

Mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú - PE/AL

Mapping and characterization of the environmental systems of the Mundaú river basin - PE / AL

Daniel Dantas Moreira Gomes

Doutor em Geologia

Universidade de Pernambuco (UPE), Brasil

daniel.gomes@upe.br

Djenane Regina Maia de Lima

Mestre em Geologia

Universidade Federal do Ceará (UFC), Brasil

djenanermaia@gmail.com

César Ulisses Vieira Veríssimo

Professor do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC)

verissimo@ufc.br

Cynthia Romariz Duarte

Professora do Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará (UFC)

cynthia.duarte@ufc.br

Resumo

Este trabalho objetivou elaborar o mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú, localizada entre a mesorregião do Agreste Pernambucano e o Leste Alagoano. Para tanto, foram utilizadas técnicas de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e trabalhos de campo para elaboração do mapeamento dos sistemas ambientais na mencionada bacia hidrográfica, a partir da sistematização e da interrelação que se dá entre Sociedade-Natureza na perspectiva do uso racional dos sistemas ambientais, levando em consideração as potencialidades e limitações. Os resultados nos permitem analisar de forma integrada a natureza, frente aos mais diversos processos de uso e ocupação da terra, servindo como base para um diagnóstico geoambiental.

Palavras-chave: Mapeamento dos sistemas ambientais, Bacia hidrográfica, Rio Mundaú.

Abstract

This work aimed to elaborate the mapping and characterization of the environmental systems of the Mundaú river basin, located between the mesoregion of Agreste Pernambucano and East Alagoano. In order to do so, we used Geoprocessing, Remote Sensing and fieldwork to elaborate the mapping of environmental systems in the above-mentioned river basin, based on the systematization and the interrelation between Society and Nature in the perspective of the rational use of environmental systems, Taking into account potentialities and limitations. The results allow us to analyze in an integrated way the nature, in face of the most diverse processes of land use and occupation, serving as the basis for a geoenvironmental diagnosis.

Keywords: Mapping of environmental systems, River basin, Mundaú River.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica do Rio Mundaú (BHRM), localizada entre a mesorregião do Agreste Pernambucano e o Leste Alagoano. Suas nascentes localizam-se no alto do Planalto da Borborema, e seu canal principal percorre cerca de 195 km das nascentes até seu exutório. Neste percurso torna-se evidente o contraste com a paisagem planalto, passando pela depressão periférica até desaguar na Lagoa do Mundaú, evidenciando que seus recursos naturais são bem particulares no contexto geoambiental ao qual se encontra inserido.

Nesse sentido, objetiva-se elaborar mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais com o auxílio das técnicas e ferramentas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na mencionada bacia hidrográfica, a partir da sistematização e da interrelação que se dá entre Sociedade-Natureza na perspectiva do uso racional dos geoambientes, levando em consideração as suas potencialidades e limitações que são materializadas, principalmente, na dinâmica e na organização socioambiental.

Propõe-se, portanto, utilizar uma sistematização conceitual fundamentada na teoria e nas operações técnicas da análise sistêmica, abordando não somente a caracterização físico-geográfica da bacia hidrográfica, mas também uma avaliação dos sistemas ambientais diante do contexto da análise integrada da paisagem, frente aos mais diversos processos de uso e ocupação da terra.

Para a classificação dos sistemas ambientais, torna-se necessário distinguir duas categorias de sistematização: a tipologia e a regionalização. Rodriguez e Silva (2002) ressaltam que a tipologia significa distinguir as unidades pela sua semelhança e repetição, segundo parâmetros de homogeneidade, já a regionalização determina as unidades por sua personalidade e individualidade.

O estudo da avaliação dos sistemas ambientais da BHRM fundamentou-se no método sistêmico e na análise geossistêmica desenvolvida por Bertrand (1972), onde se buscou analisar de forma qualitativa e integrada o potencial ecológico, a exploração biológica e ação antrópica, e a partir daí, delimitar os sistemas ambientais indicando as principais potencialidades e limitações de cada uma das unidades mapeadas.

Estando localizado entre as coordenadas 8°42' e 9°36' de latitude Sul e 36°39' e 35°47' de longitude Oeste (Figura 1), a BHRM ocupa uma área de 4.101,90 km² e abrange 16 municípios do Estado de Pernambuco e 17 municípios do Estado de Alagoas.

Com uma população de aproximadamente 606.561 habitantes, onde 68% de sua população são residentes de áreas urbanas e 32% residentes em áreas rurais, representando respectivamente 409.744 e 196.817 habitantes (IBGE, 2010). Sendo um total de 313.631 habitantes no Estado de Pernambuco e 292.930 no Estado de Alagoas.

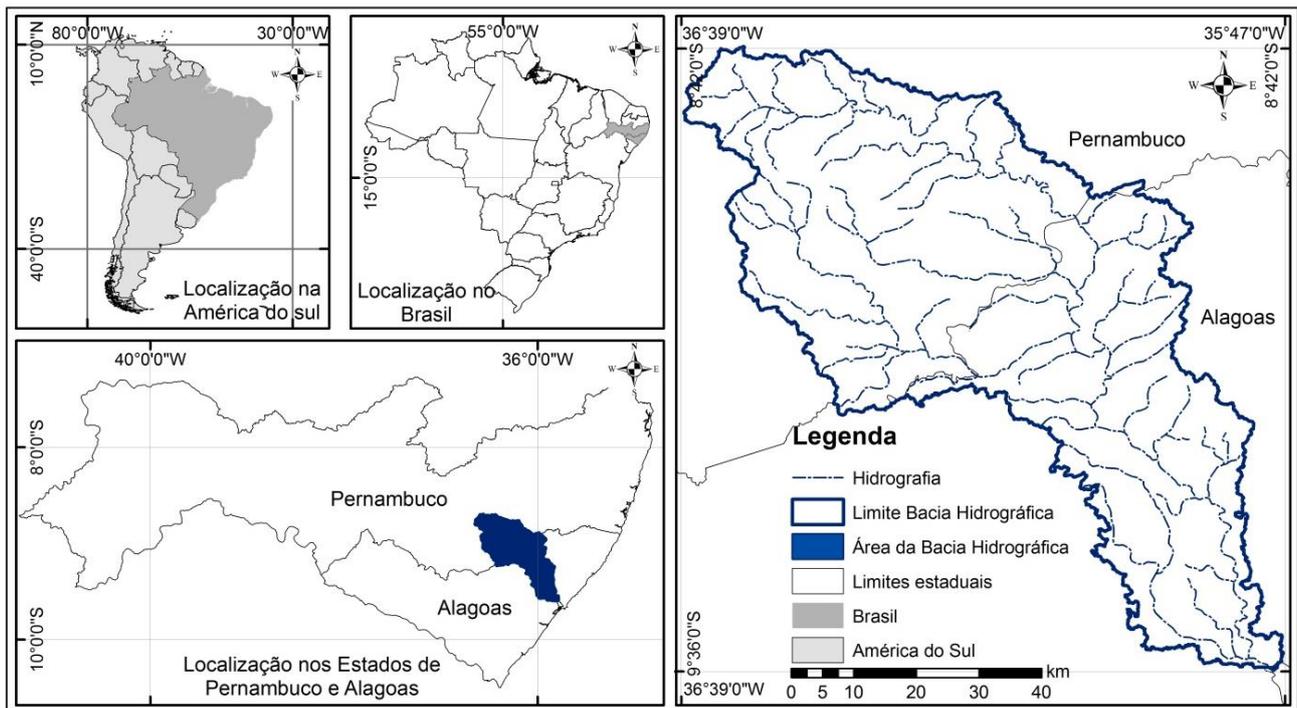


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Mundaú no contexto Brasileiro. **Fonte:** Elaborado pelos autores.

O estudo dos sistemas ambientais (geossistemas) nos fornece elementos para o conhecimento da estrutura e funcionamento da natureza, proporcionando assim, o planejamento racional de uso e ocupação do solo da bacia em estudo.

Bertrand (1972) evidencia que o geossistema corresponde a um modelo de interpretação da paisagem, que busca o entendimento desta a partir dos elementos que o compõem, resultado de uma combinação entre o potencial ecológico (subsistema abiótico, englobando o clima, a hidrologia e a geomorfologia), exploração biológica (subsistema biótico, contendo a vegetação, solo e fauna) e a ação antrópica (subsistema antrópico). Esse autor considera ainda que, a paisagem como o resultado da combinação dinâmica entre estes elementos e que eles se inter-relacionam de forma dialética, formando, na paisagem um conjunto único e indissociável em constante evolução (BERTRAND, 1969).

Já Sotchava (1977) descreve o geossistema com uma unidade dinâmica que possui uma organização geográfica própria, desta forma a utilização da análise integrada nos permite desenvolver uma correlação entre os elementos naturais e a sociedade, e que além dos fenômenos naturais, inclui os econômicos e sociais; e a compreensão da qualidade ambiental.

Para Souza (2000) o geossistema é um sistema geográfico natural determinando um território que deriva das relações mútuas entre os componentes do potencial ecológico e da exploração biológica e destes com a ação antrópica, ou seja, são os pressupostos da análise integrada do meio ambiente.

A abordagem sistêmica possui um caráter dinâmico e universal, se opõe a ideia de reducionismo, pois permite uma visão de forma integrada do objeto em estudo. Além de privilegiar as interrelações, os processos de mudanças e diversos tipos de comportamento. Por esses motivos, os sistemas podem ser focalizados sob diferentes tamanhos ou escalas.

Sendo assim, os Sistemas Ambientais ou geossistemas constituem espaços territoriais que possuem certo grau de homogeneidade fisionômica, devido suas características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, fitoecológicas, climatológicas e de cobertura e uso da terra.

Os aspectos geomorfológicos são utilizados como um dos principais critérios para a delimitação dos Sistemas Ambientais, dadas as suas características de síntese dos processos ambientais. Já as características fitoecológicas e de cobertura e uso da terra, apresenta-se como o reflexo do jogo de interações e interdependências entre os demais componentes do ambiente - potencial ecológico, exploração biológica e utilização humana do espaço (SOUZA, 2000).

