

Análise geoambiental com aplicação de geotecnologias nas nascentes do riacho dos Macacos: bacia do rio Acaraú-CE

Manuel Rodrigues de Freitas Filho¹
Marcos José Nogueira de Souza²

¹ Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME
Caixa Postal D-3221 - CEP 60115-221 - Fortaleza-CE - Brasil
freitas@funceme.br

² Universidade Estadual do Ceará - UECE/mestgeo
Caixa Postal 1531 - CEP 60740-000 - Fortaleza-CE - Brasil
mestgeo@uece.br

Abstract. The present research has the main objective of executing an environmental analysis with geotechnologies application in the beginning of the Macacos stream hydrographic sub-basin - in Acaraú river watershed. The study area is located in the center-west of Ceará State between Catunda and Monsenhor Tabosa counties, in a distance of 290km to Fortaleza city. It has approximately 195,4km² and altitudes between 280m and 1150m. This work is according to the General Theory of the Systems based on the nature components integration. The GIS (Geographic Information Systems) technology was used to elaborate the thematic cartography in a scale of 1:50.000. It was also elaborated the Permanent Preservation Area map according to the environmental legislation. The GIS softwares SPRING and Arcview and also the ETM LANDSAT 7 images were used a work tool. As a final result, the environmental systems in the beginning of the Macacos stream hydrographic sub-basin were identified and mapped at a scale of 1:50.000.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, environmental systems, sensoriamento remoto, processamento de imagens, sistemas ambientais.

1. Introdução

A necessidade de melhor compreender a dinâmica da natureza tem colocado, nas últimas décadas, o meio ambiente como objeto de estudo em diversas áreas do conhecimento. Com isto a análise geoambiental, através da abordagem multi-interdisciplinar, passou a ser tema de estudo de um grande número de pesquisadores e de várias instituições públicas e privadas.

As geotecnologias vêm oferecendo um grande avanço na execução de mapeamentos destinados às mais variadas áreas do conhecimento. Tarefas antes executadas manualmente, hoje são elaboradas de forma digital com o auxílio de softwares e hardwares de última geração. Com isto, passou-se a ter mapas com indicação de mais detalhes, precisão cartográfica e qualidade, elaborados em um espaço de tempo muito inferior em relação às técnicas tradicionais de mapeamento.

Este estudo procura integrar os elementos que compõem a natureza, a partir da aplicação de geotecnologias, enfatizando as relações mútuas entre os componentes geoambientais que compõem a base física e a exploração biológica do ambiente. Esta visão de conjunto busca uma melhor compreensão de como esses componentes geoambientais interagem. Sabe-se, no entanto, que a interpretação da paisagem para a Geografia é a busca da explicação científica de como as formas que se observa no espaço geográfico são o resultado da combinação e do interrelacionamento de processos físicos, biológicos e antrópicos.

Neste contexto, na presente pesquisa, busca-se como objetivo maior, analisar de forma integrada as nascentes do riacho dos Macacos, segundo maior afluente do rio Acaraú-CE. Referidas nascentes vêm sofrendo, nas últimas décadas, um grande impacto das atividades humanas sobre seus recursos naturais, atingindo, em determinadas áreas, níveis críticos de

degradação ambiental. Visa-se, essencialmente, fornecer subsídios para a indicação de diretrizes para o planejamento ambiental e, conseqüentemente, melhoria das condições ambientais, econômicas e da qualidade de vida da população da área estudada

A sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos fica localizada no Maciço Residual da Serra das Matas, região centro-oeste do Estado do Ceará, entre os municípios de Catunda e Monsenhor Tabosa, distando aproximadamente 295km da cidade de Fortaleza. Possui uma área aproximada de 195,4km², situando-se entre as latitudes S 04° 38'00"/S 04° 48'00" e as longitudes W 40° 04'30"/W 40° 17'00", conforme exemplifica a **Figura 1**.

