

GEOMORFOLOGIA E FRAGILIDADE AMBIENTAL NA CLASSIFICAÇÃO DE PAISAGENS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Lícia Benicio **SALES**

Geógrafa, Mestra na Universidade Federal do Ceará – Departamento de Geografia (UFC)

E-mail: liciabenicio@gmail.com

Flávio Rodrigues do **NASCIMENTO**

Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC)

E-mail: flaviorn@yahoo.com.br

RESUMO: O estudo da fragilidade ambiental está relacionado a fatores físicos e humanos em um dado espaço geográfico. Dentre os fatores físicos, se destacam os dados geológicos e geomorfológicos. A partir de um entendimento de paisagens que destaque aqueles como elementos principais foram gerados subsídios interessantes para estudos sobre fragilidades de paisagens - embora o caráter holístico da análise da fragilidade ambiental demande, de fato, interações mais complexas dos fatores físicos x humanos, associados no tempo e no espaço. Para este artigo, foram destacados dois critérios: geomorfologia x fragilidade ambiental, avaliou-se uma bacia hidrográfica enquanto unidade teste.

Palavras-chaves: Fragilidade ambiental. geologia. geomorfologia. bacia hidrográfica

GEOMORPHOLOGY AND ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN CLASSIFICATION OF LANDSCAPES IN WATER BASINS

ABSTRACT: The study of environmental fragility is related to physical and human factors in a given geographic space. Among the physical factors, we highlight the geological and geomorphological data. From an understanding of landscapes that highlight those as main elements were generated interesting subsidies for studies on fragilities of landscapes-although the holistic nature of the analysis of environmental fragility demands, in fact, More complex interactions of physical x human factors, associated in time and space. For this article, two criteria were highlighted: geomorphology x environmental fragility, a river basin was evaluated as a unit test.

Key-words: Environmental fragility. geology. geomorphology. hydrographic Basin

GEOMORFOLOGÍA Y FRAGILIDAD AMBIENTAL EN LA CLASIFICACIÓN DE PAISAJES EN CUENAS DE AGUA

RESUMEN: El estudio de la fragilidad ambiental está relacionado con factores físicos y humanos en un espacio geográfico dado. Entre los factores físicos, destacamos los datos geológicos y geomorfológicos. A partir de la comprensión de los paisajes que destacan aquellos como elementos principales, se generaron interesantes subvenciones para los estudios sobre las fragilidades de los paisajes, aunque la naturaleza holística del análisis de las demandas de fragilidad ambiental, de hecho, Interacciones más complejas de factores físicos x humanos, asociados en el tiempo y el espacio. Para este artículo, se destacaron dos criterios: geomorfología x fragilidad ambiental, una cuenca hidrográfica fue evaluada como una prueba unitaria.

Palabras clave: Fragilidad ambiental. geología. geomorfología. cuenca

INTRODUÇÃO

A fragilidade ambiental se destaca pela capacidade de subsidiar o planejamento e gestão do território, evitando a expansão da degradação ambiental (ROSS, 1994). Neste aspecto, o conhecimento dos níveis de fragilidade presentes em uma bacia hidrográfica, por meio da integração de diversas variáveis que interferem nas potencialidades dos recursos naturais, possibilita compreender a realidade e obter uma visão mais clara sobre quais as opções adequadas para o uso da terra (SPÖRL, 2001).

Em meio a tal cenário, evidencia-se a bacia hidrográfica do Rio Aracatiaçu – Ceará que sofre com processos de degradação e expansão da desertificação no núcleo de Irauçuba sobre sua área (CARVALHO, 2000; LOURENÇO, 2013). Desse modo, várias de suas paisagens apresentam diferentes graus de erosão e fragmentação em função da atividade humana sem uso de técnicas e políticas conservacionistas, portanto não respeitando as fragilidades do ambiente.

Deste modo, o objetivo traçado neste texto é de destacar a geomorfologia como critério importante para avaliação da fragilidade ambiental em bacia hidrográfica, na classificação de paisagens.

RECORTE ESPACIAL: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada nos Municípios de Amontada, Itarema e Itapipoca no Litoral Oeste do Ceará, aproximadamente 200 km da capital Fortaleza via rodovia estruturante CE - 085. A figura 1 apresenta a localização da área de estudo, em relação aos limites municipais e estaduais, além da indicação das principais vias de acesso.

ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

A análise da fragilidade dos ambientes é uma proposta de classificação que tem por objetivo o planejamento ambiental, cuja premissa é definir diferentes níveis de fragilidade dos ambientes naturais e/ou antropizados, através da complexa relação Sociedade x Natureza. O nível de fragilidade é classificado quanto a sua intensidade, levando em consideração o grau de intervenção humana no ambiente e baseado nas características genética dos componentes naturais da paisagem (ROSS, 1994).

Em todo o mundo diversas áreas passam por processos de degradação e alterações ambientais em face das necessidades criadas pelo desenvolvimento e o consumo através da exploração dos recursos naturais, mudando o equilíbrio dinâmico desses territórios. O que traz a urgência e importância de estudos integrados para a análise de planejamento ambiental e propostas de medidas mitigadoras para práticas predatórias de uso (Ross, Op Cit).

A fragilidade ambiental (ROSS, op Cit; FIERZ, 2008), é constituída pela análise das características de cada sistema ambiental, que apresentam particularidades próprias na sua dinâmica, com diferentes níveis de fragilidade que podem ser avaliados de acordo com seu equilíbrio dinâmico e tendência a intervenções com o passar dos anos. A avaliação da fragilidade como metodologia dentro dos sistemas é feita através de indicadores, como relevo, condições climáticas, solo, uso e cobertura e em alguns casos intervenções urbanas.

Alguns estudos recentes vêm utilizando o método de classificação da fragilidade ambiental como ferramenta ao ordenamento do território, (ROSS E AMARAL, 2009; SANTOS, 2011; SALES e SANTOS, 2014; CRISPIM, 2016; GONÇALVES, 2016; SCHIAVO, 2016; SALES, 2017; COSTA, 2017;), ressaltando que adaptações são feitas à realidade locacional e objetivo do estudo. Essas análises já foram realizadas e zonas rurais, urbanas, em diferentes escalas, bacia hidrográfica, litoral e sertão semiárido.