Para Christofletti (2003), uma contribuição necessária consiste em aprimorar o conhecimento sobre as características e processos dos geossistemas, visando conhecer a estabilidade e a resiliência. Com isso possibilita-se avaliar a manutenção da estrutura e realizar modelagens sobre até que ponto a intensidade e extensividade dos impactos antropogênicos poderão ser absorvidos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste item serão apresentados os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento do trabalho. São eles: levantamento do acervo bibliográfico e determinação da metodologia a ser aplicada; Levantamento e análise da base cartográfica existente; Adequação da base cartográfica à escala da pesquisa utilizando um Sistema de Informação Geográfica (SIG); Processamento e análise das imagens de sensoriamento remoto; Reinterpretação da base cartográfica correlacionando os componentes naturais; Integração da base cartográfica e determinação do potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica para e delimitação dos sistemas ambientais; Determinação das potencialidades e limitações ambientais desses sistemas. A figura 2 exemplifica o fluxograma metodológico utilizado para desenvolver o mapeamento dos sistemas ambientais.

Utilizou-se como material cartográfico: imagens da constelação RapidEye (MMA, 2013); Dados altimétricos do Radar SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), reamostrado de 90 metros para 30 metros (VALERIANO; ROSSETTI, 2011), em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>, cenas 08S375ZN, 09S375ZN, 08S36_ZN e 09S36_ZN correspondendo ao Modelo Digital de Elevação (MDE) no formato GeoTiff (.tif); Limites municipais dos estados de Pernambuco e Alagoas, na escala 1:100.000 (IBGE, 2013); Mapa geológico Folha Jaguaribe/Natal SB.24/25,

Aracajú/Recife S5.24/25 em formato digital, na escala de 1:1.000.000, elaborada pelo Departamento de Cartografia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no projeto RADAMBRASIL em 1977; Mapa geológico do Estado de Pernambuco / Alagoas no formato shapefile, na escala de 1:100.000, da CPRM (2003); Dados digitais do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE (2006); Mapas de solos, aptidão pedoclimática, (escala 1:100.000); Zoneamento Agroecológico do Nordeste do Brasil; Diagnóstico e Prognóstico, Embrapa Solos (2006); Dados digitais do Zoneamento Agroecológico de Alagoas – ZAAL (2008) (mapas de solos - escala 1:100.000).



Figura 2 - Fluxograma dos procedimentos técnicos metodológicos para o mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú. **Fonte:** Elaboração dos autores.

A análise integrada de dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos, fitoecológicos, climatológicos e de cobertura e uso da terra, juntamente com a interpretação de imagens de sensoriamento remoto, favorecidos pelos Sistemas de Informações Geográficas, têm auxiliado na

análise ambiental e facilitado na identificação dos sistemas e subsistemas ambientais. Tendo em vista que esses estudos têm fornecido elementos para o conhecimento da estrutura e funcionamento da natureza, proporcionando, assim, o planejamento racional de uso e ocupação do solo.

A cartografia geomorfológica permite representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, considerando suas particularidades e dinâmica (CASSETI, 2005). Souza et al. (2002) ressaltam que a compartimentação geomorfológica e geoambiental estão estritamente vinculadas à natureza do terreno, onde a delimitação dos compartimentos do relevo é o indicador fundamental para identificação e delimitação dos geossistemas e geofácies.

Já Medeiros (2013) resalta que a compartimentação geomorfológica deve ser compreendida, pois é resultado da evolução geoambiental. Desta forma, os compartimentos tendem a ter padrões de drenagem superficial, arranjos típicos de solos e características fitofisionômicas singulares e, por consequência, os padrões de ocupação humana são também influenciados.

A elaboração da base cartográfica teve como fonte primária as imagens RapidEye processadas, que foram posteriormente classificadas através de uma análise visual, considerando-se uma série de elementos de interpretação: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização, sendo possível a identificação e determinação dos limites, feições do mapeamento geomorfológico e sistemas ambientais.

Foi aplicado nas imagens RapidEye as técnicas de filtragem passa-alta / passa-baixa, servindo para realçar os valores de alta/baixa frequência das cenas, onde as feições identificadas com esses filtros resultam da modificação dos níveis de cinza, valorizando os detalhes e características geológicas e geomorfológicas, como lineamentos, falhas, fraturas, unidades morfológicas e limite dos sistemas ambientais.

Através das cenas SRTM foi possível o processamento de uma imagem de relevo sombreado, gerada a partir de uma grade regular, sobre a qual foi aplicado um modelo de iluminação, gerando opções de relevo sombreado. Essas imagens foram determinantes para compartimentação do relevo e para o auxílio do desenvolvimento de toda a cartografia da área em estudo. Nessa etapa a declividade do terreno também foi analisada.

3. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA

Para discutir os sistemas ambientais se faz necessário apresentar um quadro síntese das características fisiográficas da bacia hidrográfica do Rio Mundaú, possibilitando ao leitor ter uma compreensão global e eficaz.

3.1 Características geológica e geomorfológica

As unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio Mundaú podem ser mapeadas observando os processos morfogenéticos e a morfodinâmicos da bacia hidrográfica figura 3.

As maiores unidades em dimensão espaço e estrutura da compartimentação ocorrem em escala regional e permite classificar as unidades geomorfológicas identificando as grandes estruturas do relevo, sendo compartimentada em: Planalto da Borborema, Depressão Periférica da Borborema e Depósitos Sedimentares do Quaternário. As estruturas geológicas presentes nessas morfoestruturas influenciaram diretamente a distribuição e os padrões de drenagem, onde os mesmos foram classificados em dendrítica, paralela, treliça. Com um índice de sinuosidade com características meandranes. Somente duas sub-bacias não apresentaram essa característica, a do Inhaúma, devido à influência da declividade e pela sua estrutura dos seus litotipos cristalinos e o baixo curso do Mundaú, influenciada pela permeabilidade dos Depósitos Sedimentares do Quaternário.

No Planalto da Borborema, as terras altas estão situadas acima de 200 metros de altitude, ao norte do rio São Francisco, estruturado nos diversos litotipos cristalinos correspondentes aos maciços arqueanos remobilizados, sistemas de dobramentos brasileiros e intrusões ígneas neoproterozóicas sin-tardi- e pós-orogênicas (CORRÊA et al., 2010).

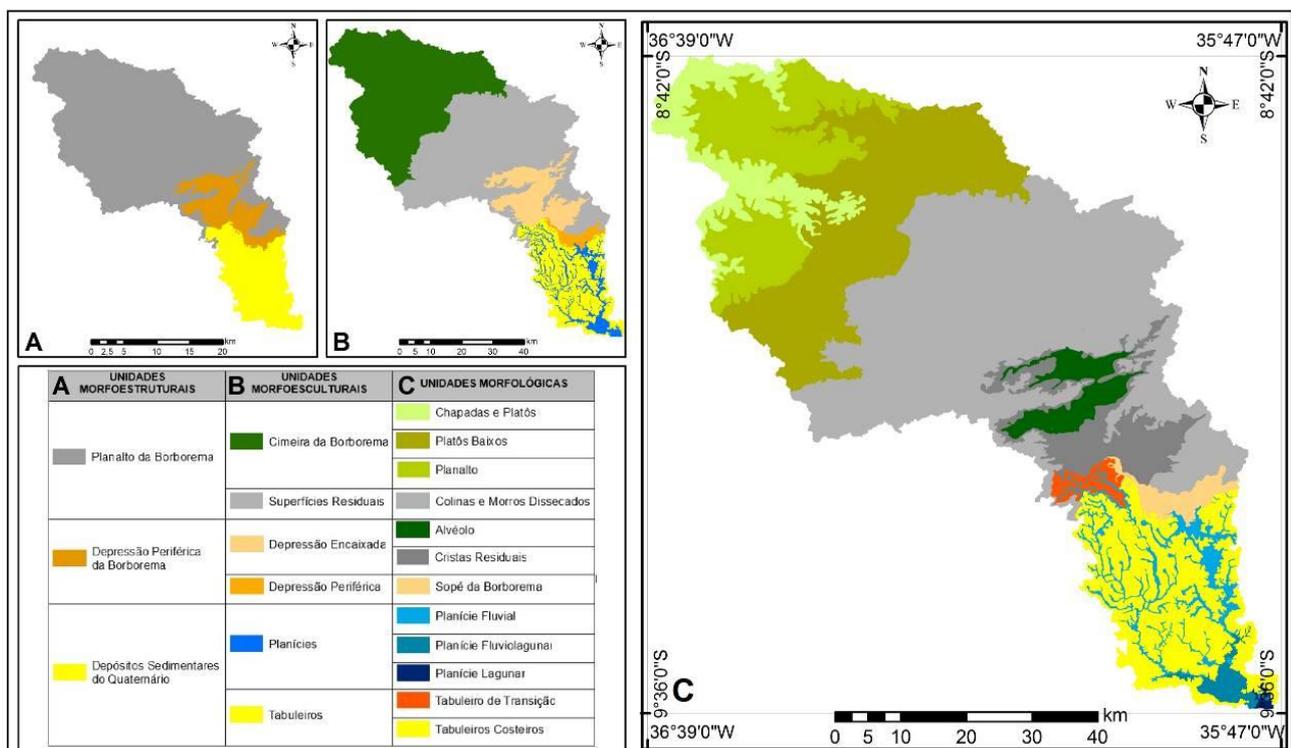


Figura 3 - Compartimentação geomorfológica dos três primeiros níveis taxonômicos de relevo identificando as unidades Morfoestruturais, as unidades Morfoesculturais e unidades Morfológicas. **Fonte:** Elaboração dos autores.

A Depressão Periférica da Borborema está situada entre 90 e 200 metros de altitude, estruturado no Complexo Belém do São Francisco, com predominância de rochas metamórficas do domínio dos complexos gnaisses - migmatíticos e granulitos, apresentando um arcabouço moderadamente a intensamente fraturada (distribuição irregular).