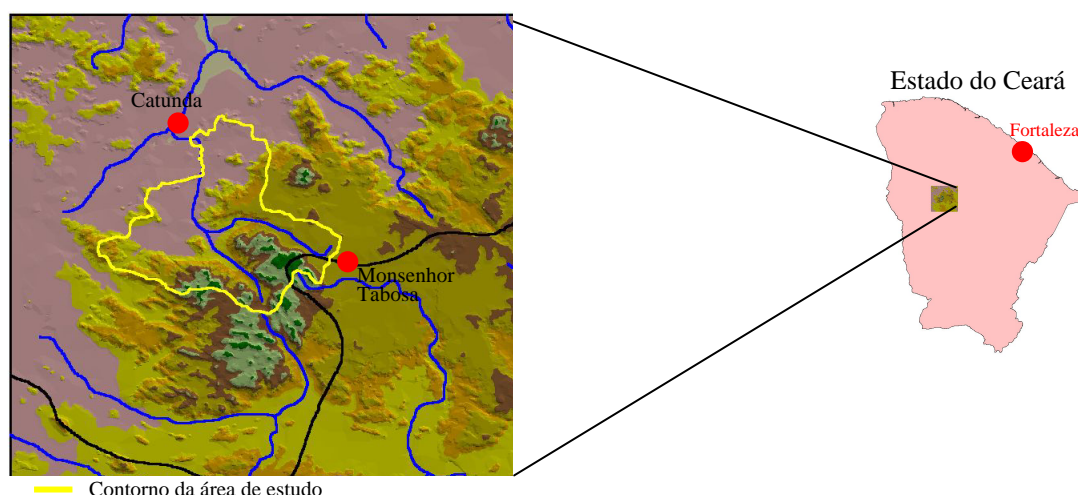


Figura 1 – Localização da área de estudo

2. Procedimentos técnicos e metodológicos

2.1 Materiais, equipamentos e softwares

Inicialmente foi realizado levantamento bibliográfico e cartográfico em diversas instituições com atividades voltadas ao meio ambiente. Entre os materiais levantados, foram selecionados os relacionados em seqüência.

Produtos Cartográficos e Orbitais

- ✓ Mapa Exploratório/Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, escala de 1:600.000, Ministério da Agricultura, 1972;
- ✓ Carta Planialtimétrica, escala 1:100.000, Folha Tamboril, DSG/SUDENE, 1972;
- ✓ Imagem orbital do satélite ETM LANDSAT 7, WRS 218.063, digital, formato geotiff, bandas, 5, 4, 3 com resolução de 30m e banda pancromática, resolução de 15m, datada de outubro/2001;
- ✓ Mapa Político-Administrativo do Estado do Ceará, escala 1:600.000, IPLANCE, 2002;
- ✓ Mapa Geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000, CPRM, 2003.

A compilação e integração em única base de dados dos materiais cartográficos levantados, bem como a geração de todos os produtos cartográficos necessários para esta pesquisa, foram realizadas através da aplicação dos recursos disponíveis na tecnologia de Sistema de Informações Geográficas-SIG. O SIG é um *software* desenvolvido para aquisição, edição, consulta e atualização de dados cartográficos. Foote & Lynch (1995) assinalam que a habilidade em separar as informações do espaço geográfico em camadas, e posteriormente

integrá-las formando outras camadas, é a razão pela qual o SIG é uma poderosa ferramenta de pesquisa e apoio à tomada de decisão.

Os equipamentos e *softwares* necessários para o desenvolvimento desta pesquisa foram os seguintes:

- ✓ Equipamentos
microcomputador pentium IV, 2.4Ghz, *scanner* A3, *plotter* colorido de alta resolução, GPS Garmin 12, câmara fotográfica digital, mesa digitalizadora A1,
- ✓ *Softwares*
GIS *ArcView*, *SPRING*, *Corel Draw* e *Microsoft Office (Word, Excel, Power Point e Access)*.

2.2 Sistemática operacional

Após análise do material bibliográfico e geocartográfico levantado, realizou-se uma viagem preliminar de campo com o objetivo de levantar e reconhecer a área a ser pesquisada. Nesta oportunidade, procurou-se observar as condições da cobertura vegetal, dos solos, das formas de relevo e dos principais tipos de uso e ocupação da terra.

Em seguida, iniciou-se a etapa referente à elaboração dos mapas utilizando técnicas de processamento digital de imagens e de geoprocessamento, tendo como principal fonte de dados a folha da DSG/SUDENE de Tamboril, escala 1:100.000 e a imagem do satélite americano ETM LANDSAT 7, bandas 5, 4 e 3, datada de outubro/2001.

