese no município.

Vale frisar que são nesses sistemas ambientais que se concentram a maior parte das áreas de risco ambiental em Caucaia, pois a ocupação desordenada das planícies fluviais expõe a população residente a riscos derivados de inundações e alagamentos, principalmente, na quadra chuvosa.

No tocante aos tabuleiros pré-litorâneos, destaca-se que este sistema possui ecodinâmica favorável a diversas atividades de uso e ocupação da terra, uma vez que detém tendência à estabilidade, possuindo vulnerabilidade ambiental baixa, apresentando, portanto, situação propícia à expansão urbana, desde que observadas às adequadas condições de infraestrutura urbana e de saneamento ambiental.

À ecodinâmica da depressão sertaneja em Caucaia mostra-se como um ambiente de transição, ocorrendo à ação simultânea dos processos morfogenéticos e pedogenéticos, tendo, assim, vulnerabilidade média à ocupação.

As principais limitações à ocupação neste sistema ambiental se reportam aos solos rasos e com baixa fertilidade natural, à irregularidade pluviométrica, à escassez de recursos hídricos e a suscetibilidade à erosão (Souza, 2000).

Segundo Brandão (1995), no tocante a ecodinâmica, devido à instabilidade topográfica das vertentes mais íngremes, os maciços residuais são qualificados como ambientes instáveis, com vulnerabilidade alta a ocupação, ressaltando-se que os locais com declividade superior a 45° são classificados como áreas protegidas pela legislação ambiental.

Vale citar que Araújo et al. (2011) estudaram a vulnerabilidade ambiental do complexo de serras do Juá, Conceição e Camará, utilizando como critério a declividade, onde áreas com declive maior que 35° foram qualificadas como tendo alta vulnerabilidade ambiental. Verificou-se que aproximadamente 85% da área dessas serras são caracterizadas como um ambiente de vulnerabilidade alta.

Em relação às cristas residuais e os *inselbergs*, menciona-se que estes compartimentos possuem relevos rochosos, com solos muito rasos, constantes afloramentos rochosos, declives íngremes, sendo gerados a partir do trabalho de erosão diferencial em setores de rochas muito resistentes. Devido a estes aspectos, constituem-se em ambientes fortemente instáveis e com alta vulnerabilidade a ocupação.

Neste viés de análise, Medeiros et al. (2005) diz que o objetivo do mapa de vulnerabilidade ambiental é contribuir para o adensamento ordenado de áreas ainda passíveis de ordenamento, de ocupação rarefeita. Não se trata de orientar e acompanhar o crescimento paulatino e buscar melhorias para áreas já urbanizadas, cuja expansão urbana apresenta caráter de continuidade.

Neste viés, procura-se mostrar que a ocupação, sem diretrizes apoiadas no conhecimento do meio físico, pode acarretar consequências danosas com graves impactos ao meio ambiente, e consequentemente na qualidade de vida da população.

Para Olímpio e Zanella (2012), o mapa de vulnerabilidade ambiental representa importante ferramenta para a tomada de decisão, notavelmente para os gestores públicos, ao indicar espacialmente a dinâmica do meio natural e, consequentemente, apontar as potencialidades e as limitações, bem como os riscos das ocupações impróprias, em cada sistema ambiental.

De acordo com Becker & Egler (1996), o mapa de vulnerabilidade ambiental corresponde à análise do meio físico almejando a ocupação racional e o uso sustentável dos recursos naturais.

Neste contexto, o entendimento da ecodinâmica constitui um requisito fundamental para o aproveitamento adequado dos recursos naturais.

Assim, torna-se necessário o planejamento de ações públicas voltadas para a conservação do patrimônio natural, como por exemplo, a criação de unidades de conservação, a fiscalização das práticas de atividades humanas em áreas vulneráveis ambientalmente, o saneamento básico, a educação ambiental, entre outras ações.

Considerações Finais

O município de Caucaia localiza-se na Região Metropolitana de Fortaleza, sendo atualmente o segundo maior do Estado em termos populacionais.