Estudos analíticos de fragilidade são documentos importantes ao planejamento ambiental, considerando a conservação e a recuperação dos ambientes (ROSS, 1995). A fragilidade dos ambientes naturais segundo Costa (2017), são estudos de caráter qualitativos, tendo a sua primeira fase na análise setorial dos estudos ambientais, passando em seguida para a fase integrativa construindo a inter-relação dos componentes, concedendo valores e estabelecendo relações de menor e maior fragilidade.

Não obstante, a análise Empírica da fragilidade ambiental (ROSS, 1994) está fundamentada na Teoria Ecodinâmica de Tricart (1977), que é uma concepção metodológica

sistêmica pautada no equilíbrio dinâmico do ambiente levando em consideração a relação entre a morfogênese e a pedogênese, fazendo uma ligação da Geografia Física com a Ecologia. Sendo assim possível determinar níveis de estabilidade da paisagem em decorrência da intensidade dos processos atuais e efeitos da sociedade. O autor afirma que a partir dessa análise é possível estabelecer se as condições da paisagem são favoráveis ou não a intervenções humanas.

A ecodinâmica passa a ser utilizada e estudada por diferentes pesquisadores pela sua aplicabilidade nos estudos ambientais. Como o caso de Ross (1994) onde o autor faz adaptações à metodologia, transformando as unidades ecodinâmicas de três para duas categorias, especificando as unidades estáveis e instáveis, descartando as unidades transição, publicando a análise da Fragilidade Ambiental.

A partir dessa concepção, as unidades ecodinâmicas foram classificadas em três: Meios Estáveis, quando os processos pedogenéticos prevalecerem em relação aos morfogenéticos, ou seja, a deposição prevalece à erosão. Ambientes de transição ou *Intergrades*, são descritos como os ambientes que ocorrem os processos de morfogênese e pedogênese simultaneamente, por exemplo, quando no ambiente predominar a morfogênese este é classificado como ambiente de transição com tendência a instabilidade. Quando ocorrer o oposto o ambiente é classificado como de transição com tendência a estabilidade. E por último, nos meios fortemente instáveis prevalecem os processos ligados à morfogênese onde as atividades dos processos erosivos são intensas podendo levar a escassez da capacidade produtiva dos recursos naturais. Sobre as pesquisas que relacionam ambientes em condições ecodinâmica x fragilidade, Santos (2011, p. 54) afirma que

As investigações que se utilizam de uma abordagem ancorada na ecodinâmica, como é o caso da fragilidade ambiental, devem ter como objetivo precípuo a hierarquização dos ambientes, considerando sua dinâmica, para que as intervenções das sociedades sejam bem realizadas, ou seja, de forma que se possam perceber, de um lado as potencialidades dos recursos ambientais, e, de outra parte, as limitações em razão dos riscos possíveis e da degradação ambiental.

Segundo Ross et al. (2008) os pressupostos utilizados para ecodinâmica (TRICART, 1977) são válidos para uma perspectiva de planejamento agrônomo-ambiental. Todavia acaba por não contemplar de forma mais ampla o planejamento ambiental, não concedendo a atenção necessária à dinâmica e as necessidades da sociedade humana com a relação aos aspectos econômicos, político e culturais. Valorizando apenas os estudos físico-ambientais, as

intervenções feitas pelas sociedades são omitidas tornando a sua aplicabilidade difícil em ambientes de intensas intervenções urbanas.

De acordo com Santos e Ross (2012) o estabelecimento de apenas três meios ecodinâmicos acaba por restringir a aplicabilidade da metodologia, pois nos dias atuais não existe a possibilidade de um meio estar completamente em equilíbrio, existem interferências direta e indiretamente no ambiente. Com base na classificação de Tricart (1977), Ross (1944) ampliou os conceitos de unidades ecodinâmicas para tentar suprir as necessidades do planejamento ambiental. Classificaram as unidades de instabilidade potencial e unidades de instabilidade emergente (Quadro 1), cada uma possuindo cinco níveis hierárquicos de intensidade, variando de muito fraco a muito forte. Excluiu o conceito de *Intergrades* pela dificuldade de classificação do mesmo.

Quadro 1. Classificação das Unidades de Fragilidade Ambiental

UNIDADES DE FRAGILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE INTENSIDADE DA FRAGILIDADE	
	Qualitativa	Numérica
FRAGILIDADE POTENCIAL	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5
FRAGILIDADE EMERGENTE	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5

Fonte: ROSS, 1994

As unidades de fragilidade potencial correspondem aos ambientes estáveis que se encontram em condições de equilíbrio dinâmico, ou seja, sofreram com menor intensidade o impacto das atividades humanas. Apesar de apresentarem características ambientais estáveis denotam instabilidade potencial qualitativamente previsível em virtude de suas características naturais e ao desenvolvimento das atividades socioprodutivas. As unidades de fragilidade emergente são relacionadas aos ambientes fortemente instáveis, em desequilíbrio dinâmico, onde as intervenções antropogênicas transformaram intensamente o ambiente. A fragilidade emergente também pode ser classificada nos ambientes naturais onde possuem características de maior fragilidade naturais em face às possíveis intervenções humanas (ROSS, 1994)

A fragilidade encontrada naturalmente nos ambientes diante das intervenções humanas pode ser menor ou maior devido as suas características genéticas. A partir do desenvolvimento das sociedades os ambientes que se mantinham em equilíbrio dinâmico, passaram a ser alterados por essas intervenções humanas.

MATERIAIS E MÉTODO

Partiu-se do entendimento de que a geologia e a geomorfologia estão interligas. As bases das Províncias geológicas dão suporte às unidades de relevo. A gênese e dinâmica do relevo podem ser mais bem compreendidas deste modo, com os compartimentos de relevo, subcompartimentos e feições do modelado, hierarquizados e classificados.

Desse modo, a paisagem aparece como categoria central na análise, de vez que uma unidade geomorfológica, com suas condicionantes geológicas, pode ser entendida como uma unidade de paisagem (Souza 2000; Nascimento, e Carvalho, 2006; Santos e Nascimento, 2014)

No primeiro momento foram identificadas as diferentes unidades geológicas, em seguida as unidades geomorfológicas e as feições de ambas com auxílio de bibliografia. Dentre elas: Brandão (1995), CPRM (2003), Souza (1988 e 2000), Projeto Radam Brasil (1981). Durante os trabalhos de campo foi possível verificar a acurácia dos dados levantados em escritório sobre a realidade terrestre. Na etapa de confecção do mapa foi utilizado como bases cartográficas o Mapa Geológico do Estado do Ceará (2003) e a Folha Itapipoca SA.24 - Y - D – II, escala 1:100.000, CPRM (2014). A geração do mapa hipsométrico com as curvas de nível com equidistância 5 metros foi fundamental para a delimitação das feições geomorfológica, e confirmada pelas ortofotos e do Google Earth Pro 7.3.

