

**USO DOS SIGS COMO FERRAMENTA PARA A
DELIMITAÇÃO DOS SISTEMAS E SUBSISTEMAS
AMBIENTAIS DA FOZ DO RIO CEARÁ**USE OF GIS AS A TOOL FOR THE DELIMITATION OF ENVIRONMENTAL
SYSTEMS AND SUBSYSTEMS OF FOZ DO RIO CEARÁUSO DE SIG COMO HERRAMIENTA PARA LA DELIMITACIÓN DE
SISTEMAS Y SUBSISTEMAS AMBIENTALES DE FOZ DO RIO CEARÁ*Geografia*Ícaro da Rocha ARAÚJO¹icaroraraujo@gmail.comTúlio Viana BANDEIRA²tulioviana18@gmail.com**RESUMO**

Com a intensificação do sistema capitalista de produção e consumo o meio ambiente passa a ser visto apenas como um conjunto de recursos naturais. Dessa forma, buscamos aqui destacar a importância da Geografia nesse cenário através da aplicação dos seus conceitos e técnicas. Faremos uma contextualização do desenvolvimento da Geografia como ferramenta na análise integrada e utilizaremos desta para elaborar um mapa de sistemas ambientais através do SIG (Sistema de Informação Geográfica). Propõe-se também analisarmos a importância da utilização deste para a análise integrada da paisagem, visando construir um trabalho que possa contribuir para o desenvolvimento de geógrafos.

Palavras-Chave: Paisagem. SIG. Análise integrada. Geossistema

ABSTRACT

With the intensification of the capitalist system of production and consumption, the environment is seen only as a set of natural resources. In this way, we seek to highlight the importance of Geography in this scenario through the application of its concepts and techniques. We will contextualize the development of geography as a tool in integrated analysis and will use it to draw up a map of environmental systems through GIS. It is also proposed to analyze the importance of using it for the integrated analysis of the landscape, aiming to build work that can contribute to the development of geographers.

Keywords: Landscape. GIS. Integrated analysis. Geosystem.

¹ Aluno de Graduação do Curso de Bacharelado em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza

² Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia – ProPGeo da Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza

RESUMEN

Con la intensificación del sistema capitalista de producción y consumo el medio ambiente pasa a ser visto apenas como un conjunto de recursos naturales. De esta forma, buscamos aquí destacar la importancia de la Geografía en ese escenario a través de la aplicación de sus conceptos y técnicas. Haremos una contextualización del desarrollo de la Geografía como herramienta en el análisis integrado y utilizaremos de ésta para elaborar un mapa de sistemas ambientales a través del SIG. Se propone también analizar la importancia de la utilización de éste para el análisis integrado del paisaje, con el fin de construir un trabajo que pueda contribuir al desarrollo de geógrafos.

Palabras clave: Paisaje. SIG. Análisis integrado. Geosystem.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico do meio técnico-científico-informacional juntamente com o atual paradigma holístico e sistêmico que direciona a ciência, demandam análises cada vez mais totalizantes, interdisciplinares e tecnológicas.

Damos início fazendo uma breve contextualização do desenvolvimento da análise integrada, partindo desde a formação dos paradigmas científicos, com o modelo cartesiano, até o desenvolvimento do paradigma mais atual que é a abordagem sistêmica e holística, cujo início ocorreu a publicação da obra Teoria Geral dos Sistemas de Bertalanffy.

Este novo modelo suscitou novas teorias que o integrassem. Na Geografia houveram várias, sendo que a mais utilizada foi elaborada por Sotchava e sofisticada por Bertrand, nos referimos a teoria do Geossistema.

Em síntese, o Geossistema é uma unidade da paisagem onde os fenômenos geográficos têm mais expressão. Ele resulta da interação dialética entre vários subsistemas que possuem uma dinâmica comum. Portanto, levando em consideração sua integração entre os componentes, este conceito é a base da análise integrada.

A aplicação do conceito de Geossistema pela análise integrada se dá na delimitação de sistemas ambientais, que por conta do desenvolvimento e sofisticação da tecnologia pode ser efetuado de diversas maneiras. Aqui utilizamos o SIG (Sistema de Informações Geográficas), por intermédio do software QGIS, para efetiva-lo.

O SIG é uma geotecnologia. É um derivado de sistemas de informação voltado para dados geográficos. Um sistema de informação tem o objetivo de reunir, analisar e disseminar informações. No caso dos SIG, os dados precisam ser georreferenciados, ou seja, precisam estar ligados a um sistema de coordenadas conhecidas.

Com base no dito, nos propomos aqui a fazer a delimitação dos sistemas e subsistemas ambientais da foz do rio Ceará e seu entorno, utilizando-se da análise geossistêmica e do QGIS. Contudo, visamos também analisar a importância da utilização do SIG para tal, tendo em mente que esta é uma ferramenta resultante do desenvolvimento científico. Com isso, pretendemos contribuir para a formação e desenvolvimento de estudantes que tenham interesse por essa área essencial que é a análise ambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A análise integrada da Paisagem se fortaleceu no seio da abordagem sistêmica e holística, que impulsionou a ciência geográfica na década de 1950 a partir da proposta do conceito de geossistema por Viktor Sotchava, tendo como base a Teoria Geral dos Sistemas de Ludwig von Bertalanffy. Para a melhor compreensão dessa forma de análise, torna-se necessário recuperar brevemente o paradigma que orientava a ciência anterior a este, o modelo cartesiano.