Este município também possui uma diversidade de sistemas ambientais, os quais detêm vulnerabilidades

específicas, tornando-se necessário estudá-las ensejando conceber um planejamento territorial que tenha como viés orientador o desenvolvimento sustentável, frente ao acelerado processo de expansão urbana que vem ocorrendo na região.

Dentro deste contexto, esta investigação objetivou desvendar as áreas no território municipal com prevalência de alta vulnerabilidade ambiental.

Para tanto, foi necessário realizar o mapeamento dos sistemas ambientais presentes no município com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto e trabalho de campo, avaliando as suas características naturais dominantes, ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental.

Delimitaram-se onze sistemas ambientais no município de Caucaia, sendo que os campos de dunas móveis, a planície flúvio-marinha, os campos de dunas fixas, a faixa de praia e os terraços marinhos, a planície fluvial, as serras secas e subúmidas, as cristas residuais e *inselbergs* e as serras úmidas pré-litorâneas, pelas características ecodinâmicas de prevalência da morfogênese, foram classificados como ambientes instáveis e fortemente instáveis, detendo alta vulnerabilidade ambiental à ocupação.

Já os ambientes com ecodinâmica de transição, apresentando média vulnerabilidade ambiental, correspondem às planícies lacustres e à depressão sertaneja. Por sua vez, os tabuleiros pré-litorâneos configuraram-se como sistemas ambientais com ecodinâmica estável, possuindo baixa vulnerabilidade ambiental.

Em termos quantitativos, constatou-se que 21% do território de Caucaia têm alta vulnerabilidade ambiental à ocupação, sendo de 58% e 17% os percentuais para os locais com média e baixa vulnerabilidade, respectivamente.

Nesse perspectiva, destaca-se que a ocupação do território sem o devido conhecimento do meio físico, pode acarretar em consequências nocivas com graves impactos ao meio ambiente, e conseqüentemente, na qualidade de vida da população caucaiana.

Finalmente, menciona-se que as políticas e ações de gestão do território devem utilizar dados integrados e sistematizados, visando medidas coordenadas que melhorem as condições de vida da população e possibilitem a conservação dos recursos naturais.

Vale destacar que a utilização de dados de sensores remotos e o uso do SIG têm demonstrado grande eficiência para o mapeamento de sistemas ambientais e monitoramento ambiental sistemático de áreas, em especial em fenômenos associados à atividade antrópica.

Dessa forma, o planejamento territorial, com base na compartimentação geoambiental, surge como um importante delineador das condições organizacionais e da funcionalidade dos ambientes, tendo em vista que considera sempre suas características ambientais e sua dinâmica de maneira integralizada.

Referências

Araújo, T.S.; Silveira, L.M.M.; Cruz, M.L.B. 2011. Determinação da vulnerabilidade ambiental, através das técnicas de sensoriamento remoto, na Serra Juá-Conceição-Camará, Caucaia/CE. XV Simpósio

- Brasileiro de Sensoriamento Remoto, SBSR. Anais... Curitiba - PR.
- Becker, B.K.; Egler, C.A.G. 1996. Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal. Brasília, DF. MMA - Ministério do Meio Ambiente. 40p.
- Brandão, R.L. 1995. Sistemas de informações para a Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF). Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação da RMF.
- Cavalcante, I.N. 1998. Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado, IG/USP. São Paulo - SP. 156 p.
- CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. 1995. Relatório Anual. 5p.
- Ceará. 1998. Diagnóstico e Macrozoneamento Ambiental do Estado do Ceará. Coordenação Geral e Metodologia do Prof. Marcos José Nogueira de Souza. Fortaleza - CE. Volumes I, II e III.
- Costa, F.H.S.; Petta, R.A.; Lima, R.F.S.; Medeiros, C.N. 2006. Determinação da Vulnerabilidade Ambiental na Bacia Potiguar, Região de Macau (RN), utilizando Sistemas de Informações Geográficas. Revista Brasileira de Cartografia, v.58, p.119-127.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1998. Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF. Parte integrante do Plano Diretor de Mineração para a RMF.
- Florenzano, T.G. 2007. Iniciação em sensoriamento remoto. São Paulo-SP. Ed. Oficina de Textos.
- Florenzano, T.G. 2008. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In: Florenzano, T.G. (Org.). Geomorfologia: Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo-SP. Ed. Oficina de Textos, cap.2, pp.36-65.
- FREITAS, L.C.B. 2009. Qualidade das águas subterrâneas - Área no município de Caucaia, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia, UFC, 110p.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial oficial dos Municípios Brasileiros. 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 out. 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010. 2010. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 25 nov. 2012.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2008. Base cartográfica do Pólo Ceará Costa do Sol. Nota técnica nº 35. Fortaleza, CE. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 15 mai. 2012.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. 2012. Perfil Básico Municipal. Caucaia. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: 15 abr. 2013.
- Medeiros, C.N.; Petta, R.A.; Duarte, C.R. 2005. Estudo do meio físico para avaliação da vulnerabilidade à ocupação humana do Município de Parnamirim (RN), utilizando técnicas de geoprocessamento. Revista Geociências, v.24, n.3. p.239-253.