Para esta pesquisa optou-se pelas bandas 5, 4 e 3 do sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper plus*) a bordo do satélite americano LANDSAT 7, em virtude de oferecerem o melhor contraste entre as feições imageadas na área de estudo. Referido contraste foi realizado no *SPRING* sintetizando as bandas escolhidas em única imagem, através de uma composição colorida elaborada da seguinte forma: banda 3(três) no canal azul (3B), 4(quatro) no verde (4G) e 5(cinco) no vermelho (5R).

A partir de então, iniciou-se a elaboração dos mapas, extraindo da referida imagem as seguintes informações espaciais: recursos hídricos superficiais, rede viária, área urbana, cobertura vegetal, uso da terra, solos e geomorfologia.

Após a integração das informações espaciais relacionadas aos fatores do potencial ecológico e da exploração biológica, obteve-se os domínios naturais e os sistemas ambientais das nascentes do riacho dos Macacos.

As condições de estabilidade/instabilidade dos sistemas ambientais identificados e delimitados, bem como suas respectivas condições de vulnerabilidades ambientais, foram realizadas com base nos princípios ecodinâmicos de Tricart (1977), adaptados por Souza (2000).

Todo o mapeamento temático foi elaborado com detalhes compatíveis com a escala de 1:50.000 e organizado em um banco de dados geográficos no formato *Arcview* e impresso em papel tamanho A1.

A modelagem numérica da sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos foi executada no *SPRING* em duas fases: geração da grade de pontos, com resolução espacial de 15m, e geração dos produtos. A grade de pontos foi elaborada com as curvas de nível, disponibilizada pela base cartográfica. Em seguida, gerou-se perfís, visualizou-se em terceira dimensão a imagem *ETM LANDSAT 7* e os mapas de declividade e hipsometria, conforme ilustra a **Figura 2**.

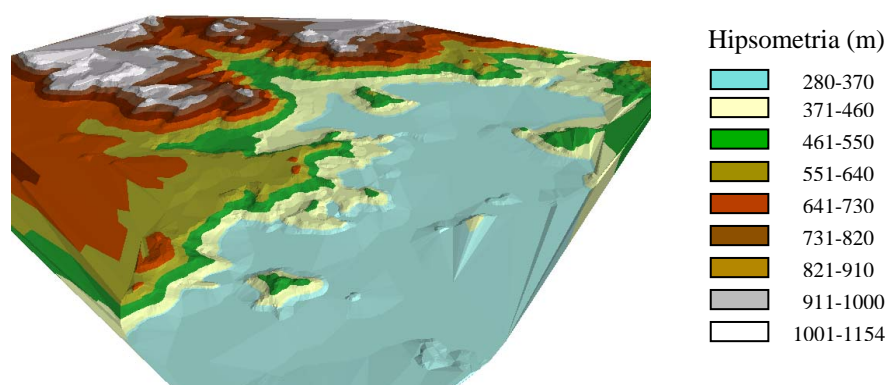


Figura 2 – Hipsometria da sub-bacia do riacho dos Macacos em terceira dimensão

3. Caracterização dos componentes geoambientais

3.1 Condições geológicas e geomorfológicas

A sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos é constituída basicamente por dois grandes compartimentos geomorfológicos muito distintos, representados pela Depressão Sertaneja e pelo Maciço Residual da Serra das Matas, conforme **Tabela 1**.

A Depressão Sertaneja, ocupando uma área aproximada de 77,48km², representa quase 40% (quarenta por cento) da sub-bacia das nascentes do riacho dos Macacos. Segundo Brasil (1981), esta unidade é composta de rochas do embasamento cristalino pertencentes ao complexo Tamboril-Santa Quitéria com datação atribuída ao Pré-Cambriano. Situa-se entre as altitudes médias de 280m a 400m, encontrando-se subdividida em duas feições geomorfológicas. Entre as altitudes de 280 a 320m, encontram-se as rampas de pedimentação e entre 320 a 400m de altitude, apresentam-se as rampas de pedimentação dissecadas com *inselbergs* e cristas residuais, conforme **Figura 3**.