Os Depósitos sedimentares do Quaternário com altitude variada, situados entre 10 e 180 metros, estão estruturados no Complexo Arapiraca, na transição da depressão periférica da Borborema. Na porção mais ao sul, próximo a Lagoa mundaú, o Grupo Barreiras, possui predominância de rochas sedimentares do Cenozoico, que estão pouco a moderadamente consolidados. Podemos observar, também, depósitos fluviolagunares, de material superficial inconsolidado e depositadas em meio aquoso (CPRM, 2010).

Os compartimentos com características genéticas comuns podem ser agrupados segundo feições semelhantes, considerando a ação climática ao longo do tempo geológico. As unidades mapeadas foram subdivididas em: Cimeira da Borborema e Superfícies Residuais (Planalto da Borborema); Depressão Encaixada e Depressão Periférica (Depressão Periférica da Borborema); Planícies e Tabuleiros (Depósitos Sedimentares do Quaternário).

O arranjo de formas altimétricas e fisionomicamente semelhantes determinam seus diversos tipos de modelados, onde as classes foram definidas como um arranjo de declividade, amplitude altimétrica e aspectos morfométricos, semelhantes em seus diversos tipos, permitindo identificar compartimentos diferenciados de uma mesma unidade Morfoescultural. Foram subdivididas e mapeadas em 12 unidades: Chapadas e Platôs, Planalto e Platôs Baixos (Cimeira da Borborema); Colinas e Morros dissecados (Superfícies residuais); Alvéolo, Cristas Residuais (Depressão encaixada); Sopé da Borborema (Depressão periférica); Tabuleiro de Transição e Tabuleiros Costeiros (Tabuleiros); Planície Fluvial, Planície Fluviolagunar e Planície Lagunar (Planícies).

3.2 Condições Climáticas e Hidrológicas

Levando em consideração as condições climáticas da BHRM, onde as maiores médias pluviométricas concentram-se nos meses de fevereiro a julho, correspondendo à aproximadamente 73% de toda precipitação anual da bacia (DA SILVA, 2009). Esse período chuvoso coincide com a época em que ocorrem os distúrbios de leste, que somados com sistemas de Convergência dos Alísios e Brisa Terrestre, intensificam as chuvas, principalmente no período da noite (COSTA et al., 2005; DA SILVA, 2009; DA SILVA; SOUSA, 2009).

Da Silva (2009) estudou o clima desta bacia hidrográfica e classificou como do tipo Köppen, Aw (Tropical, onde o inverno é a estação seca), a precipitação média na bacia é de 900 mm anual, podendo atingir até 2000 mm anual próximo a região litorânea, devido à influência das brisas

marítimas e de sistemas atmosféricos globais que transportam mais umidade para o continente, provocando maior concentração de chuvas nessa área.

A rede de drenagem da BHRM nos permite subdividir a bacia hidrográfica em diversas sub-bacias, foi utilizada sua hierarquia fluvial, determinando que as sub-bacias de sexta ordem seria a escala adotada para compartimentação. Desta forma a bacia em estudo pode ser compartimentada em seis sub-bacias, a principal, do Mundaú é subdividida em alto, médio e baixo curso, e as sub-bacias do Canhoto, Inhaúma e Satuba.

Em sua extensão total a bacia hidrográfica em estudo apresenta uma grande quantidade de ramificação da sua hidrografia, sendo assim, bem drenada e classificada em sua hierarquia fluvial como de sétima ordem. Esse padrão é bastante influenciado pela impermeabilidade das rochas presentes no Planalto da Borborema.

O mesmo ocorre nos padrões de drenagem das sub-bacias do alto curso (Alto Mundaú, Canhoto e Inhaúma), onde o arranjo espacial é influenciado pelo seu arcabouço estrutural, que possui a predominância de cristas e relevos residuais, apresentando um padrão de drenagem dendrítica, onde seus tributários se unem sem formar ângulos retos. Já o médio curso (sub-bacia do médio Mundaú) apresenta um padrão treliça de drenagem, estruturado no Complexo Belém do São Francisco, onde há uma predominância de rochas metamórficas e seu arcabouço é moderadamente a intensamente fraturado influenciando diretamente a disposição da rede de drenagem.

As sub-bacias do Satuba e Baixo Mundaú por estarem situadas na transição da Depressão Periférica da Borborema e os Depósitos sedimentares do Quaternário, apresentam uma altitude variada com predominância de rochas sedimentares moderadamente consolidadas, influenciando seus padrões de drenagem, onde ora apresentam-se como paralela, ora treliça.

3.3 Pedológicos

As classes de solos foram identificadas e descritas segundo suas principais propriedades físicas e químicas, potencialidades e restrições de uso, com taxonomia proposta pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Os solos encontrados na BHRM são compostos pela associação das seguintes classes: argissolos, gleissolos, latossolos, neossolos litólicos, neossolos flúvicos, neossolos regolíticos, planossolos e solos indiscriminados de mangue.

Os Argissolos possuem uma grande representatividade na área em estudo, sendo identificadas por unidades de mapeamento PVAd18, LA1, LA12 LA12A LA2B, LAd, PAd34, PAde1, PA_16, PV19, PV23, PV36, PV5, PVAe6, PVAd, PVAd12, PVAd17, PVAd21, PVAD5 (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2013). Esses solos são relativamente profundos, bem

desenvolvidos, com horizontes B em cores Amarelo, Vermelho-Amarelo a Vermelho. Os perfis são de textura argilosa ou média, bem ou moderadamente drenados, moderadamente porosos, sobretudo na camada superficial onde é evidenciada a atividade biológica (EMBRAPA, 2009), sendo bastante susceptíveis à erosão.

Os Gleissolos estão presente na unidade morfológica do alvéolo sendo discriminada na unidade de mapeamento GXde4 (EMBRAPA, 2009). Encontram-se periodicamente saturados por água, sofrendo pela forte gleização, em decorrência do regime de umidade. O horizonte superficial apresenta cores desde cinzentas até pretas com teores médios a altos de carbono orgânico (EMBRAPA, 2006).

Os latossolos são solos minerais profundos (superiores a 2 m), horizonte B muito espesso (> 50 cm). Estão distribuídos na unidade Chapadas e platôs, no alto curso das sub-bacias do alto Mundaú, Canhoto e Inhaúma. Possuem boas condições físicas para o uso agrícola, associadas a uma boa permeabilidade por serem solos bem estruturados e muito porosos. Porém, devido aos mesmos aspectos físicos, possuem baixa retenção de umidade.

Os Neossolos flúvicos são predominantes nas planícies fluviais da bacia, sendo identificadas por unidades de mapeamento PL10, RLd1, RYde2, RYde5 (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2013). São solos com características aluvionares, compostos por sedimentos aluviais e que apresentam caráter flúvico, possuindo uma relativa profundidade, sendo pouco desenvolvidos. Sua formação se deve a deposições de sedimentos de natureza e granulometria variadas desenvolvidas pelos rios em épocas recentes.

Os neossolos litólicos podem ser identificados por unidades de mapeamento RLd4, PL2, RLed1 (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2013). Esses solos possuem horizonte A, sobreposto diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C, apresentam 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm (cascalhos, calhaus e matacões), que apresentam um contato lítico típico, seu horizonte B está em início de formação, cuja espessura não satisfaz a qualquer tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2009).

Os neossolos regolíticos localizados em grande parte na depressão periférica da Borborema, podendo ser identificados por unidades de mapeamento RE2, RE3a, RE5, RE11, RE12 (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2013). Esses solos apresentam contato lítico a uma profundidade de 50 cm e horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, admitindo horizonte B com menos de 10 cm de espessura. Apresentam 4% ou mais de minerais primários menos resistentes ao intemperismo na fração areia total e no cascalho (EMBRAPA, 20013).

Os Planossolos apresentam perda de argila em sua parte superficial e acumulação ou concentração intensa de argila no horizonte subsuperficial, conferindo uma mudança textural de transição abrupta acentuada diferença de textura do A para o horizonte B. Essa perda de argila é

responsável pela textura arenosa dos horizontes superficiais. Foram identificadas duas unidades com essas características PL20, SXe1 (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2013).

Os solos indiscriminados de mangues são solos pouco desenvolvidos, escuros, lamacentos e com alto teor de sais, formados em ambientes de mangues a partir de sedimentos fluviolagunares misturados com detritos orgânicos, de natureza e granulometria variada (EMBRAPA, 1999). Tais sedimentos são decorrentes da deposição pelas águas do Rio Mundaú quando encontram-se com as águas da Lagoa, em condição de baixa energia.

3.4 Fitoecologia

As características da vegetação nos permitem identificar o estado atual e manutenção da biodiversidade e o uso dos solos em cada uma das áreas mapeadas. No que se refere às características fitoecológicas, a bacia hidrográfica do Rio Mundaú, notamos uma diversificação acentuada em sua extensão, isto se dá por uma forte interrelação que o clima, os solos, a altimetria, hidrografia e o uso e ocupação exercem sobre a vegetação, determinando seus aspectos naturais.

Entre as principais unidades tipológicas das vegetações identificadas e mapeadas na bacia e sub-bacias, destacam-se as matas ciliares, a Floresta Estacional Semidecidual, a Floresta Ombrófila (aberta e densa), Savana-Estépica Arborizada, Savana-Estépica (IBGE, 2012), notamos uma grande antropização de sua vegetação, podendo identificar áreas de agricultura, pastagens, áreas sem vegetação, áreas urbanas.

Vale chamar à atenção que em algumas cenas do RapidEye tivemos a presença de nuvens, sombras de nuvens e corpos d'água, os quais também foram mapeados para que pudéssemos calcular as áreas de cada uma das classes nas sub-bacias. A seguir, podemos observar as classes mapeadas (figura 4) e as características das unidades mapeadas.