A litologia, foi levantada com base nos estudos de Souza (1988, 2000), Brandão et al. (1995), Atlas Geológico da CPRM (2003), Radam Brasil (1981) e o Zoneamento Ecológico - Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará – ZEE (2013). Neste contexto, o mapeamento geológico – geomorfológico é de suma importância na análise da bacia hidrográfica estudada.

Segundo Ross (1992) ao contrário dos outros mapas temáticos, os de geomorfologia carregam uma maior complexidade, consequência da dificuldade de retratar a realidade subjetiva das formas de relevo, dinâmica e gênese.

Após a realização das etapas descritas, foram identificadas, caracterizadas, apresentadas as distribuições espaciais das respectivas áreas das diferentes unidades

litoestratigráficas, indicando as diferentes litologias e aspectos cronológicos, a compartimentação das unidades geomorfológicas, feições geomorfológicas existentes no baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Aracatiaçu, tornando possível a elaboração do mapa geológico e geomorfológico.

Deste modo, a classificação se deu com o apoio na relativa similaridade dos padrões espaciais, ou seja, das unidades de paisagem da área de estudo. Destaca-se que no Mapa Geológico-Geomorfológico elaborado, foi de fundamental importância à análise da fragilidade ambiental da bacia. Pois cada compartimento do relevo, considerada como unidade de paisagem, serviu de base para aferição da fragilidade ambiental. Isto é, cada compartimento de relevo foi classificado sobre o crivo da fragilidade ambiental. E deste modo se tem também, uma classificação das condições ambientais das paisagens componentes da bacia hidrográfica em causa.

O mapa de Fragilidade Ambiental, como produto final, está baseado na metodologia desenvolvida por Ross (1994). Segundo o autor, o mapeamento da fragilidade ambiental é produto base para compreensão dos graus de estabilidade e instabilidade dos sistemas e subsistemas ambientais e a sua capacidade de suporte. Ela passa por atividades de campo e escritório, considerando estudos de relevo, uso do solo e do clima. Com base nesses elementos são geradas cartografias temáticas e sintéticas

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Geologia e Geomorfologia da bacia hidrográfica:

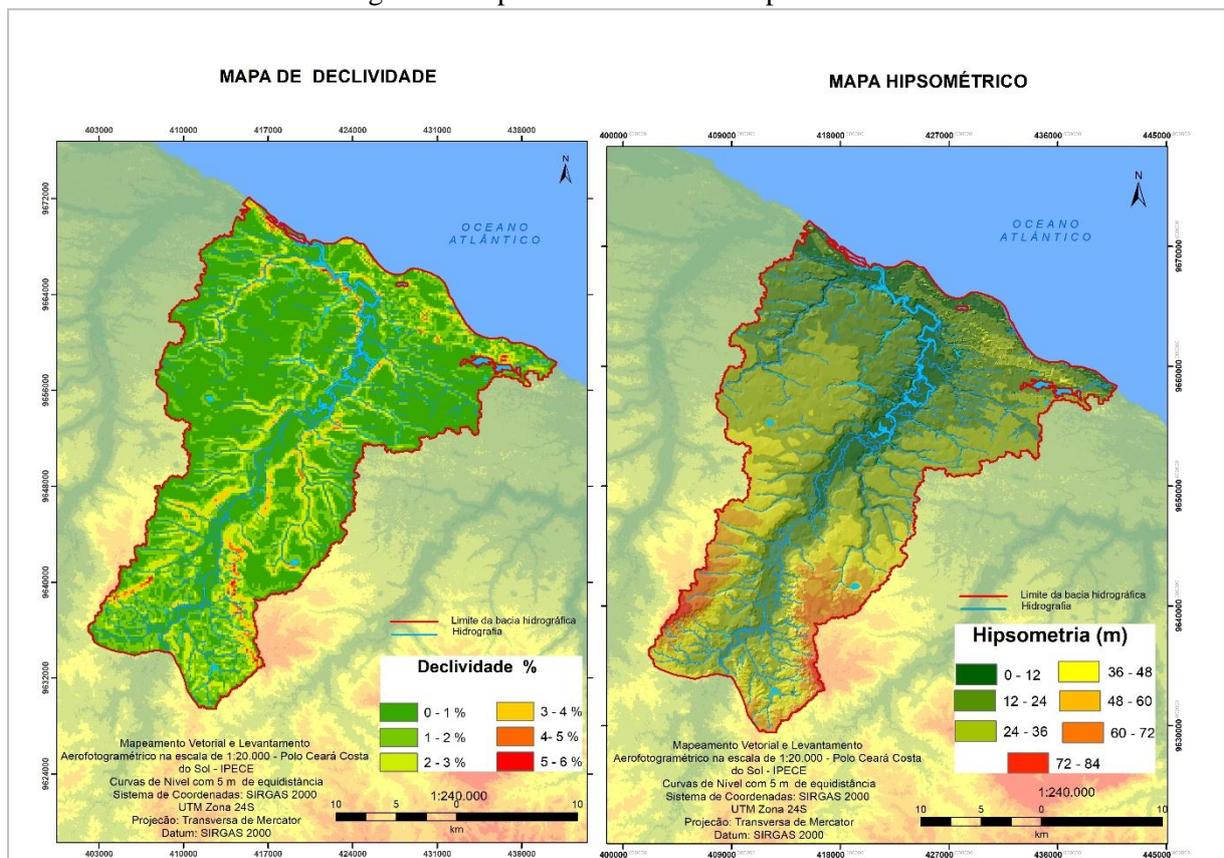
Os fatores litológicos configuram-se pelas diversas formas de relevo, com destaque para as superfícies de agradação (deposição) com uma área de 575 km², seguida por área de erosão - depressão sertaneja - com 106 km², gerada a partir de processos morfoclimáticos atuais e pretéritos. As unidades geomorfológicas identificadas e mapeadas na bacia o foram: A) Formas Litorâneas, Pré-litorâneas e planícies fluviomarinha: B) Formas Continentais: depressão sertaneja e planícies fluviais. As planícies de rios, bom lembrar, cortam indistintamente, as unidades geomorfológicas encontradas em todos os setores da bacia – alto, médio e baixo curso.