O Maciço Residual da Serra das Matas é a unidade geomorfológica de maior representação espacial da área em estudo, ocupando uma superfície de 117,92km². Encontra-se situado entre as altitudes de 400m a 1154m, ficando localizado neste setor o ponto mais elevado do relevo do Estado do Ceará, com 1154m de altitude.

Segundo Souza (2000), o Maciço Residual da Serra das Matas é uma área com relevos aguçados e vertentes rochosas. De acordo com Brasil (1981), a geologia deste setor encontra-se constituída pelo embasamento cristalino, referente ao Pré-Cambriano, pertencente ao Complexo Tamboril-Santa Quitéria, apresentando rochas maciças do tipo granitóide.

Encontra-se subdividido em duas feições geomorfológicas, a superfície parcialmente dissecada em forma de interflúvios tabulares situada entre 400 a 760m de altitude e a superfície fortemente dissecada em cristas e colinas em altitudes superiores aos 760m.

Tabela 1 – Componentes geológico/geomorfológicos da sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos

GEOLOGIA		GEOMORFOLOGIA		Área (km ²)	% em relação a área total
Cronogeologia	Litoestratigrafia	Compartimentação	Feições		
Proterozóico Superior	Granitóides Pereiro	Maciço Residual da Serra das Matas	Superfícies fortemente dissecadas	73,69	37,8
			Superfície parcialmente dissecada	44,23	22,6
Pré-Cambriano	Complexo Tamboril-Santa Quitéria	Depressão Sertaneja	Rampas de pedimentação aplainadas	33,44	17,1
			Rampas de pedimentação dissecadas com <i>inselbergs</i> e cristas residuais	44,04	22,5
Área Total				195,4	100,0

Fonte: Brasil (1981).

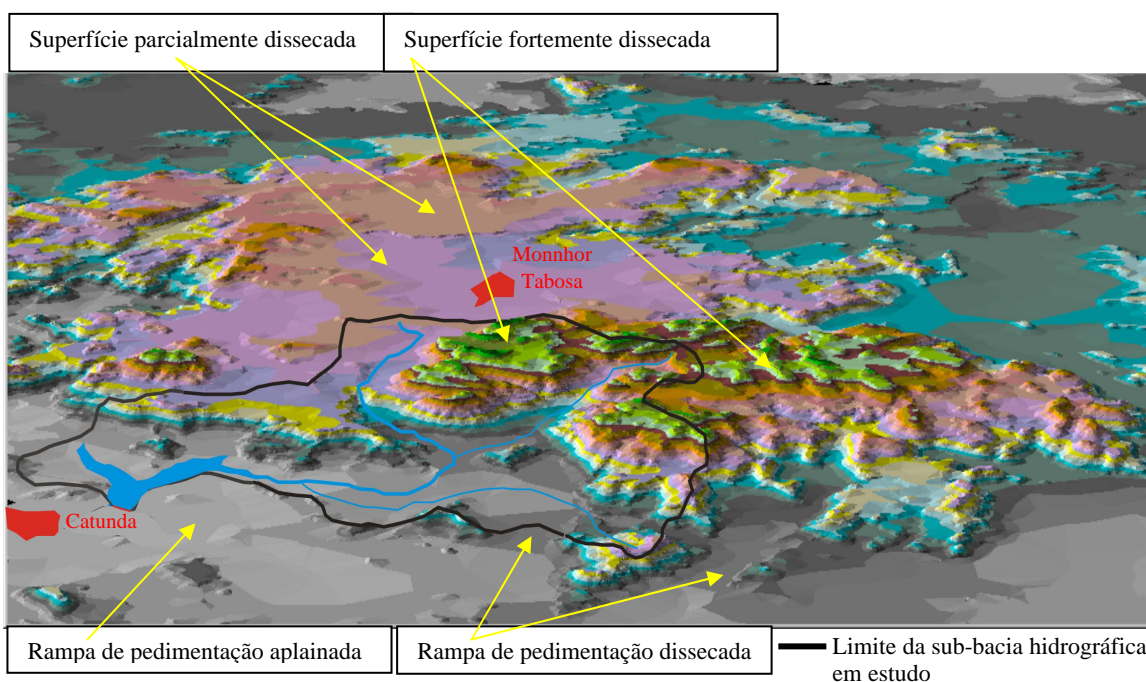


Figura 3 - Compartimentação geomorfológica da sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos-CE.