A Floresta Ombrófila densa (Mata Atlântica) possui presença marcante nas sub-bacias do Baixo Mundaú e do Satuba, apresentando fisionomias e estruturas variadas em função do ambiente em que ela se encontra. É mais exuberante nas áreas de baixadas com relevo ondulado e/ou rampas, mais próximas das drenagens onde, geralmente, mostra uma altura entre 30 a 40 m, árvores relativamente grossas e dossel emergente. Nas áreas de interflúvios de relevo plano, exibe uma altura entre 18 a 25 m, árvores bem mais finas e dossel uniforme, com concentração de determinadas espécies.

Destacam-se, na sua composição florística, os gêneros: *Xylopia*; *Guatteria* e *Bocageopsis* (Annonaceae); *Protium* e *Trattinnickia* (Burseraceae); *Saccoglotis* e *Humiria* (Humiriaceae); *Maprounea* (Euphorbiaceae); *Myrcia* (Myrtaceae); *Miconia* e *Mouriri* (Melastomataceae);

Hymatanthus e Aspodosperma (Apocynaceae); e Qualea e Vochysia (Vochysiaceae), entre outros (IBGE, 2012).

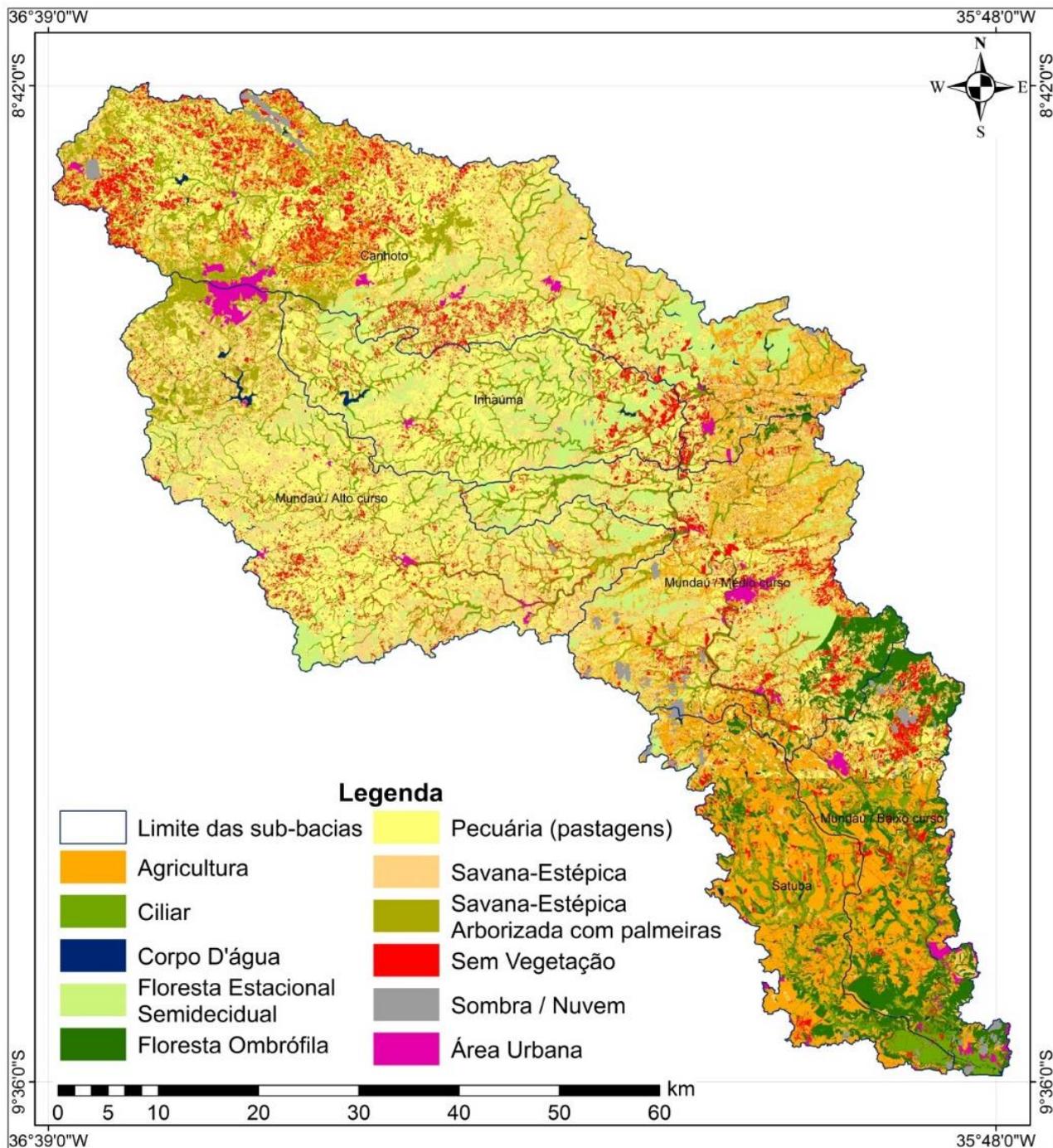


Figura 4 - Mapa das unidades fitogeográficas encontradas na bacia hidrográfica do Rio Mundaú

Fonte: Elaboração dos autores

As Florestas Estacionais Semidecidual (Floresta Tropicais Subcaducifólia) aparecem frequentemente nas encostas interioranas do alto e médio Mundaú, podendo ser classificado segundo Veloso, Rangel Filho e Lima (1991) como montana e submontana, utilizando critérios estabelecidos segundo suas faixas altimétricas, utilizado também nas formações vegetacionais

precedentes. O conceito ecológico deste tipo florestal é estabelecido em função da ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem da cobertura florestal. Nas encostas interioranas do médio Mundaú, os gêneros dominantes, com indivíduos decíduais, como: Cedrela, Parapiptadenia e Cariniana, sendo que nos planaltos areníticos, as espécies decíduais que caracterizam esta formação pertencem aos gêneros amazônicos *Hymenaea* (jatobá), *Copaifera* (óleo-vermelho), *Peltophorum* (canafístula), *Astronium*, *Handroanthus*, *Balfourodendron* e muitos outros.

A área destinada ao pastoreio do gado foi classificada pastagem que segundo seus níveis de manejo e a estrutura de produção, pode ser subdividida como extensiva, semi-intensiva e intensivas, impactando diretamente na área ocupada e no desgaste do solo local. Essa unidade ocupou uma área de 1.223,966 km² em toda a BHRM, sendo a sub-bacia do Canhoto que possui mais representatividade (411,134 km²).

As unidades classificadas como agricultura referem-se como áreas utilizadas para a produção de alimentos, fibras e commodities do agronegócio. Estão inseridas nesta categoria as lavouras temporárias, lavouras permanentes, pastagens plantadas e silvicultura, ocupando 15,88% da BHRM (IBGE, 2013).

Segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), Savana-Estépica é eminentemente climática na atualidade, variando de áreas pluviais, de superúmidas a úmidas, na costa florestal atlântica, até o território árido interiorano da Savana-Estépica (Caatingas do Sertão Árido), passando por trechos subúmidos do chamado “agreste florestal estacional”, situado entre os extremos climáticos, porém com florística típica.

A Savana-Estépica pode ser estruturada em dois estratos: um arbustivo-arbóreo superior esparso (Savana-Estépica arborizada), e outro, inferior gramíneo-lenhoso (Savana-Estépica arbustiva). Em sua composição florística destacam-se as seguintes espécies: *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae); *Commiphora leptophloeos* (Mart.); *Cnidoscolus quercifolius* Pohl (Euphorbiaceae), espécie endêmica; *Aspidosperma pyriforme* Mart. (Apocynaceae); além de várias espécies do gênero *Mimosas* (IBGE, 2012). A Savana-Estépica arborizada possui uma área de 150,047 km² localizada nas bacias de alto curso, representado 7,74% da vegetação do rio Canhoto 5,77% do alto curso do Mundaú e 1,23% do Inhaúma.

A Savana-Estépica arbustiva ocupa uma área de 665,491 km² na BHRM, sendo constituída por gêneros que expandiram suas espécies ao longo dos cursos de água, nascida no planalto localizado nos divisores das bacias hidrográficas.

A área sem vegetação perfaz um total de 386,095 km² distribuída por toda a BHRM, sofrendo com efeitos de sazonalidade de cultivos e climática.

3.5 Cobertura e uso da terra

Considerando as informações estatísticas de todos os municípios e dos documentos bibliográficos determinou-se as seguintes classes de mapeamento: Área Urbana, Corpos D'água, Campestre, Florestal, Lavoura Permanente, Lavoura Temporária, Mata Ciliar conservada, Mata Ciliar degradada, Pecuária / Pastagem e Solo Exposto. Nas ausências de informações devido à presença de elementos meteorológicos determinou-se a classe de Sombra / Nuvem. A figura 5 expõe o comportamento da cobertura e uso da terra mapeada na bacia.