O baixo curso da bacia apresenta um quadro geológico caracterizado pelas unidades pré-cambrianas do embasamento cristalino e das coberturas sedimentares cenozóicas (neogenica e quaternária). Ocorre em maior proporção na área de estudo os depósitos sedimentares favorecidos por modesta hipsometria (0-84m) e pelos baixos níveis de

declividade (0%-6%) (Figura 2 e 3), produzindo paisagens com sistemas agradacionais, cujas podem ser subcompartimentadas em:

A) Formas Litorâneas - Planície Litorânea, caracterizado pelos campos de dunas, planície fluviomarinhas e faixa de praia; Planície de acumulação fluvial, representados pela planície fluvial, lacustre e área de acumulações inundáveis e Sedimentos Neogênico da Formação Barreiras (tabuleiros pré-litorâneos). Os setores mais elevando ocorrem a montante na bacia, onde há exumação de rochas do complexo cristalino e mais assimetrias hipsométricas e de declividade (Figura 2).

Figura 2. Mapas de declividade e hipsometria



Fonte: SALES, Lícia Benicio Sales (2019)

Os depósitos aluviais são constituídos por argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas / fluvial, em parte com influência marinha. Recebem a nomenclatura de Q2a segundo CPRM (2003), são datados do Cenozóico e do período quaternário.

Os depósitos fluviomarinhos e marinhos correspondem às vasas escuras nas áreas de mangue, areias de praias e recifes areníticos (cordões de *beach rocks*), pelitos arenosos, carbonosos ou carbonáticos. Recebem a nomenclatura de Q2m e estão localizados próximos

ao vale do rio. Os depósitos eólicos litorâneos incluem sedimentos fluviomarinhos: areias esbranquiçadas, quartzosas, de granulometria variável, bem classificadas, em corpos maciços ou com partes exibindo arranjos estratiformes, onde ocorrem leitos mais escuros com concentrações de minerais pesados (somam-se níveis de cascalhos e outros com marcante estratificação cruzada, além de fácies com fragmentos de matéria orgânica), areias de granulação fina a média, raramente siltosas, quartzosas ou quartzo feldspáticas, bem selecionadas, de tonalidades cinza-clara e alaranjada no topo, e avermelhadas na base. São representados no mapa de Cavalcante (2003) com a nomenclatura Q2e e Qd e estão localizados na porção norte da bacia em todo o litoral da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu a retaguarda da faixa de praia.

Baseado nessa concepção, o baixo curso do rio Aracatiaçu está inserido no domínio dos depósitos sedimentares cenozóicos (planície fluvial, planície fluviomarinha, tabuleiro pré-litorâneo, planície litorânea, planície lacustre) e do domínio dos escudos antigos (depressões sertanejas).

A planície litorânea apresenta sedimentos arenoquartzozos com perspectivas morfológicas diferentes, gerando relevos com formas de praias, dunas móveis, dunas fixas e paleodunas. Os sedimentos acumulados são recentes datados do Quaternário que recobrem de maneira discordante sobre a Formação Barreiras. Apresenta um modelado predominantemente plano e suave ondulado e ondulado no campo de dunas, os aspectos da morfologia costeira estão relacionados aos processos de acumulação e deposição da carga aluvial dos rios de maior competência e das oscilações dos níveis eustáticos do mar (MEIRELLES, 2012).

Conforme Brandão (1995) a faixa de praia são grandes depósitos de sedimentos arenosos não consolidados de natureza litológica quartzosa, resto de conchas e cascalhos e minerais pesados e que foram depositados ao longo dos anos na linha de costa por processos marinhos e continentais, localizados em posição paralela a linha de costa. A faixa de praia é limitada pela maré baixa e pelos campos de dunas.

O litoral da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu é formado por promontórios e uma enseada ou baía conforme Claudino-Sales e Carvalho (2014, p.579)

Pontas litorâneas são acidentes geográficos que podem ser caracterizados como massas de terras que adentram no mar, e ocorrem onde existem afloramentos de rochas mais resistentes na linha de costa. Normalmente são feições delimitadas a sotamar por embaiamentos dos tipos enseada ou baías, as quais são escavadas com em materiais menos resistentes.

Segundos os autores mencionados, foram identificados no litoral cearense 19 pontas nos seus 577 km de extensão. Diferenciam-se em tamanho, material de origem e aporte de sedimentos. As pontas podem ser de origem metamórficas pré-cambrianas, rochas sedimentares cretáceas e cenozóicas e construções biogênicas. No caso do litoral de Amontada os promontórios são sustentados a partir das construções biogênicas, essas construções representam antigos recifes de ostras incrustadas e pequenos corais (CARVALHO, 2003).

Os campos de dunas são formados pela ação da deflação e acumulação eólica e gera um cordão contínuo localizado a retaguarda da faixa de praia e se estendem até os tabuleiros pré-litorâneos, são interrompidos pelas planícies fluviais e planície fluviomarinhas e estão sobrepostos a uma litologia mais antiga do que a sua. São identificadas como dunas móveis, dunas fixas e Paleodunas apresentando características e gerações diferentes. Baseados em Brandão (1995), Meirelles (2012), Mesquita et al. (2016), Carvalho (2000), Nascimento e Carvalho (2006) foi caracterizado o campo de dunas da área de estudo.

Para Brandão (1995) as Paleodunas (primeira geração), são também reconhecidas como edafizadas, estão em contato direto com a Formação Barreiras, possui uma coloração de areia com tons amarelados, alaranjados e acinzentados de composição quartzosos, granulação fina a média. Apresentam sedimentos inconsolidados pobremente compactados, com estratificação plana – paralela e cruzada. Geralmente recobertas por uma vegetação pioneira e por vegetação arbustiva – arbórea, com potencial para deter os efeitos da deflação eólica. Já a segunda geração é composta por dunas parabólicas de granulação de média a fina e sedimentos inconsolidados, capeadas por vegetação de baixo porte. A terceira geração de dunas segundo Mesquita et al. (2016), são representados pelos eolianitos. Eles são encontrados em vários pontos da faixa costeira oeste do Ceará é constituído de arenitos quartzosos cimentados por carbonatos de cálcio e com bioclásticos carbonáticos e sinais de bioturbação.

Dunas móveis representam a quarta geração, possuem uma coloração esbranquiçada, são identificadas principalmente pela ausência ou fixação parcial de vegetação o que justifica a intensa migração de sedimentos por meio do transporte eólico. Apresentam formas geralmente longitudinais e barcanas (meia lua) com declives suaves a barlavento e maiores inclinações a sotavento.