De acordo com Mendonça (2005) *apud* Moura Fé (2014) a história do pensamento geográfico pode ser dividida em dois grandes momentos. Um primeiro momento, que se inicia com a sistematização da Geografia como ciência no século XIX, seguindo as normas cartesianas e newtonianas. E um segundo momento, que é iniciado na metade do século XX e que começou a seguir as normas sistêmicas de Bertalanffy, na procura de resolver a problemática ambiental vigente.

A abordagem reducionista, mecanista ou cartesiana, que orientou a Geografia no seu primeiro momento, surgiu durante o período iluminista no século XVII através das contribuições de René Descartes e Isaac Newton. Esta forma de ver o mundo consistia em utilizar a razão para dividir o todo, analisar as suas partes e criar leis gerais para compreender a realidade, partindo do pressuposto de que a simples operação matemática da soma das partes resultava o todo.

Segundo Limberger (2006, p. 97) esse paradigma “buscava sistematizar ou compreender a natureza para poder explicá-la e dominá-la, esta abordagem “facilitou” a exploração e a expropriação da natureza”. Os cientistas que atuavam com essa abordagem focavam nas características físicas dos lugares, mensurando e catalogando estas, enquanto procuravam explicações para as suas dinâmicas e o estabelecimento de leis, na tentativa de sistematização do conhecimento e mecanização dos fenômenos da natureza, sem levar em consideração nenhuma inter-relação entre os componentes (FÉ, 2014).

A divisão oriunda do método permeou toda a ciência, que passou a ser cada vez mais fragmentada e especializada deste então. Não foi diferente com a Geografia, a qual se solidificou nesses moldes, dicotomizando-se entre a Física e a Humana, assim como as várias especializações dentro destas. Emmanuel de Martonne foi o responsável pela conceituação da Geografia Física e suas subdivisões:

[...] aprofunda a abordagem dos elementos naturais das paisagens e desenvolve a conceituação da chamada Geografia Física, parte da Geografia que se ocupa do tratamento da temática ambiental por estar ligada à abordagem do quadro natural do planeta.

Ao aprofundar seus estudos, De Martonne dividiu a Geografia Física em sub-ramos específicos [...] (AMORIM, 2012, p. 83).

A Geografia Física passa a ter como seu objeto a paisagem, ligada intimamente ao conceito de ambiente, que no contexto era considerado o conjunto de componentes físicos-naturais. A sofisticação do conceito está estreitamente ligada aos paradigmas, logo, no segundo momento da história da Geografia, iniciado na década de 1950, o ambiente como parte da paisagem ganha uma nova contextualização. Dias (2004) *apud* Amorim (2012, p.83) afirmam que uma série de publicações, eventos e ações sobre a temática ambiental passaram a considerar como ambiente o produto das relações Sociedade x Natureza.

Esta nova concepção já estava associada a abordagem sistêmica e holística, que exaltava as relações dialéticas dos componentes ao mesmo passo que resgatava o conceito de totalidade “o todo é mais que a simples soma das partes”, contrapondo-se aos principais ideais do modelo mecanicista.

Nas palavras de Limberger:

[...] aparece a abordagem sistêmica como alternativa ou complemento ao pensamento cartesiano. Diz-se que é alternativa ou complemento porque esta nova abordagem não veio com o intuito de destituir tudo o que existia a respeito de métodos de investigação da ciência, mas para agrupá-los e deles buscar uma compreensão maior da realidade. (LIMBERGER, 2006, p. 97):

Entretanto, um novo paradigma suscita um aperfeiçoamento metodológico para elaboração do conhecimento científico. “Pois o paradigma da pesquisa envolve uma concepção, estabelece os critérios de definição e de formulação de um problema a ser pesquisado e implica uma abordagem e os processos de seleção do problema.” (SILVA, 2001, p.113)

Diante desse problema, a busca por metodologias que agregariam a abordagem sistêmica “fez emergir, no âmbito da Geografia, o conceito de *Geossistema*, em duas correntes distintas de pensamento: a corrente russa, cujo autor principal pode ser

considerado Sotchava, e a corrente francesa da qual Bertrand é o de maior expressão.” (LOPES et al. 2014, p. 156, grifo do autor)

O pioneiro do conceito de Geossistema foi o russo Viktor Sotchava. Segundo FÉ, para Viktor:

[...] os geossistemas são fenômenos naturais, embora todos os fatores econômicos e sociais afetem sua estrutura e peculiaridades espaciais. As paisagens antropogênicas nada mais seriam do que estados variáveis de primitivos geossistemas naturais, as quais podem ser referidas como componentes ou elementos que interferem na dinâmica da paisagem. (FÉ, 2014, p. 303)

Entretanto, foi com Bertrand (1972) que o termo geossistema e as aplicações ambientais ganham base mais consistente. Segundo Nascimento e Sampaio (2005), houvera críticas sobre a definição de Sotchava para geossistemas, sobretudo pela ausência de uma maior pressão espacial em sua definição, bem como pelo caráter pouco dialógico e difícil aplicação de seus conceitos.