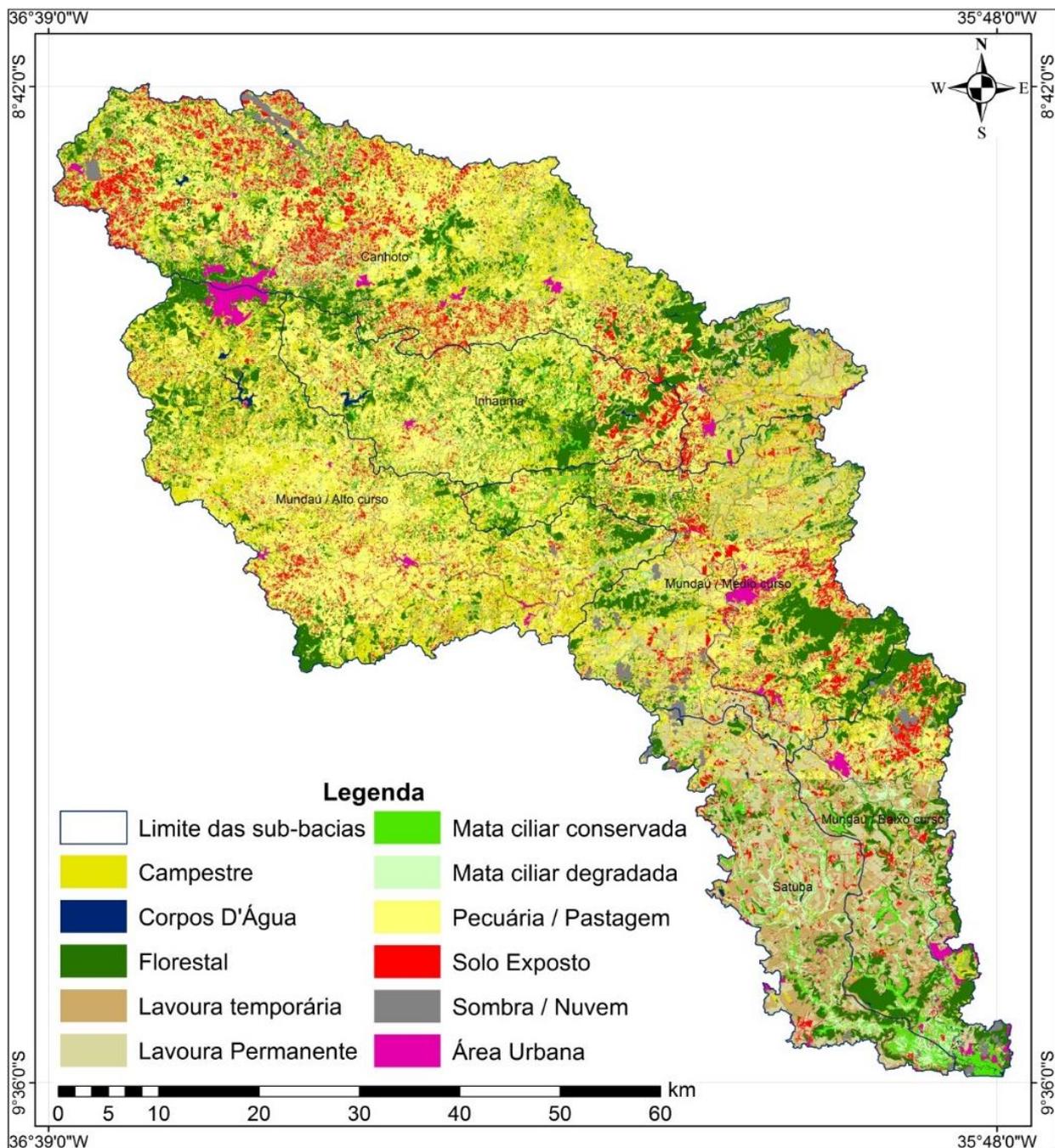


Figura 5 - Mapa da Cobertura e uso da terra encontrado na bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

Fonte: Elaboração dos autores.

A classe denominada como área urbana refere-se às áreas abertas construídas, onde predominam edificações e sistema viário, predominando as superfícies artificiais não agrícolas, estando incluídas nesta categoria as cidades, vilas, povoados, áreas de rodovias, serviços e transporte, energia, comunicações e terrenos associados. Essa classe apresentou 51,334 km² em toda a BHRM, o Baixo Curso é a que apresentou maior percentual 2,23% de sua área total.

Já a classe campestre se caracteriza por um estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso, representando 665,491 km² (16,22%) da área total, dessa área 23,88% pertence à sub-bacia do alto Mundaú.

Considerou-se como Florestal as áreas com formações arbóreas com porte superior a 5 m, possuindo fisionomias e textura com características densa, podendo incluir áreas remanescentes primárias e estágios evoluídos de recomposição florestal. A BHRM como um todo, apresentou 707,948 km² de área nessa unidade, representando 17,26% de sua área, a sub-bacia do Canhoto é a que possui maior área dessa unidade com 4,84% em termos absolutos, já a sub-bacia do Baixo Mundaú 22,51% em termos relativos.

As lavouras permanentes compreendem o cultivo de plantas perenes, com ciclo vegetativo de longa duração, onde produzem por vários anos sucessivos, e não tem a necessidade de novos plantios após colheita (IBGE, 2013). Segundo IBGE (2007) essa categoria está as espécies frutíferas, como laranjeiras, cajueiros, coqueiros, macieiras e bananeiras; espécies produtoras de fibras, como coco-da-baía, espécies oleaginosas; cultivos diversificados, e as espécies como cafeeiros, seringueiras e cacauzeiros, em sistemas que combinam ou não culturas agrícolas com florestas (Classificação Nacional de Atividades Econômicas, 2007). Dentre as espécies cultivadas em toda a bacia destaca-se a banana, café arábica, café canéfora, coco e a laranja (IBGE, 2010).

Nas classes mapeadas nessa unidade identificamos 246,555 km² de área, representando 6,01% de área da BHRM, a sub-bacia do Canhoto é a que possui maior área dessa unidade com 2,21% em termos absolutos, já a sub-bacia do Satuba 2,43% em termos relativos.

A classe de lavoura temporária corresponde ao cultivo de plantas de curta ou média duração, de ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a produção deixam o terreno disponível para novo plantio (IBGE, 2013).

A classe correspondendo à Mata ciliar conservada refere-se às unidades de vegetação densa, situadas em planícies fluviais. Já a mata ciliar degradada representa as planícies fluviais onde predomina a vegetação esparsa e ausência de vegetação. Ocupando 296,273 km² em toda a bacia, a mata ciliar conservada 3,53% nas classes mapeada, já a degradada 3,69%.

A pecuária / pastagem é a área destinada ao pastoreio do gado, havendo aproveitamento de pastagens naturais, ficando o solo coberto por vegetação de gramíneas e/ou leguminosas. Inclui a criação de: bovinos, equinos, asininos, muars, caprinos, ovinos e suínos. A classe de Pecuária /

Pastagem, foi a que apresentou maior extensão, representando 29,88% de sua área total, Possuindo um efetivo dos rebanhos nos municípios integrantes da bacia constituído por 377.759 cabeças (IBGE, 2010).

Possuindo a maior refletância nas cenas utilizadas na pesquisa, as unidades de solo exposto são as que mais sofrem com efeitos climáticos e pela erosão, sendo a área com solo desnudo ou sem cobertura vegetal alguma. Possuindo 386,095 km², onde 13,12% dessa classe encontram-se na sub-bacia do rio Canhoto.

4. CARACTERIZAÇÃO DOS SISTEMAS AMBIENTAIS

Para a delimitação dos sistemas e subsistemas ambientais considera-se a análise geomorfológica como elemento de fundamental importância, pois com os limites do relevo as feições do modelado são mais facilmente identificadas (SOUZA; OLIVEIRA; GRANGEIRO, 2002).

A caracterização dos sistemas ambientais, pelo viés integrativo, se destaca como método para compreender o espaço geográfico em uma determinada porção espacial, tendo em vista que o estudo dos geossistemas nos fornece elementos para o conhecimento da estrutura e do funcionamento da natureza, proporcionando, assim, o planejamento racional de uso e ocupação da terra.

Neste contexto, corrobora-se que a análise integrada de dados geológicos, geomorfológicos e pedológicos, condições hidrológicas, climáticas, fitoecologia, cobertura e uso da terra, auxiliado por interpretação de imagens de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), têm auxiliado na análise da degradação ambiental e facilitado na identificação dos sistemas e subsistemas ambientais, tendo em vista que esses estudos têm fornecido elementos para o conhecimento da estrutura e funcionamento da natureza, proporcionando, assim, o planejamento racional de uso e ocupação do solo.

Partindo dos princípios da metodologia desenvolvida por Souza (2000), que se baseia nos preceitos da análise geoambiental, a organização das legendas foi hierarquizada em função das ordens de grandezas, os geossistemas e as geofácies (Bertrand, 1969). Sendo subdividida a BHRM da seguinte forma (Tabela 1) (Figura 6): Chapadas e Platôs, Planalto, Platôs Baixos, Colinas e Morros dissecados, Alvéolo, Cristas residuais, Sopé da Borborema, Planícies, Tabuleiros.

Tabela 1 - Sistemas e subsistemas da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

Domínios Naturais	Geossistemas (Sistemas Ambientais)	Geofácies (Subsistemas Ambientais)
Maçços residuais da Borborema	Chapada e Platô	Cimeira da Borborema
		Planície Fluvial Encaixada
	Planalto	Cristas residuais
		Planícies aluviais
Platôs Baixos	Planalto	
	Planícies aluviais	
Colinas e Morros dissecados	Serras residuais tabular e convexas	Serras residuais e inselbergs
		Planícies aluviais
	Serras dissecadas	Serras dissecadas
		Cristas residuais e inselbergs
Depressão Periférica da Borborema	Alvéolo	Plano de Inundação
		Planície Fluvial
	Depressão Periférica	Cristas residuais e inselbergs
		Planície aluvionar
Depósitos Sedimentares do quaternário	Tabuleiros	Serras e Superfícies Retrabalhadas
		Sopé da Borborema
	Planícies	Cristas e inselbergs
		Rampa de Colúvio
		Pediplanos
		Planícies e terraços fluviais
		Planícies e terraços lacustres

Fonte: Elaborado pelos autores.