A planície fluviomarinha do rio Aracatiaçu se desenvolve na sua desembocadura, ocupando uma área de 13,39 km². Sua origem é resultado da oscilação das marés e as águas do rio. Está localizada entre o distrito de Moitas no município de Amontada e Patos no

município de Itarema. A influência da água salgada como da água doce propicia a deposição de material argiloso, escuro e lamacento, proporcionando o crescimento do manguezal por toda a extensão que alcança essa interação das marés com a água doce. No caso do rio Aracatiaçu essa interação e presença de mangue se estendem por aproximadamente 10 km.

Planície fluvial segundo Souza (2000), Nascimento (2016) e Nascimento e Farias (2016) são as formas mais características de acumulação decorrente da ação fluvial. Possuem boa disponibilidade hídrica, seguem longitudinalmente os rios, a montante possui larguras inexpressivas, à medida que descemos para a jusante nos baixos cursos no entalhamento dos tabuleiros pré-litorâneos a deposição dos sedimentos aluviais.

A formação Barreiras está distribuída de maneira contínua paralelamente a linha de costa do Ceará, é composta por um pacote de sedimentos areno-argiloso, pouco litificado, de coloração creme amarela ou vermelha com granulometria variando de média a fina, apresentando variação dos níveis conglomeráticos e lateríticos segundo Souza (2000). Os efeitos da lixiviação são constatados em maior quantidade próximo ao litoral, justificados pelos baixos percentuais das frações finas, apresentam simbologia ENb. A feição de maior proporção no baixo curso da bacia é a Formação Barreiras, que se localizam na retaguarda dos sedimentos eólicos ao norte e até o encontro com o embasamento cristalino ao sul da bacia (Cavalcante, 2003).

Os tabuleiros pré-litorâneos correspondem como a maior área da Bacia Hidrográfica com 447,26 km². Segundo Souza (op Cit) estão localizados à retaguarda do campo de dunas e se estendem sem rupturas topográficas até o contato com a depressão sertaneja. Apresentam um relevo plano, rampeado com leve inclinação em direção ao litoral, com níveis altimétricos médio de 80 metros, em alguns setores apresentam-se suavemente ondulados justificados pelos interflúvios tabuliformes. Apresenta declives variáveis entre 1 – 2 %, conseqüentemente a drenagem possui um fluxo lento, refletindo na baixa capacidade de incisão linear do rio e seus afluentes. Na Figura 10 a seguir podemos ver imagens da formação barreiras na bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu.

B) Formas Continentais - Também é constatada a presença no baixo curso do Complexo Ceará – Unidade Canindé. Esta unidade apresenta na sua litologia: Paragnaisse, ortognaisse, metacalcários com nomenclatura PPcc que são formados de Paragnaisse em níveis distintos de metamorfismo – migmatização, identificados na porção sul da bacia (CPRM, 2003).

Após a suave descida para o sul do tabuleiro pré-litorâneo apresenta-se a depressão sertaneja com uma área de 106 km². Segundo Souza (op Cit), Nascimento e Carvalho (2006) é

caracterizada por uma topografia plana ou suave ondulada, com feições conservadas, superfície de aplainamento, constituído de extensa rampa de pedimentos. Está sujeita a maior parte do ano às deficiências hídricas do clima semiárido e apresenta um padrão de drenagem dendrítico. Os relevos são esculpidos em rochas onde predominam os migmatitos e granitoides.

Para sintetizar as informações discutidas nesta sessão. O quadro 2 está representando as seis unidades litoestratigráficas, com suas correspondentes unidades geomorfológicas e feições geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu.

Quadro 2. Síntese das condições Litoestratigráfica e padrões de forma de relevo

Unidade Litoestratigráfica	Unidade Geomorfológica	Feições Geomorfológicas	Área Km²
Q2a – Sedimentos Aluviais holocênicos	Planície de Acumulação	Planície Fluvial, Lacustre e flúvio-lacustre	43 km ²
Q2m – Depósitos fluviomarinhas e marinhos Sedimentos areno-argilosos holocênicos	Planície Litorânea	Planície Fluviomarinhas (Mangues)	13 km ²
Q2e – Depósito Eólicos Litorâneos 2 (Areias esbranquiçadas e quartzosas)		Campo de Dunas Móveis	66 km ²
Qd – Depósitos Eólicos Litorâneos 1 (Areia de granulação fina a média)		Campo de Dunas Fixas e Paleodunas	7 km ²
ENb – Grupo Barreiras (Arenitos argilosos de coloração variegada) Sedimentos plio-pleistocênico	Glacis de Deposição Pré-litorâneos	Tabuleiro Pré - Litorâneo	446 km ²
PPcc – Complexo Ceará Unidade Canindé (Paragnaisse em níveis distintos de metamorfismo)	Superfície de Aplainamento	Depressão Sertaneja	106 km ²

Fonte: Brandão et.al (1995), Cavalcante (2003), Souza (2000) e Nascimento (2006).