Ainda para Sotchava (1977), as organizações espaciais resultantes da dialética entre os componentes podem variar em escala e espacialização territorial, apresentando uma taxonomia de geossistemas que possui duas unidades principais: geômeros e geócoros, cada uma dividida em três níveis diferentes: topológico, regional e planetário.

Nos estudos de Bertrand (1972), há melhoria do conceito e dá conotação mais precisa, estabelecendo uma tipologia baseada na escala e na extensão das áreas compatível com as atividades socioeconômicas. O Geossistema utiliza a análise integrada do complexo físico-geográfico, ou seja, a conexão da natureza com a sociedade.

Para Bertrand, francês responsável pela outra corrente da teoria geossistêmica:

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1972, p.141)

Percebe-se em sua conceituação que a combinação da qual resulta a paisagem também varia de acordo com as escalas. Pode-se dizer que Bertrand aperfeiçoa a teoria de Sotchava, pois ele parte deste conceito para realizar a taxonomia da paisagem, na qual o Geossistema é uma das unidades.

Diferente da taxonomia de Sotchava, a definição das unidades da paisagem de Bertrand ocorre em função da escala de tratamento das informações, na procura de delimitar unidades aplicáveis nos estudos geográficos. A paisagem “comporta seis níveis taxonômicos temporo-espaciais: zona, domínio e região, como unidades superiores; e

como unidades inferiores: geossistemas, geofácies e geótopo” (ROSS, 2006 *apud* MOURA FÉ, 2014, p. 304)

Para melhor compreensão dos níveis taxonômicos, analisar a Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos fenômenos geográficos em seis níveis taxonômicos, segundo Bertrand (1972)

Unidades superiores	ZONA	Deve ser ligado ao conceito de zonalidade planetária. A zona se define basicamente pelo clima e seus biomas e acessoriamente por certas mega-estruturas.
	DOMÍNIO	Corresponde a conjuntos de paisagens fortemente individualizados. A definição dos domínios deve ser maleável, de forma a permitir agrupamentos a partir de fatores diferentes.
	REGIÃO	Relacionada à individualização de aspectos físicos dentro do domínio. Deve ser maleável a fim de permitir sua inserção dentro de um sistema taxonômico coerente.
Unidades inferiores	GEOSSISTEMA	Resulta da combinação local e única de elementos dos vários subsistemas que interagem (declive, clima, rocha, manto de decomposição, hidrologia das vertentes) e de uma dinâmica comum (mesma geomorfogênese, pedogênese, e utilização antrópica). Mede de alguns quilômetros quadrados até algumas centenas de quilômetros quadrados.
	GEOFÁCIE	Corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo dentro do geossistema, onde se desenvolve uma mesma fase de evolução. Sua superfície abrange, geralmente, algumas centenas de metros quadrados.
	GEÓTOPO	Corresponde à menor unidade geográfica homogênea diretamente discernível no terreno. Constituem refúgios de biocenoses originais, relictuais ou endêmicas. Suas condições ecológicas são muitas vezes diferentes das do geossistema e da geofácies. Geralmente encontra-se na escala do metro quadrado.

Fonte: Lopes et. al. (2014)

O Geossistema é a unidade na qual os fenômenos geográficos têm mais expressão, pois permite interação entre os fatores socioeconômicos e físico-naturais. As categorias da unidade superior possuem escalas onde os fatores físicos e naturais atuam predominantemente, enquanto as outras duas categorias da unidade inferior, geofácies e geótopo, estão contidas dentro do geossistema, sendo aplicáveis a escala humana.

A estrutura funcional dos geossistemas ocorre na interação dialética entre o potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica, melhor explicitada na Figura 1.

Com as bases teórico-metodológicas erguidas, a análise integrada ganha forma como nova ferramenta que possibilitou leitura da paisagem em um contexto onde a natureza estava sendo constantemente expropriada pelo modelo capitalista de consumo e produção, e os efeitos catastróficos reacionários disto estavam se desenvolvendo em ritmo alarmante, influenciando diretamente no cotidiano das pessoas.

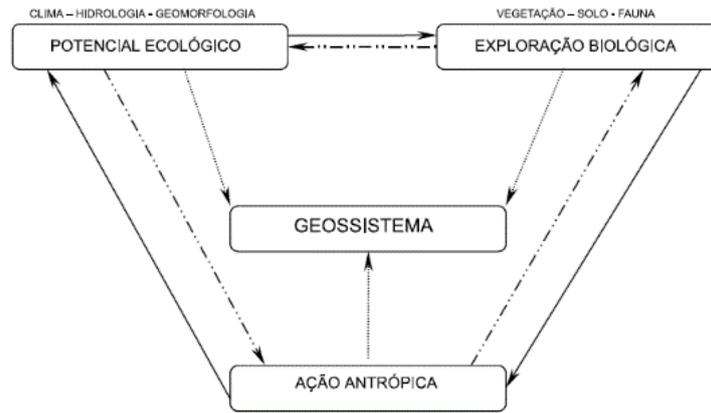


Figura 1 - Estrutura funcional do Geossistema, segundo Bertrand (1972). Fonte: Bertrand (1972)

Portanto, é possível notar que a ciência se renova na procura da resolução dos problemas causados por ela mesma. Atualmente, no século XXI, isso não é diferente. Essa dinâmica da ciência possibilitou avanços tecnológicos e sociais, desenvolvendo ferramentas metodológicas que permitiram o próprio avanço da ciência, portanto, da Geografia.