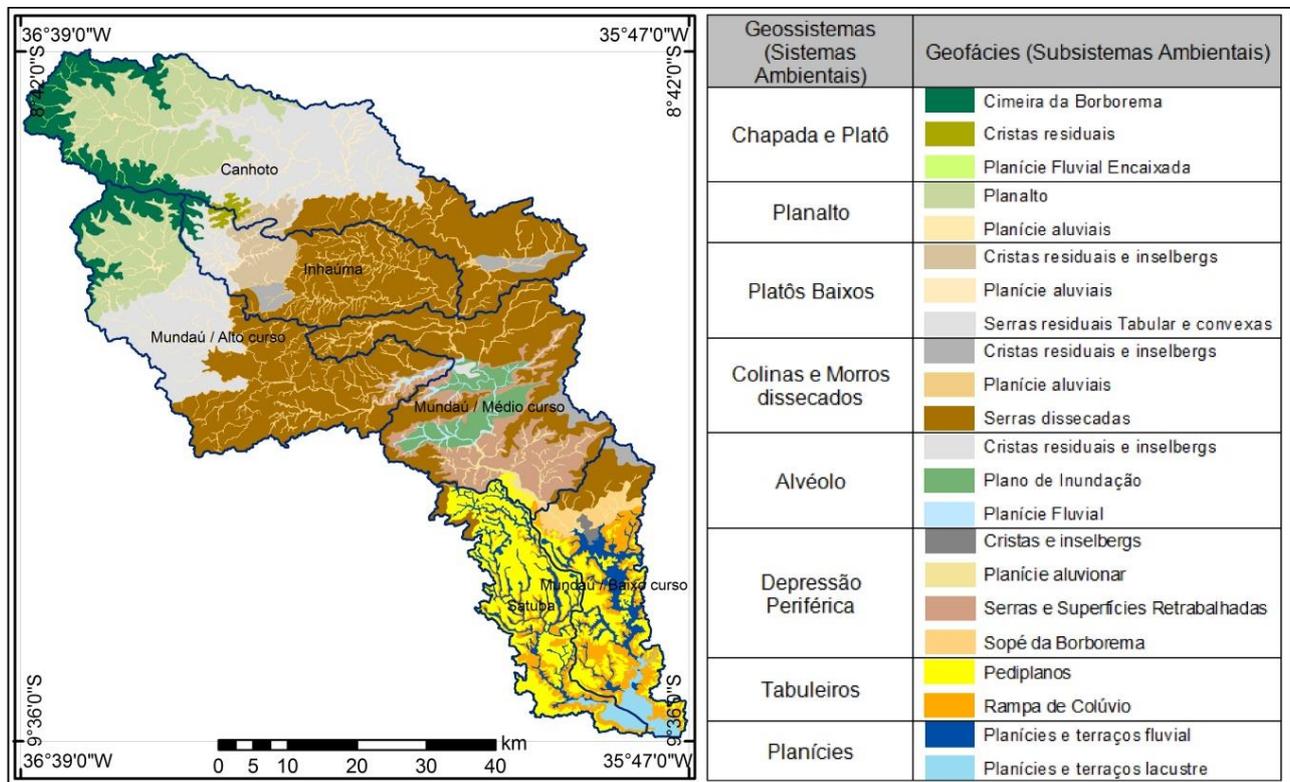


Figura 6 - Subsistemas da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1 Sistema Ambiental: Chapadas e Platôs

Esse sistema ambiental está localizado no domínio Maciço residuais da Borborema e abrangendo os municípios de Brejão, Garanhuns, São João, Caetés, Capoeiras e Jucati. Ocupa uma área de aproximadamente 254,04 km² e representando as áreas mais altas da BHRM alcançando uma altitude de 1010, e nascentes das sub-bacias do Alto Mundaú, Canhoto e Inhaúma. Geologicamente está inserida na Província Borborema, sendo constituídos pelos litotipos dos complexos Cabrobó, Depósitos Colúvio-eluviais e Granitóides de Quimismo Indiscriminados. Geomorfologicamente apresenta formas de relevos que se caracterizam por dissecação, com densidade de drenagem variando entre média a muito forte chegando a provocar dissecações de alta densidade em forma de ravinas e voçorocas.

A Chapada e Platô podem ser subcompartimentadas em três subsistemas ambientais: Cimeira da Borborema, Planície Fluvial Encaixada e Cristas residuais. A Cimeira da Borborema assume uma topográfica mais homogênea em relação as outros dois subsistemas, onde está situado o sitio urbano de Garanhuns e Caetés. A planície fluvial encaixada possui características colúvias, possuindo uma hierarquia fluvial de primeira ordem, predominando nascentes com ocorrências de neossolos litólicos. Dos três subsistemas, as Cristas residuais declividade mais acentuada. Devido a isso, a ocupação se limita às aéreas menos íngremes, preservando a vegetação natural e onde influencia diretamente o tipo de uso.

Entre as potencialidades que podemos destacar nesse sistema ambiental, como boas reservas hídricas superficiais e subterrâneas, que podem ser utilizados pela agricultura e consumo, reflexo de uma média pluviométrica anual a cima de 1000 mm. Seus solos são representados pelos Latossolos em seus topos planos, sendo profundos e bem drenados, e nas áreas de topografia mais acentuada os argissolos são predominantes, possuindo maior fertilidade natural em sua porção eutrófica, representando maior potencial para uso agrícola. Os resíduos sólidos dos municípios de Caetés, Capoeiras, Correntes, Lagoa do Ouro e São João são depositados em um aterro sanitário localizado em Garanhuns na BR-42, mas mesmo assim podemos vê a presença de lixões ao ceu aberto em todos esses municípios.

Dentre as limitações presentes nesse sistema, podemos destacar o não atendimento, pelos municípios de São João, Caetés e Capoeiras, da lei nº 10.257/2001, que regula o uso da propriedade urbana e determina que todos os municípios que possuem população com mais de vinte mil habitantes é obrigatório o plano diretor, sendo somente atendido pelo município de Garanhuns, mas que mesmo assim ainda carece de atualizações. Há uma forte descaracterização da cobertura vegetal, não sendo preservadas as áreas de preservação permanentes, estando bastantes presentes nessas unidades de áreas de solos expostos e pastagens.

4.2 Sistema Ambiental: Planalto

Esse sistema ambiental localizado no alto curso da BHRM (Alto Mundaú e Canhoto) abrange parte dos municípios de Brejão Garanhuns, Caetés, Capoeiras Jucati e São João, ocupando uma área de aproximadamente 460,59 km². Geologicamente está inserida na Província Borborema, representada pelos litotipos do Complexo Belém do São Francisco e dos depósitos colúvio - eluviais (CPRM, 2005). Podendo ser subcompartimentado em dois subsistemas ambientais: as planícies aluviais e planalto.

Geomorfologicamente apresenta formas de relevos que se caracterizam por uma dissecação de ocorrência homogênea, permitindo uma topografia que em 54% de sua área possui declividade ondulada (4,58 -11,31 °), 33% podendo ser classificado como suave ondulada (1,72 -4,58°) e 9% da área com fortemente ondulada (11,31-24,23 °) Amplitude altimétricas de 105 metros. O mosaico de solos com predominância de Argissolos em sua superfície mais plana, além de Neossolos regolíticos, Neossolos flúvicos, Latossolos amarelos e Planossolos. Sua pluviosidade média é de 730 mm/ano.

A cobertura vegetal apresentou características fitoecológicas de agricultura, mata ciliar, floresta estacional semidecidual, savana-estépica, pastagens. As classes de uso foram mapeadas unidades como: florestal, área urbana, campestre, lavoura permanente, lavoura temporária, mata ciliar conservada, pecuária / pastagem e áreas com solo exposto.

Entre as potencialidades que podemos destacar nesse sistema ambiental, estão boas reservas hídricas superficiais e subterrâneas, média pluviométrica anual a cima de 850 mm, topografia bastante regular e solos férteis favorecendo a agricultura. Já como limitações podemos destacar a descaracterização da cobertura vegetal, grande quantidades de áreas convertidas em pastagens e áreas de solos expostos.

4.3 Sistema Ambiental: Platôs Baixos

O Sistema Ambiental dos Platôs Baixos possui uma área de 733,84 km², apresentam uma amplitude altimétrica variada, de 90 metros para sub-bacia do rio Canhoto, de 220 metros para sub-bacia do Inhaúma e 190 metros para o Alto Mundaú. Possui uma declividade que oscila entre relevo suave ondulado (1,72 - 4,58°) e uma declividade ondulada (4,58 - 11,31°). Apresenta uma litologia composta por: derivados de biotita e níveis de quartzito. (CPRM, 2010). Seus solos são predominantemente formados por latossolo amarelo, argissolo amarelo, neossolo regolítico e neossolos flúvicos (EMBRAPA, 2013).

Esse sistema pode ser subcompartimentado em três subsistemas ambientais: Planície aluvial, Serras residuais tabulares e convexas e Cristas residuais e inselbergs. As Planícies aluviais são caracterizadas por áreas cobertas por material arenoso de origem aluvial, devido a inundações periódicas, seguindo o percurso da rede de drenagem. As Serras residuais são caracterizadas por possuir maiores declividades nas encostas, facilitando a erosão e aos movimentos de massa na região. Já as Cristas residuais e inselbergs são superfícies com declives acentuados associados a rochas resistentes ao intemperismo químico.

Entre as potencialidades do sistema, destacamos as reservas hídricas superficiais e subterrâneas, solos férteis, porém, apresentam áreas com problemas de voçorocamento, devido uso excessivo dos solos em plantações de bananeiras e a forma de distribuição de pasto. Nota-se a descaracterização da cobertura vegetal, o acúmulo de resíduos sólidos em locais inadequados, o cultivo de banana em áreas de preservação permanente, as práticas agrícolas promotoras da queda da biodiversidade, a retirada de solo de áreas agricultáveis para serem utilizadas na construção civil, essas são algumas de suas limitações.

4.4 Sistema Ambiental: Colinas e Morros dissecados

Com uma área de 1565,73 km² o Sistema Ambiental das Colinas e Morros dissecados é o maior sistema da BHRM. Possui uma superfície com topografia acentuada (com altimetria entre 200 e 860 metros), onde 46% do total da área desse sistema pode ser classificada como fortemente ondulada (11,31-24,23°), outros 25% classificada como superfície ondulada (4,58 -11,31°) e 17% da área com superfície montanhosa (24,23-36,87°), resultante de processos erosivos diferenciais, onde a diferença de resistência das rochas origina relevo acidentado.