3.2 Solos e cobertura vegetal

A classificação dos solos foi realizada de acordo com a metodologia da então Divisão de Pesquisa Pedológica do Ministério da Agricultura, atual Centro Nacional de Pesquisa de Solos da EMBRAPA (Brasil (1973), tendo sido atualizada seguindo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos em vigor (EMBRAPA, 1999). Os limites das unidades de mapeamento foram alvo de algumas alterações como resultado de interpretação visual da imagem e viagens de campo para observações *in loco*.

A cobertura vegetal das manchas de solos das nascentes do riacho dos Macacos foi classificada de acordo com Figueiredo et al (1994).

As classes de solos predominantes na sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos são: LUVISSOLO CRÔMICO, NEOSSOLO LITÓLICO, PLANOSSOLO HÁPLICO, PLANOSSOLO NÁTRICO E ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO, bem como AFLORAMENTOS DE ROCHA.

No setor das nascentes do riacho dos Macacos, correspondente à Depressão Sertaneja, encontra-se a unidade de mapeamento composta da associação de solos: LUVISSOLO CRÔMICO Órtico vértico + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico + PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico espessoarênico ou solódico + PLANOSSOLO NÁTRICO Órtico arênico.

Na Depressão Sertaneja, verifica-se intenso predomínio da caatinga arbustivo-aberta. Possui características bem definidas, como troncos retorcidos, esgalhados desde a base, folhas pequenas, xerófitas, pois encontra-se perfeitamente adaptada à escassez hídrica, e caducifólias, em virtude das espécies perderem as folhas no período seco, facilitando sua sobrevivência. O **Quadro 2** especifica as principais espécies vegetais encontradas na Depressão Sertaneja.

Quadro 2 – Principais espécies vegetais encontradas na Depressão Sertaneja das nascentes do riacho dos Macacos

ESPÉCIE	NOME POPULAR
<i>Acácia glomerosa</i>	Espinheiro-preto
<i>Aspidosperma pirifolium</i>	Pereiro
<i>Mimosa hostilis</i>	Jurema-preta
<i>Cróton sonderianus</i>	Marmeleiro
<i>Piptadenia stipulacea</i>	Jurema-branca

Fonte: Figueiredo et al (1994).

Na porção serrana das nascentes do riacho dos Macacos encontram-se duas unidades de mapeamento de solos. Com relevo plano e suave ondulado, verifica-se a seguinte associação: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico + NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico + LUVISSOLO CRÔMICO Órtico típico.

O **Quadro 3** especifica as principais espécies da cobertura vegetal encontradas no referido maciço residual.

Quadro 3 – Principais espécies vegetais encontradas no maciço residual da serra das Matas

ESPÉCIE	NOME POPULAR
<i>Acácia glomerosa</i>	Espinheiro-preto
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico-vermelho
<i>Ceiba glaziovi</i>	Barriguda
<i>Caesalpinia leiostachya</i>	Pau-ferro
<i>Tabebuia serratifolia</i>	Pau d'arco amarelo
<i>Erythrina vilutina</i>	Mulungu
<i>Talísia esculenta</i>	Pitombeira
<i>Triplaris gardneriana</i>	Paieú

Fonte: Figueiredo et al (1994).

4.Sistemas Ambientais

A identificação e delimitação dos Sistemas Ambientais da sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos foi efetivada com base em uma análise integrada dos componentes geoambientais cartografados e descritos nesta pesquisa. Este procedimento metodológico encontra-se fundamentado em BERTRAND (1972), segundo o qual a homogeneidade de uma unidade de paisagem é resultante da interação entre o potencial ecológico, da exploração biológica e da ação antrópica.

A denominação dos Sistemas Ambientais teve como base critérios do grau de dissecação do relevo, podendo o mesmo ser na área estudada fortemente dissecado, dissecado, parcialmente dissecado ou aplainado.