Na análise integrada do meio ambiente este processo não foi diferente, principalmente em relação aos avanços tecnológicos da cartografia e do geoprocessamento, ambas são ciências e técnicas essenciais na compreensão da paisagem. Dentre os avanços alcançados, destaca-se a produção de mapas e sua melhor acurácia.

O seu está na identidade do geógrafo e na análise integrada se faz imprescindível, pois permite a representação dos fatores físico-naturais e socioeconômicos em um plano. Com o desenvolvimento, sofisticação e uso da informática, a confecção de mapas a mão se tornou obsoleta, pois foram criadas ferramentas computacionais que permitem a confecção digital destes.

Outras ferramentas de uso geográfico criadas concomitantemente a sofisticação da informática são o GPS (Global Positioning System), o SR (Sensoreamento Remoto) e o SIG (Sistema de Informações Geográficas) etc., que formam um conjunto chamado de geotecnologias.

A utilização das geotecnologias pela Geografia se dá através do Geoprocessamento. De acordo com Silva (2009) não se deve confundir o conceito de Geoprocessamento com o conjunto de geotecnologias. Cada geotecnologia tem uma finalidade diferente e o Geoprocessamento se utiliza de suas produções para atingir seu objetivo, que é a extração da informação georreferenciada.

Como dito, neste trabalho utilizaremos o SIG juntamente com a análise integrada da paisagem, focando exclusivamente nessa geotecnologia.

De acordo com Fitz, um SIG é:

[...] um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos, e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecidas. (FITZ, 2008, p. 23)

O SIG é um derivado de Sistema de Informação voltado para dados geográficos. Portanto, sua utilização complementar a análise integrada parece essencial, já que sua estrutura e componentes são voltados para objetivos necessários para a realização desta.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E OPERACIONAIS

A elaboração deste artigo contou com algumas etapas fundamentais. A primeira etapa foi uma discussão sobre o tema proposto com todos os autores, visando planejar a elaboração deste trabalho, assim como sua metodologia. Este planejamento serviu como base para todas as ações a seguir.

A segunda etapa foi o levantamento bibliográfico visando o domínio teórico acerca do tema proposto. Os principais conceitos buscados neste foram os de: paisagem, SIG, análise integrada e Geossistema. Que foram as palavras-chave definidas no planejamento.

Grande parte do levantamento ocorreu via internet. Porém, também nos utilizamos o acervo da biblioteca da UECE (Universidade Estadual do Ceará), que contém uma grande quantidade de livros relacionados a Geografia.

Uma atividade complementar a esta etapa foram as discussões sobre estes conceitos no grupo de estudos AnGeo (Análise Geoambiental do Semiárido e Suas Paisagens de Exceção) do LabGeo (Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicados) da UECE, que contribuíram para a compreensão destes, assim como para a elaboração deste trabalho.

Ademais, a etapa de levantamento também nos serviu para a pesquisa de autores que já haviam feito este tipo de delimitação e utilizado o SIG na análise integrada, visando utiliza-los como base para nossa delimitação.

Por fim, foi feita a prática utilizando o QGIS. Dentre as mais variadas aplicações, foi decidido fazer a delimitação dos sistemas ambientais da foz do rio Ceará, assim como os subsistemas. Portanto, com essa prática estaríamos exercitando a aplicação da análise integrada, identificando os geossistemas e os geofácies.

Para alcançar o objetivo proposto no trabalho foi necessário a coleta de imagens da área escolhida. Assim, foi decidido fazer utilização do *software* Google Earth Pro para a aquisição de imagens de satélite da foz do rio Ceará.

Este programa desenvolvido pela multinacional Google permite que qualquer pessoa com um computador acesse e baixe imagens de satélite do banco de dados da empresa. Uma ferramenta muito interessante chamada “Mostrar histórico” nos permite recuperar fotos tiradas em anos passados. Dentre as mais variadas aplicações para esta, utilizamos para escolher uma que não houvesse poluição visual, como nuvens. A imagem escolhida foi tirada em 12 de setembro de 2018.

O seguinte passo foi a utilização do *software* QGIS 3.4.5 (Madeira) para georreferenciar a imagem. O QGIS, antigamente conhecido com Quantum GIS, é um programa com código-fonte aberto, que pode ser complementado e reajustado por qualquer um que entenda sua linguagem de programação. O QGIS é um *software* SIG, assim como o SPRING desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e o ArcGIS desenvolvido pela ESRI (Environmental Systems Research Institute). Portanto, suas finalidades não se resumem em delimitar sistemas ambientais.

Dentro do *software* foi utilizada a ferramenta “Georreferenciador” para coordenar a imagem a um datum e a um sistema de coordenadas conhecidas. No Brasil, é convencional utilizar o datum SIRGAS 2000 e o sistema de coordenadas UTM, sendo que este deve estar com a folha especificada. No nosso caso, utilizamos a folha 24S.