- Medeiros, C.N.; Souza, M.J.N.; Gomes, D.D.M.; Albuquerque, E.L.S. 2012. Caracterização socioambiental do município de Caucaia (CE) utilizando sistema de informação geográfica (SIG): subsídios para o ordenamento territorial. *Revista Geografia Ensino e Pesquisa*, v.16, n.2, p.507-524.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2006. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil. 3ª ed. Brasília.
- Olimpio, J.L.S.; Zanella, M.E. 2012. Emprego das geotecnologias na determinação das vulnerabilidades natural e ambiental do município de Fortaleza/CE. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.1, n.64, p.01-14.
- Queiroz, A.M. 2003. Caracterização limnológica do Lagamar do Cauhípe - Planície costeira do município de Caucaia. Dissertação de Mestrado. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFC, 204 p.
- Pereira, R.C.M.; Silva, E.V. 2005. Solos e Vegetação do Ceará: Características Gerais. In: Borzacchiello, J.; Cavalcante, T.; Dantas, E. (Org.). Ceará: um novo olhar geográfico. 1ª ed. Fortaleza - CE. Edições Demócrito Rocha. v.1, pp. 189-210.
- Rodriguez, J.M.M.; Silva, E.V.; Cavalcanti, A.P.B. 2010. Geocologia das paisagens: uma visão sistêmica da análise ambiental. Edições UFC. Fortaleza. 222p.
- Ross, J.L.S. 1995. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. *Revista do Departamento de Geografia*. Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, n.9, p.65-75.
- Santos, I.; Vitte, A.C. 1998. Proposta de mapeamento da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba, Paraná. In: 1º Fórum Geo Bio-Hidrologia: estudos em vertentes e microbacias hidrográficas. Anais... Curitiba-PR.
- Santos, R.F.; Caldeyro, V.S. 2007. Paisagens, condicionantes e mudanças. In: Santos, R.F. (Org.). Vulnerabilidade Ambiental: desastres ambientais ou fenômenos induzidos? Brasília: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <www.inpe.br> Acesso em: 15 nov. 2010.
- Souza, M.J.N. 2000. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: Lima, L.C; Souza, M.J.N; Moraes, J.O. Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. Fortaleza: FUNECE.
- Souza, M.J.N. 2005. Compartimentação Geoambiental do Ceará. In: Silva, J.B. et al. (Orgs.). Ceará: um novo olhar geográfico. Edições Demócrito Rocha, Fortaleza - CE. pp.127-140.
- Souza, M.J.N.; Neto, J.M.; Santos, J.O.; Gondim, M.S. 2009. Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do plano diretor participativo - PDPFor. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 172p.
- Souza, M.J.N.; Oliveira, V.P.V.; Granjeiro, C.N.M. 2002. Análise geoambiental. In: Elias, D.G. (Org.). O novo espaço da produção globalizada. Fortaleza: Editora FUNECE, cap.1, pp.23-89.
- Tagliani, C.R.A. 2002. A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS. Rio Grande do Sul. 252p.
- Tricart, J. 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE. 97p.