Sendo assim, a litologia da unidade determinada por sequências dobradas metamorfizadas, estruturado no Complexo Belém do São Francisco, influenciando diretamente os tipos de forma do relevo, podendo ser subcompartimentada os subsistemas em Cristas residuais e inselbergs, que apresentando topo de formas aguçadas, as Serras apresentando topo de formas convexas e Superfícies aluvionares que possui características coluviais. Os padrões de drenagem das sub-bacias do Alto Mundaú, Canhoto e Inhaúma, possuem arranjo espacial que é influenciado pelo seu arcabouço estrutural, apresentando um padrão de drenagem dendrítica, onde seus tributários se unem sem formar ângulos retos. Já o médio curso (sub-bacia do médio Mundaú) apresenta um padrão treliça de drenagem, onde seu arcabouço é moderadamente a intensamente fraturado, influenciando diretamente a disposição da rede de drenagem. Os solos argissolos (vermelho-amarelo e amarelo) são predominantes nessa unidade, mas também notamos a presença de neossolos flúvicos e neossolos regolíticos.

Sua pluviosidade média é de 1100 mm/ano. Sua cobertura vegetal apresenta as características de Savana-Estépica, Floresta Estacional Semidecidual, pastagens e áreas onde há total ausência de vegetação. Dentre as classes de uso, foram mapeadas unidades como: florestal, área urbana, campestre, lavoura temporária, mata ciliar conservada, pecuária / pastagem e áreas com solo exposto.

Entre as potencialidades que podemos destacar, como boas reservas hídricas superficiais, boa média pluviométrica anual e regularmente distribuída, solo fértil quando corrigida a acidez e quando há adubação adequada. Já como limitações podemos destacar irregularidade topográfica, suscetibilidade à erosão, sendo encontrados grandes quantidades de ravinas e voçorocas, descaracterização da cobertura vegetal primária, onde a mesma dá lugar a pastagens, plantações de bananeiras e, principalmente, as plantações de cana de açúcar e áreas de solos expostos.

4.5 Sistema Ambiental: Alvéolo

Esse sistema ambiental está localizado no domínio da depressão periférica da Borborema e grande parte de sua área está inserida nos municípios de União dos Palmares, Branquinha e Santana do Mundaú. Ocupa uma área de aproximadamente 109,64 km² e pertence à sub-bacia do médio Mundaú. Geologicamente está inserida na Província Borborema, representada pelos litótipos do Complexo Belém do São Francisco, Granitóides Indiscriminados, Suíte Itaporanga e sedimentos do Grupo Barreiras (CPRM, 2005). Geomorfologicamente apresenta formas de relevos que caracterizam-se pela acumulação, recebendo todos os materiais transportados das cristas residuais de seu entorno. Possui um mosaico de solos com predominância de gleissolo em sua superfície mais plana, além de argissolo vermelho-amarelo, argissolo amarelo, neossolos flúvicos. Sua pluviosidade média é de 1634,2 mm/ano. A cobertura vegetal é bastante variada, com características fitoecológicas de mata ciliar, floresta estacional semidecidual, floresta ombrófila, savana-estépica e pastagens. Dentre as classes de uso foram mapeadas unidades como: florestal, área urbana, campestre, lavoura permanente, lavoura temporária, mata ciliar conservada, pecuária / pastagem e áreas com solo exposto.

O Alvéolo pode ser subcompartimentado em três subsistemas ambientais: Plano de Inundação; Planície Fluvial e Cristas residuais. Os Planos de Inundação são áreas arenosas, sujeitas a inundações periódicas, podendo apresentar aluviões precariamente incorporadas à rede de drenagem. A Planície Fluvial possui uma hidrografia superficial perene, com disponibilidade hídrica o ano todo. Já as Cristas residuais são superfície com declives acentuados associados a rochas resistentes do embasamento cristalino.

Esse sistema ambiental apresenta grandes potencialidades, como boas reservas hídricas superficiais e subterrâneas, que podem ser utilizados pela agricultura, para consumo de animais e o consumo humano. Além de possuir uma topografia plana e solos férteis, porém, apresentam áreas com problemas de assoreamento e perda de fertilidade, devido ao uso agressivo da monocultura da cana de açúcar e a existência de pasto. Nota-se a descaracterização da cobertura vegetal do tipo florestal, através do acúmulo de resíduos sólidos em locais inadequados, o cultivo em áreas de preservação permanente, a práticas agrícolas promotoras da queda da biodiversidade, além da poluição e ocupação residencial do leito do rio, são algumas de suas limitações.

Observa-se também que o sítio urbano de União dos Palmares não possui plano diretor, contrariando o estatuto das cidades, mesmo possuindo uma população superior a 60.000 habitantes, o que contraria a legislação.

4.6 Sistema Ambiental: Depressão Periférica

O Sistema Ambiental da Depressão Periférica encontra-se inserido na Província Borborema, determinada pelos litótipos do Complexo Belém do São Francisco, Granitóides Indiscriminados, Suíte Itaporanga e sedimentos do Grupo Barreiras. Sendo constituído no Complexo Belém do São Francisco por leuco - ortognaisses tonalítico - granodioríticos migmatizados e enclaves de supracrustais, numa faixa da Suíte Itaporanga, composto por granitos e granodioritos porfíricos, associados a dioritos, e na transição com o sistema do Sopé da Borborema constituído por arenitos, arenitos conglomeráticos com intercalações de siltitos e argilitos.

O relevo dessa unidade é formado por um verdadeiro "mar de morros" marcando a transição entre os depósitos sedimentares e o Planalto da Borborema, as ações do intemperismo químico atuam formando encostas de topos convexas e algumas cristas residuais, características da dissecação diferencial. Pode ser subcompartimentado em quatro subsistemas: Serras e Superfícies Retrabalhadas, Planícies aluvionares, Sopé da Borborema e Cristas e inselbergs.

As Serras e Superfícies Retrabalhadas que apresentam uma topografia com predominância de relevo fortemente ondulado (11,31 - 24,23°) representando 47% da área da unidade, 28% ondulado (4,58 - 11,31°), 12% da área com superfície montanhosa (24,23 - 36,87°). A Planície aluvionar resultante da acumulação de sedimentos inconsolidados transportados por inundações periódicas.

No Sopé da Borborema podem ser identificados dois tipos de formas de relevo, o primeiro com características de acumulação, possuindo uma menor expressão topográfica e o segundo formado pela dissecação homogênea devido à erosão regressiva das cristas residuais da Borborema.

O subsistema das cristas e inselbergs formado pela dissecação homogênea devido à erosão na Borborema, marcando um relevo de transição entre os depósitos sedimentares e o Planalto da Borborema, as ações de erosão diferencial exemplifica a presença de alguns inselbergs e suas características da dissecação.

O clima desse sistema é o tropical chuvoso com verão seco, caracterizado, predominantemente, por seis meses secos. A precipitação média anual é de 900 mm. A rede de drenagem apresenta um controle estrutural, com o desenvolvimento ora paralela e ora dendrítica. A cobertura vegetal apresentou características fitoecológicas com presença de matas ciliares (Planície aluvionar), floresta estacional semidecidual, enclaves de floresta ombrófila, savana-estépica e pastagens. Dentre as classes de uso foram mapeadas unidades como: área urbana, campestre, lavoura permanente, lavoura temporária, pecuária / pastagem e áreas com solo exposto.

Os solos desse sistema ambiental são representados pelos latossolo amarelo, argissolo amarelo, argissolo vermelho-amarelo, neossolos regolíticos e neossolos litólicos.

Entre as potencialidades do sistema, reservas hídricas, solos férteis quando utilizados corretamente, áreas próprias a extração mineral controlada de argila, granito e areia. Nas limitações é evidente a descaracterização da cobertura vegetal, áreas de APPs não são respeitadas, monocultura da cana de açúcar comprometendo biodiversidade local, ausência de aterro sanitário e controle sobre o lixo, acúmulo de resíduos sólidos em locais inadequados, construções urbanas no leito do rio.

4.7 Sistema Ambiental: Tabuleiros

Esse sistema ambiental está localizado ao sul da bacia, parte de sua área está inserida nos municípios de Branquinha, Capela, Muricí, Messias, Atalaia, Rui Largo, Pilar Satuba, Maceió, e nas sub-bacias do Satuba e Baixo Mundaú, ocupando uma área de 515,57 km². Está estruturado no Complexo Arapiraca, na transição depressão periférica da Borborema, com predominância de rochas metamórficas do domínio dos complexos gnaisse-migmatíticos e granulitos apresentando uma estrutura intensamente fraturada (distribuição regular). Na porção, mas ao sul o Grupo Barreiras, com predominância de rochas sedimentares do domínio dos sedimentos cenozoicos, pouco a moderadamente consolidados. Os tipos de formas de relevos presentes nessa unidade caracterizam-se pela acumulação e aplanamento, podendo ser compartimentados os subsistemas em Rampa de Colúvio e Pediplanos. As Rampas de Colúvios ocorrendo em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos que caracterizam as reentrâncias, associadas à coalescência de depósitos coluviais provenientes das vertentes, sendo apresentados enclaves de Floresta Ombrófila. Os Pediplanos apresentam uma superfície plana, com predominância de argissolos, sendo bastante

tulizado para plantação de cana de açúcar em toda sua extensão. É o sistema que possui média pluviométrica superior a 2000 mm/ano.

Entre as potencialidades se destacam, as boas reservas hídricas subsuperficiais, possuir uma topografia plana e solos férteis. Já nas limitações destacamos a extração irregular de areia e argila, a mecanização pesada atuando diretamente na compactação dos solos, extração da cobertura vegetal para plantação de cana de açúcar.