O procedimento para fazer o georreferenciamento no *software* foi simples, bastou escolher 4 (quatro) pontos com coordenadas conhecidas e sincroniza-las na ferramenta. As coordenadas também foram adquiridas no Google Earth Pro. Vale ressaltar que neste procedimento o programa dá um resultado com uma margem de erro, que deve estar inferior a 1, para ser preciso e próximo da realidade.

O processo de delimitação dos sistemas ambientais também ocorreu no QGIS, procedimento chamado de vetorização. Este pressupõe a criação de arquivo shapefile, que é uma extensão de armazenamento de formas, as quais podem ser um polígono, um ponto ou uma linha. Assim como uma tabela de atributos, que permite adicionar dados nas formas.

A delimitação ocorreu toda em escritório, utilizando a escala 1:20000 e a ferramenta “Adicionar feição”. Isto só foi possível graças ao grande montante de trabalhos realizados sobre a área. Porém, não deixamos de ir a campo para coletar dados, pois a realidade não é estática e sim dinâmica, resultante de uma relação dialética dos

seus componentes.

A delimitação dos sistemas e subsistemas ambientais da área de estudo foi baseada na metodologia geossistêmica de Bertrand (1972) e Souza (2000). Com base nisto, o conceito de paisagem assumiu importantes características para a definição destas unidades ambientais, uma vez que, para a delimitação dos sistemas e subsistemas, considerou-se a análise geomorfológica como elemento essencial, pois os limites do relevo e suas feições são mais fáceis de identificar e delimitar.

Além disso, a identificação e delimitação das unidades ambientais seguiram a definição de geossistema e geofácies, ou seja, sistema e subsistema. Para isto, toma-se como base a teoria de sistemas, a qual permite identificar o sistema maior abrangendo um conjunto de outros menores, onde se pode verificar o relacionamento entre seus componentes. Outro critério utilizado foi a dinâmica destas unidades, pois esta característica expressa a diferença entre os componentes ambientais de cada sistema.

O rio Ceará faz a divisão entre dois municípios: Caucaia e Fortaleza. Utilizamos o trabalho de Medeiros (2014) que delimitou os sistemas ambientais do município de Caucaia, assim como os trabalhos de Souza (2009) e Menezes (2017) que delimitaram os sistemas ambientais de Fortaleza. Vale ressaltar que a vetorização destes trabalhos ocorreu em escalas diferentes da nossa, portanto, os utilizamos apenas como base para a nossa delimitação.

Por fim, ocorreu a elaboração do *layout* do mapa no QGIS através da ferramenta “Novo Compositor de Impressão”, atalho (Ctrl+P). Nesta etapa, o *software* abre outra aba com várias novas ferramentas, onde foi possível elaborar o layout do mapa de acordo com as convenções cartográficas desejadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O objetivo deste trabalho é de delimitar as unidades geoambientais, leia-se sistemas ambientais, da foz do rio Ceará e seu entorno com o auxílio do SIG, visando também analisar a importância do uso deste para tal.

Segundo Souza et al. (2009, p.49): “Os sistemas ambientais são identificados e hierarquizados conforme a inter-relação dos seus componentes, dimensões, características de origem e evolução.” Dessa forma, uma unidade geoambiental é sistêmica e se relaciona com as classes taxonômicas do geossistema, a qual leva em consideração a Teoria Geral dos Sistemas e é a base da análise integrada da paisagem.

A análise integrada da paisagem, “tem a finalidade prática precípua de servir como

instrumento técnico de manejo dos recursos naturais, visando à proteção dos sistemas ambientais.” (SOUZA e OLIVEIRA, 2011, p.43). Pode-se afirmar então, que a delimitação de sistemas ambientais é parte essencial da análise integrada, pois é necessária para que esta alcance seu objetivo.

De acordo com Morin (1997) apud Limberger (2006), todo sistema é “uno e múltiplo”. É uno porque é um todo, e múltiplo porque é um todo constituído por vários outros subsistemas. Os sistemas ambientais não são diferentes. De acordo com a metodologia geossistêmica, ainda há uma unidade considerada como parte desta, o geofácio. Esta corresponde a um setor fisionomicamente homogêneo dentro do geossistema, ou seja, é um setor onde os componentes tendem a ser mais “parecidos”.

Para Souza et al. (2009), a paisagem assume significado para a delimitação das unidades e subunidades, em virtude da exposição de padrões homogêneos. Ross (1995) apud Medeiros (2014) ainda complementa afirmando que a homogeneidade fisionômica dos subsistemas se mostra mais claramente na paisagem através dos elementos que a visão humana capta, ou seja, o relevo e a vegetação. Na delimitação dessas unidades no SIG, levamos em consideração, majoritariamente, estes dois componentes.