Tendo como base o balanço entre a morfogênese, onde prevalecem os processos erosivos modificadores das formas de relevo, e a pedogênese, onde prevalecem os processos de formação dos solos, para cada Sistema Ambiental foi estabelecido também suas respectivas condições ecodinâmicas, seguindo critérios de Tricart (1977), adaptados por Souza (2000). Desta forma, identificou-se na sub-bacia em estudo ambientes de transição, de transição com tendência à instabilidade e ambientes instáveis. Simultaneamente foram identificadas também as condições de vulnerabilidade ambiental, conforme ilustra o **Quadro 5**.

A representação cartográfica dos referidos Sistemas Ambientais encontra-se ilustrada na **Figura 4**.

Quadro 05 – Sistemas Ambientais da sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos

Domínio Natural	Sistema Ambiental	Ecodinâmica e Vulnerabilidade ambiental
Maciço Residual da Serra das Matas	Superfície parcialmente dissecada	Ambiente de transição com tendência a instabilidade Vulnerabilidade alta
	Superfície fortemente dissecada	Ambiente instável Vulnerabilidade alta
Depressão Sertaneja	Rampa de pedimentação aplainada	Ambiente de transição Vulnerabilidade moderada
	Rampa de pedimentação dissecada	Ambiente de transição Vulnerabilidade alta

Fonte: pesquisa direta

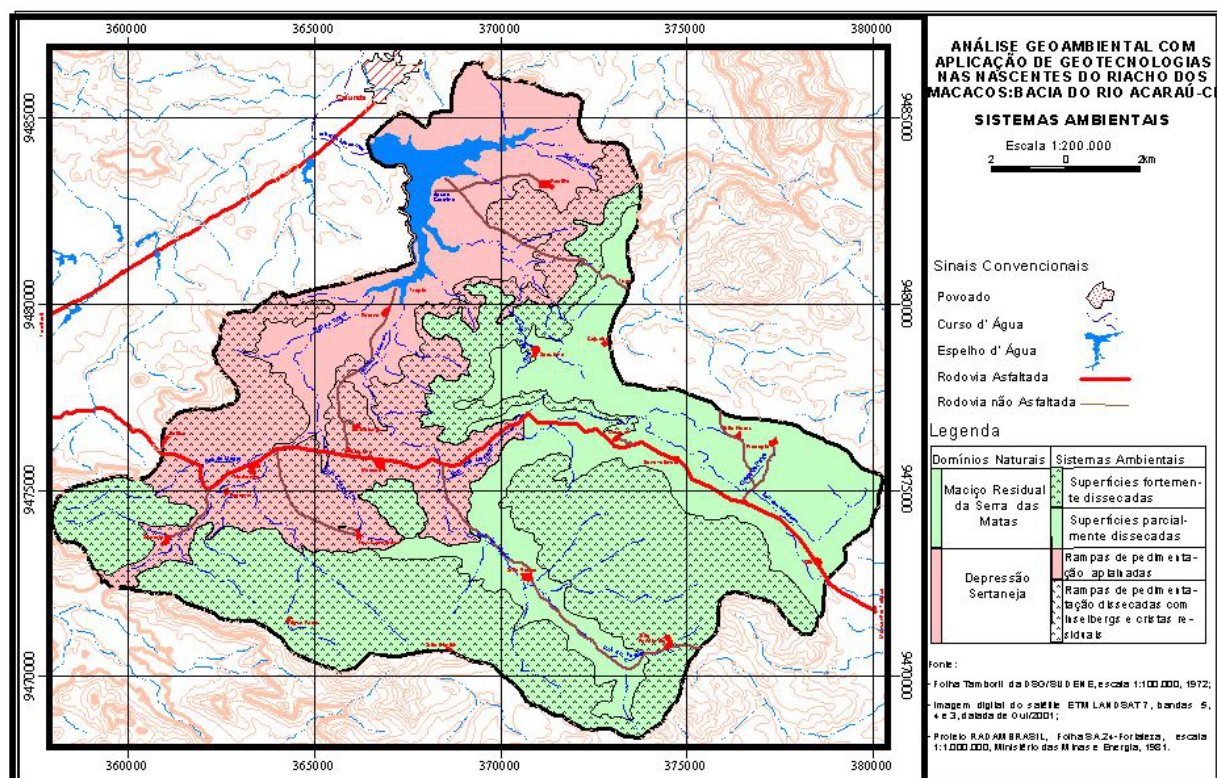


Figura 4 - Representação cartográfica dos Sistemas Ambientais da sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos.