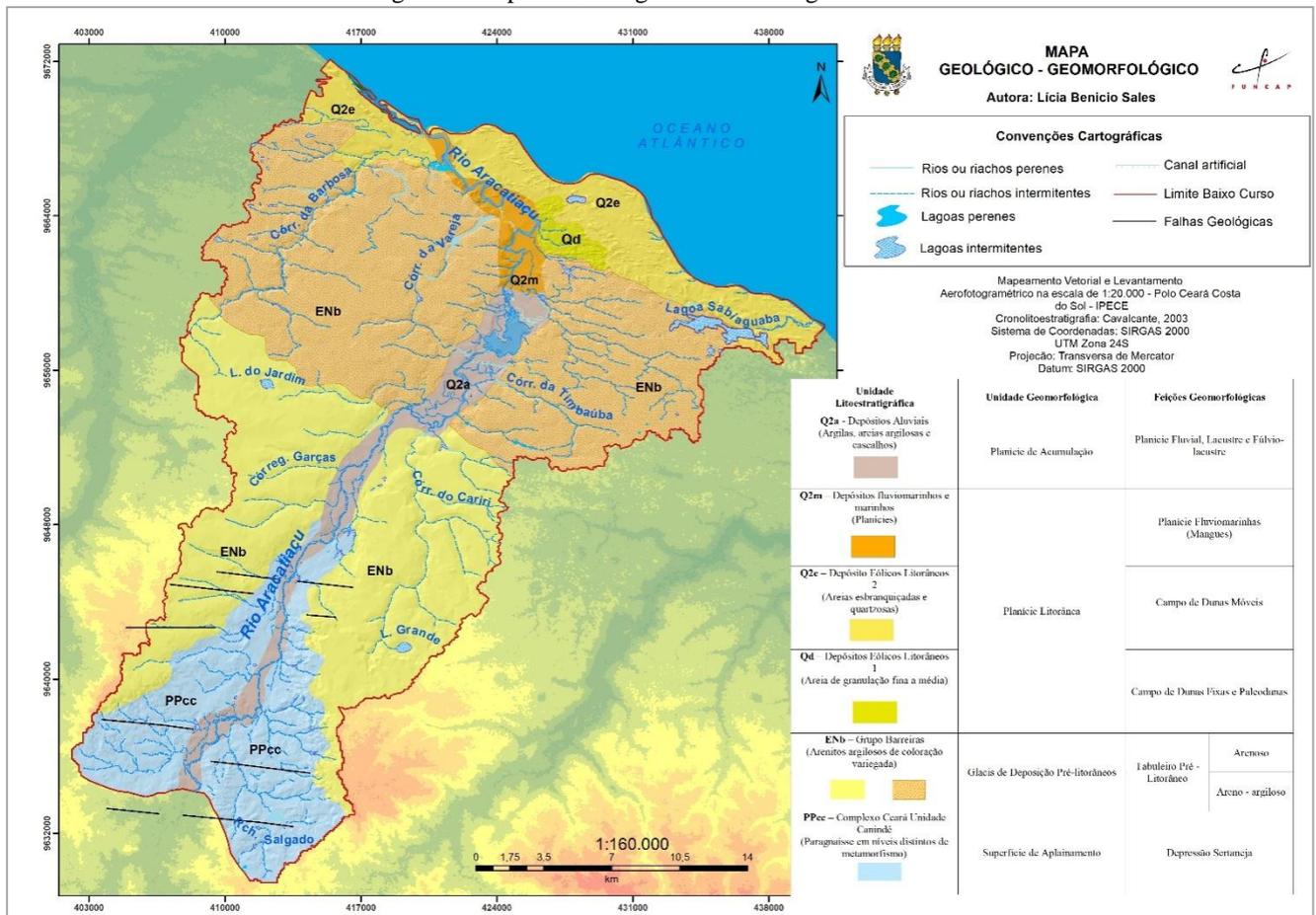
COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E FRAGILIDADE AMBIENTAL

Analisar os elementos da paisagem a partir de critérios geológicos e geomorfológicos (Figura 3) nos permite compreender aspectos das fragilidades ambientais, como também ter a capacidade de propor subsídios, prognósticos e tendências para cada sistema ambiental. A fragilidade ambiental em análise é calcada na concepção das potencialidades dos recursos naturais, que geram lucros para as sociedades, e também permite analisar as fragilidades e limitações das paisagens em sentido mais amplo e complexo.

Conforme Santos (2011, p. 277),

[...] a definição da fragilidade ambiental encerra uma avaliação qualitativa das condições ambientais, apresentando o resultado das relações de conectividade e interdependência das componentes ambientais com as atividades humanas. Deste modo, a análise da fragilidade ambiental considera a estrutura e funcionamento dos ambientes naturais, levando em conta as transformações promovidas pelas atividades humanas, o que permite definir a capacidade de suporte dos sistemas para o desenvolvimento das atividades produtivas e culturais.

Figura 3. Mapa de Geologia-Geomorfologia



Fonte: SALES, Lícia Benício (2019)

Para que seja possível a classificação da Fragilidade Ambiental nos diferentes níveis hierárquicos, a compartimentação ambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Aracatiaçu foi embasada na hierarquização da paisagem, chamada sistemas ambientais.

Muito embora este artigo trate da relação entre geomorfologia e fragilidade do ambiente, é importante frisar, que para acurácia da fragilidade é importante aumentar o nível de complexidade de fatores físicos e humanos em seu tratamento. Todavia, por razões de compatibilidade de escala e pela topografia predominantemente plana (declividade menor que 2º) da bacia hidrográfica de estudo, a geomorfologia não pode ser o fator exclusivo de delimitações dos sistemas ambientais, mas sim todos os atributos ambientais necessários em uma análise circunstância dos recursos naturais (geologia, geomorfologia, hidroclimatologia, solos e cobertura vegetal e das diferentes formas de uso e ocupação identificadas).

Na área de estudo foram classificadas as seguintes unidades de paisagens: Planície Litorânea, Planície de acumulação e vales fluviais, Glacis de Deposição Pré-litorâneos e Depressão Sertaneja. No interior de cada sistema temos a classificação dos subsistemas ambientais: Planície fluviomarinha, Campo de dunas móveis, Campo de dunas fixas, planície fluvial, Tabuleiro Arenoso e Tabuleiro areno-argilosos e Superfície Rebaixadas conservadas.

Na relação proposta para este artigo entre geomorfologia x fragilidade ambiental, tem-se como principais resultados o quadro 3 e a figura 4 mostram os cenários dos ambientes encontrados na bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu – unidade teste. Importante reforçar, que unidade de paisagem foi entendida neste trabalho como sendo proveniente da relação entre Geologia-geomorfologia. E a figura 5 expõem o resultado da fragilidade ambiental.

Quadro 3. Dados Geologia-geomorfologia, unidades de paisagens e suas fragilidades ambientais

Unidade Litoestratigráfica	Unidade de Geomorfológicas/Paisagens	Fragilidade ambiental
Q2a – Sedimentos Aluviais holocênicos	Planície de Acumulação: Planície Fluvial, Lacustre e Fúlvio-lacustre	Potencial Muito Forte
Q2m – Depósitos fluviomarinhos e marinhos Sedimentos areno-argilosos holocênicos	Planície Fluviomarinhas (Mangues);	Emergente Muito Forte
Q2e – Depósito Eólicos Litorâneos 2 (Areias esbranquiçadas e quartzosas)		Potencial Muito Forte
Qd – Depósitos Eólicos Litorâneos 1 (Areia de granulação fina a média)	Campo de Dunas Fixas e Paleodunas	Emergente Forte

ENb – Grupo Barreiras (Arenitos argilosos de coloração variegada) Sedimentos plio-pleistocenoico	Glacis de Deposição Pré-litorâneos: Tabuleiro Pré - Litorâneo	Emergente Baixa
PPcc – Complexo Ceará Unidade Canindé (Paragnaisse em níveis distintos de metamorfismo)	Superfície de Aplainamento: Depressão Sertaneja	Emergente Média

Fonte: Brandão et.al (1995), Cavalcante (2003) e Souza (2000).