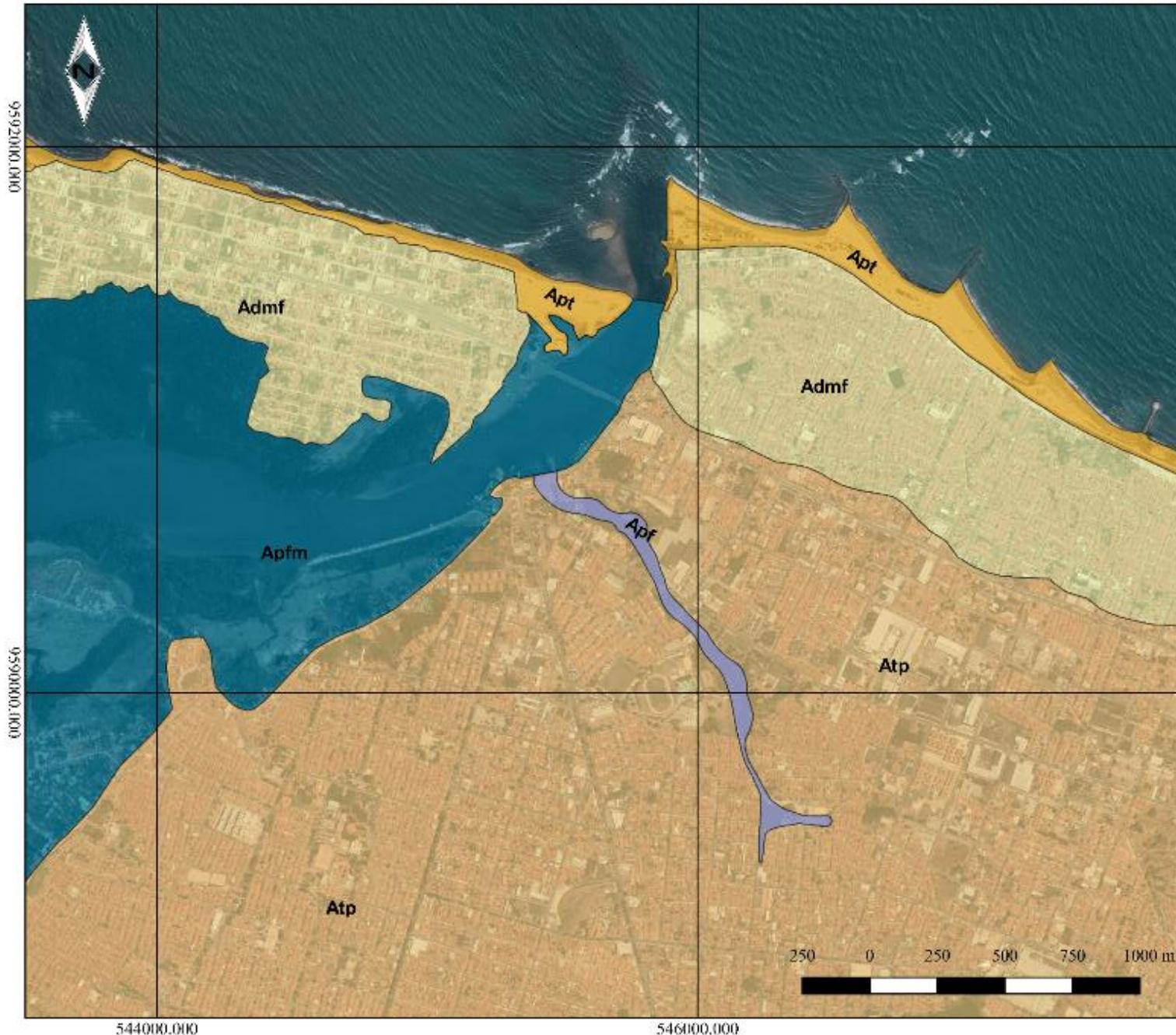
Dessa forma, utilizamos o SIG para delimitar os principais sistemas e subsistemas da foz do rio Ceará e seu entorno, ou seja, geossistema e suas geofácies, respectivamente.

Como será visto na Figura 2, mapa fruto deste trabalho, identificamos os seguintes sistemas ambientais: a planície litorânea, tendo como subsistema a faixa de praia, os terraços marinhos, as dunas e as planícies flúvio-marinhas; os tabuleiros pré-litôraneos; e a planície fluvial.

A planície litorânea pode ser entendida como uma pequena faixa de terras cuja largura média varia entre 1,0 e 4,0 km. É composta por sedimentos holocênicos (neoformação), de granulometria e origem variadas, que capeiam os depósitos mais antigos da Formação Barreiras. As feições morfológicas que compõem esta planície recebem influências de natureza marinha, eólica, fluvial ou combinada, originando formas de acumulação e erosão.

Segundo Souza (2000) apud Medeiros (2014), o condicionamento geológico, que é sedimentar, favorece o acúmulo hídrico no subsolo, concebendo importantes aquíferos nos campos de dunas e nos terraços marinhos, ocasionando também a ocorrência de lagoas costeiras. Logo, no Ceará, a proteção desse sistema é mais que fundamental, pois está ligada diretamente a disponibilidade de água em um contexto onde a escassez deste recurso é alta.