4.8 Sistema Ambiental: Planícies

Os sistemas ambientais das Planícies estão localizados ao longo dos domínios dos Depósitos Sedimentares do Quaternário, sendo formada pelo resultado da acumulação fluvial / lacustre, provocada por inundações periódicas. Ocupa uma área de aproximadamente 168,09km², segmentadas entre as sub-bacias do Baixo Mundaú e do Satuba. Possuem dois tipos de Subsistemas Ambientais, que se caracterizam pela acumulação, as Planícies e terraços fluviais e as Planícies e terraços lacustres. As Planícies e terraços fluviais são áreas com boa disponibilidade hídrica e boa fertilidade natural dos solos, onde esses são formados por Neossolos Flúvicos e gleissolos, refletindo diretamente na cobertura e uso do solo, que em grande parte é ocupada para agricultura. Já as Planícies e terraços lacustres estão sempre encharcados ao longo do ano, sofrendo constantemente com inundações em períodos de chuva, esse subsistema abrange parte da APA do Catolé e Fernão Velho (Lei nº 5.347/1992).

Geologicamente está inserida na Província Borborema, representada pelos litotipos da Formação Muribeca-Membro Carmópolis, Grupo Barreiras e Depósitos Flúvio-lacustre. A Formação Muribeca-Membro Carmópolis, compõem-se por conglomerados formados por leques aluviais, já o Grupo Barreiras, está representado por arenitos e arenitos conglomeráticos com intercalações de siltito e argilito. E os Depósitos Flúvio-lacustre, englobam filitos arenosos e carbonosos.

Geomorfologicamente apresenta formas de relevos que se caracterizam pela acumulação, sendo planas resultantes de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Os tipos de formas de relevos refletem as formas de acumulação e aplanamento, que é exemplificado por predomínio de sedimentos quartzoarenosos, e o terraço fluvial arenito por conglomerático e argilito arenoso.

Entre as potencialidades se destacam as boas reservas hídricas superficiais e subsuperficiais, possuir uma topografia plana e solos férteis, extrativismos, APA dentro do sistema. Já nas limitações destacamos a extração irregular de areia, construções urbanas em áreas de app, extração da cobertura vegetal, contaminação do solo por esgoto, lançamento de esgoto, no leito do rio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo se fundamentou nas bases teórico-metodológica do método sistêmico e na análise geossistêmica, onde foi possível caracterizar os sistemas ambientais, identificando as inter-relações dos componentes geoambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.

A utilização de técnicas e ferramentas como o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas tiveram destaque no levantamento, armazenamento, cruzamento e análise dos dados e informações sobre os componentes ambientais e de uso da terra da bacia hidrográfica, e possibilitou uma análise de toda sua extensão territorial.

A bacia hidrográfica do Rio Mundaú possui uma diversidade paisagística que reflete diretamente nas suas condições de uso e ocupação. Essas diversidades foram compartimentadas em oito sistemas ambientais, Chapada e Platô, Planalto, Platôs Baixos, Colinas e Morros dissecados, Alvéolo, Depressão Periférica, Tabuleiros e Planícies, e esses sistemas foram subdivididos em vinte e dois subsistemas, cada um com suas características naturais que possuem certo grau de homogeneidade fisionômica, sendo observadas as condições de uso e ocupação, configurando, nessa perspectiva, os principais impactos ambientais na bacia.

As unidades geomorfológicas da bacia podem ser mapeadas observando os processos morfogenéticos e a morfodinâmica, onde foi possível delimitar as maiores unidades em dimensão espaço e estrutura, sendo compartimentada em no Planalto da Borborema, Depressão Periférica da Borborema e Depósitos Sedimentares do Quaternário. Sendo possível identificar compartimentos diferenciados de uma mesma unidade Morfoescultural, mapeadas em 12 unidades: Chapadas e Platôs, Planalto e Platôs Baixos (Cimeira da Borborema); Colinas e Morros dissecados (Superfícies residuais); Alvéolo, Cristas Residuais (Depressão encaixada); Sopé da Borborema (Depressão periférica); Tabuleiro de Transição e Tabuleiros Costeiros (Tabuleiros); Planície Fluvial, Planície Fluviolagunar e Planície Lagunar (Planícies).

Os trabalhos de campos foram fundamentais para execução de todos os levantamentos dos recursos naturais da bacia, possibilitando uma análise mais apurada e concreta das áreas mapeadas.

A rede de drenagem da bacia nos permite subdividir a bacia hidrográfica em diversas sub-bacias, podendo ser subdividida em seis sub-bacias, a principal, do Mundaú subdividida em alto, médio e baixo curso, e as sub-bacias do Canhoto, Inhaúma e Satuba.

As características da vegetação nos permitiram identificar seu estado atual, sendo mapeadas as principais unidades tipológicas das vegetações da bacia e sub-bacias, entre elas as matas ciliares, a Floresta Estacional Semidecidual, a Floresta Ombrófila (aberta e densa), Savana-Estépica Arborizada, Savana-Estépica, notamos uma grande antropização de sua vegetação, podendo identificar áreas de agricultura, pastagens, áreas sem vegetação, áreas urbanas.

A partir da sistematização e da inter-relação que se dá entre Sociedade-Natureza na perspectiva do uso racional dos sistemas ambientais, levando em consideração as potencialidades e limitações. Onde as marcas do antropismo são identificadas por manifestações variadas nos mais diversos sistemas e subsistemas ambientais, nas quais se incluem, dentre muitas outras: o desmatamento indiscriminado das matas ciliares que revestem as planícies fluviais; o manejo inadequado dos solos e dos recursos hídricos, resultando na aceleração dos processos erosivos com o conseqüente adelgaçamento dos solos e a intensificação do assoreamento dos rios e açudes; olarias sem nenhum licenciamento às margens do rio, além do desaparecimento de fontes perenes e sazonais, com reflexos na conservação dos recursos naturais renováveis, sobretudo, dos solos e das vegetações.

Na tentativa de atenuar essa relação conflituosa entre sociedade e natureza, surge a necessidade da elaboração de propostas ao manejo dos recursos naturais para melhoria da qualidade ambiental, através da conscientização do consumo desses recursos e, além disto, o manejo correto dos mesmos, conforme as condições de potencialidades e de limitações de uso e ocupação das unidades de paisagem, com fins de deter e/ou recuperar as áreas degradadas, ou mesmo em decurso da degradação ambiental.

Os resultados nos permitem analisar de forma integrada a natureza, frente aos mais diversos processos de uso e ocupação da terra, servindo como base para um zoneamento ambiental.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às seguintes instituições: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES; ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal do Ceará – UFC e ao Laboratório de Geoprocessamento (GEOCE) pela estrutura e equipamentos de campo fornecidos para estudo e aplicação desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: Editora Gráfica Cariú, Caderno de Ciências da terra, 1969.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: maio de 2015

CORRÊA, A. C. DE B.; TAVARES, B. DE A. C.; MONTEIRO, K. DE A.; CAVALCANTI, L. C. DE S.; LIRA, D. R. DE; **Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2), 35-52, 2010

Christofoletti, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Org.). *Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 415-440.

COSTA, M C.; OLIVEIRA, M. C. F.; MORAES, J. C.; BARRETO, P. N.; DANTAS, V. A.; CARVALHO, S. P. **Comportamento e relação entre PRP e vazão na bacia do rio Mundaú, Alagoas e Pernambuco**. XIV Congresso de Brasileiro de Agrometeorologia, Anais..., Campinas-SP, julho 2005.

DA SILVA, D. F. **Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE)**. Campina Grande, PB, 209 p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

Da Silva, D. F.; Sousa, F. de A. S. de. **Tópicos para minimização de impactos e conflitos ambientais do complexo estuarino-lagunar Mundaú Manguaba/AL**. *Qualit@s Revista Eletrônica*, v.8, n. 2, p.1-20, 2009.

CLASSIFICAÇÃO nacional de atividades econômicas - CNAE: versão 2.0. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 425 p. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: [Disponível em: <http://concla.ibge.gov.br/classificacoes/por-tema>](http://concla.ibge.gov.br/classificacoes/por-tema). Acesso em: março de 2014.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. **Mapa Geológico do Estado de Pernambuco**. Escala 1:500.000, 2003.

Companhia de Pesquisa de Recursos Mineiras - CPRM. **Geobank**. 2010. Disponível em [<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>](http://geobank.sa.cprm.gov.br/). Acesso: outubro 2014.

GOMES, D. D. M. ; DUARTE, C. R. ; VERÍSSIMO, C. U. V. ; LIMA, D. R. M. ; **Análise e compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Mundaú – Pernambuco / Alagoas**. *Revista de Geologia*, V. 27, n 2, p. 167-182, 2014

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 306 p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico de Alagoas - ZAAL**. Embrapa Solos UEP Recife, 2009. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/zaal/apresentacao.php>. Acesso em: janeiro, 2014.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE**. Embrapa Solos UEP Recife, 2013. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/zape/>. Acesso em: janeiro, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 2ª Edição, 91 p. 2006. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: março de 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censo Demográfico de 2010**. 2010. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em: março de 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª Edição, 271 p. 2012. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: março de 2014

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 3ª Edição, 171 p. 2013. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: março de 2014.

Medeiros, C. N. **A vulnerabilidade socioambiental do município de Caucaia (CE): subsídios ao ordenamento territorial**. Fortaleza, CE, 267 p. Tese (Doutorado em Geografia) Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual do Ceará, 2013.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Geo Catálogo**. Imagens de Satélite RapidEye do Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2013. Disponível em: <http://geocatalogo.ibama.gov.br/> . Acesso em: Janeiro de 2013.

RODRIGUEZ, J. M. Mateo. SILVA, Edson Vicente da. **A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica**. Mercator, Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, 2002
SOTCHAVA, V. A. O Estudo de Geossistemas. Métodos em Questão, 16. São Paulo: IGEOG – USP, 1977. 51p.

SOUZA, M. J. N. **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. 2000.

SOUZA, M. J. N; OLIVEIRA, V. P. V; GRANJEIRO, C. N. M. **Análise geoambiental**. In: ELIAS, D. G. (Org.). **O novo espaço da produção globalizada**. Fortaleza: Editora FUNECE, cap. 1, p.23-89. 2002.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. *Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data*. Applied Geography, v.32, p.300-309, 2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao_digital_publicacoes.php>. Acesso em: abril. 2015.

Trabalho enviado em 02/11/2016

Trabalho aceito em 05/12/2016