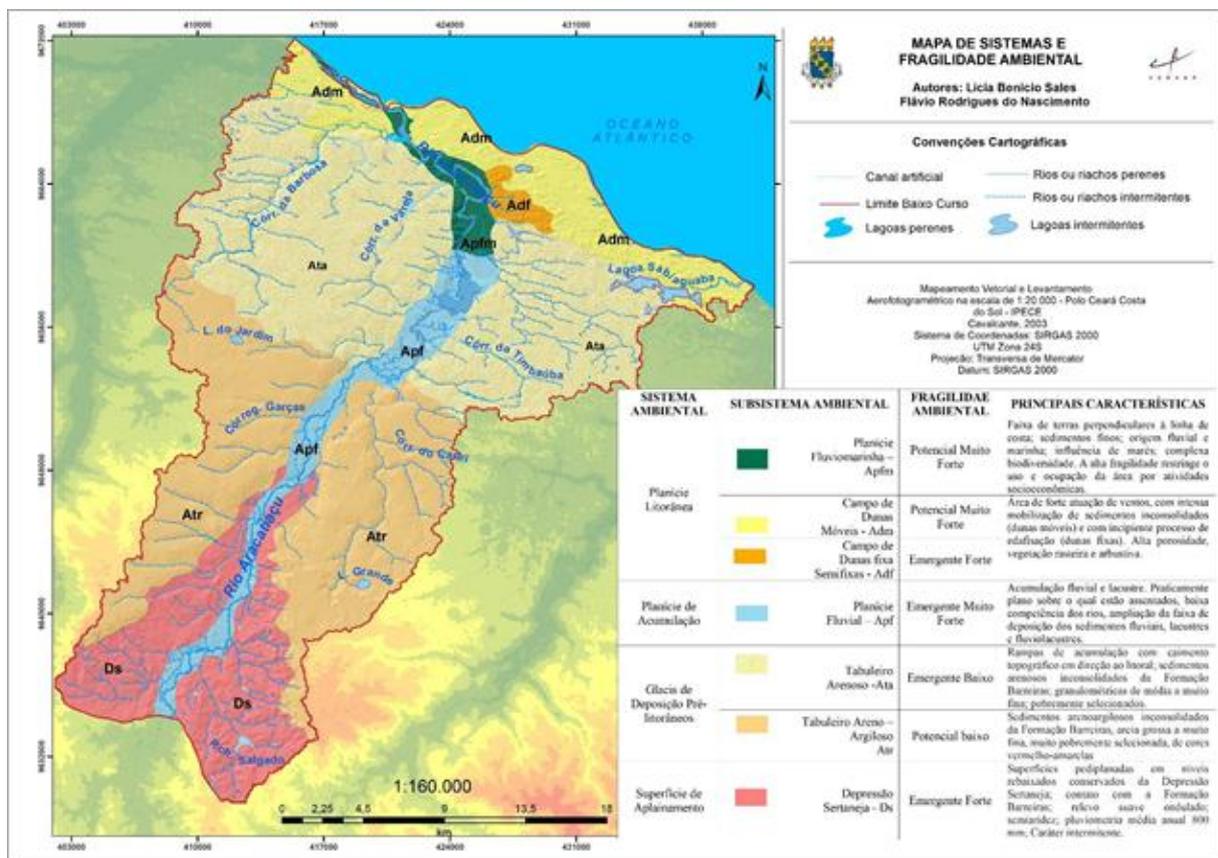
Figura 4. Mosaico com dos diferentes cenários encontrados na área de estudo



(1) Campo de dunas Móveis e lagoas interdunares em Sabiaguaba; (2) Planície Fluvial do rio Aracatiaçu; (3) Área de inundação sazonal com presença de carnaúbas; (4) Planície Fluviomarinha em Moitas; (5) Eolianitos no campo de dunas móveis em Icarazinho de Amontada; (6) vegetação encontrada na foz do rio Aracatiaçu em Moitas. Fonte: SALES, L. B. (2019)

A última figura demonstra parte da complexidade e variedade ambiental e paisagística encontrada na bacia avaliada, ao tempo que relaciona várias fotografias registradas em 2019. Da esquerda para direita, sucessivamente, é observado: planície costeira com usina eólica ao fundo; planície fluvial do rio Aracatiaçu, em sua parte terminal, quase em contato com a planície fluviomarinha – notar usina eólica instalada no litoral, ao fundo; carnaúbas nas várzeas do rio analisado; *rhizophora mangle* no estuário do rio Aracatiaçu, com raízes escórias; eolianitos em topo de dunas, no detalhe de uma feição geomorfológica; e por fim, mangues degradados por agredação de sedimentos na planície fluviomarinha que contém estuário.

Figura 5. Mapa de Sistemas e Fragilidade Ambiental



Fonte: SALES, B. L (2019)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora este texto tenha destacado a geomorfologia e na sua relação com a fragilidade ambiental, os tipos de solos são um dos indicadores categorizados por Ross (1994) na análise empírica da fragilidade ambiental. Eles devem ser avaliados pelas suas características genéticas, textura, estrutura, plasticidade, profundidade/espessura dos horizontes. Essas características estão diretamente relacionadas com o relevo, clima e pedogênese. As classes

de fragilidade do solo são considerando o escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais.

É importante lembrar que a análise empírica da fragilidade ambiental foi realizada por pesquisadores do Sudeste do Brasil, e que a classificação dos solos proposta por Ross (1994) foi baseada nas pesquisas dos relevos daquela região e com o objetivo do uso agrícola. O próprio autor recomenda a atenção e adaptações para a realidade local de onde esteja sendo realizada a aplicação da análise.

Em áreas litorâneas como é o caso de baixo curso da bacia-teste, é preciso levar em consideração o intenso transporte de sedimento pelos ventos, intensa troca de fluxo de matéria e energia que acaba contribuindo para aumentar fragilidade dos solos. E a presença de empreendimentos turísticos na área de marinha como nas regiões próximas do rio.