Figura 2 – Mapa dos Sistemas Ambientais da Foz do Rio Ceará



Fonte: Elaborada pelo autores (2019)



Universidade Estadual do Ceará - UECE
 Centro de Ciências e Tecnologia - CCT
 Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Aplicados - LABGEO

Mapa dos Sistemas Ambientais da Foz do rio Ceará e área ao entorno

Elaboração: Ícaro da Rocha Araújo; Túlio Viana Bandeira

Legenda

Sistema Ambiental	Subsistema Ambiental/Caracterização	Símbolo
Planície litorânea	Talús de praia e Terrapós marinhos: Depósitos arenosos formados em área plana na costeira oceano-continental, acumulados e redistribuídos por ações marinhas, eólicas e fluviais.	Apt
	Campo de dunas móveis e fixas: Morro arenosos de origem marinha ou continental remodelados pelas ações eólicas.	Admf
	Planície fluvio-marinha: Superfície plana resultante da ação combinada de processos fluviais e marinhos, a qual é submetida a inundação periódica e sazonal por vegetação de manguezal.	Apfm
Planície fluvial	Superfície plana ondulada de acumulação aluvial sujeita a inundações periódicas.	Apf
Tabela de Planície Interfluvial	Superfície plana com caméio topográfico suave na direção da linha de costa constituída por sedimentos inconsolidados da Formação Barreiras.	Atp

Escala: 1/20.000

Projeção Universal Transversa de Mercator
 Datum Horizontal: SIRGAS 2000, Zona 24S
 560000.000



Fonte: IBGE (2017); DigitalGlobe (2018); Medeiros (2014).

Devido à grande dinâmica dos processos erosivos, esta unidade geoambiental é instável. Nela os processos erosivos de natureza marinha, eólica e fluvial atuam em grande escala e força, tornando-a vulnerável ao uso e ocupação. Além de reduzir sua resiliência com relação a impactos ambientais de origem socioeconômica.

Portanto, pode-se perceber que este sistema ambiental, além de ter grande importância para a sociedade, é extremamente instável mesmo sem sua utilização. Ressaltando a importância de análises ambientais que sirvam de subsídio para o ordenamento territorial de tais unidades.

De acordo com Silva (1998) apud Souza et al. (2009), a formação do subsistema da faixa de praia e dos terraços marinhos ocorre quando a acumulação de sedimentos na costa chega a um nível em que a ação eólica e marinha de erosão não consegue mais reduzir sua concentração. Dessa forma, “a faixa de praia forma um grande depósito contínuo alongado, que se estende por toda a costa, desde a linha de maré mais baixa até a base das dunas...” (Brandão et al. 1995 apud SOUZA et al. 2009. p.51)

O subsistema de dunas pode ser dividido em dois, relacionados as dunas móveis e as fixas. Assim como a faixa de praia e os terraços, as dunas móveis são extremamente instáveis, sofrendo grande influência da ação dos ventos. Sua formação ocorre, de acordo com Silva (1998) apud Souza et al. (2009), durante as marés baixas, quando os sedimentos ressecam e são transportados para o interior pela ação dos ventos, se acumulando. Portanto, é de se imaginar que sua constituição seja parecida com as dos supracitados. São formadas por areias quartzosas, com granulometria variando entre fina e média e tonalidades amarelo-esbranquiçadas.

Entretanto, quando uma duna móvel começa a desenvolver solo e conseqüentemente vegetação, esta começa a fixar os sedimentos e anular os efeitos da ação eólica, caracterizando o surgimento de uma duna fixa. A vegetação que recobre essas é a subperenifólia com caráter arbustivo a barlavento e arbóreo a sotavento. Segundo Souza et al. (2009), as dunas fixas se situam logo após o cordão de dunas móveis, na área de limite com os tabuleiros pré-litorâneos.

A planície flúvio-marinha é uma unidade especial, que só é formada no contato das influências do rio e do mar. “Trata-se de um ambiente lamacento, encharcado, úmido, rico em matéria orgânica e com vegetação altamente especializada (mangue)” (SOUZA et al. 2009. p.55). Portanto, é um ambiente altamente produtivo que serve de berçário para várias espécies. A Figura 3 mostra a vegetação ao fundo do estuário do rio Ceará, o mangue.



Figura 3 - Estuário do Rio Ceará. Fonte: acervo dos autores (2019)

Os mangues de acordo com Souza (2000) possuem fundamental importância para a bioestabilização da planície e atuam como filtro entre o continente e os oceanos, reduzindo os riscos de inundações e avanços das marés. Os mangues são considerados como área de preservação compulsória e permanente, porém em alguns deles, como no Rio Ceará, ocorre o uso de forma inadequado deste ambiente, como as ocupações inadequadas, o desmatamento, o lançamento de esgotos e lixos e ainda o problema de assoreamento. A planície flúvio-marinha nem sempre tem o seu desenvolvimento no sentido perpendicular à linha do litoral. Algumas vezes, elas possuem sentido paralelo, principalmente se o cordão de dunas se interpõe como barreira sobre a livre circulação do escoamento fluvial.

Os tabuleiros pré-litorâneos da área em estudo se dispõem de modo paralelo à linha de costa e à retaguarda dos sedimentos eólicos. Sua composição é de sedimentos mais antigos, pertencentes a Formação Barreiras. De acordo com Medeiros (2014), os relevos são planos, com declividade variando de 0 a 5%, não permitindo um grande fluxo de águas e consequentemente a morfogênese mecânica. Dessa forma, os tabuleiros possuem relevos pouco acidentados e solos espessos, caracterizando ambientes estáveis e com poucas restrições de uso e ocupação, que estão geralmente associadas à manutenção do equilíbrio ambiental e a prevenção de cheias. Na Figura 4, foto retirada no tabuleiro próximo a área de estudo, vemos o perfil do solo a partir do corte da estrada, assim como a declividade suave do relevo.