5. Conclusões

A análise geoambiental realizada neste trabalho, apoiada na Teoria Geossistêmica, apresentou-se como um importante método que a Geografia Física encontrou para estudar e explicar a combinação e o interrelacionamento entre os processos físicos, biológicos e antrópicos observados no espaço geográfico.

A identificação dos Sistemas Ambientais possibilitou uma melhor compreensão da dinâmica ambiental do meio no qual encontra-se inserida a sub-bacia hidrográfica das

nascentes do riacho dos Macacos. Os princípios ecodinâmicos contribuíram para a definição do grau de fragilidade dos Sistemas Ambientais cartografados, em virtude da ação de fenômenos naturais e antrópicos.

De forma geral, constata-se que a sub-bacia estudada tem a totalidade de seu território degradado, situado sobre rochas do embasamento cristalino e um clima semi-árido que atua como um dos principais condicionantes do regime intermitente dos cursos d'água.

As geotecnologias empregadas nesta pesquisa ofereceram mais agilidade e precisão na geração dos produtos cartográficos, os quais se constituem em documentos imprescindíveis para o conhecimento do espaço geográfico da sub-bacia hidrográfica das nascentes do riacho dos Macacos.

Em busca de um melhor desempenho da geração, integração e análise das informações espaciais, tornou-se necessária aplicação das funções disponíveis em dois Sistemas de Informações Geográficas-SIG, no caso, Arcview e SPRING. Verificou-se que um complementa o outro, pois as funções relativas ao processamento digital de imagens e geração dos arquivos vetoriais foram executadas no *SPRING*, enquanto que as de manipulação, integração e análise, bem como geração dos topônimos, foram executadas no *Arcview*.

O Modelo Digital de Elevação-MDE apresentou-se como uma excelente ferramenta na execução de estudos geomorfológicos, oferecendo mais detalhes e uma melhor percepção visual das formas de relevo, facilitando a identificação e delimitação dos sistemas ambientais.

Conclui-se que a documentação disponibilizada nesta pesquisa, deverá fornecer subsídios para a indicação de diretrizes para o planejamento ambiental e, conseqüentemente, melhoria das condições ambientais, econômicas e da qualidade de vida da população da área estudada.

Registra-se que a necessidade de resgatar informações sobre o meio natural, já tão fragilizado, é cada vez mais urgente, não apenas na área estudada, mas também no contexto do semi-árido nordestino e em suas áreas de exceção.

6. Referências bibliográficas

- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global**. São Paulo: Caderno de Ciências da Terra, 1972.
- BRASIL. Ministério de Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado do Ceará**. Recife, 1973. 2v. (Boletim Técnico, 28), (Brasil, SUDENE – DRN. Divisão de Agrologia – Série Pedologia, 16).
- BRASIL, Ministério das Minas e Energia. – **PROJETO RADAMBRASIL** – Folha SA. 24. Fortaleza –MME-1981 – Rio de Janeiro.
- CARVALHO, Gleuba M. B. de, **Geotecnologias aplicadas na análise da vulnerabilidade à erosão: bacia dos rios Aracatiaçu e Aracatimirim-CE**. Fortaleza, UECE, 2000. (Dissertação de mestrado).
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, - Brasília: EMBRAPA produção de informação: Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999.
- FIGUEIREDO M.A.; FERNANDES, A.; VICENTE DA SILVA, E.; BRAID, E.N.C.; CORREA, H.B.; CAMPOS, J.A.; MIRANDA, P.T.C., **Recursos biológicos e condições de biodiversidade**, In: Projeto Áridas, Fortaleza-CE, 1994, 221p, v2.
- FOOTE, Kenneth E.; LYNCH, Margaret., **GIS: Context, Concepts and Definitions**, Department of Geography, University of Texas at Austin. Austin, 1995.
- SOUZA. **Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará** in Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará, Ed. FUNECE, Fortaleza, 2000.
- TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. IBGE, 97p (Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1), 1977.