Igualmente, é preciso ser levado em consideração a avaliação do grau de proteção dos solos aos efeitos da precipitação. Um ambiente estabilizado e com bom estágio de desenvolvimento da cobertura vegetal apresenta maior proteção contra as gotas da chuva em queda livre, em contrapartida, nas áreas com menor proteção vegetal e solo exposto, existe uma maior susceptibilidade a atuação de processos morfogenéticos, elevando o grau de fragilidade (ROSS et al. 2008).

Outro indicador de fragilidade ambiental estabelecido por Ross (1994) foi o grau de proteção da cobertura vegetal e as suas classes de fragilidade. A análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal passa pelo mapa de Uso e Cobertura, que é gerado a partir do auxílio de imagens de satélite, de fotos aéreas e trabalhos de campo. A partir disto se estabelece uma hierarquia de graus de proteção aos solos pela cobertura vegetal, seguindo uma ordem decrescente da capacidade de proteção. Para essa classificação leva-se em consideração para vegetação, o grau de alteração por parte das alterações humanas na produção do espaço; levando-se em consideração os trabalhos de campo, e a análise de imagens de satélite e aerofotogrametria e registros fotográficos.

Contudo, o principal critério utilizado para classificar os sistemas ambientais em fragilidade ambiental emergente ou potencial devem ser as diferentes formas de utilização da terra pelo homem. As diferentes classificações de tipologias de uso e ocupação analisadas e mapeadas são capazes de alterar o grau de fragilidade de um ambiente, podendo alterar um ambiente que anteriormente estava em equilíbrio dinâmico até essa forma de uso passar a desequilibrar esse ambiente.

REFERÊNCIAS

- BRANDÃO, Ricardo de Lima; et al. **Diagnóstico Geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. Fortaleza: CPRM, 1995.
- CAVALCANTE, J. C. *et al.* **Mapa geológico do Estado do Ceará**– Escala 1:500.000. Fortaleza: MME/CPRM, 2003.
- CARVALHO, G. M. B. S. **Geotecnologias aplicadas nas Análises da Vulnerabilidade à Erosão: Bacias dos Rios Aracatiaçu e Aracatimirim (CE)** 2000. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2000.
- CARVALHO, Alexandre Medeiros de. **Dinâmica costeira entre Cumbuco e Matões, Costa Noroeste do Estado do Ceará**. 2003. 230 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2003
- CRISPIM, A. B. Fragilidade ambiental decorrente das relações sociedade/natureza no semiárido brasileiro: o contexto do município de Quixadá-CE. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2016.
- COSTA, Luís Ricardo Fernandes da. **Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do Rio Banabuiú - CE**. 2017. 231 f. Tese (Doutorado em Geografia) Centro de Ciências – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- FIERZ, M. M. de S. **As abordagens sistêmicas e do equilíbrio dinâmico na análise da fragilidade ambiental do litoral do estado de São Paulo**: contribuição à geomorfologia das planícies costeiras. 410f. Tese (Doutorado em geografia física) FFLCH – Departamento de geografia da Universidade de São Paulo –USP. São Paulo, 2008.
- LOURENÇO, R. M. **Diagnóstico Físico-Conservacionista Como Aporte Para A Análise Da Degradação No Médio Curso Da Bacia Hidrográfica Do Rio Aracatiaçu (Ce) – Brasil**. 2013. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, 2013.
- MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. **Geomorfologia Costeira: funções ambientais e sociais**. Fortaleza: UFC, 2012. 489 p.
- MESQUITA, Á. F. et. al. Faciologia E Evolução Dos Depósitos Eólicos Costeiros Do Oeste Do Ceará (Brasil) No Holoceno Tardio. **Revista Brasileira De Geomorfologia**, V. 17, P. 783, 2016.
- NASCIMENTO, Flávio. R. do; CARVALHO, Osires. Sub-compartimentação topográfica, caracterização e descrição das formas de relevo na Baciametropolitana do Pacoti em Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, p. 19-26, 2006
- ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. São Paulo, n.6, 1992.
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. São Paulo, n.8, 1994.
- ROSS, J. L. S; AMARAL, R. A aplicação do conceito de unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Sampaio/SP. **Geosp (USP)**, v. 26, p. 59-78, 2009.

SALES, L.B. **A fragilidade ambiental como subsídio ao ordenamento do território: o caso da RESEX da Prainha do Canto Verde, Beberibe – Ceará.** Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Ceará, 2017.

SALES, L.B. Análise da Fragilidade ambiental no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Aracatiaçu – Ceará. **Dissertação** (Mestrado): Programa de Pós-graduação em Geografia – UFC. Fortaleza –CE. 2019. 107p.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e Riscos Socioambientais em Fortaleza – CE:** Contribuições ao ordenamento Territorial. Tese (Doutorado): Programa de Pós-graduação em Geografia Física – USP. São Paulo – SP. 2011. 315p.

SANTOS, F. L. A. ; **Nascimento, F. R.** . Mapeamento Geomorfológico Do Planalto Da Ibiapaba: Enfoque Nas Feições Morfoesculturais Dos Municípios De Tianguá E Ubajara - Ce. *Revista Geonorte*, V. 1, P. 212-216, 2014.

NASCIMENTO, F. R.; CARVALHO, O. Sub-compartimentação topográfica, caracterização e descrição das formas de relevo na Bacia metropolitana do Pacoti em Fortaleza, CE. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, p. 19-26, 2006.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará.** Tese de Doutorado. Niterói: Universidade Federal Fluminense – UFF, 2006.

NASCIMENTO, F.R.. **Estado de conservação da vegetação e dos solos como evidências de desertificação.** Boletim Amazônico de Geografia, v. 2, p. 1-17, 2016

NASCIMENTO, F. R.; FARIAS, J. F. Compartimentação geoambiental como etapa metodológica para detecção e prospecção de Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD's). **GEOgraphia** (UFF), v. 1, p. 120-140, 2016.

SANTOS, J. O; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 8, n. 10, p. 127-144, 2012.

SOUZA, M. J. N. de. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. In: **Revista de Geologia – UFC.** Fortaleza. V.1 p. 73 – 91, 1988.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: Souza, M.J.N. et al. (Orgs.) **Compartimentação Territorial e gestão regional do Ceará.** Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 13 – 98.

SCHIAVO, Bruna Nascimento de Vasconcellos et al. Caracterização da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica urbana no município de Santa Maria - RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p.464-474, jan. 2016

SPORL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa Da Fragilidade Ambiental Com Aplicação De Três Modelos. **Geosp - Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 15, p.39-49, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro. IBGE, p.97, 1977.