Figura 4. Tabuleiro pré-litorâneo. Fonte: Acervo dos autores (2019)

Segundo Souza et al. (2009), os solos nos tabuleiros variam de acordo com o material de origem. Os de origem arenosa são compostos por Neossolos Quartzarênicos, enquanto os de origem areno-argilosas são compostos de Argissolos Vermelhos-Amarelos. A vegetação que recobre os tabuleiros mais próximos do litoral é de caráter subperenifólia.

Por fim, houve a identificação da planície fluvial, a qual representa outro sistema ambiental. Na área de estudo ela não apresenta grandes proporções, ficando seu território como algo bem pontual.

Segundo Souza (2000), este sistema ambiental apresenta características de acumulação decorrentes da ação fluvial. Em geral são rios com nascentes situadas nos maciços residuais. São áreas planas resultantes da acumulação fluvial sujeitas a inundações periódicas que bordejam as calhas dos rios. Normalmente associam-se a ocorrência de solos aluviais profundos imperfeitamente drenados e com problemas de salinização (SOUZA, 2007).

São resultantes do processo de deposição proporcionado pela rede fluvial que, nos seus baixos custos drenam a área litorânea em análise. Elas ficam embutidas entre os tabuleiros pré-litorâneos e não há grande amplitude altimétrica entre os fundos de vales e os níveis dos interflúvios tabulares.

Tendo em mente as características de cada unidade geoambiental, o processo de delimitação pelo *software* SIG utilizando uma imagem de satélite nítida se mostrou bastante prático, visto que a área de atuação de cada sistema pode ser limitada de acordo com a vegetação, que traz em sua gênese a síntese das relações de um sistema.

4. CONCLUSÃO

Para concluir, pode-se afirmar que a evolução dos paradigmas científicos, concomitantemente com o desenvolvimento tecnológico e social, elevou a ciência, uma vez que, estamos cercados de tecnologias e imersos em quantidades absurdas de informação.

A Geografia como uma ciência que estuda questões ambientais, entra nesse contexto como uma poderosa ferramenta para a análise integrada, tendo em vista o planejamento e ordenamento territorial e servindo como subsídio para o contínuo desenvolvimento do atual modelo socioeconômico enquanto leva em consideração a sustentabilidade.

Quanto ao SIG, suas funcionalidades e finalidades se mostraram extremamente úteis e práticas. A delimitação das unidades ambientais através desse sistema se mostrou eficiente. Assim, houve o mapeamento de três sistemas ambientais e três subsistemas, além de uma breve caracterização de seus principais componentes.

Dessa forma, pode-se dizer que a adoção desse sistema para a análise ambiental é essencial, pois seu baixo custo atrelado a sua grande eficiência o torna indispensável. Com relação a custo, utilizamos um *software* de SIG chamado de QGIS. É um programa de código aberto e gratuito.

5. REFERÊNCIAS

AMORIM, R. R. **Um novo olhar na Geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 80-101, 2012.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia global. Esboço metodológico.** Cadernos de Ciências da Terra, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1972.

FÉ, M. M. M. **A análise ambiental integrada e sua construção teórica na Geografia Física.** OKARA: Geografia em debate, João Pessoa, v. 8, n. 2, p. 294-307, 2014.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160p.

LIMBERGER, L. **Abordagem sistêmica e complexidade na Geografia.** Geografia, Londrina, v. 15, n. 2, p. 95-109, 2006.

LOPES, L. G. N; SILVA, A. G; GOULART, A. C. O. **Novos caminhos na análise integrada da paisagem: abordagem geossistêmica.** Natureza online, Santa Teresa, v. 12, n.4, p. 156-159, 2014.

MEDEIROS, C. N. **Vulnerabilidade socioambiental do município de Caucaia (CE): subsídios ao ordenamento territorial.** 267 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de

Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2014.

MENEZES, K. W. S. **Sistemas ambientais e vulnerabilidade da área de proteção ambiental do estuário do rio Ceará**: subsídios ao ordenamento territorial. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2017.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. **Geografia Física, Geossistema e Estudos Integrados da Paisagem**. Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral, v. 6/7, n. 01, 2005.

SILVA, E. A. **Evolução histórica do método científico**: desafios e paradigmas para o século XXI. Econ. Pesqui., Araçatuba, v.3, n.3, p. 109-118, 2001.

SILVA, J. X. **O que é Geoprocessamento?** Revista do Crea, Rio de Janeiro, p. 42-44, 2009.

SOUZA, M. J. N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do estado do Ceará. In: LIMA, L.C. *et al.* **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. p. 05-102.

SOUZA, M. J. N. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: **Ceará**: um novo olhar geográfico. Edições Demócrito Rocha: Fortaleza, 2007. p. 127-140.

SOUZA, M. J. N.; NETO, J. M.; SANTOS, J. O.; GONDIM, M. S. **Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza**: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão e plano diretor participativo – PDPFor. Fortaleza: Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. p. 172.

SOUZA, M. J. N; OLIVEIRA, V.P.V. **Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa**. REDE, Fortaleza, v. 7, n. 2, p. 42-59, 2011.